

Los muchos caminos hacia Marte

The many paths toward Mars

Luis Vázquez Martínez

Académico Correspondiente de la Sección de Ciencias Experimentales de la Real Academia de Doctores de España. Facultad de Informática UCM lvazquez@fdi.ucm.es

An. Real. Acad. Doct. Vol 2, Nº 3, (2017) pp. 427-438.

RESUMEN	ABSTRACT
<p>La historia de la Humanidad está asociada a la historia del progreso tecnológico. Y hay un área en la que ese progreso exhibe además otras características muy humanas: la curiosidad, la fascinación y el instinto básico de explorar lo desconocido, que junto con la alegría que proporcionan los descubrimientos, son motores que empujan al hombre a investigar lo que hay en otros mundos y buscar vida fuera de la Tierra. Uno de los siguientes pasos gigantescos de esa "aventura del espacio" posiblemente será la llegada del hombre al planeta Marte y el posterior establecimiento de una colonia humana. La exploración planetaria ha tenido una serie de hitos que han ido marcando los límites de la nueva frontera. Cada uno de ellos ha suscitado entusiasmo involucrando a nuevas generaciones de científicos e ingenieros, y ayudando a formar profesionales innovadores. A este respecto, es suficiente recordar los acontecimientos mundiales asociados al lanzamiento del primer Sputnik (1957), primer vuelo tripulado Vostok 1 (Yuri Gagarin, 1961), llegada a la Luna con el Apolo 11 (1969), así como la exploración contemporánea de los robots Marcianos Spirit y Opportunity. La fascinación de la exploración espacial es contagiosa, a la vez que aporta a la Humanidad un resplandeciente deseo de entender y aprender y ofrece una fuente inagotable de preguntas sobre el Universo visto con encanto y admiración.</p> <p>En la conferencia, se considera una panorámica de los descubrimientos fundamentales sobre Marte así como de las misiones correspondientes. Por otra parte, se hace una presentación de los estudios de modelización y</p>	<p>The history of Humanity is associated with the history of technological progress. And there is an area where this progress also exhibits other very human characteristics: the curiosity, the fascination and the basic instinct to explore the unknown, which together with the joy that the discoveries provide, are engines that push the man to investigate what there are in other worlds and seek life outside the Earth. One of the next giant steps of this "adventure of space" is possibly the arrival of man on the planet Mars and the subsequent establishment of a human colony. The planetary exploration has had a series of landmarks that have been marking the limits of the new border. Each of them has excited enthusiasm by engaging new generations of scientists and engineers, and helping to train innovative professionals. In this connection, it is sufficient to recall the world events associated with the launch of the first Sputnik (1957), the first manned Vostok 1 (Yuri Gagarin, 1961), the Moon with Apollo 11 (1969), as well as the contemporary exploration of The Martian Spirit and Opportunity robots. The fascination of space exploration is contagious, while bringing to humanity a resplendent desire to understand and learn, and offers an endless source of questions about the Universe seen with charm and admiration.</p> <p>At the conference, an overview of the fundamental discoveries on Mars as well as the corresponding missions is considered. On the other hand, a presentation of the studies of modelling and analysis of data of the Martian Studies Group at Universidad Complutense de Madrid is made, which is integrated in the Spanish Aerospace Technology Platform</p>

<p>análisis de datos del Grupo de Marte en la Universidad Complutense de Madrid, que está integrado en la Plataforma Tecnológica Aeroespacial Española http://www.plataforma-aeroespacial.org/.</p> <p>Las fotos asociadas a esta presentación pueden verse en el enlace: http://www.radoctores.es/pagina.php?item=424. Por otra parte, se describe el entorno de estudios de Marte en la Universidad Complutense de Madrid desde los años 1950: http://sema.pacifico-meetings.com/images/site/Boletin_SeMA_Enero_2017.pdf</p>	<p>http://www.plataforma-aeroespacial.org/.</p>
<p>Palabras clave: Marte, telescopio, misiones a Marte, radiación, atmosfera Marciana</p>	<p>Keywords: Mars, telescope, misión to Mars, radiation, Martian atmosphere.</p>

1. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

La historia de la Humanidad está asociada a la historia del progreso científico y tecnológico. Y hay un área en la que ese progreso exhibe además otras características muy humanas: la curiosidad, la fascinación y el instinto básico de explorar lo desconocido, que junto con la alegría que proporcionan los descubrimientos, son motores que empujan al hombre a investigar lo que hay en otros mundos y buscar vida fuera de la Tierra. Todo ello es parte de un objetivo científico de largo alcance para entender la formación e historia del Sistema Solar.

Uno de los siguientes pasos gigantescos de esa “aventura del espacio” posiblemente será la llegada del hombre al planeta Marte y el posterior establecimiento de una colonia humana.

La exploración planetaria ha tenido una serie de hitos que han ido marcando los límites de la nueva frontera. Cada uno de ellos ha suscitado entusiasmo involucrando a nuevas generaciones de científicos e ingenieros, y ayudando a formar profesionales innovadores. Convergencia de Ciencia y Tecnología.

Es suficiente recordar los acontecimientos mundiales asociados al lanzamiento del primer Sputnik (1957), primer vuelo tripulado Vostok 1 (Yuri Gagarin, 1961), llegada a la Luna con el Apolo 11 (1969), así como la exploración contemporánea de los robots Marcianos Spirit, Opportunity y Curiosity.

Nos proponemos dar unas pinceladas relevantes de las rutas para la exploración Marciana desde el principio de la Humanidad:

- 1. Contemplación.***
- 2. Con la ayuda de los Telescopios.***
- 3. Misiones no Tripuladas.***
- 4. Cine. Entrenamiento. Simulación***

2. LA CONTEMPLACIÓN

El planeta Marte aparece referido desde la antigüedad con diferentes nombre pero con significado relativo al color rojo así como a guerrero, combate y la guerra.

Egipto: Harmakhis / Har Décher.

Babilonia: Nergal.

Eufrates: Allamou / Almou

Grecia: Ares.

Culturas Árabe, Persa y Turca: Mirikh

Persia: Bahram and Pahlavani Sipher

India: Angaraka / Lohitanga

El conocimiento adquirido en tal periodo se refiere, además del color rojo, a que presenta una trayectoria extraña de forma que reaparece cada dos años. Por otra parte, Aristóteles: observó ocultación de Marte por la Luna afirmando que “Marte está más alto que la Luna”.

3. LA OBSERVACIÓN CON TELESCOPIOS

La primera observación fue realizada por Galileo Galilei: 1609. En el siglo XVII cabe destacar las observaciones de Christian Huygens y Giovanni Domenico Cassini. En el siglo XVIII destacan las observaciones de Frederick William Hershell. Por otra parte, es de destacar la descripción detallada de las lunas Marcianas Fobos y Deimos por Jonathan Swift en “Los Viajes de Gulliver” (1726) 150 años antes de su descubrimiento con el telescopio (Asaph Hall) !!!!.

En 1830 se comenzaron a realizar los mapas y cartografía coincidiendo con la gran aproximación de Marte y la Tierra. En este contexto, es de destacar el trabajo realizado por Giovanni Virginio Schiaparelli (Observatorio de Milán), Percival Lowell (Observatorio de Flagstaff, Arizona, USA) y Eugène Michael Antoniadi (Observatorio de Meudon, Francia).

Mediante el telescopio fue posible observar la duración de un día Marciano, la existencia de estaciones en ambos hemisferios, la presencia de casquetes polares, así como de gigantescas tormentas de polvo en la superficie.

En los años 1920 comenzó la aplicación de la Espectroscopía y Radiometría al estudio de Marte, abriendo nuevos horizontes cuya exploración continúa con las misiones espaciales.

4. CAMINO A MARTE CON MISIONES NO TRIPULADAS

La fuerza de arrastre de las misiones a Marte es tratar de encontrar muestra de vida presente o pasada. Para ello una condición necesaria pero no suficiente es determinar si hay agua actualmente y determinar la historia de su posible presencia en Marte.

El lanzamiento de misiones a Marte fue inaugurado por la Unión Soviética en 1960. Hasta la fecha hay que contabilizar un total de 42 misiones, teniendo éxito 18. A estas hay que añadir las siguientes misiones recientes:

India: Lanzamiento 5-Noviembre-2013 Mars Orbiter (MOM)

USA: Lanzamiento 18-Noviembre-2013 MAVEN

Rusia-ESA: Marzo-Octubre 2016 ExoMars2016

Algunas de las características observadas son que la presión atmosférica en la superficie es del orden de 6,35 mbar (0,7% la de la Tierra). Similar a la presión de la atmosfera de la Tierra entre 28 y 40 Km. La atmósfera es en extremo oxidante, dando a Marte su color rojo característico.

Por ser la atmósfera tan tenue, puede existir una diferencia de temperatura de hasta 15°C entre el suelo y 1 m de altura. Así como grandes diferencias entre el día y la noche, al no existir océanos y mares que regulen la temperatura como en la Tierra.

Los principales descubrimientos del Programa de Exploración de Marte (MEPAG: Mars Exploration Program Analysis Group) están contenidos en <http://mepag.jpl.nasa.gov/science/index.htm>

Se pueden resumir en el siguiente esquema:

1. Existencia de agua líquida durante largos periodos en la antigua superficie Marciana.
2. Geología compleja de la superficie.
3. Existencia de agua en la actualidad.
4. Cambio climático reciente.
5. Magnetismo planetario. No hay un campo magnético global como en la Tierra. Existe un archipiélago de zonas con campo magnético de diferentes intensidades que permiten la observación de auroras.

6. Clima y meteorología.
7. Procesos modernos.
8. Metano. Su presencia indica que hay un mecanismo generador de metano en Marte.
9. Gravedad y topografía.
10. Entorno de radiación. Es fundamental para el desarrollo de la vida en el pasado y eventualmente en el futuro.

Desde 2016, el Grupo de Estudios Marcianos de la Universidad Complutense está formado por Luis Vázquez, Francisco Valero, Pilar Romero, María Luisa Martín, María Pilar Velasco, Salvador Jiménez, Carlos Aguirre, Raquel Caro-Carretero, Gonzalo Barderas, David Usero, Germán Martínez, Ignacio M. Llorente, José Luis Vázquez-Poletti, Pedro Pascual, Álvaro Vicente-Retortillo, María Ramírez-Nicolás. Que se distribuyen entre las tres Universidades de Madrid: UCM: Universidad Complutense de Madrid; UPM: Universidad Politécnica de Madrid y UAM: Universidad Autónoma de Madrid. El contexto de estudio es fundamentalmente:

Big Data, Cloud Computing; Modelización y Aplicaciones: Medicina, Economía (U. Francisco de Vitoria).

5. CAMINO A MARTE: CINE, ENTRENAMIENTO Y SIMULACIONES

La primera película sobre Marte fue “Aelita”, cine mudo, dirigida por Y. Protazanov en 1924 y basada en la novela de Alexei Tolstoi, pariente lejano de León Tolstoi. Aelita, la reina de Marte, harta de vivir sometida a su despótico padre, lanza una llamada de socorro a la Tierra. Tras descifrar el mensaje, el ingeniero de la Estación de Radio de Moscú, al que se une el revolucionario Gusev, emprende un viaje a Marte en la nave que ha construido. Los dos ayudan a Aelita a derrocar al tirano, pero, a continuación, también ella implanta un régimen totalitario.

Posteriormente se han presentado varias películas, siendo la última “El Marciano” en 2015. Por otra parte, la exploración y estudio de Marte se beneficia del continuo desarrollo de simuladores y videojuegos con las nuevas técnicas que se están desarrollando continuamente.

Finalmente es de destacar el experimento “Mars-500” en el que una tripulación de seis personas han estado aisladas durante 520 días (periodo 2007-2011) simulando una expedición a Marte.

4. "Characterization of the Martian Convective Boundary Layer". G. Martínez, F. Valero and L. Vázquez. *Journal of the Atmospheric Sciences* 66, 2044-2057 (2009).
5. "Characterization of the Martian Surface Layer". G. Martínez, F. Valero and L. Vázquez. *Journal of the Atmospheric Sciences* 66, 187-198 (2009).
6. "TKE Budget in the Convective Martian PBL". G. Martínez, F. Valero and L. Vázquez. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, DOI: 10-1002/qj.883. (2011).
7. "The Martian Atmospheric Boundary Layer". A. Petrosyan, B. Galperin, S.E. Larsen, S.R. Lewis, A. Määttä, P.L. Read, N. Renno, L.P.H.T. Rogberg, H. Savijärvi, T. Siili, A. Spiga, A. Toigo and L. Vázquez. *Reviews of Geophysics* 49, RG3005, 1-46, (2011).
8. "Martian dust devils detector over FPGA". E. de Lucas, M.J. Miguel, D. Mozos and L. Vázquez. *Geosci. Instrum. Method. Data Syst.*, 1, 23-31, (2012).
9. "Tomographic Signal Analysis for the Detection of Dust-Devils in Mars Atmosphere". A. Giménez-Bravo, C. Aguirre and L. Vázquez. *The Fourth Solar System Symposium (4M-S3)*, Space Research Institute (IKI), Russian Academy of Sciences in Moscow (2013).
10. "New Approaches for the Analysis of Geomagnetic Data". L. Vázquez, M. Ramírez-Nicolás, R. Caro-Carretero, C. Aguirre, B. Sánchez-Cano, R. Vilela and S. Jiménez. *The Fifth Solar System Symposium (5M-S3)*, Space Research Institute (IKI), Russian Academy of Sciences in Moscow (2014).
11. "Numerical studies of charged particles in a magnetic field: Mars application". M. Ramírez-Nicolás, D. Usero and L. Vázquez. *Central European Journal of Physics*, 12(8), 521-531, (2014).
12. "NeMars: An empirical model of the Martian dayside ionosphere based on Mars Express MARSIS data". Sánchez-Cano, B., Radicella, S.M., Herraiz, M., Witasse, O. and Rodríguez-Caderot, G. *Icarus*, doi:10.1016/j.icarus.2013.03.021 (2013).
13. "The effect of the induced magnetic field on the electron density vertical profile of the Mars' ionosphere: A Mars Express MARSIS radar data analysis and interpretation, a case study". Ramírez-Nicolás, M., Sánchez-Cano, B., Witasse, O., Blelly, P. L., Vázquez, L., Lester, M. *Planetary and Space Science*, 126, 49-62 (2016).

14. "Numerical study of a charged particle in a general magnetic field". M. Ramírez-Nicolás, D. Usero, M. P. Velasco and L. Vázquez. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 106 (2), 401-414 (2016).
15. "Mars Science Laboratory Relative Humidity Observations – Initial Results". Ari-Matti Harri, M. Genzer, O. Kempainen, J. Gomez-Elvira, R. Haberle, J. Polkko, H. Savijärvi, N. Renno, J. A. Rodriguez-Manfredi, W. Schmidt, M. Richardson, T. Siili, M. Paton, M. De La Torre-Juarez, T. Mäkinen, C. Newman, S. Rafkin, M. Mischna, S. Merikallio, H. Haukka, J. Martin-Torres, M. Komu, M.-P. Zorzano, V. Peinado, L. Vazquez and R. Urqui. *Journal of Geophysical Research Planets* 119, 2132-2147 (2014).
16. "Pressure Observations by the Curiosity Rover – Initial Results". A.M. Harri, M. Genzer, O. Kempainen, H. Kahanpää, J. Gomez-Elvira, J. A. Rodriguez-Manfredi, R. Haberle, J. Polkko, W. Schmidt, H. Savijärvi, J. Kauhanen, E. Atlaskin, M. Richardson, T. Siili, M. Paton, M. De La Torre-Juarez, C. Newman, S. Rafkin, M. T. Lemmon, M. Mischna, S. Merikallio, H. Haukka, J. Martin-Torres, M.-P. Zorzano, V. Peinado, R. Urqui, A. Lapinette, A. Scodary, T. Mäkinen, L. Vazquez, N. Renno and the REMS/MSL Science Team. *Journal of Geophysical Research: Planets* 119, 82-92 (2014).
17. "REMS: The Environmental Sensor Suite for the Mars Science Laboratory Rover". Gómez-Elvira, C. Armiens, L. Castañer, M. Domínguez, M. Genzer, F. Gómez, R. Haberle, A.M. Harri, V. Jiménez, H. Kahanpää, L. Kowalski, A. Lapinette, J. Martín, J. Martínez-Frías, I. McEwan, L. Mora, J. Moreno, S. Navarro, M.A. de Pablo, V. Peinado, A. Peña, J. Polkko, M. Ramos, N.O. Renno, J. Ricart, M. Richardson, J. Rodríguez-Manfredi, J. Romeral, E. Sebastián, J. Serrano, M. de la Torre Juárez, J. Torres, F. Torrero, R. Urquí, L. Vázquez, T. Velasco, J. Verdasca, M.P. Zorzano, J. Martín-Torres. *Space Sci. Rev* 170, 583-640 (2012).
18. "Analysis of subtropical cyclones within the Northeastern Atlantic Ocean". J.J. González-Alemán, F. Valero, F. Martín-León and J. L. Evans. Poster at 15th EMS Annual Meeting. 07–11 September 2015. Sofia, Bulgaria.
19. "A single method to estimate the daily global solar radiation from monthly data". A. Manzano, M.L. Martín, F. Valero, C. Armenta. *Atmospheric Research* 166 (2015) 70–82.
20. "A model to calculate solar radiation fluxes on the Martian surface". A. Vicente-Retortillo, F. Valero, L. Vázquez and G. M. Martínez. *J. Space Weather Space Clim.*, 5, A33 (2015).

21. C. Catlett, W. Gentsch, L. Grandinetti, G.R. Joubert and J.L. Vázquez-Poletti. "Cloud Computing and Big Data". *Advances in Parallel Computing*, Vol. 23. IOS Press, October 2013.
22. J.L. Vázquez-Poletti, D. Santos Muñoz, I. M. Llorente and F. Valero: "A Cloud for Clouds: Weather Research and Forecasting on a Public Cloud Infrastructure". *Cloud Computing and Services Sciences*, Springer, 512:3-11, 2015.
23. M. P. Velasco, D. Usero, S. Jiménez, C. Aguirre and L. Vázquez. "Mathematics and Mars Exploration". *Pure and Applied Geophysics*. Springer, 172, 33-47 (2015).
24. L. Vázquez and H. Jafari (Eds.). "Fractional Calculus: Theory and Numerical Methods". *Central European Journal of Physics* 11, (2013).
25. Romero, P., Barderas, G. and García-Roldán, J. "Station-Keeping Manoeuvres to Control the Inclination Evolution of Areostationary Satellites". *Journal of Guidance, Control and Dynamics*, 38, 2223-2227 (2015).
26. G. Barderas, C. Plaza and P. Romero. "Comparación de la metodología utilizada para el cálculo de los parámetros orbitales en los Centros de Análisis del Servicio GNSS Internacional (IGS)". *Física de la Tierra* Vol. 26, 163-173 (2014).
27. Barderas G. and P. Romero. "Positioning with Astrogeodetic Techniques for the Mars Exploration". *Proceedings da 8a Assembleia Luso Espanhola de Geodesia e Geofísica*. ISBN: 978-989-98836-0-4 (2014).
28. J.J. Silva and P. Romero. "Optimal longitudes determination for the station keeping of areostationary satellites". *Planetary and Space Science*. 87, 14-18, (2013).
29. G. Barderas, P. Romero. "On the inverse problem of determining Mars,lander coordinates using Phobos eclipse observations". *Planetary and Space Science* 79, 39-44 (2013).
30. G. Barderas, P. Romero, L. Vazquez, J.L. Vazquez-Poletti, and I.M. Llorente. "Phobos Eclipse Observation Opportunities with the Mars Science Laboratory". *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 496, 3195-3200 (2012).
31. Barderas, G., Romero, P., 2012. "Observations of Phobos shadow: Analysis of parameters connecting Earth-Mars reference frames". *Planetary and Space Science*, 10.1016/j.pss.2012.06.008
32. Barderas G., Romero P. and Vázquez L, 2012. "Phobos Eclipse Observation Opportunities with the Mars Science Laboratory". *EPSC Abstracts*, Vol. 7 EPSC2012-326. European Planetary Science Congress 2012.

33. Harri A., Schmidt W., Romero P., Vazquez L., Barderas G., Kempainen O., Aguirre C., Vazquez-Poletti J., Llorente I., Haukka H., Paton M., 2012. "Phobos eclipse detection on Mars: theory and practice". In Reports 2012:2, Finnish Meteorological Institute.
34. Romero, P., Barderas, G., Vazquez-Poletti, J., Llorente, I., 2011. "Spatial chronogram to detect Phobos eclipses on Mars with the MetNet Precursor Lander". Planetary and Space Science 59, 1542–1550.
35. Vazquez-Poletti, J.L., Barderas, G., Llorente, I.M., Romero, P.. "A model for efficient onboard actualization of an instrumental cyclogram for the Mars Metnet mission on a public cloud infrastructure". In: PARA 2010: State of the Art in Scientific and Parallel Computing. Lecture Notes in Computer Science. Elsevier, 2010.
36. "Mars: A multidisciplinary scientific approach" Eds. M. Herraiz, F. Valero and J. Martínez. Física de la Tierra (Revista Científica Complutense) Vol. 28 (2016).
37. L. Vázquez. Conferencia "Los Muchos Caminos hacia Marte", Real Sociedad Española de Doctores de España: <http://www.radoctores.es/pagina.php?item=424>.
38. "The DREAMS experiment on board the Schiaparelli Module of the ExoMars 2016 mission: design, performances and expected results" F. Esposito, S. Debei, C. Bettanini, C. Molfese, I. Arruego Rodríguez, G. Colombatti, A-M. Harri, F. Montmessin, C. Wilson, A. Aboudan, P.Schipani, L. Marty, F.J. Álvarez, V. Apestigue, G. Bellucci, J-J. Berthelier, J. R. Brucato, S. B. Calcutt, S. Chiodini, F. Cortecchia, F. Cozzolino, F. Cucciarrè, N. Deniskina, G. D'éprez, G. Di Achille, F. Ferri, F. Forget, G. Franzese, E. Friso, M. Genzer, R. Hassen- Kodja, H. Haukka, M. Hieta, J. J. Jiménez, J-L. Josset, H. Kahanpää, O. Karatekin, G. Landis, L. Lapauw, R. Lorenz, J. Martinez-Oter, V. Mennella, D. Möhlmann, D. Moirin, R. Molinaro, T. Nikkanen, E. Palomba, M.R. Patel, J-P. Pommereau, C.I.Popa1, S. Rafkin, P. Rannou, N.O. Renno, J. Rivas, W. 11 Schmidt, E. Segato, S. Silvestro, A. Spiga, D. Toledo, R. Trautner, F. Valero, L. Vázquez, F. Vivat, O. Witasse, M. Yela, R. Mugnuolo, E. Marchetti, S. Pirrotta. To be published in a special issue of Space Science Review.
39. "Signal-adapted tomography as a tool for dust devil detection" C. Aguirre, G. Franzese, F. Esposito, Luis Vázquez, Rui Vilela-Mendes, Raquel Caro, María Ramírez-Nicolás, F. Cozzolino, C. Popa. Submitted to Eolia.
40. "Newtonian Nonlinear Dynamics for Complex Linear and Optimization Problems". Luis Vázquez and Salvador Jiménez. Springer (2013). ISBN 978-1-4614-5912-5.

41. Collaboration in the book "The Atmosphere and Climate of Mars" (2017) de Cambridge University Press www.cambridge.org/9781107016187
42. Blog: <http://es.rbth.com/blogs/limites-cientificos>
43. **Se describe el entorno de estudios de Marte en la Universidad Complutense de Madrid desde los años 1950: [http://sema.pacifico-meetings.com/images/site/Boletin SeMA Enero 2017.pdf](http://sema.pacifico-meetings.com/images/site/Boletin_SeMA_Enero_2017.pdf)**