

Del Tibet a... *Marte*

ANGÉLICA ANGLÉS

Investigadora universidad de Hong Kong

EL MAYOR DESAFÍO PARA EL ESTUDIO DE MARTE Y SU CLIMA EXTREMADAMENTE ÁRIDO ES EL HECHO DE QUE ESTÁ APROXIMADAMENTE A 56,4 MILLONES DE KILÓMETROS DE DISTANCIA. EL ENTORNO HABITABLE DE LA TIERRA Y LA PRESENCIA DE AGUA LÍQUIDA SON LAS DIFERENCIAS MÁS NOTABLES, Y SIN EMBARGO, LOS FACTORES MÁS INTRIGANTES CUANDO COMPARAMOS LOS PLANETAS CON SU PASADO. SABEMOS QUE HACE UNOS 3.900 MILLONES DE AÑOS, EL PLANETA ROJO TENÍA AGUA LÍQUIDA EN SU SUPERFICIE, Y PODRÍA HABER ALBERGADO UNA VIDA PRIMITIVA DE TIPO MICROBIANO. GRAN PARTE DE SU HISTORIA SE EXPRESA EN UNOS PAISAJES QUE GUARDAN RELACIÓN CON EL AGUA, INDICANDO QUE A PESAR DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE EXTREMA ARIDEZ, DURANTE CIERTOS PERIODOS MARTE FUE MÁS SEMEJANTE A LA TIERRA QUE CUALQUIER OTRO PLANETA CONOCIDO DEL ESPACIO EXTERIOR Y, DE HECHO, LO SIGUE SIENDO HASTA AHORA. PERO ¿POR QUÉ DESAPARECIÓ EL AGUA? ¿PUEDE EXISTIR ACTUALMENTE VIDA MICROBIANA EN SU SUPERFICIE? LA CUENCA QAIMAM, UN ÁREA REMOTA AL NORTE DE LA MESETA TIBETANA, ES UNO DE LOS LUGARES DE LA TIERRA MÁS SEMEJANTES A MARTE, Y PUEDE AYUDARNOS A ENCONTRAR LA RESPUESTA A TODAS ESAS PREGUNTAS. UNA EXPEDICIÓN A LA CUENCA QAIMAM NOS HA PROPORCIONADO PISTAS PARA ESTUDIAR EL ENTORNO MARCIANO. SI ALGUNA VEZ VIAJAMOS NUESTRO PLANETA VECINO, EL CONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS Y LA DISPONIBILIDAD DE AGUA JUGARÁN UN PAPEL CRUCIAL EN EL PLANEAMIENTO DE MISIONES TRIPULADAS AL PLANETA ROJO.

Las preguntas que me hacen más a menudo son “¿por qué es importante la exploración planetaria?”, “¿por qué vuestro interés por Marte?”, o “¿qué importa eso en nuestra vida diaria?”. El descubrimiento de agua líquida en Marte o el hallazgo de microorganismos extraterrestres son hechos interesantes e informativos sobre la exploración de Marte que están mejorando nuestro conocimiento y proporcionándonos valiosa información sobre nuestro propio planeta. Creo que llegará un día no muy lejano en el que encontraremos el agua perdida de Marte y la utilizaremos para el desarrollo de un nuevo mundo, sin embargo, en la actualidad la razón más importante para explorar Marte es que es una etapa crucial para conocernos a nosotros mismos. Es especialmente significativo que aquí en la Tierra, en el Sistema Solar y puede que más allá, seamos los únicos seres vivos. ¿Es nuestro planeta el único con vida inteligente en tan vasto universo? Y más importante, la exploración espacial siempre favorece una mirada in-



ANGÉLICA
ANGLÉS

Angélica Inglés pertenece al grupo de investigación en Astrobiología y Exploración Planetaria de la Universidad de Hong Kong. Desde hace tres años trabaja investigando las características de la Cuenca Qaidam como entorno análogo de Marte. Ha publicado varios artículos con los resultados de las expediciones a esa zona del norte del Tíbet y presentados en conferencias internacionales.

trospectiva o pensativa sobre nosotros mismos y la gestión de nuestro planeta como nadie más puede hacerlo. Y eso es por lo que es realmente importante.

Marte da la casualidad de estar a nuestro alcance como el planeta más fácil y próximo para explorar.

Sin embargo, también es satisfactorio para el conocimiento científico de Marte, el placer y la belleza de explorar ese planeta. Dos hechos increíbles han sido mi motivación en los últimos años para continuar investigando sobre Marte; en primer lugar, que el rover Opportunity de la NASA, enviado a Marte en 2003 “en busca de agua”, encontró muchas evidencias que sugieren que el agua líquida fluyó en algún momento sobre la superficie de Marte. En segundo lugar, los investigadores de la misión European Mars Express anunciaron la detección de metano en la atmósfera marciana. Aunque las cantidades son muy pequeñas, el interés sobre el origen del metano continúa todavía. El metano atmosférico de Marte desaparece con rapidez, lo que significa que hay una aportación continua que lo recarga. El metano es un compuesto químico relacionado con organismos vivos, por lo que su detección indica una potencial huella química de la presencia de vida

Cuenca Qaidam en la Meseta del Tíbet Norte, a una altitud de 3000 m.

en Marte. Esta fue la primera pista para sospechar que Marte podía haber albergado vida, y aunque las cantidades son pequeñas y todas las ideas son especulativas, podríamos estar un paso más cerca de encontrar vida extraterrestre en Marte.

Los avances de la exploración de Marte en los últimos años son tremendos. Tenemos buenas razones y evidencias para creer que estamos más cerca de Marte que nunca, nuestro conocimiento sobre su química, biología o geología se ha ampliado de una forma desconocida hasta ahora. Este es sin duda el mejor momento para ser un explorador de Marte.

¿PERO, DÓNDE ESTÁ EL AGUA?

Marte, el planeta con las condiciones más favorables para la vida en el Sistema Solar, fue hace tiempo muy parecido a la Tierra. Desde el primer aterrizaje en la superficie marciana llevado a cabo por la misión Viking en el verano de 1976, se han hallado muchas evidencias geológicas y mineralógicas que han llevado a suponer que el primitivo clima marciano era mucho más cálido y húmedo que el actual.

A través de los años, la superficie marciana ha sido alterada por fenómenos de vulcanismo, impactos de otros cuerpos planetarios, tormentas de arena o movimientos de la corteza. En la actualidad Marte tiene un clima extremadamente seco y árido, sin embargo se han encontrado evidencias de que en el hemisferio norte existió un inmenso océano, donde se han localizado minerales relacionados con ambientes acuosos, como arcillas, carbonatos y cloruros, confirmando que el flujo de agua fue estable en unas condiciones específicas de la superficie. Esto es importante porque el agua es el componente clave para que se origine el proceso de evolución de la vida en un planeta.

Sin embargo, aunque las condiciones de la superficie de Marte parecían favorables para la vida, no duraron mucho. Marte sufrió un período catastrófico donde el bombardeo feroz de partículas solares y los continuos impactos de cuerpos celestes causaron que toda el agua se disipara de la superficie y de la atmósfera a un ritmo acelerado. En consecuencia, tuvo lugar un drástico cambio climático, se desvaneció el campo magnético y se perdió la mayor parte de la atmósfera, lo que resultó en unas temperaturas mucho menores y un clima mucho más seco. Debido a la sequía masiva que causó la evaporación del agua, grandes cantidades de sedimentos salinos quedaron depositados en la superficie. Por ejemplo, la presencia de depósitos de sulfatos y hematita en el Meridiani Planum, próximo al ecuador, sugiere que se formaron en un proceso catastrófico en el que se produjo una oxidación generalizada mientras el clima marciano iba cambiando. Sin embargo, cantidades significativas de agua y posiblemente otros volátiles quedaron retenidas en el manto, y fueron desplazadas posteriormente por la actividad magmática, lo que significaría que no toda el agua se perdió. El agua que permanece actualmente en



Marte está congelada y oculta de nuestra vista por polvo y rocas.

Hay también una cantidad significativa de estructuras geológicas que confirman la presencia de hielo en el subsuelo, especialmente a latitudes altas. El hielo está todavía allí, y se ha redistribuido llenando cráteres, en el regolito (capa de

roca suelta y minerales que todavía no forman parte del suelo), en las cumbres de las montañas y en ambos polos. El agua líquida seguramente está presente bajo el hielo, debido al aumento de la temperatura con la profundidad. Y es en esa región límite entre el agua y el hielo donde puede que habiten organismos microbianos. Seguramente ese nicho ecológico no es más hostil que algunos de la Tierra, como los ecosistemas microbianos existentes bajo el hielo de la Antártida.

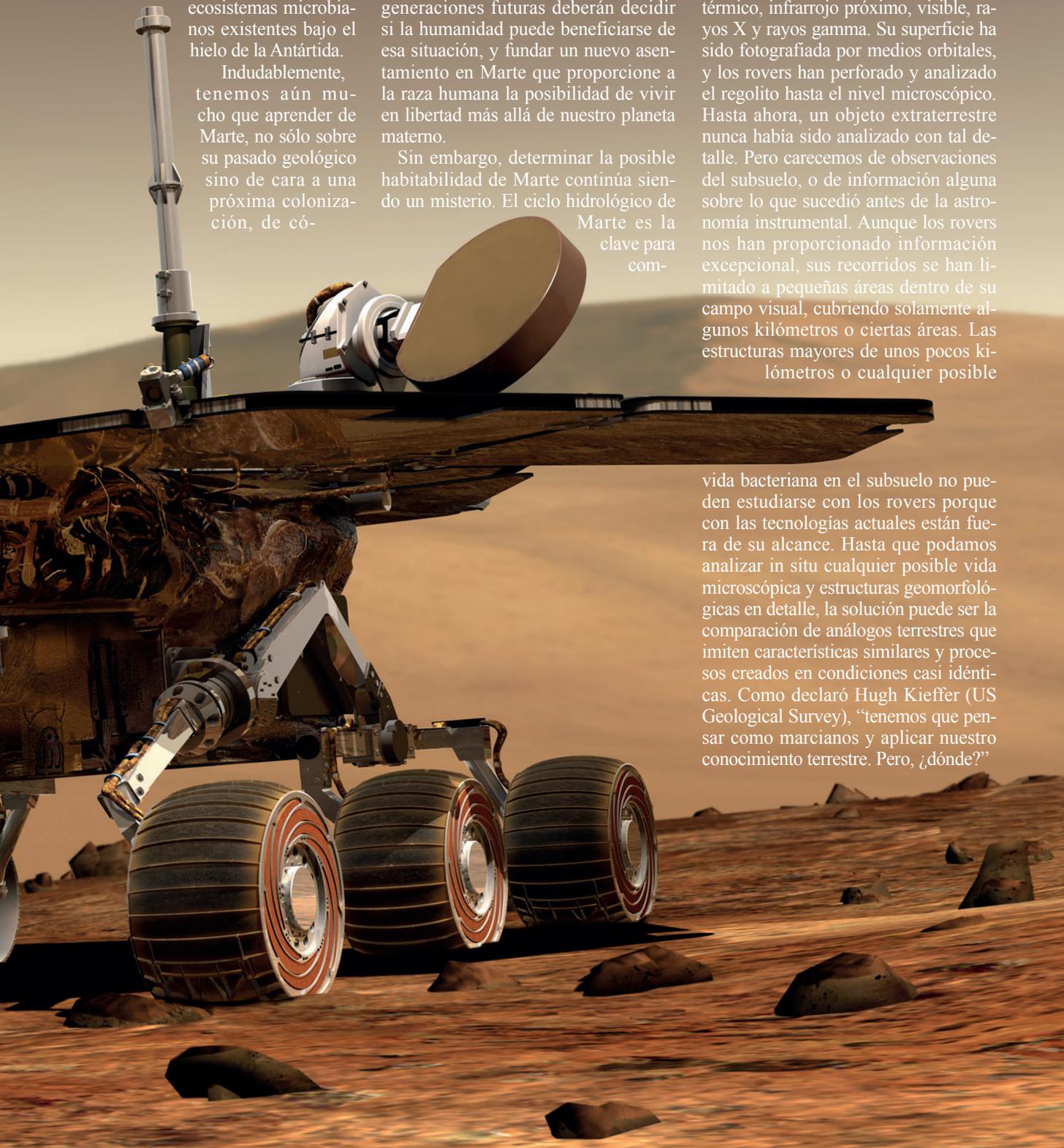
Indudablemente, tenemos aún mucho que aprender de Marte, no sólo sobre su pasado geológico sino de cara a una próxima colonización, de có-

mo sobrevivir allí y de cómo extender nuestra presencia más allá de nuestro planeta. Existe en la actualidad un animado debate entre los investigadores sobre cuál puede ser la mejor estrategia para el progreso de la exploración humana y potencial colonización de Marte. Esas especulaciones no son ciencia ficción. Con lo que hemos conseguido en los últimos años hemos roto las ligaduras que nos unen a la Tierra. Las generaciones futuras deberán decidir si la humanidad puede beneficiarse de esa situación, y fundar un nuevo asentamiento en Marte que proporcione a la raza humana la posibilidad de vivir en libertad más allá de nuestro planeta materno.

Sin embargo, determinar la posible habitabilidad de Marte continúa siendo un misterio. El ciclo hidrológico de Marte es la clave para com-

prender su pasado y planificar un futuro asentamiento. Observamos signos de presencia de agua y hielo en muchas épocas pasadas, conocemos los depósitos de hielo en los polos, la transferencia de moléculas de agua entre la atmósfera y la superficie, o los movimientos de moléculas de agua condensadas. Marte ha sido, y continúa siendo, analizado desde sondas orbitales en longitudes de onda de radio, infrarrojo térmico, infrarrojo próximo, visible, rayos X y rayos gamma. Su superficie ha sido fotografiada por medios orbitales, y los rovers han perforado y analizado el regolito hasta el nivel microscópico. Hasta ahora, un objeto extraterrestre nunca había sido analizado con tal detalle. Pero carecemos de observaciones del subsuelo, o de información alguna sobre lo que sucedió antes de la astronomía instrumental. Aunque los rovers nos han proporcionado información excepcional, sus recorridos se han limitado a pequeñas áreas dentro de su campo visual, cubriendo solamente algunos kilómetros o ciertas áreas. Las estructuras mayores de unos pocos kilómetros o cualquier posible

vida bacteriana en el subsuelo no pueden estudiarse con los rovers porque con las tecnologías actuales están fuera de su alcance. Hasta que podamos analizar in situ cualquier posible vida microscópica y estructuras geomorfológicas en detalle, la solución puede ser la comparación de análogos terrestres que imiten características similares y procesos creados en condiciones casi idénticas. Como declaró Hugh Kieffer (US Geological Survey), “tenemos que pensar como marcianos y aplicar nuestro conocimiento terrestre. Pero, ¿dónde?”





Primera imagen de la superficie de Marte, obtenida por la sonda Viking el 20 de julio de 1976 poco después de su aterrizaje. El objetivo principal de la misión fue obtener imágenes de alta resolución de la superficie marciana, estudiar la atmósfera y buscar signos de vida. Imagen: NASA.

LA CUENCA QAIDAM

La Cuenca Qaidam, un área remota en la parte norte de la meseta tibetana, es uno de los lugares de la Tierra más parecidos a Marte. La cuenca contiene incontables estructuras geológicas y condiciones atmosféricas que son casi idénticas a Marte. Comprende aproximadamente 850 km de este a oeste y 300 km de norte a sur, y está rodeado por fallas y sierras. En los últimos años hemos descubierto y comprendido que la Cuenca Qaidam es un gigantesco laboratorio para estudiar los procesos y accidentes geográficos de Marte. Todo lo que vemos hoy en la Cuenca Qaidam se originó bajo condiciones muy semejantes a las de Marte, durante épocas más húmedas y calientes que lo configuraron como hoy lo podemos ver.

La historia de la Cuenca Qaidam empezó hace unos 290 millones de años, cuando la meseta tibetana era un vasto océano. Pero debido a intensas

y prolongadas fuerzas tectónicas de las fallas circundantes, la cuenca se elevó convirtiendo el gran océano en pequeños lagos individuales. Debido a esa continua elevación causada por las fuerzas tectónicas que rodean la cuenca, los lagos finalmente se evaporaron, dejando grandes cantidades de depósitos salinos. Como consecuencia de la altitud (~4000 m), se produjo un cambio climático drástico. Se añade a todo eso que el Himalaya, al sur de la llanura Tibetana, bloquea el aire húmedo procedente del Océano Índico, dando lugar a uno de los lugares más secos de la Tierra. La presión es del 50-60% respecto a la del nivel del mar como consecuencia de la altitud, así como las bajas temperaturas. Las temperaturas medias en el Tíbet son de unos -7°C , pero otras áreas en el noroeste de Qaidam pueden alcanzar los -35°C . La precipitación anual es también muy escasa (menos de 14 mm/año), lo que unido a la elevada tasa de evaporación anual hace que la región sea extremadamente árida.

La evolución drástica de la Cuenca Qaidam ha quedado registrada en estructuras geomorfológicas, estratificación sedimentaria o antiguos cauces fluviales, la mayoría bien conservados hoy día. La evaporación de los lagos y la precipitación de la sal fueron tan prolongadas en el tiempo que es un caso único entre otras cuencas en la Tierra. La cuenca contiene los lagos secos más antiguos con las salinidades más elevadas del mundo.

Las imágenes por satélite de la Cuenca Qaidam proporcionan pruebas sustantivas de la evaporación del agua superficial y de la cantidad de sal en la superficie. Los lagos ahora secos prueban que el flujo de agua fue estable en un momento determinado hasta que el área quedó seca, fría y ventosa, haciéndola inhabitable, sin ninguna vegetación en la superficie.

UNA EXPEDICIÓN A LA CUENCA QAIDAM

En agosto de 2016, cuando las temperaturas estaban en su máximo, iniciamos una expedición a la Cuenca Qaidam para investigar la geología, mineralogía, condiciones climáticas, biomarcadores y evidencias de habitabilidad. Los antiguos periodos húmedos y las actuales características extremadamente áridas están reflejados en sus características geomorfológicas, que son muy importantes para comprender los procesos geológicos marcianos y los cambios ambientales. Durante la expedición observamos estructuras muy interesantes, como barrancos formados por erosión del agua, valles de montaña, estratos sedimentarios relacionados con el agua, dunas de arena formadas por el viento o anticlinales de sal. Además de la expedición, comparamos imágenes de alta resolución obtenidas por el MOC (Mars Orbiter Camera) a bordo de la misión Mars Global Surveyor, y THEMIS (Thermal Emission Imaging System) a bordo del Mars Odyssey para comparar los datos orbitales de Marte con la Cuenca Qaidam.



Mount Sharp en Marte, tomada por el rover Curiosity. Imagen: NASA.

Durante la expedición identificamos enormes cantidades de sal de roca, yeso y otros minerales sulfurosos. Los sulfatos hallados indican el estadio final del proceso de evaporación en los lagos, conteniendo sodio, magnesio, calcio, carbono o hierro, entre otros. Esto es interesante porque, por ejemplo, los sulfatos de magnesio han sido identificados en grandes cantidades en las altitudes bajas de Marte, o el yeso fue detectado cerca del Polo Norte Marciano. Carbonatos, arcillas y cloruros, todos ellos relacionados con entornos acuosos, también han sido identificados en Marte, y se encuentran en grandes cantidades en la Cuenca Qaidam.

Encontramos también todo tipo de terrenos, como los que forman pequeñas estructuras poligonales, terrenos muy comunes en diversas localizaciones de Marte, como los que encontró la sonda Phoenix cerca del Polo Norte. Los polígonos se crearon, y siguen creando, con cantidades mínimas de salmuera, debido a procesos de hidratación y deshidratación de las sales durante cientos de años.

También pudimos identificar barrancos recientes en las áreas montañosas de la Cuenca Qaidam que han sido creados esporádicamente y con cantidades muy limitadas de agua. Estos barrancos son únicos, ya que se han formado a lo largo de millones de años y ninguna acción humana ha modificado el área.



Barrancos formados por pequeñas cantidades de salmuera en la Cuenca Qaidam. La segunda foto muestra barrancos y canales encontrados en el Cráter Newton. Imagen: NASA.

En Marte, a pesar de que los periodos acuosos han terminado, actualmente todavía quedan medios para crear pequeños barrancos en montañas o colinas. Los barrancos de Marte se han observado en muchas localizaciones como los del Cráter Newton. Estos barrancos son un componente clave para interpretar la evolución hidrológica de los suelos marcianos.

Yardangs, o estructuras en forma de pequeñas colinas de varios metros de altitud producidas por vientos fuertes y constantes y procesos acuosos, son difíciles de encontrar en la Tierra pero abundantes en la Cuenca Qaidam y en Marte. Los yardangs de la Cuenca Qaidam contienen minerales sulfatados, y pueden darnos pistas sobre el papel que desempeña el agua en su formación y desarrollo.

Pero el hallazgo más importante de la expedición fue la detección en el subsuelo de la Cuenca Qaidam de organismos microbianos. El estudio de esos hábitats es de extrema importancia ya que proporciona pistas esenciales para comprender las estrategias de la vida en un ambiente extremadamente árido. Ahora suponemos que Marte es el candidato más probable para encontrar vida extraterrestre. La pregunta sobre si la vida en Marte podría estar relacionada con la de la Tierra es compleja porque sabemos por los meteoritos marcianos que han caído en la Tierra que pueden haberse intercambiado materiales entre ambos planetas. Una de las preguntas más excitantes es que si encontramos vida en Marte, y estoy convencida de que lo haremos, como podemos saber si se trata

de una segunda génesis?, ¿Comenzó aquí la vida y luego fue transportada allí, o comenzó allí y fue transportada aquí? Es un misterio fascinante que vamos a revelar en el próximo siglo, y esperamos muchas más misiones a Marte para contestar esas preguntas. Las misiones planetarias que ahora se están planificando buscarán pruebas de vida, transportando instrumentos para ana-



La primera imagen muestra yardangs en la Cuenca Qaidam. La segunda imagen fue tomada por el rover Curiosity. Imagen: NASA.

lizar las rocas a nivel microscópico por procedimientos químicos, visuales y mineralógicos. Durante las próximas décadas vamos a presenciar mucha acción en la exploración espacial, con la esperanza de llevar hasta el extremo los límites de nuestra capacidad humana.

Sabemos que las condiciones de Marte no pueden reproducirse exactamente aquí en la Tierra, porque son exclusivamente marcianas. Sin embargo, considerando la escala y extensión de nuestro Sistema Solar, Marte casi fue formado para ser nuestro futuro hogar. Y aunque Marte no tenga hoy las condiciones adecuadas para ser habitable, tiene la oportunidad de llegar a serlo algún día. No es seguro que la humanidad opte por vivir allí o no, pero ciertamente, si algún día decidimos salir de la Tierra, Marte es sin duda el lugar. Ni la Luna ni los asteroides pueden competir con Marte en el hecho de que es un mundo que contiene agua, más frío que la Tierra, pero con agua, y eso es lo que hace a Marte tan especial. •

Agradecimientos: Quiero agradecer a Miguel Inglés y a James Stewart sus valiosas sugerencias, tanto en la redacción de las versiones española e inglesa de este artículo, como en la parte técnica del estudio.