

La exploración de Marte: entre la decepción y la expectación



Abel Calle

Dpto. de Física Aplicada. Facultad de Ciencias. Universidad de Valladolid

Ares para los griegos y Marte para los romanos, se presenta con su peculiar color rojizo. Hablar de Marte es plantearse qué es la vida y buscar un planeta espejo al nuestro en el que mirar para vislumbrar el futuro lejano de la Tierra. La exploración de Marte pasó de la decepción a la expectación cuando los datos de las misiones espaciales que lo han visitado nos han hecho cambiar la percepción sobre lo que debemos buscar en Marte. Tanto es así que los éxitos y el aprendizaje extraído de la exploración de Marte reside, más que en el hallazgo de resultados, en el planteamiento de la búsqueda en sí misma.

Introducción

Marte jugó un papel esencial en la definición del Sistema Solar copernicano y la configuración de las órbitas de los planetas. Aunque todos los planetas presentan la figura del epiciclo sobre el fondo de las estrellas, en el caso de Marte el efecto de “marcha atrás” era mucho más prominente, por lo que contribuyó, primero, a dar robustez al modelo de Copérnico y, después, al ajuste de las órbitas de los planetas de acuerdo a las leyes de Kepler.

Marte es el cuarto planeta y último de tipo terrestre. Su aspecto rojizo le viene de la abundancia de oxidantes en su superficie, bañada por una intensa radiación ultravioleta (letal para la vida). Sus días son prácticamente idénticos a los de la Tierra y presenta estaciones climáticas como la Tierra, consecuencia de la inclinación de su eje de rotación 25° (parecidos a los 23.5° de la Tierra) lo que provoca variaciones estacionales de los casquetes polares y en su atmósfera. Hoy se sabe que el agua líquida ha fluido en su superficie y de forma estable, porque hay evidencias de lechos lacustres secos y antiguos cauces fluviales. Y por lo que respecta a su evolución geológica no es de los más antiguos, como Mercurio y la Luna cuyas superficies craterizadas muestran que no han sido renovadas en mucho tiempo; Marte ha renovado su superficie por efecto de la erosión, la actividad volcánica y el agua; sin embargo también muestra grandes cráteres de impacto. Actualmente el agua líquida no es estable

en su superficie: la temperatura (una media de -50°C) y presión (1% de la terrestre) son tan bajas que sólo puede haber vapor de agua y hielo. No hay evidencia clara de moléculas orgánicas; a este respecto sólo nos queda buscar evidencias en el registro geológico.



Mosaico de imágenes tomadas por el orbitador *Viking-1*. Destaca el color rojizo de su superficie debido a la abundancia de óxidos de hierro (NASA)

A pesar de que Marte es el planeta más visitado por el hombre, sea con orbitadores o con *rovers* de exploración, no es el planeta más interesante del Sistema Solar. Hoy conocemos que en Titán

(Saturno) existen lagos de metano líquido, que Tritón (Neptuno) es el tercer cuerpo del Sistema Solar con mares líquidos en su superficie –de nitrógeno en este caso– tras Titán y la Tierra; o que Encélado (Saturno) y Europa (Júpiter) esconden sorpresas bajo una corteza helada resquebrajada. Sin embargo Marte es nuestro planeta cercano, pudo haber sido habitable y tuvo agua en su superficie y lo que le trajo al estado actual bien pudo ser un drástico cambio climático. Por ello, no es exagerado afirmar que el destino de nuestro planeta puede pasar por etapas similares a Marte o darnos respuestas acerca de la evolución de la vida. Ahí reside el interés de su exploración.

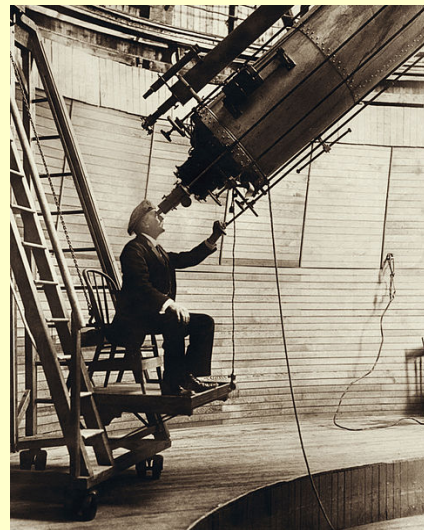
El interés de la exploración de Marte se encuentra resumido en tres preguntas clave: 1) *¿La vida se forma dondequiera que el agua líquida sea estable o precisa alguna condición más?*; esta pregunta proviene del hecho de que le otorgamos gran importancia al agua como elemento indispensable para que tengan lugar las reacciones químicas conducentes al desarrollo de la vida; Marte tuvo agua (éste es un resultado objetivo, hoy día) y buscamos si fue habitable. 2) *¿Hay vida en Marte?* Hoy día las posibilidades de encontrar vida se agotan; sin embargo aún siguen desarrollándose misiones para buscar en la sub-superficie (misión europea *Exomars*) último reducto que queda sin analizar; en todo caso, hoy día nos conformaríamos con saber que la ha habido; esa sería ya una buena respuesta. 3) *Si la vida apareció en Marte: ¿qué ocurrió después?*; es decir, si Marte fue habitable, ¿qué cambios tuvieron lugar en el planeta para que hoy no lo sea?

La expectación

La expectante historia de la observación de Marte comienza en el siglo XIX, con los mapas de su superficie generados por Giovanni Schiaparelli (1835-1910) quien elaboró toda una red de intrincados canales, a partir de las observaciones que realizó aprovechando las posiciones de Marte en oposición, que se producen cada 26 meses; posteriormente, Percival Lowell (1855-1916) astrónomo aficionado llevó el término “*canal*” a sus últimas consecuencias al publicar varios artículos en el *New York Times* dedicados a la existencia de vida en Marte; el asunto no habría pasado de anécdota si Lowell no hubiera sido un astrónomo de prestigio, como lo justifica sus aportaciones a la teoría de la evolución de los planetas, la expansión del universo y su contribución al descubrimiento de Plutón.

En realidad el siglo XIX fue una completa confusión entre ciencia y literatura, en lo que respecta a Marte. Tres años después de que Lowell edificara su observatorio, H.G Wells publicó su famosa obra “la

guerra de los mundos” cuya emisión radiofónica, a cargo de Orson Welles en 1938 en la emisora CBS, provocó un caos en la ciudad de New York cuando la población que se incorporó tarde a la narración, se tomó en serio la invasión marciana.



Percival Lowell (1855-1916), observando con su propio telescopio

Los grandes científicos que diseñaron las más importantes misiones al planeta rojo leyeron las novelas de Marte de Burroughs y las crónicas marcianas de Ray Bradbury. Tanto es así, que el día anterior a que la misión *Mariner-9* llegara a Marte en 1971, tuvo lugar una reunión en el Instituto Tecnológico de California, en Pasadena entre dos científicos: Carl Sagan (astrónomo investigador y uno de los responsables e las misiones *Viking*, entre otras) y Bruce Murray (director, por aquel entonces del *Jet Propulsion Laboratory*), dos escritores de ciencia ficción: Ray Bradbury y Arthur Clarke, y un periodista: el editor científico del *New York Times*, Walter Sullivan. El motivo de tan peculiar reunión era autoplantearse la pregunta de si estamos preparados para lo que nos vamos a encontrar en Marte. En todo caso, el sentir de aquéllos momentos se resume en la siguiente frase que pronunció Murray: “*De alguna forma, Marte se ha extendido y perdurado más allá del reino de la ciencia y se ha aferrado, con tanta fuerza a las emociones y los pensamientos humanos que ha distorsionado la opinión científica acerca de él. Así que no ha sido sólo la mente popular, la que se ha formado una opinión errónea, sino también la mente científica. Queremos que Marte sea como la Tierra. Existe un deseo profundamente enraizado de encontrar otro lugar en el que podamos empezar de nuevo*”.

La exploración de Marte está vinculada a la astronáutica, de la que se sirve para el lanzamiento y puesta en operación de las misiones espaciales, orbitadores, estaciones y laboratorios de análisis y

rovers de superficie. Por ello, merece la pena realizar un brevísimo repaso a los orígenes de la astronáutica en aquéllos países que tuvieron parte activa.



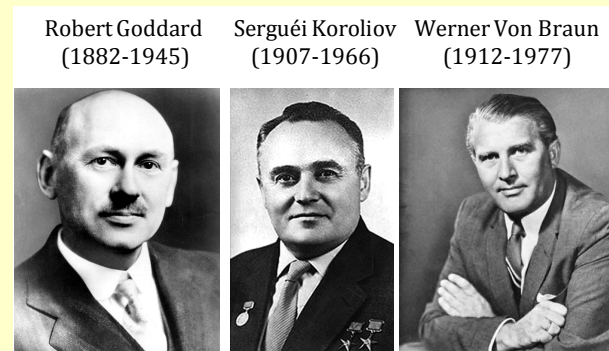
Los orígenes de la astronáutica

Los orígenes de la cosmonáutica en la URSS están representados por Konstantin Tsiolkovsky (1857-1935) quien estableció la fórmula fundamental de la astronáutica, que hoy se enseña en las universidades y que explica el movimiento de propulsión de los cohetes. Su obra "La exploración del espacio cósmico por medio de los motores de reacción" publicada en 1903 describe, por primera vez, la posibilidad de viajar a través del espacio extra atmosférico por medio de la propulsión de cohetes a reacción y las ecuaciones geoestacionarias. No obstante es Serguéi Koroliov (19 07-1966) el que ha trascendido a la literatura espacial gracias a sus desarrollos de ingeniería que dieron lugar al lanzamiento del primer satélite artificial, el *Sputnik*, el 4 de octubre de 1957 desde el cosmódromo de Baikonur, en Kazajistán y que inició la carrera espacial en todo el mundo. El mismo cohete lanzador *Vostok-1*, desarrollado por Koroliov, fue utilizado para poner en órbita el primer ser vivo, la perra *Laika*, un mes después y el primer cosmonauta, Yuri Gagarin el 12 de abril de 1961, quien consiguió orbitar la Tierra a 327 km de altura. Brillante tecnología cuando el lanzador actual más emblemático de Rusia, el *Soyuz*, es una versión mejorada no muy diferente al desarrollado por Koroliov; y brillante comienzo para la URSS que marcaba la vanguardia de la exploración espacial en una época en que la guerra fría estaba requiriendo una reacción rápida por parte de EEUU.

Esta precipitación fue, precisamente, la responsable de diversos fracasos americanos, como la explosión, en la plataforma de lanzamiento de la misión *Vanguard TV3*, en Diciembre de 1957, un programa

para colocar un satélite en órbita alrededor de la Tierra para determinar la densidad atmosférica y otras medidas geodéticas. La revancha científica por parte de EEUU vendría desde el lanzamiento del satélite *Explorer*; en enero de 1958, la misión científica que descubrió los cinturones de radiación alrededor de la Tierra, denominados *Van Allen*, el nombre del científico que junto a Von Braun, como ingeniero de cohetes y Pickering como gestor del JPL (*Jet Propulsion Laboratory*) de la NASA fueron los responsables del estreno americano en la conquista del espacio.

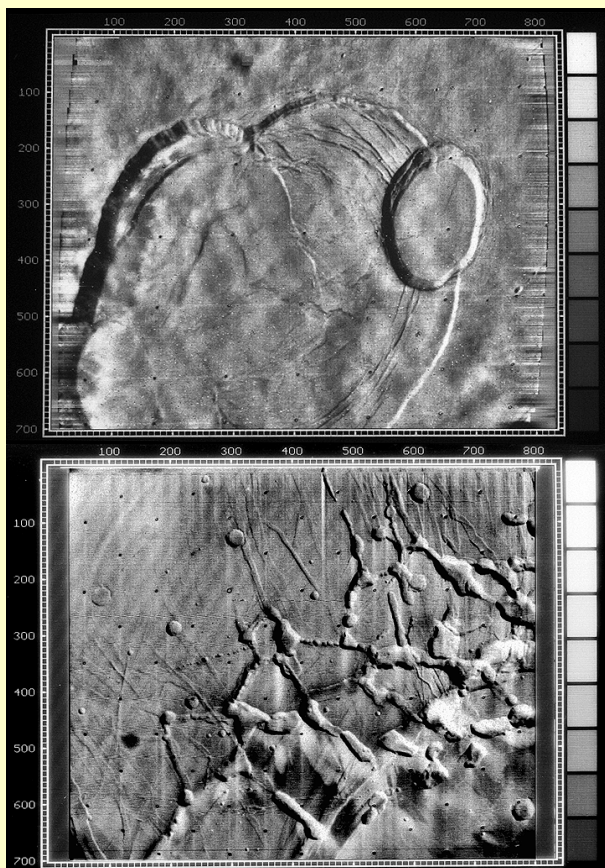
Los orígenes de la astronáutica en EEUU están representados por Robert Goddard (1882-1945) quien consiguió lanzar 34 cohetes entre 1926 y 1941, alcanzando alturas de 2.6 km. El mérito de Goddard fue, sin duda, llevar adelante sus desarrollos sin financiación (o la poca que le consiguió el aviador Charles A. Lindbergh, que había realizado hacía poco la histórica travesía New York-París). Goddard fue ridiculizado en periódicos de prestigio como New York Times aludiendo a su locura de pretender que un cohete podría, algún día, desplazarse por el espacio vacío. Sus avances tuvieron lugar en el uso, por primera vez, de combustible líquido. Este ataque, al científico tan relevante que dio nombre al *Goddard Space Flight Center* de la NASA, tuvo que ser traducido en disculpas públicas muchos años después.



Pero sin duda, la historia de la astronáutica de EEUU comenzó en Alemania. Allí, Hermann Oberth (1894-1989) lanzó su primer cohete en 1929. Profesor de Werner Von Braun (1912-1977), encargado del desarrollo de las bombas V-2. La invasión de Alemania por EEUU, durante la segunda guerra mundial tenía por objeto llevar a cabo la operación *Paperclip* por la que EEUU trasladaría a un grupo numeroso de científicos e ingenieros encabezados por Von Braun. Éste trabajó felizmente en EEUU, donde encontró una adecuada financiación para sus proyectos y disfrutó de unos años históricos en que las misiones *Apollo*, enviadas a la Luna y promotoras también de la construcción de la estación espacial *Skylab* fueron una prioridad estratégica de los responsables políticos de la financiación.

Primeras misiones

La misión *Mariner-4*, cuya misión era la de caracterizar la atmósfera de Marte, sobrevoló el planeta en julio de 1965 y su objetivo era medir la atmósfera de Marte emitiendo una señal de radio a la Tierra por ocultación. El conocimiento de la atmósfera era crucial para enviar sucesivas misiones que consiguieran orbitar el planeta por frenado atmosférico (*aerobraking*); emitió la primera imagen de su superficie: un panorama desértico y craterizado. Tan sólo 11 días después de que Neil Armstrong pisara la Luna, la *Mariner-6* llegó a Marte (e inmediatamente después la *Mariner-7*) cuyos objetivos eran el estudio de los polos encontrando que el polo sur estaba formado de dióxido de carbono helado (hielo seco); también constataron que la superficie de Marte estaba bañada de intensa radiación ultravioleta. Como diría Murray (director del JPL) en rueda de prensa: “*El hielo seco se convirtió en el último clavo del ataúd de un Marte similar a la Tierra*”.



Imágenes de Mariner-9, primera misión que orbitó Marte, en 1971. Arriba: Caldera del *Olympus mons*; abajo: *Valles Marineris*: valles, fallas y depresiones causadas por la erosión.

La *Mariner-9* se insertaría en la órbita de Marte en 1971, convirtiéndose en la primera misión espacial que orbitó el planeta; sería la misión que emitiría

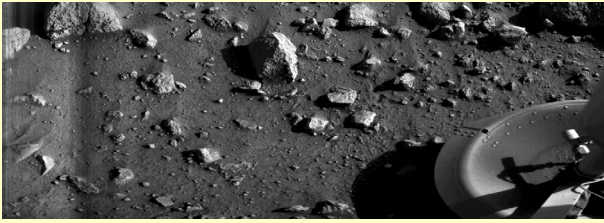
datos concluyentes y objetivos, una vez que cubrió el 85% de la superficie, con una resolución de entre 1 y 2 km. A *Mariner-9* se debe el descubrimiento de los accidentes orográficos más prominentes de Marte: el *Olympus Mons* en la región de los grandes volcanes de *Tharsis*, el volcán más alto del Sistema Solar, con una altitud de 27 km; el *Valles Marineris*, un cañón de 5000 km de longitud y 11 km de profundidad; la región de *Chryse Planitia*, una intrincada red de canales entrelazados, producidos por antiguas inundaciones. Por todo ello, *Mariner-9* devolvió la expectación a la exploración de Marte: en efecto, Marte no es como la Tierra, pero tampoco se parece a la Luna o Mercurio; aunque tiene cráteres, también presenta una superficie en renovación.

Aunque otras misiones fueron fallidas, el éxito de las misiones americanas se debió a que las misiones se lanzaban por pares y, además, no estaban pre-programadas sino que realizaban maniobras “en tiempo real” adaptándose a las condiciones de un planeta donde las tormentas de arena son frecuentes; a diferencia de las misiones de la URSS, que fueron fallidas todas y ello a pesar de que lanzaron misiones como la *Zond-2*, semejantes a las *Venera* que habían alcanzado Venus con éxito. También probó la URSS con misiones que llevaban módulos de descenso (además de los orbitadores) para la medida de condiciones meteorológicas, como las *Mars-2*, *-3* y *-6* (entre 1971 y 1976), pero resultaron fallidas precisamente por la existencia de tormentas de arena producidas en la llegada a Marte.

Misiones *Vikingo* el debate de la vida

Sin duda, el debate científico más interesante acerca del planteamiento de la existencia de vida extraterrestre se produjo en la preparación de los experimentos a bordo de las misiones *Viking*. El término de “exobiología” ya había sido utilizado por Joshua Lederberg, Nobel en Medicina, para describir el estudio de la existencia de vida fuera de la Tierra y estudiar el riesgo de bio-contaminación relativo a los vuelos espaciales que podrían contaminar ecosistemas de bacterias en el espacio exterior o en otros planetas; sin embargo fue durante la preparación de las misiones *Viking* cuando la astronáutica tuvo que frenar sus desarrollos a la espera de establecer una definición de la vida y un planteamiento acorde para plantearse qué había que buscar en Marte. Hay que destacar el punto de vista del científico más entusiasta relacionado con Marte: Carl Sagan (1934-1996), quien defendía olvidarse de los tópicos aplicados a organismos vivos: nacer, reproducirse y consumir energía, y centrar los esfuerzos en buscar desequilibrios termodinámicos; esto es, algo improbable. Su definición es acorde con el principio de entropía y extiende el concepto de

vida a situaciones de contexto: un obelisco de piedra, en Marte, sería indicio de vida.



Primera imagen transmitida de la superficie de Marte
(*Viking 1 Lander*; 20 de julio de 1976).

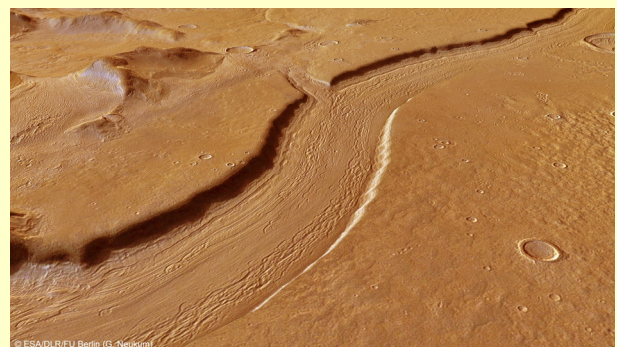
Pero, sin duda, el que hizo mayores aportaciones fue el genetista Norman H. Horowitz (1915–2005) quien aportó dos ideas claves: Los organismos vivos son complejos y, además, los organismos vivos se reproducen y evolucionan; la evolución significa transmitir la información genética, en la reproducción, y transmitir también sus mutaciones; y ello se realiza gracias a la química del Carbono, por ser éste el elemento de la naturaleza que presenta mayor número de combinaciones posibles para formar compuestos. Las misiones *Viking* llevaban tres experimentos para la búsqueda de vida, siendo Horowitz el que diseñó uno de los seleccionados por la NASA para ser implementados en las *Viking*. Se trataba del “experimento pirolítico”; consistía en una cápsula con CO₂ radiactivo, para ser usado como marcador. Se esperaba que microorganismos presentes en la tierra de Marte asimilarían el CO₂ (su atmósfera contiene un 95%) y después se calentaría la tierra esperando encontrar restos del isótopo del CO₂ asimilado por los microorganismos. Hubo otros experimentos parecidos pero que usaban oxígeno. Horowitz decía que si había vida en Marte, asimilaría CO₂ en lugar de oxígeno, porque habría evolucionado para adaptarse a las condiciones del planeta. En todo caso, y como consecuencia de aquéllos debates se establecieron tres objetivos en la búsqueda de vida: agua, energía y carbono.

Las *Viking* llegaron a Marte en julio de 1976, esterilizadas para evitar contaminar biológicamente el planeta y con tres experimentos para la búsqueda de vida. Sin embargo los resultados no fueron concluyentes y nos transmitieron unas imágenes de la superficie de Marte (*Chryse Planitia*, por *Viking-1* y *Utopia Planitia* por *Viking-2*) muy parecidas a los desiertos de la Tierra. Marte presenta una marcada diferencia entre los hemisferios norte, llamado de tierras bajas donde predominan las llanuras y el hemisferio sur, de las tierras altas, donde predominan los accidentes orográficos. Las *Viking* se posaron en lugares seguros del hemisferio norte, para evitar riesgos en la misión, y por ello no eran los lugares más interesantes de Marte a juzgar por los datos transmitidos por las misiones posteriores.

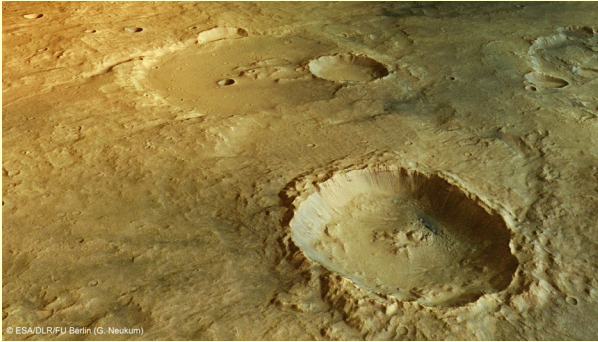
En todo caso no debemos olvidar la valiosa aportación de los propios orbitadores *Viking*, que ayudaron a establecer la configuración definitiva de la superficie de Marte, además profundizar en el conocimiento los polos del planeta; el casquete polar norte, de mayor tamaño, contiene hielos de agua y de dióxido de carbono. El sur, más reducido, consiste de dióxido de carbono y experimenta fuertes cambios estacionales. La elipticidad de la órbita e inclinación del eje de rotación provoca largos veranos en el sur y fríos inviernos en el norte. El estudio de las variaciones estacionales de los polos aportará conclusiones relevantes en el estudio de los cambios climáticos experimentados en Marte.

Misiones orbitadores

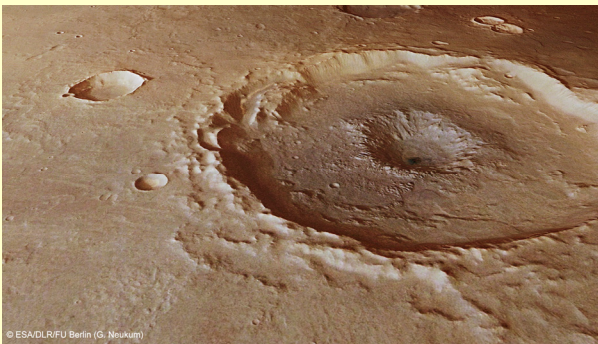
La primera misión enviada a Marte se produjo 20 años después de las *Viking*, cuando en noviembre de 1996 se lanzó la MGS (*Mars Global Surveyor*), una misión que ha proporcionado una gran cantidad de información. Uno de sus sensores era el MOLA (*Mars Orbiter Laser Altimeter*) que ha sido el encargado de generar el mejor mapa digital del terreno de la superficie marciana, midiendo el tiempo invertido para que un haz de láser transmitido llegue a la superficie, se refleje y vuelva. MGS, además del altímetro, portaba una cámara que ha captado imágenes de Marte en que se pueden distinguir grandes corrientes fluviales, hoy secas. A la vista de sus imágenes no cabe la duda de que en Marte hubo agua estable en la superficie; sin embargo las condiciones actuales en su superficie, baja presión y baja temperatura no permiten la existencia de agua líquida, lo que permite suponer que en Marte hubo un fuerte cambio climático que alteró las condiciones físicas en la superficie. A la MGS le seguiría la *Mars Odyssey*, en una órbita cuasi polar, cuasi circular.



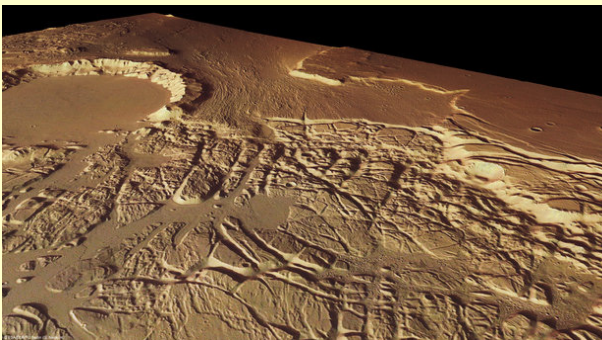
Cámara HRSC de *Mars Express*+MDT; (16 m por píxel). Muestra un pequeño canal afluente que se une a un canal principal; los rasgos lineales del fondo del lecho son evidencia de hielo y escombros sueltos raspando el suelo, análogamente a como se produce en los glaciares de la Tierra. ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum).



MarsExpress: deslizamientos de tierra en uno de los cráteres más profundos. ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum).



MarsExpress: cráter de diámetro 50 Km. Thaumasia Planum. El 'pit' central de este cráter formó por una explosión subterránea; el calor vaporizó agua o hielo subterráneo. ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum).

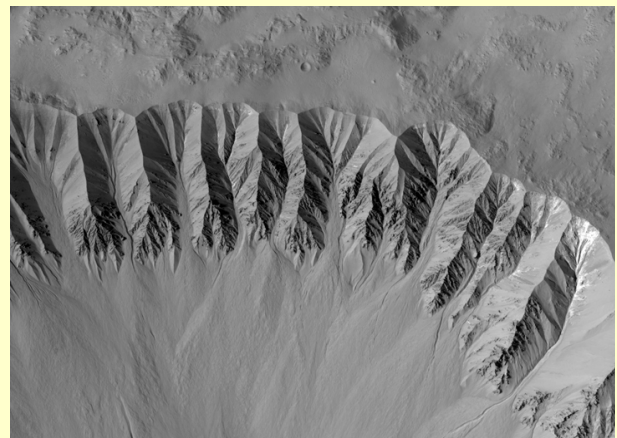


MarsExpress: el cráter tiene 35 km. El resto son zonas erosionadas por inundaciones de agua. ESA

El orbitador europeo *MarsExpress* ha proporcionado imágenes a alta resolución (10 m/píxel) y áreas seleccionadas a 2 m/píxel, así como mapas de la composición mineral a 100 m de resolución. También han sido relevantes los resultados de la composición de la atmósfera y su circulación global. Especialmente significativo ha sido el descubrimiento de metano en la atmósfera de Marte; notar que la atmósfera marciana está compuesta de CO₂ al 95% más 5% de gases traza

(oxígeno, agua, CO, formaldehidos y CH₄). El metano, a menos que sea continuamente producido por una fuente, sólo es estable en la atmósfera de Marte unos 300 años (se oxida para formar H₂O y CO₂, presentes en la atmósfera). Por lo tanto debería haber un mecanismo para "rellenar" la atmósfera con metano. Esta línea de investigación permanece aún abierta, pero ha sido uno de los resultados más impactantes.

Otro orbitador que ha generado imágenes de alta resolución de la superficie ha sido el MRO (*Mars Reconnaissance Orbiter*), cuya cámara HiRISE (*High Resolution Imaging Science Experiment*) es básicamente un telescopio dedicado a la discriminación de minerales, a una resolución de entre 30 y 60 cm.



MRO/HiRISE: Cráter "reciente" formado por cárcavas; dentro del cráter no existen; cráter es de impacto con erosión posterior por agua. NASA.



MRO/HiRISE: Dunas en el cráter Arkhangelsky. Las bandas espectrales de HiRISE sirven para discriminar tipos de cubiertas. NASA



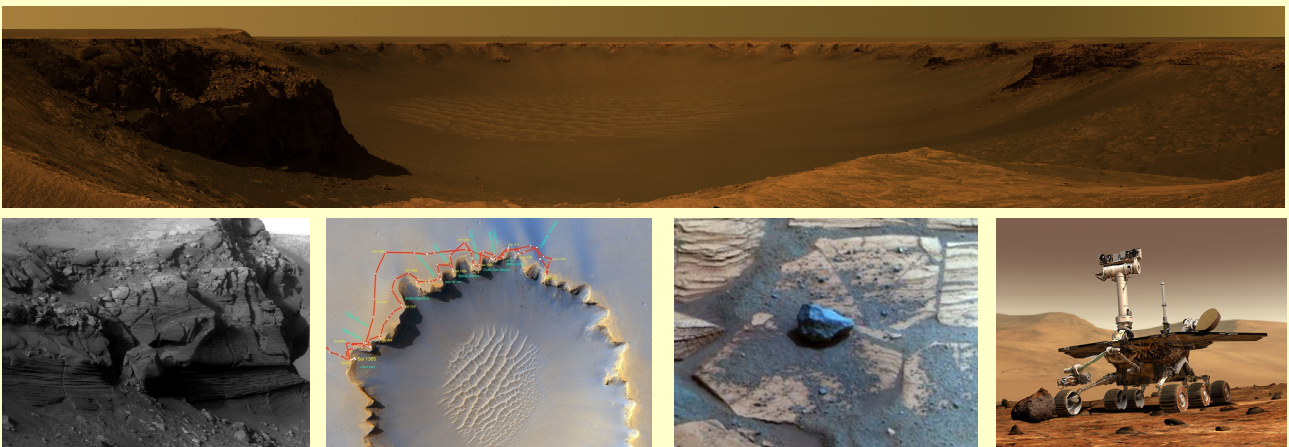
High Resolution Imaging Science Experiment (HiRISE) es uno de los 6 instrumentos de MRO de la NASA

Los rovers de exploración

Resulta curioso pensar que hemos aprendido grandes cosas de Marte analizando los meteoritos encontrados en la Tierra que proceden de Marte; en la actualidad existe 12 rocas catalogadas como marcianas; uno de ellas, encontrada en la Antártida en 1984, permitió el análisis de sustancias carbonáceas que sólo se forman en presencia de agua. Sus resultados publicados en un número de la revista *Science*, (bajo el título "*Búsqueda de vida antigua en Marte: posible vestigio de actividad biogénica en el meteorito marciano ALH 84001*", *Science* 16 August 1996, vol. 273 no. 5277 pp. 924-930) infundieron el interés de la superficie de Marte

que había estado en declive y tuvo la consecuencia de que la NASA comenzara a financiar las misiones rovers. El intercambio de material entre la Tierra y Marte ha tenido que ser frecuente en la historia de los planetas. Incluso más probable es que material de Marte haya llegado a la Tierra debido a su menor gravedad; y no sería descabellado pensar que hemos intercambiado vida en ese material.

En diciembre de 1996 se lanzó la misión *Mars Pathfinder*, con un rover a bordo denominado *Sojourner*, dotado con un espectrómetro de rayos X, partículas Alfa y protones cuyo objetivo era identificar distintos tipos de minerales. En 2003 se lanzarían los dos rovers gemelos *Spirit* (junio) y *Opportunity* (en julio). Hay que destacar que las misiones rover aportan datos complementarios a los que estaban proporcionando los orbitadores; su objetivo era la identificación de minerales asociados al agua líquida: carbonatos, arcillas y sales, principalmente. Estos compuestos no habían sido identificados por *Mars Global Surveyor* y *Mars Odyssey*, aunque los orbitadores sí descubrieron barrancos recientes, viejos litorales y lechos de lagos. En todo caso, el mineral clave era la hematites gris, mineral que se forma en agua líquida, en un estrato fino y plano y que bien podría encontrarse en las regiones del cráter *Gusev* (*Spirit*) y la región de *Meridiani* (*Opportunity*), las cuales podrían ser el lecho de grandes lagos.



Secuencia de imágenes para detallar la coordinación de observaciones entre rovers y orbitadores. Arriba, imagen panorámica del cráter Victoria, tomada por *Opportunity*. De izda a dcha: 1) Talud de estratos geológicos del mismo cráter. 2) Imagen del cráter Victoria tomada por la cámara HiRISE del orbitador MRO, en alta resolución espacial; se ha dibujado la trayectoria de *Opportunity* para tomar la imagen de arriba. 3) Roca meteorito procedente del impactador que provocó el cráter Victoria. 4) *Opportunity*, representación artística

Phoenix fue un rover laboratorio para análisis geológico, posado en altas latitudes del hemisferio

norte, 68 grados de latitud norte, para estudiar los cambios estacionales en los polos durante el verano

marciano. Encontró hielo. En el invierno, en esta latitud, el dióxido de carbono forma una capa de escarcha en la superficie de varios decímetros de espesor (hielo seco). En la primavera y el verano esta escarcha se disipa por sublimación.

Finalmente, el laboratorio *Curiosity*, ha estado estudiando el cráter Gale, una montaña de 5 km (de alto). Sus capas cuentan la historia de Marte en el pasado. Los estudios desde órbita revelan que las capas están formadas por diferentes materiales dependiendo de su altura. Lo más relevante de *Curiosity* ha sido la primera perforación realizada en la superficie de Marte, con una profundidad de 6 cm, que ha servido para comprobar que Marte no es rojo, sino que debajo de la capa superficial, donde abundan los óxidos de hierro, la tierra se encuentra libre de oxidantes. Esto ha sido un resultado de gran expectación de cara a la futura misión europea *Exomars*, que en 2018 portará un taladro para llegar a los 2 metros en el nivel de subsuelo, y analizar los estratos en un región en que no hay oxidantes y se encuentra libre de la intensa radiación ultravioleta que eliminaría cualquier resto de molécula orgánica.



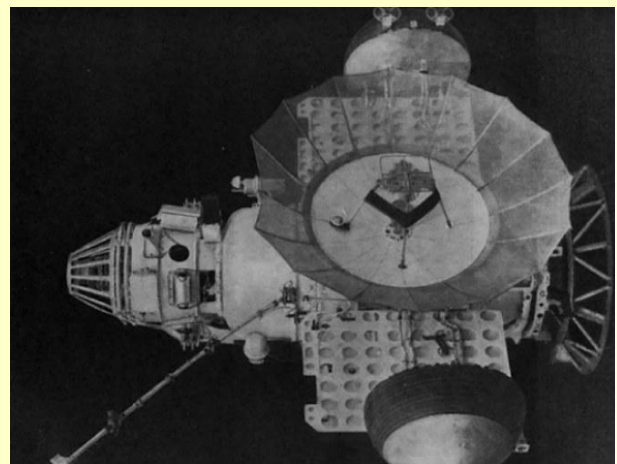
Curiosity: primera perforación de otro planeta, en la historia: 6 cm. No hay oxidación bajo la fina capa superficial. (NASA/JPL-Caltech/MSSS)

Las que se quedaron en el camino

Entre todas estas misiones, que fueron y están siendo un éxito, hubo otras que fracasaron y algunas de ellas llevaban encomendadas misiones estratégicas insustituibles. Aparte de las rusas *Zond-2*, *Mars-2* y *-3*, dotadas de sondas meteorológicas, ya comentadas, la rusa *Mars-96*, lanzada en 1996 fue una gran pérdida porque llevaba consigo 2 aterrizadores, con sensores atmosféricos y lo más importantes, 2 penetradores, en forma de pértiga, que tenían por objeto introducirse hasta 5 metros y realizar análisis sub-superficie. Imperdonable fue la pérdida de la *Mars Climate Orbiter*, en 1999, debido al uso mezclado de los sistemas de medidas Internacional y Anglosajón. También se perdió, en 1999, la *Mars Polar Lander*, una sonda para el análisis de las regiones polares, y

qué decir de la *Beagle-2*, un aterrizador con el que se perdió contacto, cuando se disponía a tomar tierra; *Beagle-2* iba a bordo de la europea *MarsExpress*.

Y más aún, el desastre, otra vez ruso, de la misión *Fobos-Grunt*, perdida en 2011 y que pretendía llegar a Fobos, estudiar su superficie, y retornar muestras de suelo en un módulo de despegue preparado para tal fin. Además *Fobos-Grunt*. En el interior del aparato de 7 kg de peso, que tenía que regresar, se encontraban tres cápsulas con objetos biológicos: microorganismos, larvas de mosquitos, embriones de crustáceos y semillas; los científicos querían explorar cómo soportarían el viaje hacia Marte y de regreso para obtener conclusiones acerca de la teoría de la panspermia.



Zond-2 fue lanzada en secreto el 30 de noviembre de 1964, dos días después del lanzamiento del *Mariner 4*. Fue una prueba exitosa de motores iónicos, pero sobrevoló Marte a 1500 km sin enviar datos. Llevaba los mismos sensores que las naves *Venera* que con tanto éxito se posaron en la superficie de Venus. Aquí empezaron los fracasos de la URSS con sus misiones en Marte.

Consideraciones finales

Si hablamos de condiciones de habitabilidad, parece que el lugar adecuado de nuestro Sistema Solar ya se encuentra ocupado por la Tierra. El intenso efecto invernadero en Venus, provocado por una densa atmósfera de dióxido de carbono provoca un forzamiento radiativo del 96%, excesivamente alto comparado con el 36% de la Tierra que le proporciona condiciones de habitabilidad y del 6% de Marte que no permite temperaturas con las que el agua líquida pueda presentarse de forma estable. Esta baja densidad atmosférica también es la responsable de que la temperatura de una roca iluminada por el sol pueda ser de 20°C y en su sombra -50°C, de forma que la inercia térmica, necesaria para el mantenimiento de la estabilidad en su superficie, no existe.

En Agosto de 2006 la IAU (*International Astronomical Union*) aprobó la reformulación de la definición de planeta, sacando a Plutón de una lista que todos habíamos aprendido desde niños, generando con ello, una gran crisis de identidad en nuestro Sistema Solar. Parecería que en más de 50 años de carrera espacial aún no hemos clasificado los componentes de nuestro entorno espacial. Esta actualización de nuestros conocimientos en materia planetaria nos hace pensar que los esquemas de búsqueda de vida extraterrestre no están cerrados, ni mucho menos. Tanto es así, que hemos encontrado vida terrestre bajo condiciones, físicas y químicas, impensables hace unos años, como el ejemplo de las aguas ácidas de Riotinto o los microorganismos hallados en las fumarolas volcánicas bajo el océano. Ciertamente que la superficie marciana está bañada de radiación UV y bajo unos efectos oxidantes "antivida". Sin embargo las posibilidades de poder analizar los estratos subterráneos dota de expectativas la futura misión *Exomars*.

Es muy habitual hablar del futuro de la exploración de Marte haciendo referencia a una misión tripulada. Debe resaltarse que los estímulos científicos no son los mismos que los retos que impone la astronáutica; incluso nos saltamos un paso, que debiera ser la fase intermedia natural entre nuestro estado de exploración y las misiones tripuladas: el de traer muestras marcianas a la Tierra para ser analizadas; ya vimos los objetivos de la misión *Fobos-Grunt*; sin embargo resulta más barato y cómodo instalar el analizador en la propia superficie, salvando así los obstáculos de esterilización y contaminación de las muestras.

El programa *Apollo* en general, y la misión *Apollo-11* en particular representan el paradigma de lo que necesita una misión tripulada para tener éxito y esto debería tenerse en cuenta si ya estamos pensando en misiones tripuladas a Marte. *Apollo* puso de manifiesto la necesidad de tres pilares básicos e indispensables para la consecución con éxito: en primer lugar la estrategia política con la que Kennedy apostó de forma contundente apoyando al

programa con una financiación sin precedentes. En segundo lugar la tecnología de cohetes que había adquirido la NASA gracias al equipo de Werner Von Braun quien se había entrenado en Alemania en el desarrollo de las temidas bombas V-2; no olvidemos que la dificultad de una misión tripulada no es sólo salir del campo gravitatorio terrestre sino de volver a salir, con otra nave y en el regreso, del campo gravitatorio lunar. El tercer pilar es la ejecución de la misión; hoy día la programación informática de todas las fases de la misión es la responsable del desarrollo de la misma pero en 1969 los tres astronautas Neil Armstrong, Buz Aldrin y Michael Collins tuvieron que tomar muchas decisiones en tiempo real ante las dificultades técnicas que surgieron a bordo. En todo caso, las misiones *Apollo*, desde la 11 a la 17, desarrolladas entre 1969 y 1972 han pasado a la historia y no se ha vuelto a repetir que otro astronauta pisara otro planeta o la propia Luna. Aún debiéramos añadir el contexto internacional de la guerra fría que propició el avance de los programas espaciales (aunque habría que reflexionar si esta razón es la misma que la de la financiación). Hoy deberíamos repasar si el contexto internacional es el adecuado (o necesario), si la financiación de un programa de misiones tripuladas a Marte está disponible por parte de las agencias (NASA, ESA, JAXA, etc) y, finalmente, si la preparación psicológica humana de la tripulación está probada. Hasta entonces, dispondremos del apoyo de los orbitadores y los rovers, que nos depararán, a buen seguro, datos, sorpresas y expectativas.

Para saber más

PAUL RAEBURN. Marte: descubriendo los secretos del planeta rojo. National Geographic, 1999

GILES SPARROW. Astronáutica. Ediciones Akal/Astronomía, S.A. 2008

<http://www.esa.int>
<http://www.nasa.gov>
<http://www.iki.rssi.ru/eng/>



Mars pathfinder. puesta de sol en Marte.