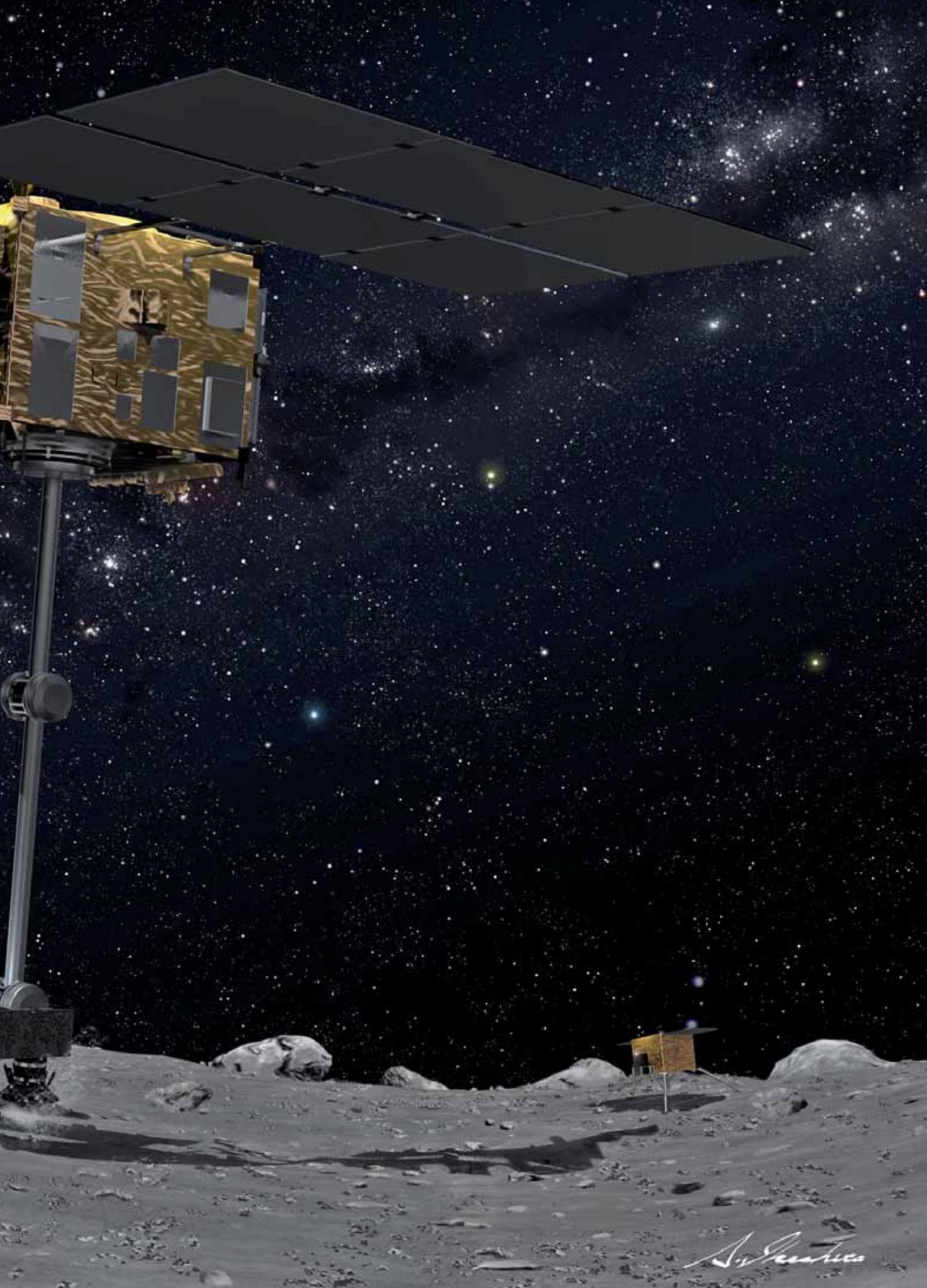


An artistic rendering of the Marco Polo-R spacecraft. The top half shows the spacecraft in space, with its large solar panels and gold-colored thermal blankets visible against a starry background. The bottom half shows the spacecraft's lander on the surface of an asteroid, which is covered in rocks and dust. A small globe is also visible on the surface.

# MARCO POLO-R

Misiones de retorno  
de muestras desde  
asteroides primitivos

CARLES E. MOYANO CAMBERO Y JOSEP M. TRIGO-RODRÍGUEZ



*Art by [unreadable]*



## Las misiones de retorno de muestras desde cuerpos primitivos del Sistema Solar dan comienzo a una nueva era en la exploración del espacio

**M**arcoPolo-R es una misión propuesta por una veintena de científicos europeos y cinco norteamericanos a la Agencia Espacial Europea, ESA, cuyo objetivo es el de traer a la Tierra muestras de un asteroide primitivo. Su destino, llamado 2008 EV5, es un Objeto Cercano a la Tierra (NEO, de Near Earth Object) de unos 400 metros de diámetro y naturaleza carbonácea, que exhibe profundas bandas de absorción de agua y cuyo estudio puede proporcionar, entre otras cosas, una mayor comprensión sobre el papel que tuvieron estos asteroides en el enriquecimiento en materia orgánica y agua de los planetas de tipo terrestre. La primera misión exitosa de retorno de muestras fue la *Apollo 11* trayendo a la Tierra, en 1969, las primeras muestras de rocas desde la Luna, que llegarían a sumar unos 382 kg a lo largo de sucesivas misiones (Trigo-Rodríguez, 2012a,b). Casi cuarenta años después, en 2006, la cápsula de retorno de muestras de la misión no tripulada *Stardust* regresó del cometa

81P/Wild con diminutas partículas recolectadas en su coma. El éxito era mayúsculo pues eran los primeros materiales retornados a la Tierra de un objeto diferente a la Luna (Trigo-Rodríguez, 2008). Tres años antes la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA) había lanzado la misión *MUSES-C* (de Mu Space Engineering Spacecraft C), renombrada poco después con el popular nombre de *Hayabusa*. Esta nave trajo en 2010 las primeras muestras recogidas directamente de un asteroide. En la actualidad la NASA ha apostado también por este tipo de misión con *OSIRIS-REx* (de Origins Spectral Interpretation Resource Identification Security REgolith Explorer) mientras que JAXA ha decidido repetir su éxito lanzando *Hayabusa 2*. Antes de que acabe este año la ESA podría aprobar la misión *MarcoPolo-R*. Para entender la importancia de este hecho en este artículo describimos las implicaciones astrofísicas, cosmoquímicas y astrobiológicas de esta misión, comparándola con otras actualmente en marcha hacia asteroides primitivos. También debe enfatizarse el papel del desarrollo de estas misiones de cara a la exploración futura, sea ro-

bótica o tripulada, de Marte. No hablaremos aquí del planeta rojo, pero muchos aspectos clave relativos a la importancia de su exploración futura fueron recogidos en una obra particularmente valiosa (Anguita, 1998).

### LA PRIMERA MISIÓN DE RETORNO DE MUESTRAS DESDE UN ASTEROIDE: HAYABUSA

Si bien misiones anteriores, como *Galileo* o *NEAR Shoemaker*, ya habían recogido datos sobre asteroides con anterioridad, la japonesa *Hayabusa* (que en japonés significa «Halcón Peregrino»), no tripulada, fue la primera misión de retorno de muestras desde uno de estos cuerpos. Fue lanzada el 9 de mayo de 2003 con el objetivo de alcanzar el asteroide 25143 Itokawa. Durante agosto y septiembre de 2005 se tomaron las primeras imágenes del asteroide, de unos 500 metros de longitud, al que llegó el 12 de septiembre de 2005 al acercarse a menos de 20 km. Con una órbita heliocéntrica cercana a su objetivo (no orbitando alrededor del mismo) la nave recopiló datos sobre su forma, rotación, topografía, color, composición, densidad e historia. En no-



1 Pequeños fragmentos del suelo lunar recogidos por los astronautas de la misión *Apollo 11* en 1969. Los cuadrados del patrón de fondo tienen 2 mm de lado. (Randy Korotev/NASA)  
 2 Impresión artística de la sonda *Stardust* atravesando la coma del cometa 81P/Wild 2 con el panel colector con aerogel desplegado. (Stardust/NASA)  
 3 Impresión artística de la misión *Hayabusa* en la superficie de Itokawa. (JAXA)

vimiento del mismo año aterrizó en su superficie, donde recogió muestras en la forma de pequeños granos de material que en junio de 2010 trajo de vuelta a la Tierra para un análisis más completo.

*Hayabusa* fue la primera misión diseñada para aterrizar en uno de estos cuerpos, a pesar de que en 2001 *Near Shoemaker* ya había logrado descender de forma controlada sobre el asteroide 433 Eros. Usando un sistema de navegación autónomo, dado que la distancia impedía un control en tiempo real desde la Tierra, la nave llevó a cabo una serie de descensos suaves para capturar muestras. Durante el segundo *Hayabusa* trató de lanzar varios proyectiles pequeños hacia la superficie y recoger restos desprendidos tras los impactos, pero estos disparos no funcionaron. En su lugar, el contacto físico de la sonda con la superficie de Itokawa fue suficiente para que algunos diminutos granos de polvo se introdujeran en el sistema de recogida de muestras. Tras esto la nave regresó a la Tierra y lanzó su cápsula de reentrada, que aterrizó satisfactoriamente en Australia mediante un paracaídas el 13 de junio de 2010, mientras que la mayor parte del cuerpo principal de la nave se desintegró en su entrada a la atmósfera. Este hecho, ya previsto por los modelos de reentrada, fue estudiado con gran interés por su similitud a la entrada de un meteorito. La cápsula fue recuperada al día siguiente con las mejores técnicas para evitar posible contaminación, y en pocos días

se encontraba en las instalaciones de la JAXA. En noviembre del mismo año se confirmó que la mayoría de las partículas que se hallaban en los compartimentos de la cápsula de *Hayabusa* tenían su origen en Itokawa, concluyendo satisfactoriamente la primera misión de retorno de muestras desde un asteroide.

Esta misión fue planteada como una plataforma donde probar nueva tecnología, principalmente el uso de los motores iónicos, por lo que el resto de tareas que llevó a cabo se consideraban en cierto modo secundarias. Así, dado que *Hayabusa* llegó mucho más allá de sus objeti-

## La sonda japonesa *Hayabusa* fue la primera nave espacial que trajo de vuelta a la Tierra partículas de un asteroide en el año 2010

vos mínimos se convirtió en un éxito rotundo, como también lo fueron las presentaciones científicas de resultados que se realizaron posteriormente en diversos congresos internacionales. Sin embargo, no todo salió perfectamente. La nave disponía de un pequeño módulo de aterrizaje de 600 g llamado *MINERVA* (de *MI*cro/*NA*no *EX*perimental *RO*bot *VE*hicle for *AS*teroid), que debía moverse por la superficie de Itokawa mientras tomaba imágenes que posteriormente enviaría a la nave principal. Durante su despliegue en noviembre de 2005, un fallo de

coordinación entre la señal de liberación enviada desde la Tierra y el sistema automático de *Hayabusa* para mantener la distancia con el asteroide, provocó que escapara de la atracción gravitatoria de Itokawa y se perdiera en el espacio. La historia de *Hayabusa* está llena de pequeños errores, pérdidas de contacto y tensión en el centro de control. De hecho, se convirtió en una aventura tan excitante que en Japón se hicieron varias películas sobre ella.

Además de su gran interés tecnológico la misión tuvo un alto interés científico, siendo la pionera que motivó las demás misiones de retorno de muestras desde asteroides. Hasta que *Hayabusa* trajo a la Tierra su carga recogida de Itokawa, nuestros conocimientos sobre asteroides dependían en buena medida del estudio de meteoritos, pero es realmente difícil determinar de qué cuerpo, entre los millones que pueblan el Sistema Solar, proviene cada uno. Gracias a esta misión, muestras puras de un asteroide caracterizado en detalle pueden ser analizadas en los laboratorios

terrestres, permitiendo llenar el hueco entre la observación de estos cuerpos y el estudio de meteoritos. En el caso de Itokawa, por ejemplo, se comprobó que el material que lo forma es idéntico al de cierto grupo de meteoritos. De hecho, sirvió para confirmar que este asteroide, de tipo espectral S, está directamente relacionado con las condritas ordinarias del grupo LL.

### **HAYABUSA 2, OSIRIS-REX Y HAYABUSA MK2: LAS HERMANAS MAYORES DE MARCOPOLO-R**

Con hermanas mayores nos referi-

mos a misiones con el mismo objetivo que *MarcoPolo-R*, el retorno de muestras desde asteroides, pero que probablemente serán lanzadas con anterioridad. De hecho, *MarcoPolo-R* es descendiente directo de la misión *Hayabusa Mk2*.

*Hayabusa 2* es una misión anunciada en 2006 por JAXA que sigue el mismo planteamiento que *Hayabusa*. Tomará el mismo diseño pero mejorando los puntos débiles de la primera. Actualmente el objetivo es el asteroide de tipo espectral C llamado (162173) 1999 JU<sub>3</sub>, presumiblemente rico en material orgánico y agua. Se cree que los asteroides no diferenciados de los que proceden las condritas fueron los bloques constitutivos de los planetas terrestres y, por lo tanto, habrían conformado la Tierra tal cual la conocemos. Esta misión intentará proporcionar información sobre los materiales primordiales del disco protoplanetario, la distribución de agua en el Sistema Solar primi-

sión seleccionada para el *New Frontiers Program* (Programa de Nuevas Fronteras) de la NASA, y su objetivo es el asteroide 1999 RQ<sub>36</sub>, mezcla de los tipos espectrales B y C. Este cuerpo primitivo de aproximadamente 560 metros de diámetro posee una órbita que lo acerca a la Tierra cada seis años, y la posibilidad de que colisione en el futuro no es descartable, motivo, entre otros, de que uno de los objetivos de esta misión sea refinar nuestros conocimientos sobre su órbita y sobre los fenómenos no gravitatorios que participan en la variación de ésta con el tiempo. Sin embargo, nuevamente uno de los principales objetivos de la misión es retornar muestras a la Tierra para el estudio de la materia orgánica y el agua incorporada a los materiales constitutivos a fin de comprender mejor los primeros estadios de la formación de los planetas, la evolución del Sistema Solar y el origen de los componentes básicos para la formación

de vida. En principio el lanzamiento se llevará a cabo en septiembre de 2016, y la nave se acercará a unos 5 km del asteroide en 2018, desde donde realizará un cartografiado de la estructura global, además de caracterizar la química y la mineralogía de la superficie durante quinientos días, gracias a una serie de cámaras, telescopios y

espectrómetros de alta resolución. Esto permitirá definir la historia geológica y dinámica, proporcionando un contexto para el estudio de las muestras, así como información para escoger el mejor sitio en el que descender. En el descenso estudiará en detalle el regolito de la zona, de donde se calcula que recogerá entre 60 gramos y 2 kg de material gracias al mecanismo de adquisición de muestras *TAGSAM* (de Touch-And-Go Sample Acquisition Mechanism), un brazo articulado que realizará hasta tres tomas diferentes recogiendo además parte de regolito. En 2023 el material recolectado entrará en la Tierra mediante una cápsula similar a la

usada por *Stardust*, y se pasará a su posterior estudio. *Hayabusa Mk2* es también una misión de retorno de muestras propuesta por la JAXA. Es la continuación de *Hayabusa* y *Hayabusa 2*, pero dado que no solo se limita a mejorar el diseño de la misión original sino que es un modelo nuevo, se optó por darle el nombre que tiene en vez de *Hayabusa 3*. Su objetivo es un cuerpo que ha sido designado simultáneamente como cometa periódico 107P/ y asteroide 4015 Wilson-Harrington, pues ha sido observado en distintas ocasiones comportándose como uno u otro tipo de objeto, lo que podría significar que es un cometa muy evolucionado, posiblemente con una capa de regolito que sufre explosiones ocasionalmente. El interés científico de esta misión es, básicamente, el mismo que el de las anteriores. Por otro lado *Hayabusa Mk2* probará nuevas tecnologías relacionadas con capsulas de reentrada, toma de muestras, telecomunicaciones y otros, será un ejemplo de laboratorio espacial para el análisis de material extraterrestre y proporcionará información clave sobre el retorno de cuerpos masivos y el uso de asteroides como recursos para la exploración espacial.

Investigadores europeos expresaron a la agencia espacial japonesa su interés por *Hayabusa Mk2*, y se llegó al acuerdo de convertirla en un proyecto común, de modo que entre 2007 y 2011 fue una misión conjunta de la JAXA y la ESA, rebautizada como *Marco Polo*. Fue propuesta en el programa *Cosmic Vision 2015-2025* de la ESA en 2007, basándose en una colaboración europea y japonesa que pretendía juntar las capacidades tecnológicas de ambas agencias para afrontar un desafío mayor. Se pretendía crear una nave de mayor tamaño que *Hayabusa*, con motores más potentes, mayor resistencia a las condiciones del viaje e incluso un módulo de aterrizaje más grande que estudiaría el asteroide *in situ*. Sin embargo, dentro del Programa *Cosmic Vision* esta misión competía con otras propuestas pa-

## Junto a las demás misiones de retorno de muestras, *MarcoPolo-R* revolucionará nuestra comprensión de las propiedades del material más prístino

genio y como estos dos conceptos se relacionan con la presencia actual de océanos y vida en la Tierra. La fecha de lanzamiento se sitúa entre julio de 2014 y diciembre de 2015. Se espera que llegue a su objetivo en 2018 y regrese a la Tierra con muestras en 2020. Las operaciones a realizar serán básicamente las mismas que en el caso anterior, pero incorporará un dispositivo explosivo, el *SCI* (de Small Carry-on Impactor), que excavará en la superficie del asteroide para obtener muestras prístinas. La nave también dispondrá de un módulo de aterrizaje llamado *MASCOT* (de Mobile Asteroid Surface Scout).

*OSIRIS-REx* es la tercera mi-



4 El asteroide 25143 Itokawa fotografiado por la sonda *Hayabusa*. (JAXA) 5 Impresión artística de la nave *OSIRIS-REx* aproximándose a su objetivo, el asteroide 1999 RQ36. (NASA/GSFC/Univ. of Arizona)

ra la fase de selección de 2009, y en 2010 la ESA anunció que *Marco Polo* no había sido escogida. Como consecuencia la colaboración de la JAXA y la ESA en este campo terminó, y mientras los científicos japoneses recuperaron el proyecto original *Hayabusa Mk2*, en Europa se siguió utilizando el mismo diseño para presentar, en una posible colaboración con la NASA, una nueva misión llamada *MarcoPolo-R*.

### MARCOPOLO-R

Así pues, *MarcoPolo-R* renace como una misión mayoritariamente europea que, de ser aprobada, se lanzaría entre 2022 y 2024, y con la que esperamos obtener mayor comprensión en diversas cuestiones clave sobre el papel que tuvieron los asteroides primitivos en la evolución de los planetas de tipo terrestre. Encaja en la categoría de las misiones de clase M (medianas) en lo que respecta a coste, pero por ahora es una propuesta que compite con otras cuatro misiones (*EChO*, *LOFT*, *Plato* y *STE-QUEST*) para ser seleccionada como la tercera misión mediana (M3) del programa Cosmic Vision de la ESA. Los objetivos de *MarcoPolo-R* fueron desarrollados en gran detalle en la propuesta original de *Marco Polo* y en su Libro Amarillo, un informe general sobre la misión que ofrece un panorama completo de los objetivos científicos y las necesidades resultantes, junto con los detalles de la carga útil, diseño y las operaciones a realizar. Así pues, esta mi-

sión tiene la gran ventaja de reaprovechar y mejorar trabajo realizado con anterioridad, incluyendo estudios industriales y desarrollo de instrumentos.

El fin de esta misión, transportar material de un asteroide cercano a la Tierra (NEA, de Near Earth Asteroid) de naturaleza presumiblemente primitiva para su estudio detallado en laboratorios terrestres, es similar al de las misiones explicadas previamente, siendo complementarios entre ellos. *MarcoPolo-R* ofrece a Europa la posibilidad de participar en el desarrollo de tecnología para este tipo de misiones y, además, de no quedar al margen de los avances científicos fundamentales que conllevarán. El interés internacional por el retorno de muestras desde asteroides es, de hecho, una muestra de su gran valor científico y tecnológico. Que se lleven a cabo casi simultáneamente varias misiones con fines parecidos no es redundante, pues viajan a objetivos diferentes y emplean distintos métodos para recoger y traer las muestras de vuelta a la Tierra. Si las tres misiones fuesen exitosas proporcionarían una visión mucho más completa de las fases iniciales de acreción de los planetas y del entorno astrofísico en el que estos materiales se consolidaron en el disco protoplanetario (Campo Bagatín *et al.*, 2013).

El objetivo actual de *MarcoPolo-R* es el NEA (341843) 2008 EV5, anteriormente un objetivo secundario mientras que el principal era

(175706) 1996 FG3, un asteroide binario prístino con profundas bandas de absorción de agua en el espectro IR. Los espectros de reflexión obtenidos recientemente de 2008 EV5 mostraron que es un asteroide hidratado muy primitivo que lo haría convertirse en el candidato ideal, pues permitía una misión más corta que seguía cumpliendo con los requisitos científicos. De hecho, se considera que el tipo de asteroide al que pertenece 2008 EV5 está estrechamente relacionado con los meteoritos llamados condritas carbonáceas, concretamente con el grupo CI representado por el meteorito Orgueil y que mejor se ajusta a la composición elemental del Sol (Trigo-Rodríguez, 2008). Algunos de estos meteoritos incorporaron agua a su estructura interna, empapando e hidratando a la postre sus minerales constituyentes. Todavía no comprendemos totalmente, sin embargo, el papel de la alteración acuosa, unida a la alteración de metales y silicatos, en la catálisis de componentes orgánicos. Con su viaje al 2008 EV5 *MarcoPolo-R* permitirá determinar la cantidad de carbono y agua en un NEA primitivo, y obtener información muy valiosa sobre la cantidad y complejidad de materiales orgánicos y agua transportados a la Tierra primitiva (Campo Bagatín *et al.*, 2013). Junto a las demás misiones de retorno de muestras, *MarcoPolo-R* revolucionará nuestra comprensión de las propiedades del material más prístino presente en el Sistema Solar, de la naturaleza de los cuerpos relativa-

mente pequeños, y de las condiciones primordiales responsables de la formación planetaria y la aparición de vida, además de proporcionarnos información para desarrollar estrategias de protección frente a los impactos potencialmente peligrosos.

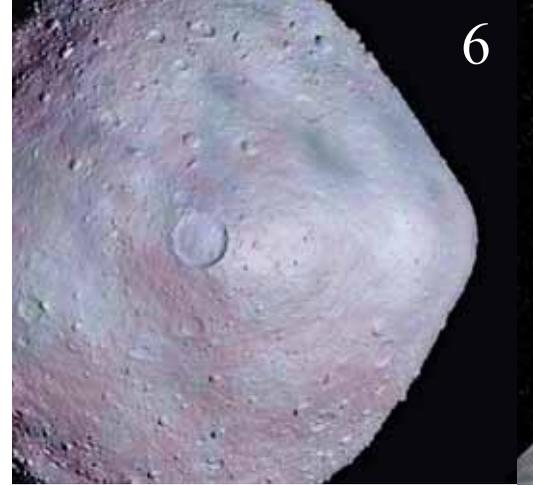
Todos estos temas son de gran relevancia para la comunidad científica. El debate y los experimentos previos son cruciales para preparar el Libro Amarillo de *MarcoPolo-R*, por lo tanto, establecer los principales objetivos científicos y las preguntas clave que se pretenden responder con esta misión. Para ello, en los últimos años se han celebrado diversas reuniones, como el seminario sobre cosmoquímica de cuerpos planetarios impartido en el marco de la Agencia Francesa del Espacio (CNES) de París en diciembre de 2012, o el cuarto simposio de *MarcoPolo-R* celebrado en Barcelona en enero de 2013, del que hablaremos a continuación.

#### CUARTO SIMPOSIO DE MARCO-POLO-R

El cuarto simposio internacional de *MarcoPolo-R*, con el título «Implicaciones astrobiológicas y cosmoquímicas del retorno de muestras de *MarcoPolo-R* desde un asteroide primitivo», se celebró los días 16 y 17 de enero de 2013 en Barcelona, y fue una ocasión para ampliar y compartir los conocimientos de la comunidad científica interesada en esta misión, ya sean investigadores interesados en el cartografiado e interpretación de los datos geofísicos retornados por las cámaras a bordo, cosmoquímicos involucrados en el análisis de las muestras recuperadas o de otros ejemplos de material extraterrestre, o incluso personas interesadas en el origen y evolución del Sistema Solar.

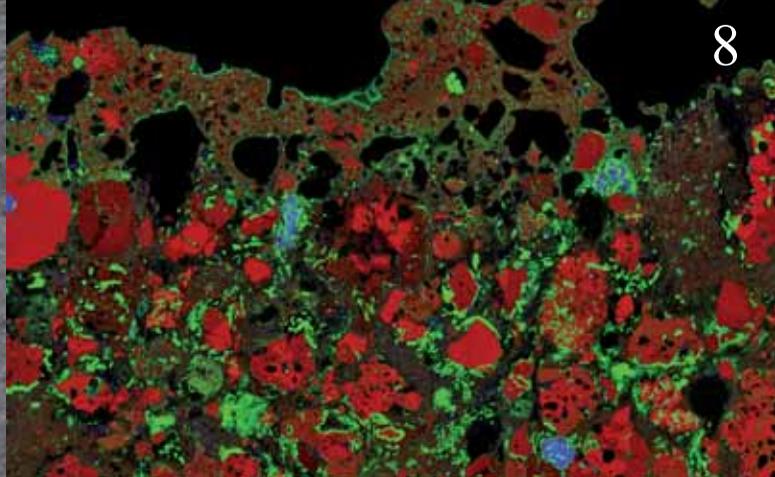
En el simposio se reunieron buena parte de los investigadores implicados en el desarrollo de esta misión, junto otros científicos interesados, sumando alrededor de cien personas, cerca de treinta charlas y varios pósters explicativos. La participación española fue muy significativa con un 20 % de

las contribuciones orales, lo que demuestra el interés de nuestro país en la misión. Las primeras charlas explicaron la situación actual de *MarcoPolo-R*. Por ejemplo, la líder de la misión, la Dra. Antonella Barucci del Observatorio de París-LESIA, disertó sobre la importancia de la misión para comprender mejor el escenario en el que tuvo lugar la primera agregación de objetos sólidos en el Sistema Solar. Posteriormente el Dr. David Agnolón, de la ESA, acercó al público el diseño actual de misión que baraja esta agencia. También el Dr. Patrick Michel de la Universidad de Niza presentó las principales propiedades físicas de estos objetos, su procesamiento superficial y las implicaciones para el muestreo de sus superficies. En el programa científico también tuvo cabida una discusión sobre la oportunidad para las empresas del sector aeroespacial que trabajan en el diseño con tal de lograr el mejor equilibrio entre eficiencia y coste que pueda satisfacer los objetivos. Se abordó en todo detalle el cambio de destino a 2008 EV5, que permite completar la misión en menos tiempo y por ello reducir costes, sin influir negativamente en los resultados. Aprovechando ideas desarrolladas en los anteriores retornos de muestras, se pretende que a mediados de 2027 *MarcoPolo-R* regrese con un mínimo de 100 gramos de muestra, de tamaños comprendidos entre pocas micras y varios centímetros, conteniendo algunos de los materiales más primitivos preservados en el Sistema Solar. Se hizo hincapié en la importancia de transportar de manera estanca estas muestras para, una vez en los laboratorios terrestres, poder extraer la máxima información. Esto será posible dada la mayor precisión y sensibilidad de que disponen los instrumentos de estos laboratorios, que permitirán determinar correctamente las composiciones químicas e isotópicas del material extraído del asteroide, y, por lo tanto, ampliar nuestro conocimiento sobre la compleja evolución fisicoquímica de estos cuerpos.



En el Simposio de Barcelona se presentaron también los posibles instrumentos y software de que dispondrá esta misión y los análisis que llevará a cabo con ellos, mostrando las capacidades existentes y potenciales del diseño actual. Uno de los aspectos más importantes para llevar a cabo el retorno de muestras desde asteroides consiste en conocer con el máximo detalle posible el cuerpo al que se va a enviar la misión. Así, se presentaron resultados del estudio remoto de 1996 FG3, el anterior objetivo principal de *MarcoPolo-R*, comparándolo con 2008 EV5 y permitiendo aproximar la forma, tamaño, periodo orbital y otras características necesarias para seleccionar adecuadamente el objetivo y poder tomar muestras de la superficie con seguridad. En ese sentido destacaron las conferencias impartidas por Michael Busch del National Radio Astronomy Observatory (NRAO) sobre las observaciones realizadas con los radiotelescopios de Goldstone y Arecibo sobre ambos asteroides en sus anteriores aproximaciones a la Tierra. Esta caracterización de la forma, estructura y dimensiones es de vital importancia para definir qué efectos se dan en estos cuerpos debido a la baja gravedad. En ese sentido también se presentaron diversas contribuciones referentes a otras características de los NEA primitivos como, por ejemplo, el espectro de reflexión que emiten en diferentes longitudes de onda, o las propiedades del regolito y su influencia en la baja conductividad térmica de la superficie de estos primitivos objetos.

No podía faltar en este simposio una revisión a las misiones her-



6 Impresión artística del asteroide 1999 RQ36. (NASA/GSFC) 7 Impresión artística de la nave *MarcoPolo-R* tomando muestras del asteroide 2008 EV5. (Yoshikawa Makoto, JAXA) 8 Muestras de la condrita antártica ALHA77307, similar a las que se pueden obtener con *MarcoPolo-R*. (J. M. Trigo)

manas de *MarcoPolo-R*, ya que todas ellas se benefician de las mejoras en conocimiento y tecnología que se desarrollan durante el proceso previo a la misión. Así, por ejemplo, el Prof. Bill Boynton de la Universidad de Arizona explicó los instrumentos que portará *OSIRIS-REx* para contribuir al trabajo de los científicos que se ocupan actualmente de *MarcoPolo-R*, haciendo especial hincapié en la selección del punto en el que tomar muestras que resulte óptimo, tanto por su interés científico como por ser accesible. Se explicó también el mecanismo de toma de muestras de la misión de la NASA y se planteó la posibilidad de adaptarlo, con algunas modificaciones, a *MarcoPolo-R*. De *Hayabusa 2*, por otro lado, se baraja la posibilidad de incorporar un módulo de aterrizaje que recogería información inacce-

sible desde la nave. El módulo, por ahora solo una posibilidad derivada de *MASCOT*, portaría el nombre de la hija de Marco Polo, *FANTINA* (de Fathom Asteroids Now: Tomography and Imagery of a NEA) y fue presentado por el Prof. Alain Herique del Instituto de Planetología y Astrofísica de Grenoble.

Los días 3 y 4 de junio de 2013 se llevará a cabo en los Países Bajos el quinto simposio internacional *The Science of MarcoPolo-R*, en el que se presentarán ya muy avanzados los diferentes aspectos de la misión. Como hemos expuesto a lo largo de este artículo, si a finales de 2013 *MarcoPolo-R* fuese escogida por la ESA, supondría un progreso sin precedentes para diversos campos científico-tecnológicos relacionados con la exploración europea del espacio. (A)

**Carles Moyano y Josep M. Trigo** pertenecen al Grupo de Meteoritos, Cuerpos Menores y Ciencias Planetarias del Instituto de Ciencias del Espacio en Barcelona. Para contactar: [moyano@ice.csic.es](mailto:moyano@ice.csic.es), [trigo@ice.csic.es](mailto:trigo@ice.csic.es)

\* Anguita, F. (1998), *Historia de Marte: mito, exploración, futuro*, Editorial Planeta, Barcelona.

\* Campo Bagatín, A., Lara, L. M<sup>a</sup>., Trigo-Rodríguez, J. M. y Licandro, J. (2013), «En busca de respuestas sobre los orígenes del Sistema Solar y de la vida», periódico *El País.com*, Ciencia, martes 22-1-2013.

\* Trigo-Rodríguez, J. M. (2008), «La misión *Stardust*: implicaciones astrofísicas de las muestras analizadas del cometa 81P/Wild 2», *Revista Iberoamericana de Física*, Vol. 4, n. 1, pp. 23-30.

\* Trigo-Rodríguez, J. M. (2012a), *Las raíces cósmicas de la vida*, Ediciones UAB, Barcelona.

\* Trigo-Rodríguez, J. M. (2012b), *¿Qué sabemos de meteoritos?*, Ediciones Catarata-CSIC, Madrid.