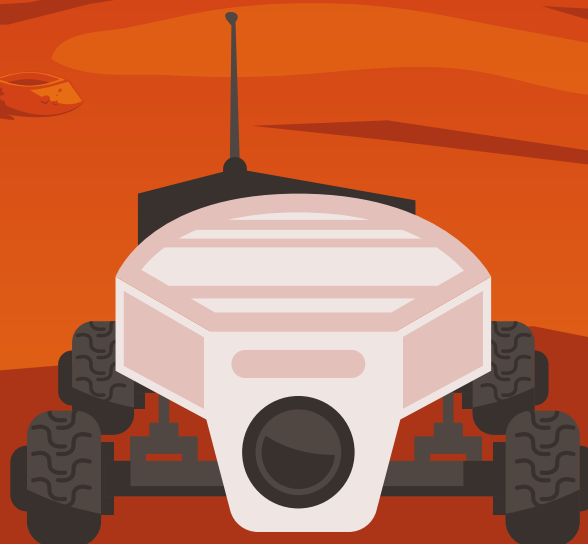


Desde los canales a la atmósfera. Un breve recuento de la exploración científica de Marte

Claudio Alejandro Fuentes Carreón,
Adriana Leticia Meléndez-López,
Jorge Armando Cruz-Castañeda

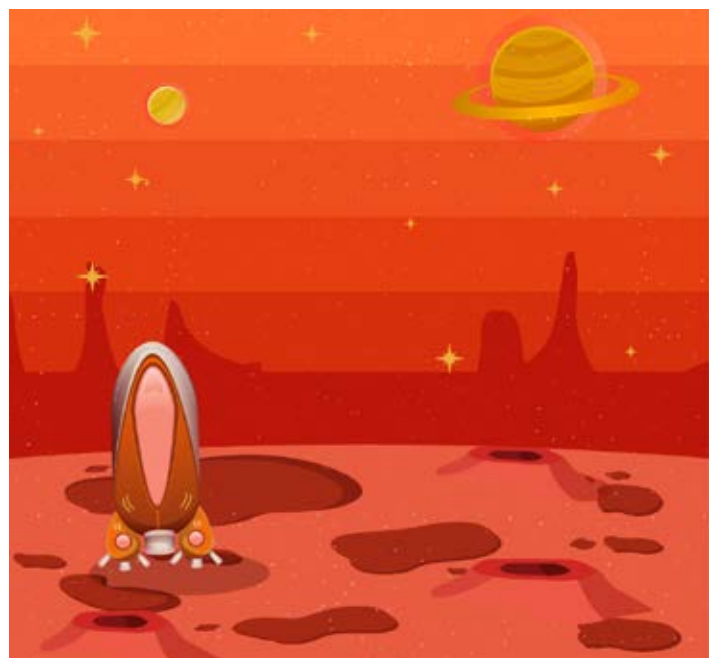


Telescopios y el poder de la observación

Marte, el planeta más cercano dentro de nuestro vecindario cósmico, siempre ha despertado la fascinación de la humanidad. Para los antiguos babilonios, este planeta era la representación de los dioses de la guerra, Nergal y Ares, respectivamente. Sin embargo, este cuerpo celeste no solo ha sido asociado a aspectos divinos, sino también a aspectos científicos. Su movimiento en la bóveda celeste fue observado por primera vez por astrónomos del Egipto del Nuevo Imperio y científicos del Imperio Neo Babilónico. En el siglo XVII, se realizaron las primeras observaciones con telescopios, obra del reconocido científico florentino Galileo Galilei. Es innegable asegurar que el planeta rojo ha despertado la curiosidad científica desde hace más de 2000 años (North, 2008).

El astrónomo italiano Giovanni Schiaparelli fue quién, por primera vez en 1887, realizó un análisis a detalle de nuestro vecino planetario. Con la ayuda de un telescopio de solo 22 cm de diámetro, Schiaparelli dibujó el primer mapa de la superficie marciana (Figura 1). Estos mapas contenían una red de líneas rectas ubicadas en el ecuador de Marte (Sagan, 1980). Inicialmente, él nombró estas líneas como *canali*, (canales, en español), las cuales, con el tiempo, se llegaron a asociar con estructuras de origen artificial, idea ampliamente difundida por un astrónomo norteamericano, Percival

Lowell. Este hecho ocasionó una tormenta mediática alrededor de Marte, ya que, la gente pensaba, que, si había canales rectos en la superficie marciana, estos deberían haber sido construidos por alguien (o algo) (Crossley, 2000). La creencia popular sobre la vida en Marte fue tan grande que incluso llegó a influenciar a grandes autores literarios del siglo XX, tales como Ray Bradbury y H.G. Wells. Sus obras más populares, "Crónicas Marcianas" y "La Guerra de los Mundos", respectivamente, fueron escritas con la idea de que, en el planeta rojo, existía una civilización avanzada capaz de construir canales. A pesar de lo interesante que resulta pensar en la existencia de marcianos, las primeras observaciones *in situ* de la superficie marciana, realizadas por sondas espaciales, descubrieron que estas líneas rectas no eran más que una ilusión óptica. Nunca existieron los canales marcianos. Sin embargo, la caja de pandora había sido abierta y el interés por estudiar a Marte estaba más que presente.



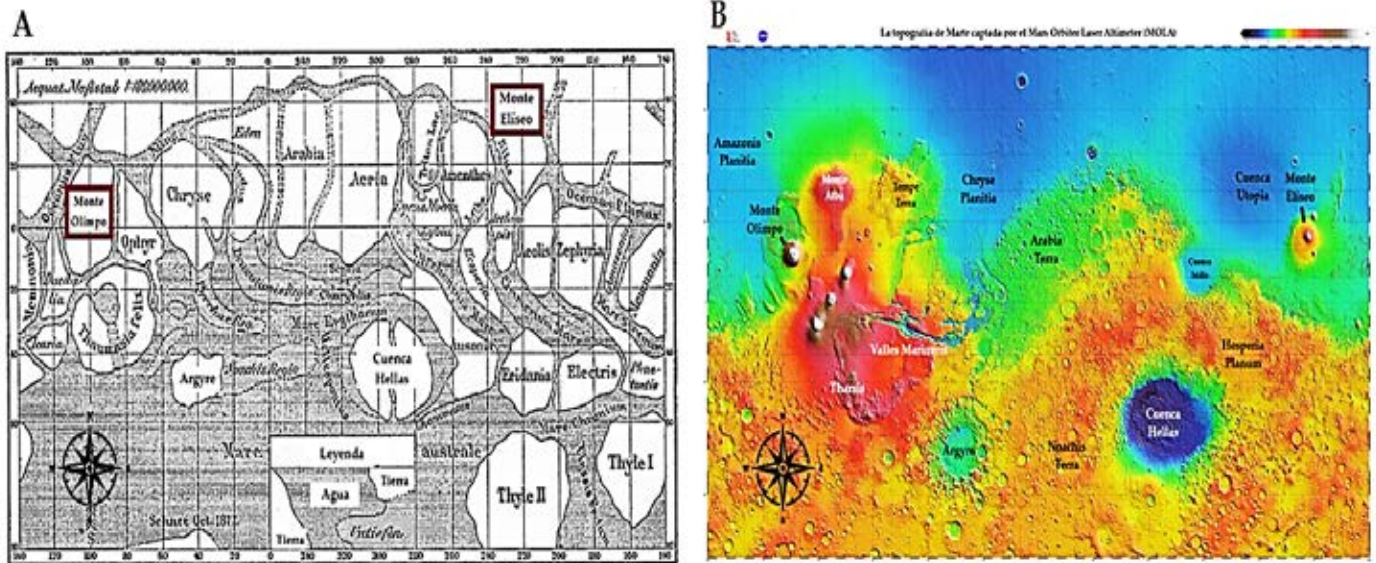


Figura 1. Geografía de Marte, trazada por Giovanni Schiaparelli (A) vs la geografía de Marte, captada por el instrumento Mars Orbital Laser Altimeter (MOLA) de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) de los Estados Unidos de América (B). En la figura A, se observan los canales trazados por Schiaparelli, distribuidos en el ecuador marciano, fragmentando la superficie del planeta en múltiples masas de tierra (zonas blancas). Las zonas grises representan las zonas donde podría haber fluído el agua que trazó los canales. En la figura B, se observa un mapa topográfico de la superficie marciana. Los canales observados inicialmente por Schiaparelli no forman parte de la geografía marciana. En ambas figuras, se colocan en latín y español los nombres de las regiones superficiales. Schiaparelli, al describir los canales marcianos, le dio múltiples nombres a las supuestas “islas” formadas por los canales. Algunos nombres aún se conservan en la actualidad. Fuente de las imágenes: <https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA02993>.

De telescopios a robots

En el cenit de la Guerra Fría, el programa espacial ruso/soviético intentaba lo imposible, mandar una sonda robótica a Marte. Sin embargo, casi todos sus intentos terminaron en un explosivo fracaso. Solo la sonda *Mars 1* logró salir de la órbita terrestre, pero nunca llegó al planeta rojo. Se cree que pasó de largo a su destino (Marte) por más de 200,000 km.

En ese periodo, el programa espacial norteamericano fue el único en tener éxito. En julio de 1965, la sonda *Mariner 4* logró sobrevolar Marte a una distancia de apro-

ximadamente 9,900 km, mandando múltiples fotos de su superficie. Sorpresivamente, también detectó la presencia de una muy tenue y poco densa atmósfera marciana. La presencia de esta atmósfera fue confirmada por las misiones sucesoras *Mariner 6*, *Mariner 7* y *Mariner 9*, las cuales, adicionalmente, realizaron mediciones adicionales de temperatura y tomaron más fotos de la topografía marciana (“History of Mars Exploration,” 2005).

Las misiones *Mariner* sentaron las bases para el siguiente gran paso: mandar una sonda a la superficie marciana. Para esto la NASA

creó el programa *Viking*, en el cual logró mandar dos sondas (*Viking 1 y 2*) en la superficie de Marte. Ambas sondas contaban con una serie de instrumentos especializados diseñados con un objetivo específico. Buscar evidencia de actividad biológica en Marte. A pesar de que lograron activar dichos instrumentos y llevar a cabo una serie de experimentos biológicos y químicos, los resultados fueron negativos. El planeta no contenía vida. En cambio, contenía una superficie rica en minerales oxidados de hierro y especies químicas altamente oxidantes. Pero, a pesar de esto, la evidencia era innegable, no había ningún rastro de actividad biológica (Klein, 1998).

El éxito del programa *Viking*, naturalmente, dio origen a la siguiente etapa en la exploración marciana (Figura 2). ¿Por qué conformarse con solo aterrizar, cuando también podrías explorar? La sonda *Mars Pathfinder*, lanzada el 6 de diciembre de 1996, fue un vehículo enviado en tándem junto con un orbitador (*Mars Global Surveyor*) y un rover, vehículo a control remoto diseñado para explorar la superficie marciana, de nombre *Sojourner*. Este equipo robótico actuó como un parteaguas en la exploración marciana. El *Mars Global Surveyor*, capaz de realizar mediciones orbitales de la atmósfera, composición superficial, y topografía, junto con las exploraciones in situ de rocas marcianas por parte del *Sojourner*, sacaron a la luz información hasta ese entonces desconocida del planeta rojo. Aparte de obtener el primer mapa topográfico de la superficie marciana, se encontraron rocas cuya forma y posición sugerían que, en algún momento de su historia, Marte pudo haber tenido agua líquida en su superficie (Golombek, 1997).



Figura 2: Ilustración que representa a algunos de los exploradores robóticos que se encuentran en la superficie de Marte. La incesante labor que llevan a cabo nos permite obtener datos importantes para el estudio de las características geológicas y fisicoquímicas de Marte (OpenartAI, 2024).

Sojourner, junto con el *Pathfinder* y el *Mars Global Surveyor*, fueron pioneros en la exploración robótica marciana, en lo que respecta a vehículos motorizados. En los últimos 25 años, se han enviado múltiples misiones, por parte de agencias espaciales norteamericanas, europeas, japonesas, indias y chinas. De mayor relevancia científica son los rovers *Spirit* y *Opportunity*, los cuales descubrieron la presencia de minerales que solo pueden formarse en medios donde exista agua líquida (McLennan *et al.*, 2005), la misión *Curiosity*, que determinó que Marte, en algún momento de su historia pudo tener condiciones planetarias que permitieron la acumulación de compuestos orgánicos (in-

cluso detectando trazas de materia orgánica en rocas sedimentarias marcianas) (Eigenbrode *et al.*, 2018) y la sonda *InSight*, que detectó el primer terremoto marciano y ayudó a descifrar la estructura interna del planeta rojo (Banerdt *et al.*, 2020).

De los robots a las Ciencias de la computación

Hasta el momento, solo hemos platicado al lector una muy pequeña parte de los descubrimientos científicos que la humanidad ha realizado, con ayuda de nuestros amigos robóticos, en Marte. Sin embargo, es importante mencionar que no solo basta con obtener los datos, sino también analizarlos. Los datos obtenidos por los exploradores robóticos permiten a la comunidad científica crear hipótesis y escenarios donde se intenta explicar cómo fue el pasado, cómo es el presente, y cómo podría ser el futuro de Marte. Un ejemplo de estos es ¿cómo es que podemos asegurar que Marte en algún momento pudo tener agua líquida en su superficie? A pesar de que las condiciones atmosféricas y de temperatura actuales de Marte no permiten la existencia de agua más allá del estado sólido (en forma de hielo).

Para esto, hacemos uso de los modelos computacionales, los cuales nos permiten determinar la evolución geológica del planeta en función de la evidencia geológica recolectada, que incluye la presencia de rocas, estructuras sedimentarias, y minerales que solo pueden formarse en ambientes acuosos entre datos de presión y temperatura obtenidos con los múltiples rovers, aterrizadores y orbitadores en Marte (Figura 3). Otro ejem-

plo es como utilizando los datos de composición planetaria y modelos computacionales especializados, podemos estimar que la atmósfera primigenia de Marte debió de ser compuesta principalmente por dióxido de carbono (CO_2) con trazas de hidrógeno (H_2) y monóxido de carbono (CO), con una presión promedio de 2 atm. Específicamente, se cree que el planeta rojo tuvo esta atmósfera primitiva hace 3.6 Ga (3,600 millones de años), época en la cual Marte pudo haber sido similar a la Tierra actual, y posteriormente la gradual pérdida de esta atmósfera, por mecanismos que hasta el momento desconocemos, ocasionó que Marte evolucionará y se convirtiera en el planeta que es hoy en día (Wordsworth, 2016).

¿Y qué sigue?

La exploración marciana tiene un amplio camino por delante. Lejos quedaron los días en los cuales solo podíamos observar, a través de telescopios y de forma limitada a nuestro vecindario cósmico. Derivado de los avances científicos y tecnológicos además de la gran perseverancia por estudiar a nuestro fascinante vecino, se ha propuesto enviar misiones tripuladas por seres humanos, el cual sería el siguiente gran paso dentro de la exploración espacial. Sea cual sea el futuro que nos depare, actualmente, 9 vehículos robóticos se encuentran en la superficie Marte, por lo que la exploración física y científica de este planeta sigue en pie, a la espera de futuros resultados que nos ayuden a descifrar los secretos que este planeta ha escondido por millones de años.

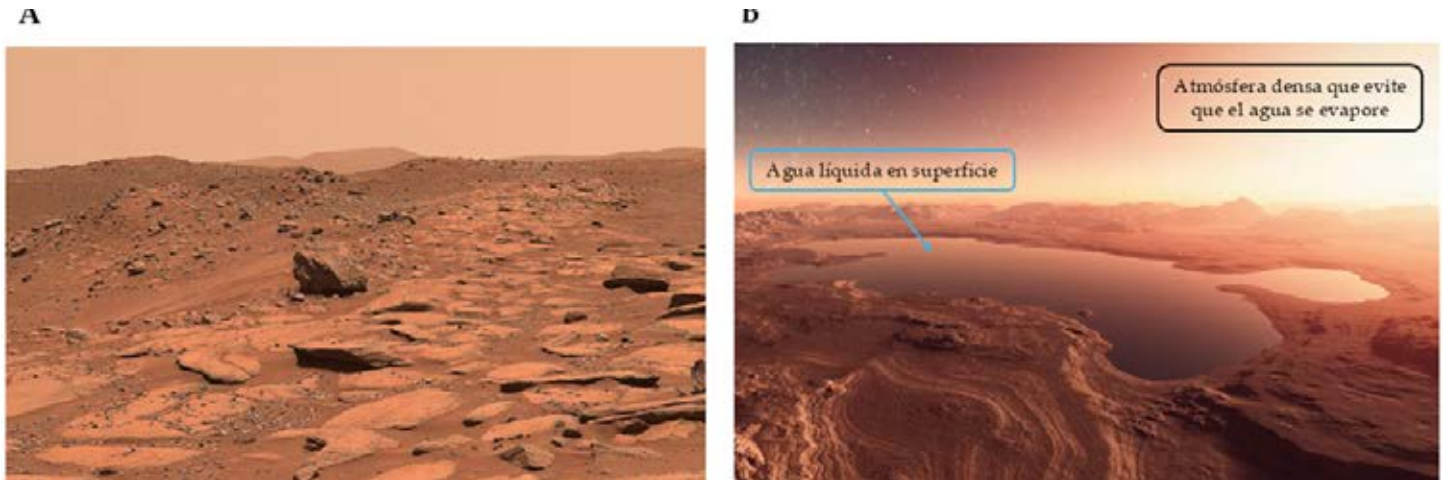


Figura 3: Superficie de Marte actual (A) vs una representación artística de cómo podría haberse visto la superficie de Marte con agua líquida (B). Un requisito importante para que exista agua en su superficie es que la atmósfera sea lo suficientemente densa para que las temperaturas superficiales estén arriba de los 0 °C. Los modelos computacionales previamente descritos proponen que esto pudo haber sido posible. Fuente de las imágenes: <https://>

Referencias

- Banerdt, W. B., Smrekar, S. E., Banfield, D., Giardini, D., Golombek, M., Johnson, C. L., Lognonné, P., Spiga, A., Spohn, T., Perrin, C., Stähler, S. C., Antonangeli, D., Asmar, S., Beghein, C., Bowles, N., Bozdog, E., Chi, P., Christensen, U., Clinton, J., Wieczorek, M. (2020). Initial results from the InSight mission on Mars. *Nature Geoscience*, 13(3), 183–189. <https://doi.org/10.1038/s41561-020-0544-y>
- Crossley, R. (2000). Percival Lowell and the History of Mars. *The Massachusetts Review*, 41(3), 297–318. JSTOR.
- Eigenbrode, J. L., Summons, R. E., Steele, A., Freissinet, C., Millan, M., Navarro-González, R., Sutter, B., McAdam, A. C., Franz, H. B., Glavin, D. P., Archer, P. D., Mahaffy, P. R., Conrad, P. G., Hurowitz, J. A., Grotzinger, J. P., Gupta, S., Ming, D. W., Sumner, D. Y., Szopa, C., Coll, P. (2018). Organic matter preserved in 3-billion-year-old mudstones at Gale crater, Mars. *Science*, 360(6393), 1096–1101. <https://doi.org/10.1126/science.aas9185>
- Golombek, M. P. (1997). The Mars Pathfinder Mission. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 102(E2), 3953–3965. <https://doi.org/10.1029/96JE02805>
- History of Mars exploration. (2005). In *Marswalk One* (pp. 19–42). Springer London. https://doi.org/10.1007/1-84628-596-8_2
- Klein, H. P. (1998). The search for life on Mars: What we learned from Viking. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 103(E12), 28463–28466. <https://doi.org/10.1029/98JE01722>
- McLennan, S. M., Bell, J. F., Calvin, W. M., Christensen, P. R., Clark, B. C., De Souza, P. A., Farmer, J., Farrand, W. H., Fike, D. A., Gellert, R., Ghosh, A., Glotch, T. D., Grotzinger, J. P., Hahn, B., Herkenhoff, K. E., Hurowitz, J. A., Johnson, J. R., Johnson, S. S., Jolliff, B., Yen, A. (2005). Provenance and diagenesis of the evaporite-bearing Burns formation, Meridiani Planum, Mars. *Earth and Planetary Science Letters*, 240(1), 95–121. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2005.09.041>
- North, J. D. (2008). *Cosmos: An illustrated history of astronomy and cosmology*. University of Chicago press.
- Sagan, C. (1980). *Cosmos* (1st ed). Random House.
- Wordsworth, R. D. (2016). The Climate of Early Mars. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 44(1), 381–408. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-060115-012355>

Mto. en C.T. Claudio Alejandro Fuentes Carreón. Estudiante de doctorado y profesor de asignatura de la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra. Es egresado de la Licenciatura en Ciencias de la Tierra, impartida en la Facultad de Ciencias de la UNAM. Actualmente, su línea de investigación consiste en el análisis químico de compuestos orgánicos, enfocado a evolución química y astrobiología. Trabaja en el laboratorio de Evolución Química, y los Laboratorios de Química de Plasmas y Estudios Planetarios I y II, ambos del Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM. Email: alejandro.fuent@correo.nucleares.unam.mx

Dra. Adriana Leticia Meléndez López. Profesora de Carrera Asociada C TC en la Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra y miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores Nivel 1. Sus líneas de investigación son (1) El estudio del efecto de la radiación ionizante y otras fuentes de energía en diferentes medios; (2) El análisis químico cuantitativo enfocado en componentes traza en matrices complejas; (3) La determinación, monitoreo y tratamiento de contaminantes emergentes relevantes para las Ciencias de la Tierra; y (4) La simulación de ambientes terrestres y extraterrestres con relevancia en química prebiótica. Email: adriana.melendez@encit.unam.mx

Dr. Jorge Armando Cruz Castañeda. Investigador Asociado C TC, sus líneas de investigación están inmersas en evolución química, astrobiología y las ciencias planetarias, particularmente, en química analítica, hidrotermalismo, búsqueda de vida en Marte, simulación de atmósferas de planetarias, y simulación de ambientes extraterrestres con interés astrobiológico. Es responsable de la Unidad de Laboratorios “Dr. Rafael Navarro González”, que incluye a los Laboratorios de Química de Plasmas y Estudios Planetarios I y II del Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores nivel 1. Email: jorge.cruz@nucleares.unam.mx

