Y Marte comenzó bien, con torrenteras, ríos, deltas y mares

Josep Emili Arias
cel_ras@hotmail.com

Todo el hardware enviado al planeta Rojo, tanto orbitadores como los rovers (todoterrenos), han mostrado muchas evidencias que Marte en su juventud, hace unos 3.500 millones de años, tuvo unas dinámicas, geológica, hídrica, atmosférica y de vulcanismo, muy activas. Pero, sobre todo, hubo una acentuada actividad fluvial que, además, sus aguas cubrieron zonas extensas de su superficie durante algo más de mil millones de años. Una evolución geofísica muy similar a la Tierra.

Erosivo arrastre fluvial en la base de cráteres antiguos y de montículos, con su peculiar sedimentación lagrimal, como resultado de fuertes riadas de agua. La foto muestra la desembocadura de *Ares Vallis*, estuario donde se proyectó el amartizaje del lander *Mars Pathfinder* (julio, 1997), sobre una imagen de la legendaria *Viking Orbiter*. Cortesía JPL-NASA

Sin ninguna duda, los accidentes geomorfológicos y orográficos más espectaculares de todo el Sistema Solar se hallan en la superficie del planeta Rojo. Citemos la cadena volcánica del domo de Tharsis Montes, entre ellos, el volcán Olympus Mons con una altitud de 23.000 km y sobre una base de 1.000 km de diámetro. Como también son desmedidos el diámetro de sus cráteres de impacto. Pero estremece, sobre todo, la descomunal falla del gran cañón Valles Marineris con una longitud de 4.000 km, con una anchura de 700 km, y con unos acantilados que alzan los 10 km de altura. Esta inmensa y profunda cicatriz contrasta mucho con la pequeñez del propio planeta Rojo, pues su diámetro ecuatorial (6.780 km) es la mitad que el de la Tierra (12.756 km).

Todo el hardware enviado al planeta Rojo, tanto orbitadores como los rovers (todoterrenos), han mostrado muchas evidencias que Marte en su juventud, hace unos 3.500 millones de años, tuvo unas dinámicas, geológica, hídrica, atmosférica y de vulcanismo, muy activas. Pero, sobre todo, hubo una acentuada actividad fluvial que, además, sus aguas cubrieron zonas extensas de

su superficie durante algo más de mil millones de años. Una evolución geofísica muy similar a la Tierra. Aunque ya sabíamos que su casquete polar norte (tres veces mayor que el del sur) está compuesto por hielo de agua y su casquete sur, más frió, está formado por hielo carbónico (hielo seco). El magnetómetro del orbitador Mars Global Surveyor (MGS) obtuvo registros de la clásica división de bandas paleomagnéticas que quedaron impresas en el magma fosilizado de la litosfera marciana (manto superior cortical) y que implica que la corteza de Marte antaño presentaba una tectónica de placas. Walter Kiefer, del Instituto Lunar y Planetario de Houston (Texas) considera que la alineación de la cadena de volcanes de Tharsis Montes está asentada sobre una antigua dorsal (afloramiento de nueva corteza marciana) producto de la activa convección del manto tras la continua fricción de dos placas.

Hace unos 3.500 millones de años, antes de perder gran parte de su densa atmósfera, Marte era más húmedo y muy cálido (debido a su gruesa atmósfera), como muy parecido a la Tierra, donde el agua fluía por su superficie en grandes cantidades. Pero, después, algo cambió y la superficie se tornó árida, desértica y helada, con una temperatura promedio de -40 y -70 ºC. Su atmósfera gruesa se volvió cada vez más tenue y delgada, ya fue incapaz de retener el indispensable efecto invernadero. Con esta escasísima presión atmosférica era imposible la conservación licuada de la exigua agua en superficie.

Aunque hoy seguimos sin contestar muchos interrogantes: ¿Por qué Marte envejeció tan prematuramente?, ¿Por qué se apagó su campo magnético global?, ¿De qué forma se diluyeron su gruesa atmósfera y toda su hidrosfera, el vapor de agua atmosférico, el agua de sus lagos y de un presumible océano septentrional?, ¿Tuvo Marte también un cielo azul?, ¿Qué dinámica pluvial había en Marte?, ¿Por qué si hubo agua liquida en abundancia no se han detectado los depósitos de carbonatos, como interacción con el dióxido de carbono (gas dominante)?. Siendo que Marte orbita dentro del cinturón (o zona) de permanente habitabilidad térmica (ZCH), ¿hasta dónde pudo llegar en el tortuoso sendero hacia la vida?, ¿Llegó a surgir algún tipo de flora?.

Estableciendo una comparativa, hoy, el planeta Rojo, conlleva más similitud con nuestra Luna que con nuestra vivaz Tierra.

Hoy, Marte, es un planeta semimuerto geodinámica y atmosféricamente, a excepción de las fuertes tormentas de viento y polvo, muy localizadas éstas en la región polar norte, junto a una esporádica presencia de endebles nubosidades en forma de cirros. El infrarrojo térmico de la Mars Odyssey 2001 (NASA) tampoco halló áreas calientes en la litosfera marciana. Los registros actuales apuntan a que la actividad vulcana y sísmica en Marte puedan estar extintas. Su litosfera se volvió completamente rígida al paralizarse su tectónica de placas y enfriarse su manto interno.

Marte es pequeño, de manera que su calor interno se enfrió muy rápidamente. El volumen y la gravedad de un planeta resultan muy determinantes en todo proceso evolutivo planetario. Hoy sabemos que con la desaparición de la tan presumible tectónica de placas cesó, también, la dinámica de transferencia de CO_2 (dióxido de carbono) entre la corteza marciana y su atmósfera.

Por otro lado, en abril de 2002, el espectrómetro de rayos gamma (GRS) y de neutrones, de la Mars Odyssey 2001, sí detectó la presencia, en alta concentración, de hielo de agua en su subsuelo (permafrost), por debajo de la latitud 60º Sur, y a tan solo una profundidad de 60 cm y un metro. El término permafrost lo significamos con la acepción de fango de hielo de agua mezclado con tierra.

Pero más recientemente, el pasado marzo, el radar MARSIS (Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionospheric Sounding) instalado en el orbitador Mars Express (ESA), con una onda acústica de penetración de 3,7 km en el subsuelo, reconfirmó la presencia de la mayor reserva subterránea de agua congelada en latitudes cercanas al polo Sur marciano.

La desprotección por la pérdida del campo magnético global propició que, paulatinamente, la radiación de las tormentas solares fueran degradando la atmósfera marciana y la diluyesen, junto con el vapor de agua, hacia el espacio exterior. Además, también, su menor fuerza

de gravedad (0,38 ges) bien poco pudo hacer por retener la atmósfera. Todo esto hizo que, gradualmente, degenerara en una atmósfera muy delgada y tenue e, incluso, perdiendo (si es que la hubo) la capa protectora de ozono, filtrante de la letal radiación ultravioleta solar de alta frecuencia (UV-C).

Haciendo una acotación, decir, que el hecho de que la superficie marciana sea tan profusa en cráteres de impacto responde, en gran medida, a que en la penetración a través de su delgada y tenue atmósfera, por parte de cualquier meteoroide o meteorito (sea cual fuere su tamaño), éstos no sufren la fricción térmica por rozamiento y su masa apenas llega a desintegrarse ni volatizarse.

Afloramientos de agua líquida, un requisito exobiológico

Un buen consejo exobiológico, nos dice: «Para encontrar rastros de vida en Marte deberíamos seguir el curso del agua».

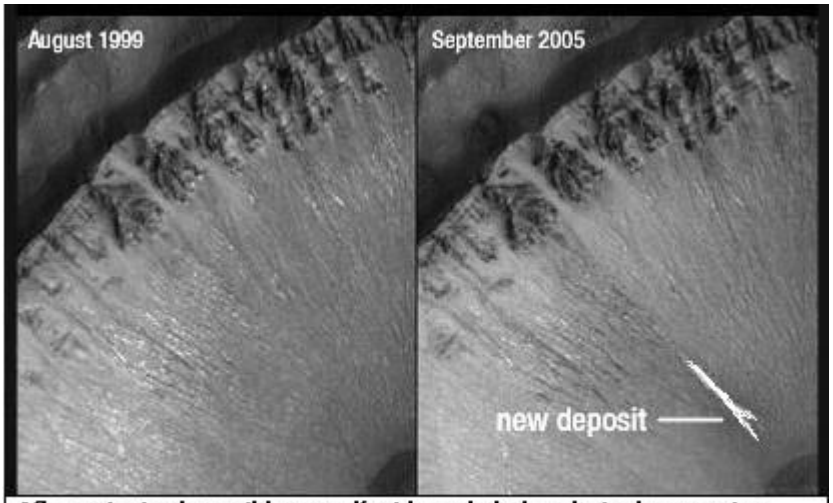
En una comparativa fotográfica de imágenes de la MGS tomadas en 1999 sobre dos mismos cráteres en Montes Centauri y, posteriormente, contrastadas con unas más recientes del 2005, sorprendentemente mostraron afloramientos de agua líquida subterránea deslizándose por la ladera interna de este cráter de impacto. Estos sorpresivos y esporádicos riachuelos, por afloramiento de agua líquida en superficie, terminan congelándose al poco tiempo. (ver foto 2)

Mike Malin (del Malin Space Science Systems), geomorfólogo e ingeniero diseñador de la cámara óptica (MOC) de la Surveyor, comentó: «Esta posibilidad nos obliga a preguntarnos cómo es que esta agua antigua puede permanecer líquida en estratos a 200 y 300 m de profundidad, y cuán extendida podría estar, y si pudiera haber algún tipo de hábitat subterráneo que con esta continua humedad pudiese albergar algún tipo de microbiología extremófila».

Pues una hipótesis que avalaría la presencia de «acuíferos» marcianos (con agua líquida) sería la disolución, en altas concentraciones, de sales minerales y cloruros, los cuales estarían forzando la bajada del punto de congelación del agua.

Bien oportuna es la reseña del microbiólogo Dr. Ricardo Amils, del Departamento de Biología Molecular de la UAM: «El oxigeno molecular (O_2) y la fotosíntesis solar no son, para nada, requisitos necesarios para la vida de los microorganismos extremófilos».

Recordar que la actual exobiología considera imprescindibles tres requisitos vitales para la predisposición a ese prodigioso salto de la química inorgánica a la bioquímica, en lo que respecta a la evolución planetaria: 1- Un soporte líquido como disolvente donde puedan tener lugar las reacciones químicas, como lo es el compuesto del agua (o la contrapartida del amoniaco). 2- Un elemento con potencial afinidad para crear enlaces y tejer estructuras complejas con otros elementos distintos y, así, favorecer la proliferación de múltiples compuestos orgánicos. Esta facultad la poseen los carbonoideos, el carbono y el silicio. 3- Una indispensable fuente de energía y calor para, en un principio, iniciar las interacciones químicas entre moléculas orgánicas prebióticas (como serían las descargas eléctricas y la radiación ultravioleta solar) y, más tarde, para establecerse como fuente de energía calórica permanente que garantizase la horquilla térmica para el hábitat biológico. Aunque dicha fuente calórica permanente pudiera no emanar, en exclusividad, de la estrella progenitora sino, también, del calor interno que irradia el manto del planeta. Buen ejemplo de ello son los ecosistemas submarinos en el entorno de las chimeneas volcá-

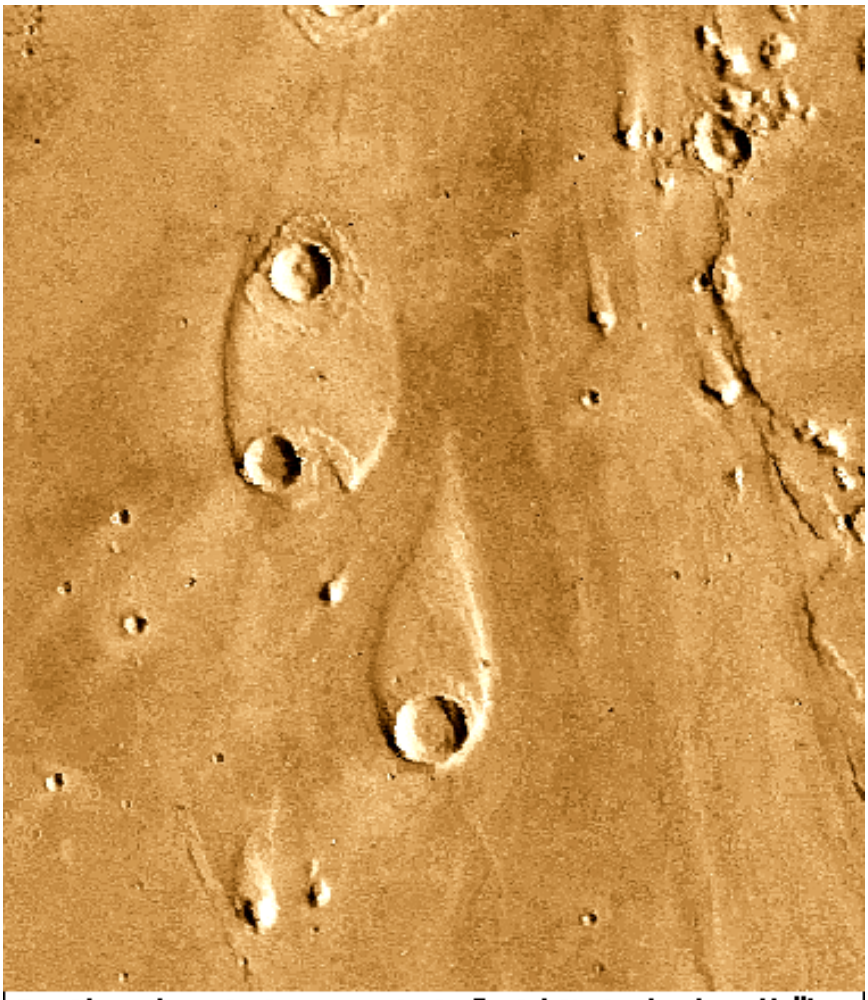


Afloramiento de posible agua líquida en la ladera baja de un crater. Registro de imágenes de la cámara (MOC) de la Mars Global Surveyor

nicas en fosas abisales oceánicas, lugares exentos de radiación solar.

Una geomorfología muy fluvial

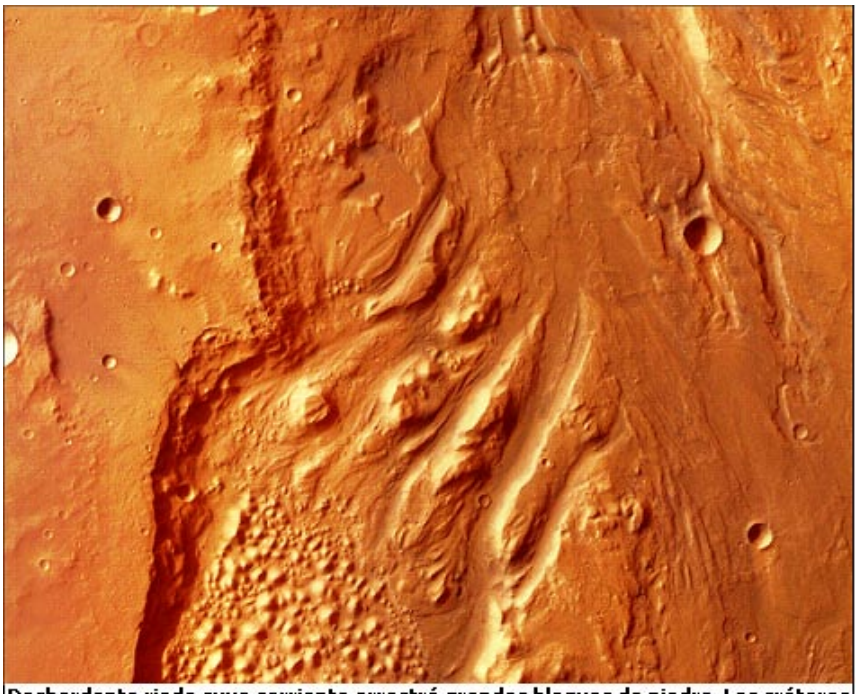
En julio de 2004 se obtuvieron imágenes, por la sonda Mars Odyssey 2001, de la zona de Valles Marineris donde muestran la presencia de valles dendríticos con un elevado grado de ramificación, datados entre 2.900 y 3.400 millones de años. Siendo los cañones de Echus Chasma donde sus valles son sinuosos y extendiéndose por decenas de kilómetros, y su anchura se va incrementando desde las zonas altas hacia las bajas, con la misma lógica que lo hace la orografía fluvial en la Tierra.



Erosión sedimentaria por corriente fluvial. Norte de *Ares Vallis*

Son innumerables las imágenes geomorfológicas mostradas por la MGS y, más recientemente, ratificadas por la cámara de alta resolución (HiRISE) de la Mars Reconnaissance Orbiter, que atestiguan y revelan un pasado pletórico de agua líquida fluyendo por su superficie en los inicios de la historia marciana, esculpiendo largos y sinuosos torrentes, cauces meandriformes, profundos valles y acantilados, y drenajes de deltas, que indican una actividad fluvial (de posibles precipitaciones) muy sostenida en el tiempo. Pues para sostener tales flujos parece imprescindible la actividad de un ciclo hídrico constante, de copiosas lluvias y que, necesariamente, implicaría un clima global más cálido durante periodos de tiempo muy extensos. (Ver fotos 3, 4, 5, 6, 7 y 8).

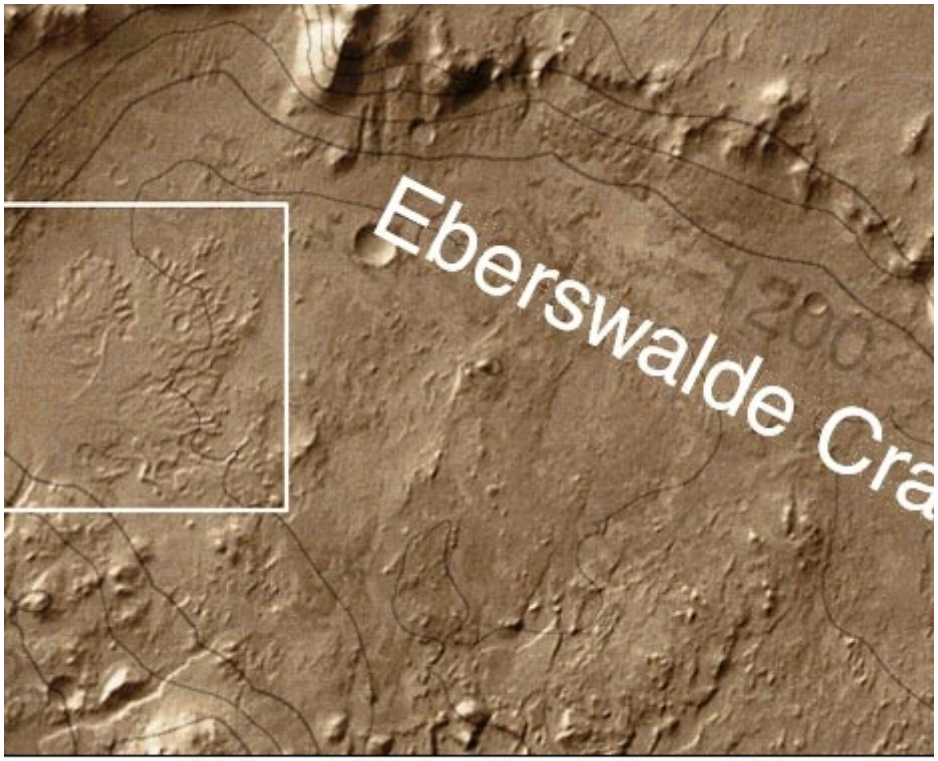
Cabe precisar que toda la acumulación de posteriores impactos meteóricos dentro de los cauces secos, -cuyos cráteres han permanecido limpios y exentos de erosión fluvial-, son una prueba cronológica que avala lo pronto que debió remitir y cesar la actividad fluvial



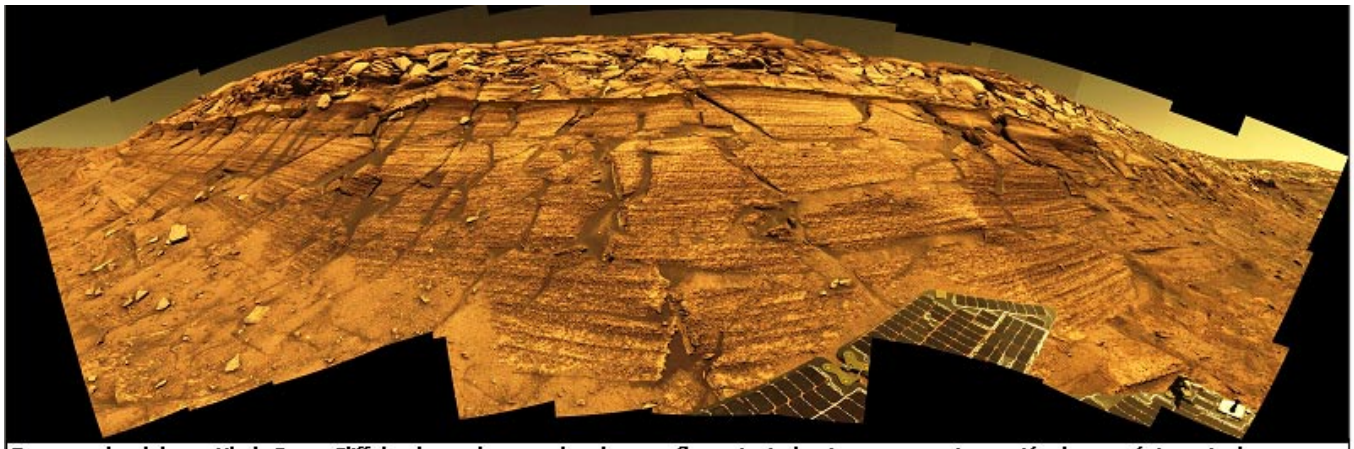
Desbordante riada cuya corriente arrastró grandes bloques de piedra. Los cráteres impactados dentro del cauce seco, -limpios y exentos de erosión fluvial-, son la prueba cronológica que atestigua que la actividad fluvial marciana cesó muy tempranamente. Foto de un lecho de cauce entre *Iani Chaos* y *Ares Vallis*.

Cortesía *Mars Express* (ESA)

Meandros con profundas sinuosidades y con un cauce de 2,5 km de anchura, cañón Nanedi Vallis.
(Mars Global Surveyor)



ıbocan en un delta (recuadro), hacia el interior del lago-crater Eberswalde, e
rnaissance Orbiter (cámara HiRISE)



Gran angular del acantilado Burns Cliff donde se observa el poderoso afloramiento laminar, con una impresión de su máximo nivel acuoso. Probable vestigio de hasta donde pudo cubrir el agua. La parte inferior derecha muestra los paneles solares del rover Opportunity.

marciana.

Muchos son los exponentes visualizados de toda esta típica y ancestral geomorfología fluvial, sus cauces de torrenteras, los lechos de rio, los valles, estuarios y deltas, y sus lagos secos (cráter-lago de Gusev) donde, en algunos de ellos, se ven claramente perpetuados los depósitos sedimentarios estratificados, como revelación de un posible antiguo lago fluvial (oeste de Candor Chasma). Como también lo son sus profundos y sinuosos meandros como el cañón de Nanedi Vallis y esas fuertes corrientes fluviales (riadas) que erosionaron los antiguos cráteres y depositaron, con esa forma tan peculiar, las sedimentaciones en forma lagrimal y que vemos en las cuencas de Crise y norte de Ares Vallis. Incluso podemos contemplar un angosto delta de 10 km de anchura que desemboca en el cráter Eberswalde, en Margaritifer Sinus, cuyos rasgos y evolución sedimentaria sólo se explica por la existencia, en algún momento, de una corriente sostenida y su desembocadura en un lago. En octubre de 2004, la cámara estérea (3D) de alta resolución (HRSC) de la Mars Express mostraba un viejo cauce erosionado donde se intuye un desbordamiento como consecuencia de una catastrófica riada, con el arrastre de grandes rocas, y que vemos en el desparramado torrente entre Iani Chaos y Ares Vallis.

También resultaron espectaculares las imágenes (en gran angular) mostradas por el rover Oppotunity (noviembre 2004) del acantilado

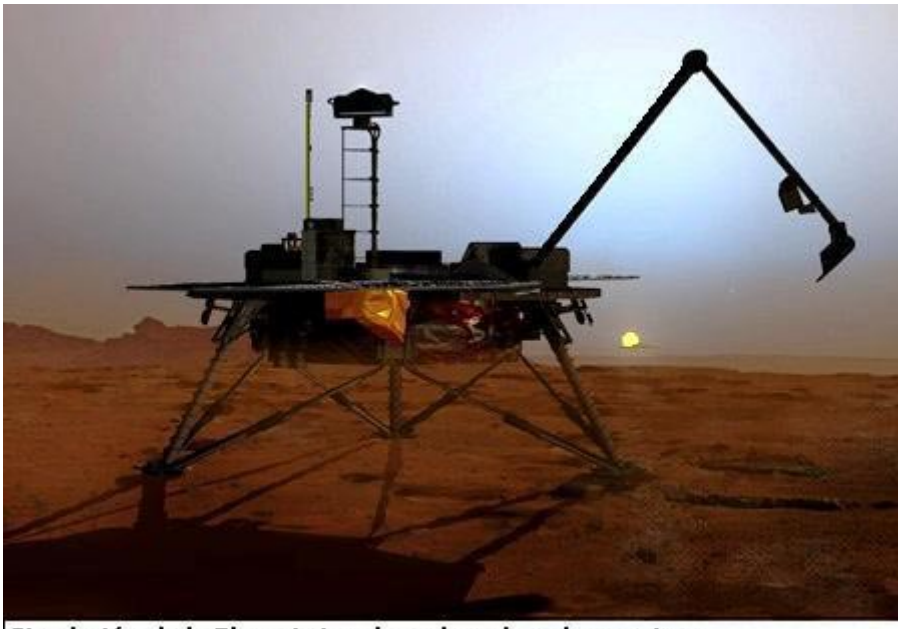
Estas dos imágenes del oeste de Candor Chasma sugieren varios origenes: Lluvias de ceniza transportada por el viento o los depósitos de sedimentos estratificados en un lago antiguo. (cámara MOC, de la Mars Global Surveyor)

Burns Cliff, estribaciones formadas por el cráter Endurance, donde se observa el poderoso afloramiento laminar y un vestigio de ese nivel máximo que debió alcanzar el agua (ver foto, Burns Cliff). Las imágenes del acantilado Burns Cliff refuerzan la hipótesis de que el agua cubrió periódicamente ese terreno.

Su hermanastro, el rover Spirit, en el entorno de las colinas Columbia, identificó la presencia de hematita y goetita (e indicios de filosilicatos), toda una mineralogía derivada de los óxidos de hierro y que para su formación implica necesariamente la interacción con el agua.

Próxima misión, la Phoenix Lander

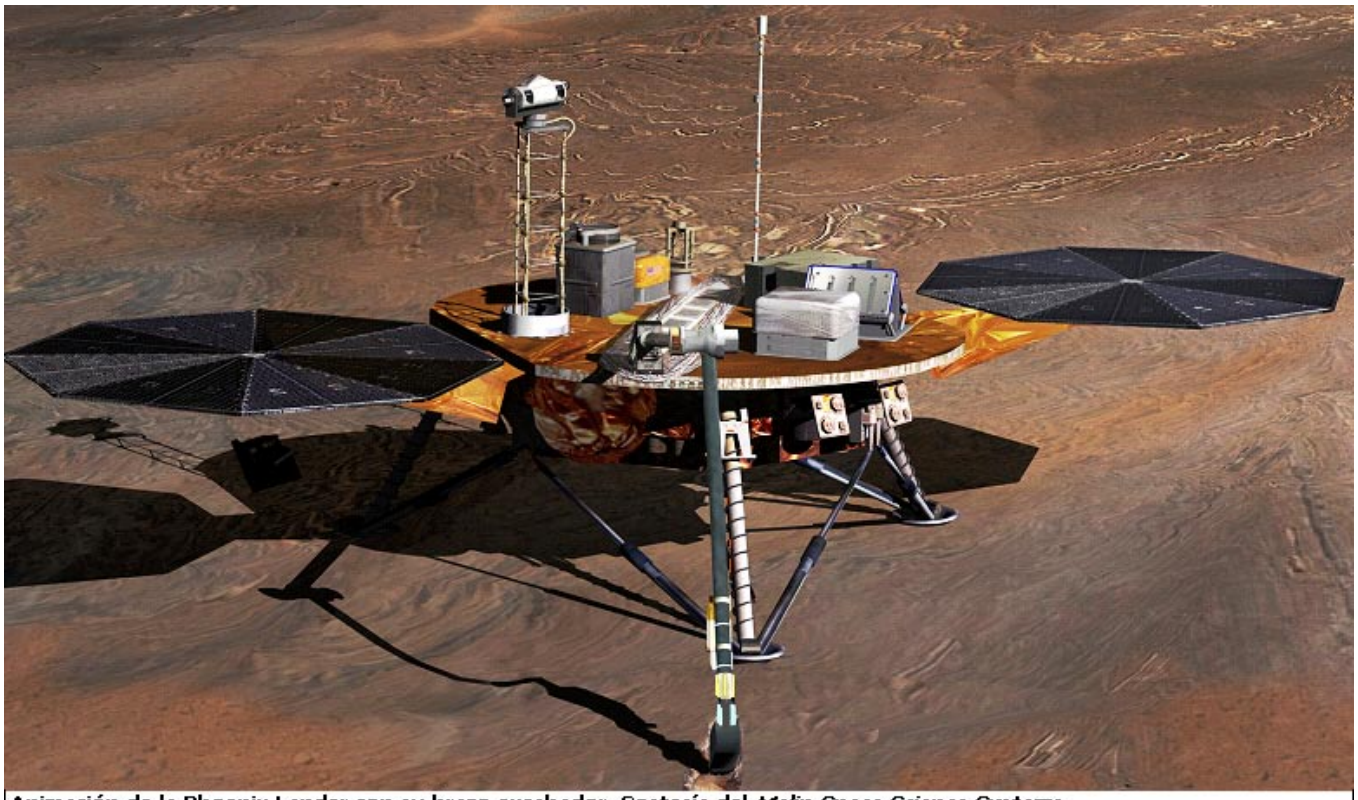
Como ese resurgir sobre las cenizas de la fracasada misión, Mars Polar Lander (NASA). La Phoenix Lander (plataforma estática) está viajando hacía Marte para posarse, en junio de 2008, en el ártico del polo norte marciano. (Fotos 9 y 10).



Simulación de la Phoenix Lander sobre el suelo marciano

Entre sus siete instrumentos destaca su articulado brazo robótico de 2,35 m de longitud y cuya misión es excavar hasta una profundidad de 40 cm para fotografiar y analizar la mineralogía pero, primordialmente, examinar la tan anunciada agua helada subterránea (permafrost) e, incluso, el posible hallazgo visual de algún pequeño fósil sepultado bajo tierra. Aunque, ¿bajo qué morfología se nos mostraría éste?.

Pero, no será hasta el 2009 ó 2011 cuando se envíe el rover, Mars Science Laboratory, equipado con un horno-estómago capaz de identificar, mediante espectrometría de rayos X, cualquier compuesto bioorgánico y de isótopos carbónicos con capacidad de estructurar biomoléculas. Y, así, poder dilucidar una posible presencia de vida microbiana extremófila en el interior del subsue-



Animación de la Phoenix Lander con su brazo excabador. Costesía del *Malin Space Science Systems*

lo marciano. Pues con la ausencia de capa de ozono, la radiación solar UV-C de alta frecuencia, acribillaría cualquier perfil biológico que se arrastrase sobre su superficie.

Pero, también tendrá la misión de detectar cualquier evidencia irrefutable de biomarcadores fosilizados, las trazas de microfósil. Este futuro proyecto del rover Mars Science Laboratory nos podrá despejar la incógnita de hasta donde llegó Marte en ese tortuoso y frágil sendero de la vida.

Los biomarcadores del caso ALH84001 dieron negativo

En el año 2000, la comunidad científica tuvo que desmentir y reconocer, de forma concluyente, que en el pequeño meteorito marciano ALH84001, caído en la Antártida hace unos 13.000 años y hallado en 1984 en la zona de Allen Hills, nunca se halló la presencia de rastros fosilizados de los llamados BSO (Bacterial Shaped Objects) ni de atribuibles nanobacterias fosilizadas de génesis marciana. La importancia de esta pequeña roca, con una antigüedad de unos 4.500 millones de años y de indudable procedencia marciana (por la coincidencia de su traza isotópica con los análisis mineralógicos que antaño realizó el legendario rover Viking), tal interés radica en que pudo haber coexistido con un posible periodo de vida en Marte.

Bibliografía:

- “Agua en Marte”. Jim Bell, en Investigación Y Ciencia, vol. 365, pp. 6-13; febrero 2007

- “Agua en Marte”. Ángel Ferrer, en Huygens, vol. 38, pp. 4-12; septiembre-octubre 2002

- “Agua líquida o hielo en Marte hace más de tres mil millones de años”. Alberto González Fiaren, en Tribuna de Astronomía y Universo, vol. 64, pp. 44-45; octubre 2004