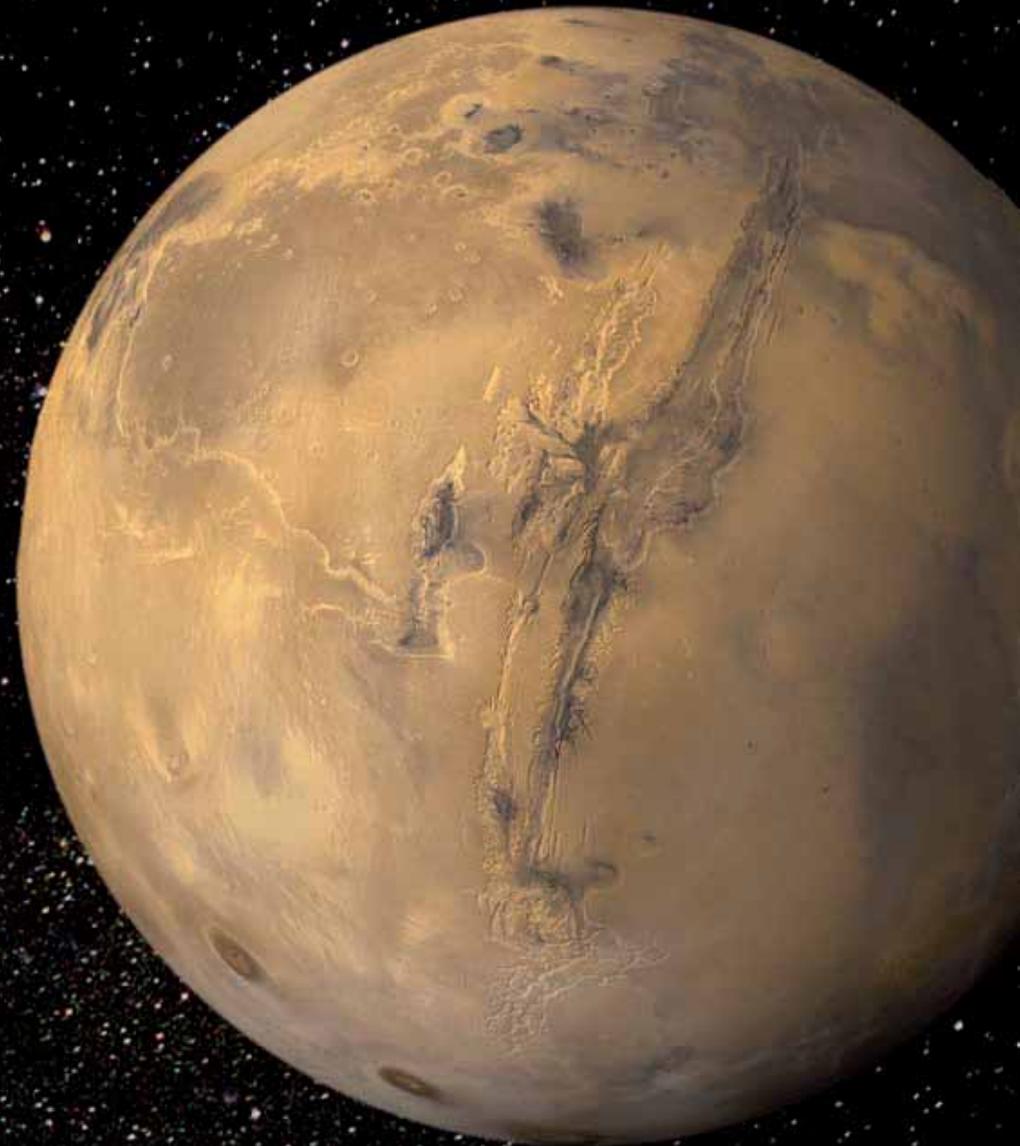


MARTE EN LONTANANZA

“Enviar humanos a Marte no parece factible en los años venideros. Pero multitud de científicos y tecnólogos trabajan para que la aventura sea realizable en un futuro.”

POR MARINA DÍAZ-MICHELENA



Me atrevería a decir que, a la gran mayoría de la población, Marte, nuestro planeta más próximo, le importa un bledo.

En más de una reunión, cuando se ha suscitado el tema de su exploración, he observado con horror que había quien dudaba sobre si se había puesto ya un pie en su superficie al igual que en la Luna. En general se prefieren los programas basura a los documentales del espacio, y no digamos el interés que comparativamente despierta el fútbol.

Con frecuencia desconocemos la actualidad en el país vecino y tristemente creo que a la gran masa solo le importan las sondas espaciales que son susceptibles de precipitarse sobre sus cabezas.

Sin embargo, siempre ha habido un colectivo con miras más allá de los confines preestablecidos y que ha sido el responsable de ampliar el conocimiento más allá de las fronteras. Estos soñadores y aventureros son quienes han especulado sobre el Mundo Rojo, han escrito y hoy en día escriben su crónica. Son los responsables de que Marte hoy sea noticia.

¿Y en qué momento de nuestra historia se despierta el interés? La respuesta no es clara. En el sistema babilonio astral teológico se relaciona al dios de los muertos Nergal con el planeta rojo. Probablemente, los aspectos más terroríficos de este dios fueron heredados por el dios olímpico de la guerra, Ares. A su vez, la mitología romana recoge muchos de los atributos del dios de la guerra en el dios Marte que, al contrario que Ares, gozaba de cierta aceptación social. Desde entonces, queda definitivamente

bautizado, tan asimilado al dios de la guerra que sus dos satélites naturales se han llamado Fobos (odio) y Deimos (terror).

Poco se sabe de las observaciones en aquella época y a lo largo de buena parte de la Edad Media. De hecho, los primeros trabajos sistemáticos, anteriores a la invención del telescopio, fueron las observaciones del astrónomo danés Tycho Brahe desde 1560, aproximadamente.

Durante su estancia en Praga al servicio del emperador Rodolfo II, Tycho Brahe compartió tiempo de observación con Johannes Kepler. De manera que, cuando Brahe murió en 1601, su familia, que no parecía dar ningún valor a sus notas con más de una década de meticulosas observaciones, no tuvo ningún reparo en entregárselas a Kepler cuando éste se las solicitó. Sin duda alguna, estos apuntes ayudaron a Johannes a formular sus tres leyes y describir la órbita de Marte alrededor del Sol. (Obsérvese el papel tan importante que jugó de cara a la aceptación de la teoría heliocéntrica). Posteriormente, varios astrónomos llegan incluso a apreciar manchas oscuras en su superficie. Pero fue el descubrimiento por Christiann Huygens (1659) de la mancha triangular *Horologium* (Reloj de Arena), la actual región Syrtis Major, sobre la superficie, lo que facilitó la medida del periodo de rotación, que se estimó de 24 horas y 40 minutos con un error de 3 minutos. El día marciano duraba lo mismo que nuestro día. Hoy sabemos que los periodos de rotación de ambos planetas solo se diferencian en 41 minutos.

En aquel momento, esta observación, lejos de desatar una afición desenfrenada por Marte, dejó a la humanidad indiferente durante más de un siglo hasta que, en 1783, William Herschel

midió la inclinación del eje de rotación y observó los casquetes polares llegando a extraer conclusiones sobre el parecido con los cambios estacionales de la Tierra. Se retomaba la afición.

Ya cerca del fin del siglo XVIII, la precisión de los telescopios propicia los primeros mapas topográficos (Johan Schröder ...) y la observación de los famosos canales (Angelo Sechi, Giovanni Schiaparelli) que darían rienda suelta a la imaginación, en el siglo XIX, alentados por la sugerencia, de que se tratara de canales artificiales, de Percival Lowell.

Con este final de siglo, no es de extrañar que, a principios del siglo XX, Marte protagonice una buena parte de la ciencia ficción, cada vez más realista gracias al goteo de los avances científicos sobre el planeta, como el cálculo de W. W. Coblentz de temperaturas extremas en algunos puntos del planeta y la identificación de dióxido de carbono en la atmósfera, por Gerard Peter Kuiper.

Pero, mientras la guerra fría de Hollywood asimila a los marcianos con monstruos y mujeres fatales, y Marte empieza a triunfar en la pantalla grande de la mano de la ciencia ficción, la verdadera exploración ya se está abriendo paso. Las dos potencias mundiales, la Unión

Soviética y Estados Unidos, han comenzado la carrera por Marte. Los comienzos no fueron tan prometedores. Se perdieron varias sondas hasta que la Mariner 4 efectuó una maniobra de onda gravitatoria, el 14 de julio de 1965, pasando a 16.000 km de la superficie. Durante la pasada, la sonda pudo conseguir las primeras fotografías de la superficie tomadas "de cerca".

Era tanta la expectación por ver los supuestos bosques, e incluso habitantes, que la espera de 3 días para recibir las 21 fotografías realizadas por la Mariner 4 fue todo un suplicio, pero en ningún caso comparable con la desilusión tras ver que las fotografías no mostraban vegetación alguna, y mucho menos evidencias de los famosos marcianos, sino continuos paisajes desérticos solo interrumpidos por la presencia de enormes cráteres de impacto (de hasta 300 km de diámetro). Ni vegetación, ni agua ni civilización.

A partir de este momento comienza la verdadera etapa de exploración. Una gran cantidad de sondas entre orbitadores, aterrizadores y rovers constituyen lo que se conoce como retrato de familia de la exploración a Marte. Y, aunque el ser humano aún no ha podido pisarlo, es un deseo indiscutible poblarlo o de momento soñar con ello. Conducida por esta ilusión, en este artículo me he permitido analizar su exploración como el camino a través de la pirámide de Maslow (1934), para establecer una base en su superficie.

La pirámide describe las jerarquías de las necesidades humanas. Como hablamos de un nuevo mundo, completamente distinto al propio, no es difícil imaginar una pirámide de Maslow que vaya sentando

“Ya cerca del fin del siglo XVIII, la precisión de los telescopios propicia los primeros mapas topográficos y la observación de los famosos canales.”

Marte en lontananza

las bases de las necesidades, avanzando hacia una situación de seguridad, afiliación y reconocimiento para llegar a una sociedad madura que habite el planeta.

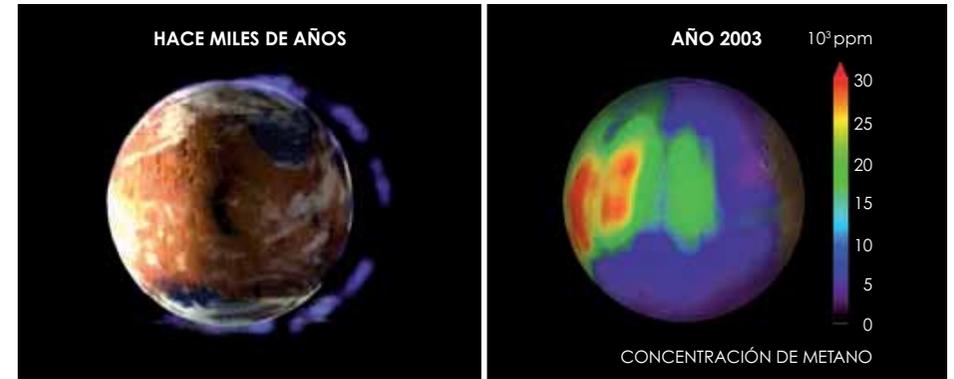
A continuación, se irán dando pinceladas de algunas de las metas de los distintos peldaños de la pirámide.

En la base de la pirámide se encuentran las necesidades fisiológicas. Los habitantes deben poder respirar, alimentarse, descansar ¡y practicar sexo!

Al contrario de lo que ocurre en nuestro planeta, de estas cuatro necesidades parece que lo más complejo es poder garantizar las dos primeras: respirar y alimentarse. Y la razón es la siguiente: es una teoría completamente aceptada que Marte, antiguamente, tuvo un campo magnético global, que lo protegía de la erosión cons-

tante producida por el viento solar. La intensidad del mismo debió ser muy parecida a la del campo geomagnético y, todo parece indicar, que también fuera producido por un efecto de dinamo en el núcleo del planeta. Sin embargo, hoy en día la intensidad del campo magnético es unas 10.000 veces menor que el de la Tierra. El campo magnético global se perdió hace unos 4.000 millones de años. Como consecuencia directa, el bombardeo de partículas del viento solar sobre la superficie se incrementó. Gran parte de la atmósfera se perdió por el proceso de *sputtering*, dando paso a una atmósfera enrarecida con una composición que nada tiene que ver con la de la atmósfera terrestre.

La presión atmosférica en la superficie es aproximadamente entre el 0,4 y el 0,6 % de la terrestre. ¡El equivalente a la de la Tierra a 35 km de altitud sobre la superficie! Recordemos que los aviones de línea vuelan a unos 10 km. Pero



La pérdida de la gran mayoría de la atmósfera al extinguirse el campo magnético global y la detección reciente de metano.

además, así como la atmósfera terrestre está compuesta en un 78 % de gas inerte nitrógeno, aproximadamente un 20 % de oxígeno, esencial para la vida, y un porcentaje pequeño de dióxido de carbono, vapor de agua y trazas de otros gases, la atmósfera de Marte está compuesta en un 95,32 % de dióxido de carbono, un 2,7 % de nitrógeno, un 1,6 % de argón, un 0,13 % de oxígeno y trazas de otros gases correspondiendo al vapor de agua tan sólo un 0,03 %.

En 2003, la detección de metano en una atmósfera tan oxidada abrió una nueva esperanza sobre la posibilidad de la existencia de alguna forma de vida. Como la producción de metano por la actividad química de la atmósfera se considera despreciable, y su vida media antes de su desintegración fotoquímica se estima en unos 100 años dependiendo de los agentes oxidantes de la atmósfera, se sospecha que el metano sea generado bajo la superficie de alguna forma: biótica o abiótica.

Las dos hipótesis se han trabajado a lo largo de estos años, sin llegar a ninguna conclusión definitiva. Equipos investigadores han medido durante algo más de una década la cantidad de meta-

no expulsado por volcanes terrestres, en particular, el Mauna Aloi, por considerarse similar a los volcanes que puedan estar activos hoy en día en el planeta vecino. Los resultados parecen descartar que el metano de la atmósfera marciana sea debido a un gas volcánico, porque el metano producido al año es unas treinta veces superior al que se produce por los procesos volcánicos terrestres. Otros grupos han tratado de asociar la producción de metano con algún tipo de yacimiento petrolífero que, si bien parece llegar a una mejor correlación sobre las cantidades emitidas de metano, deja muchos puntos abiertos.

Beber de un manantial marciano no es mucho más fácil que respirar. La temperatura en superficie oscila entre unos cómodos 17 °C y los -130 °C. Además, la práctica ausencia de atmósfera acentúa las fluctuaciones térmicas diurnas, nuestras famosas mínimas y máximas. La temperatura media son -63 °C, que no permite la existencia de agua en fase alguna mas que el hielo. Aunque originalmente se asoció prácticamente todo el hielo con dióxido de carbono, recientemente la sonda Phoenix ha constatado la presencia de hielo en la super-



Pirámide de Maslow para Marte, necesidades humanas en el Planeta Rojo.



ficie compuesto de agua y perclorato, sustancia que, si bien es tóxica, se usa en algunos preparados médicos y es alimento de algunas bacterias terrestres. Otra cuestión interesante es la dicotomía orográfica que presenta. Los dos hemisferios Sur y Norte marcianos tienen un aspecto muy diferente. Mientras que el hemisferio Norte presenta una gran depresión, el hemisferio Sur corresponde a una zona de tierras altas con elevada concentración de cráteres y el monte más alto de todo el sistema solar, el *Olympus Mons*. Algunos científicos atribuyen toda la depresión del Norte del planeta a un antiguo gran océano. Hipótesis que es compatible con la curva de nivel del perímetro de esta gran depresión geográfica. Por otro lado, las evidencias de la existencia de agua corriente no faltan. Y también se habla de depósitos de agua congelada subterráneos ¿Pudo tener un ciclo de agua como el que tenemos en la Tierra?

Admitiendo que la extracción de agua del suelo marciano sea factible, una forma de alimento ligada a la agricultura (a falta de ibéricos), solo podría sostenerse con fuentes artificiales de iluminación. Hay que tener en cuenta que además de la diferencia de irradiación solar en ambos planetas por las distintas distancias medias al Sol: $589,2 \text{ W/m}^2$ en la Tierra y $1367,6 \text{ W/m}^2$ en Marte, éste describe una órbita excepcionalmente excéntrica alrededor del Sol llegando a colocarse a una distancia de 206,7 millones de km del mismo en su perihelio durante el verano marciano (unas 1,4 veces la distancia media de la Tierra al Sol) y a unos 249,1 millones de km en su afelio.

Todos estos contratiempos son retos tecnológicos para el futuro como fueron en su día llevar corriente a las casas, con el correspondiente factor correctivo, naturalmente.

“Enviar humanos a Marte no parece factible en los años venideros.”

Una vez resueltas las necesidades fisiológicas, entre los aspectos de seguridad a tener en cuenta para la futura base se encontrarían, entre otros, las grandes tormentas globales y efectos derivados de la ausencia de campo magnético global.

La ausencia de océanos simplifica mucho, comparativamente con la Tierra, los movimientos de masas de aire. La circulación atmosférica está fundamentalmente regida por un movimiento de convección entre el ecuador y los polos. Estos movimientos globales de la atmósfera enrarecida y cargada en ausencia de humedad desencadena las famosas tormentas globales. Por comparar, una tormenta global del Planeta Rojo puede tener una envergadura no solo superior a la de una tormenta de arena terrestre sino también a la de un tornado, por lo que habría que proteger convenientemente la base habitada.

Por otra parte, la fluencia de partículas cargadas de alta energía, sobre la superficie, enfermaría a los exploradores humanos, por lo que habría que buscar una región donde exista una capa magnética protectora (magnetosfera) o procurarla artificialmente. La otra opción sería vivir bajo tierra.

A este respecto se ha comentado que en Marte no existe un campo magnético global. Sin embargo, gracias a los datos de campo magnético de la misión Mars Global Surveyor, se sabe que tiene anomalías magnéticas, es decir, zonas en las cuales el campo magnético se aparta del campo global medio. Esto no es un caso chocante dado que la Tierra también tiene su propio mapa de anomalías magnéticas superpuestas al campo global. De hecho, concretamente las hileras consecutivas de material imanado, en sentidos opuestos, paralelas a las dorsales oceánicas sirvió para probar la teoría de las inversiones estocásticas del campo magnético en la Tierra. Lo que es verdaderamente sorprendente es que los modelos que se han hecho a partir de los



Tormenta global en Marte.



datos magnéticos de la MGS muestran franjas de imanaciones opuestas paralelas al Ecuador, en las zonas altas del planeta y no en el lecho oceánico como ocurre en nuestro planeta. La explicación de las anomalías magnéticas oceánicas es la siguiente: los basaltos, al emerger a altas temperaturas desde el manto de la Tierra, sufren un enfriamiento rápido por debajo de la temperatura de transición magnética que hace que los minerales con cierto momento magnético se queden imanados registrando la dirección y sentido del campo geomagnético en el momento del enfriamiento. Cómo se ha producido la imanación de los

minerales en las tierras altas y, es más, qué mecanismo ancla su imanación tanto tiempo después de la extinción del antiguo campo global es un misterio por resolver. Sin embargo, las grandes extensiones de zonas imanadas pueden

albergar una magnetosfera local y pudieran establecerse como zonas propicias para los asentamientos humanos. En épocas de calma solar, la pequeña magnetosfera tendría el papel de escudo protector para la vida evitando la entrada de radiación del viento solar y del medio interplanetario. Sin embargo, habría que prestar especial atención a la meteorología espacial. Ésta estudia todos los eventos solares extremos (fulguraciones solares, eyecciones de masa coronal, agujeros coronales) y las alertas por meteorología espacial tratan de cubrir los efectos derivados de los mismos como son los daños graves en las estaciones

de transformación eléctrica, apagones de ciudades enteras, incendios de gaseoductos, riesgo elevado de las tripulaciones de aeronaves y de astronautas, etc. En la Tierra ya se ha tomado conciencia de la gravedad de las situaciones provocadas por los eventos solares extremos y se está empezando a trabajar en dispositivos para poder combatirlos: sistemas de alerta para anticiparse y protocolos de actuación para mitigar sus efectos nocivos. Pero allí la gravedad de los efectos puede ser mucho mayor debido a la eficiencia de cualquier magnetosfera de cobertura local comparada con la magnetosfera terrestre.

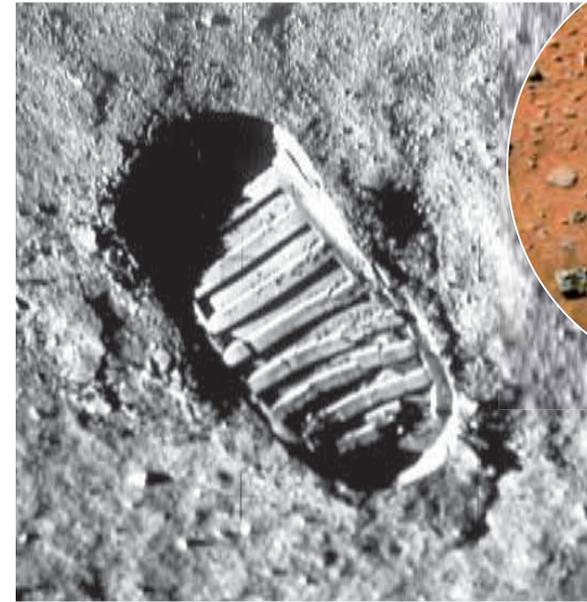
La parte positiva de cara a la seguridad es que dado que, por lo menos, a día de hoy no se ha podido probar la existencia de vida, aunque también esto es un misterio sin resolver, si esto si-

gue así no sería necesario plantear el problema del daño que potencialmente pueden ocasionar estas formas de vida al ser humano.

Así mismo, una exploración responsable, y en este punto ya subimos en la pirámide a los dos penúltimos niveles, no olvidaría la cuestión de la protección planetaria. Ésta consiste en la esterilización de todos los equipos que parten hacia otro planeta para no contaminarlos ni alterar ningún tipo de ecosistema en el supuesto de que los haya.

La vida en Marte sería tan difícil que autorealizarse parece un objetivo lejano.

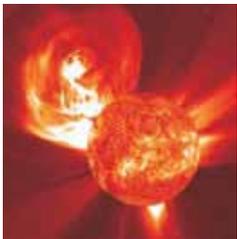
Hoy por hoy, pienso en la autorrealización como el éxito que me gustaría que tuviera la misión en la que trabajamos. Esta misión se llama



Primera pisada del hombre en la Luna (1969), e imagen soñadora sobre nuestra pisada en Marte (¿2050?).

FENÓMENOS SOLARES EXTREMOS

FULGURACIONES SOLARES

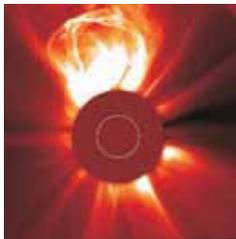


RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA:
Llegada inmediata.
Duración: minutos, 1-2 horas.

RAYOS X, EUV, BLOQUEOS DE RADIO

Comunicaciones radio, Navegadores.

EYECCIONES DE MASA CORONAL

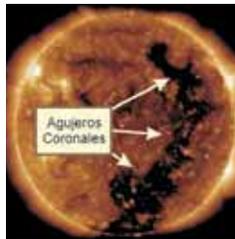


PARTÍCULAS DE ALTA ENERGÍA:
Llegada en 15 minutos, pocas horas.
Duración: días.

EVENTOS DE PROTONES

Astronautas, Naves espaciales, Líneas aéreas.

AGUJEROS CORONALES



PARTÍCULAS DE MEDIA BAJA ENERGÍA:
Llegada: 2-4 días,
Duración: días.

TORMENTAS GEOMAGNÉTICAS

Redes de potencia eléctrica, conducciones de gas...

MetNet Precursor y consiste en el primer aterrizador con estación meteorológica de una red de ellos: la misión completa MetNet.

Los aterrizadores tienen una estructura conocida como penetrador. Estos modelos de aterrizador están diseñados para clavarse literalmente sobre la superficie tras su vuelo desde la sonda que los transporta, por lo que, además de una alta temperatura debida a la fricción con la atmósfera durante su vuelo, tienen que soportar un impacto de entre 500 y 1500 g ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$). España, entre varios grupos (el INTA, la UCM, la UC3M, la USE y una empresa llamada Arquimea), está desarrollando varias cargas útiles miniaturizadas para esta primera sonda MetNet: un sensor de irradiancia espectral, un magnetómetro y gradiómetro, para medir las propiedades magnéticas del suelo, y un sensor de polvo con un sistema barreador para retirar el polvo de una superficie óptica.

Hasta el día de hoy, a Marte han ido misiones de todo tipo: orbitadores, aterrizadores y rovers, y más que hay proyectadas. Enviar humanos a Marte no parece factible en los años venideros. El viaje dura en torno a seis meses, la nave debiera ser autosuficiente para mantener la vida de los tripulantes durante todo el viaje, el periodo de estancia y el regreso. Pero multitud de científicos y tecnólogos trabajan para que la aventura sea realizable en un futuro. A día de hoy, es posible que el planeta vecino importe solo a unos pocos. Pero esos pocos estamos convencidos de que será clave en el futuro y empujamos con nuestro trabajo y con nuestros sueños para estar preparados cuando ese día llegue.

Marina Díaz-Michelena

Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial