

Explorando la variabilidad del vapor de agua marciano en respuesta a la actividad Solar

Este estudio analiza la relación entre las variaciones atmosféricas de Marte y los patrones dinámicos de actividad solar, centrándose en las oscilaciones periódicas del vapor de H₂O en la atmósfera marciana y el índice de flujo solar de Pectinton en la banda de radio de 10,7 cm. Investigaciones anteriores han abordado los efectos de la actividad solar en la atmósfera de Marte, pero este trabajo busca profundizar en cómo estas fluctuaciones solares, influyen en la variabilidad del vapor de H₂O en la atmósfera de Marte. La novedad radica en la aplicación del método del Periodograma de Lomb-Scargle (P-LS) para analizar estas señales en datos no uniformes en el tiempo.

En el estudio se emplearon datos del instrumento SPICAM de la misión Mars Express, que abarca una ventana de tiempo de 2004 a 2018. Se empleó el método de P-LS para analizar los espectros de potencia tanto del vapor de H₂O en Marte como del índice de flujo solar de Pectinton, centrándose en ciclos solares de 11 años. Como parte del proceso de validación, se compararon los resultados con datos de la atmósfera terrestre, modelados mediante el NRLMSISE 00 de la NOAA, para varias especies atmosféricas (N, O, Ar, He, entre otras).

El análisis de los espectros de potencia mostró una relación en los periodos entre la variabilidad en la concentración de vapor de H₂O en Marte sobre los 80 km de altitud y las fluctuaciones del índice de flujo solar de Pectinton. Los datos sugieren que el vapor de H₂O en Marte sigue patrones cíclicos vinculados a la actividad solar, lo que refuerza la hipótesis de que el ciclo solar de 11 años juega un papel importante en la dinámica atmosférica marciana. Los modelos aplicados a la atmósfera terrestre también reprodujeron con éxito las oscilaciones en la abundancia de varias especies químicas, validando el uso del P-LS para este tipo de análisis.

Los resultados obtenidos no solo apoyan la existencia de una conexión entre la actividad solar y las variaciones atmosféricas de Marte, sino que también proponen que el método implementado (P-LS) puede ser una herramienta eficaz para estudiar oscilaciones en atmósferas planetarias, especialmente cuando los datos son muestreados de forma no uniforme. Además, el uso de modelos terrestres como referencia, refuerza la validez de los hallazgos en Marte, proporcionando un marco comparativo para futuras investigaciones en climatología planetaria. Esta metodología ofrece la posibilidad de expandir su aplicación a otros cuerpos celestes con atmósferas variables.

El trabajo sugiere que las fluctuaciones en el vapor de H₂O en Marte están fuertemente influenciadas por el ciclo solar de 11 años, lo cual tiene implicaciones importantes para la comprensión de la dinámica atmosférica marciana. Estos resultados ofrecen información valiosa que puede complementarse con análisis adicionales y referencias cruzadas con datos de diferentes orbitadores. Esto profundizará significativamente nuestra comprensión de estos hallazgos y permitirá avanzar en la investigación en los campos de la climatología planetaria y la física atmosférica.

Acton Jr C. H., 1996, *Planetary and Space Science*, 44, 65

Acton C., Bachman N., Semenov B., Wright E., 2018, *Planetary and Space Science*, 150, 9

Astafyeva E., 2019, *Reviews of Geophysics*, 57, 1265

Bruevich E., Yakunina G., 2011, arXiv preprint arXiv:1102.5502

Chicarro A., Martin P., Trautner R., 2004, *Mars Express: the scientific payload*, 1240, 3

Danilov A., Konstantinova A., 2020, *Advances in space research*, 65, 959

Davies D. W., 1981, *Icarus*, 45, 398

Elizabeth Howell V. S., 2022, *Historic Mars Missions*, <https://www.space.com/13558-historic-mars-missions.html>

Fedorova A., Korablev O., Bertaux J.-L., Rodin A., Montmessin F., Belyaev D., Reberac A., 2009, *Icarus*, 200, 96

Fedorova A., Bertaux J.-L., Betsis D., Montmessin F., Korablev O., Maltagliati L., Clarke J., 2018, *Icarus*, 300, 440

Fedorova A., Montmessin F., Korablev O., Lefèvre F., Trokhimovskiy A., Bertaux J.-L., 2021, *Journal of Geophysical Research: Planets*, 126, e2020JE006616

- Forget F., 1998, *Geophysical research letters*, 25, 1105
- Franz H. B., et al., 2017, *Planetary and Space Science*, 138, 44
- Giorgetta M. A., Manzini E., Roeckner E., 2002, *Geophysical Research Letters*, 29, 86
- Haider S. A., Mahajan K. K., Kallio E., 2011, *Reviews of Geophysics*, 49
- Hedin A. E., 1991, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 96, 1159
- Jakosky B. M., Haberle R. M., 1992, *Mars*, pp 969–1016
- Jakosky B. M., et al., 2015, *Space Science Reviews*, 195, 3
- Jakosky B. M., et al., 2018, *Icarus*, 315, 146
- James P. B., Kieffer H. H., Paige D. A., 1992, *Mars*, pp 934–968
- Korablev O., et al., 2006, *Journal of Geophysical Research: Planets*, 111
- Lomb N., 1976, *Astrophysics and Space Science*, 39, 16
- Malandraki O. E., Crosby N. B., 2018, *Solar particle radiation storms forecasting and analysis: the HESPERIA HORIZON 2020 project and beyond*, pp 1–26
- Malin M., et al., 2010, *International Journal of Mars Science and Exploration*, 5, 1
- Maltagliati L., Montmessin F., Korablev O., Fedorova A., Forget F., Määttänen A., Lefèvre F., Bertaux J.-L., 2013, *Icarus*, 223, 942
- Medvedev A. S., Yiğit E., 2019, *Atmosphere*, 10, 531
- Medvedev A. S., Yiğit E., 2019, *Atmosphere*, 10, 531
- Nagaraja K., Basuvaraj P. K., Chakravarty S., Kumar K. P., 2021, arXiv preprint arXiv:2103.01930
- Picone J., Hedin A., Drob D. P., Aikin A., 2002, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 107, SIA
- Scaife A. A., Butchart N., Warner C. D., Stainforth D., Norton W., Austin J., 2000, *Geophysical Research Letters*, 27, 3481
- Scargle J. D., 1982, *Astrophysical Journal*, Part 1, vol. 263, Dec. 15, 1982, p. 835–853., 263, 835
- She C.-Y., Yan Z.-A., Gardner C. S., Krueger D. A., Hu X., 2022, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127, e2021JD036291
- States R. J., Gardner C. S., 2000, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 57, 66
- Takahashi M., 1996, *Geophysical Research Letters*, 23, 661
- Thiemann E. M. B., et al., 2018, *Geophys. Res. Lett.*, 45, 8005
- Tian R., Jiang C., Yang G., Yin W., Zhang Y., Zhao Z., 2022, *The Astrophysical Journal*, 931, 18
- VanderPlas J. T., 2018, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 236, 16
- Venkateswara Rao N., Gupta N., Kadhane U. R., 2020, *Journal of Geophysical Research: Planets*, 125, e2020JE006430
- Walker J. C., 1965, Technical report, Analytic representation of upper atmosphere densities based on Jacchia's static diffusion models
- Woiceshyn P. M., 1974, *Icarus*, 22, 325
- Zhang J., et al., 2023, *Scientific Data*, 10, 4
- Zurek R. W., Tolson R. A., Bougher S. W., Lugo R. A., Baird D. T., Bell J. M., Jakosky B. M., 2017, *Journal of Geophysical Research (Space Physics)*, 122, 3798

Nivel de formación

Maestría

Autor primario: MOLINA CÓRDOBA, Johan Nicolás (Observatorio Astronómico Nacional de Colombia, Institución Educativa Nuestra Señora de la Candelaria.)

Coautores: ZULUAGA CALLEJAS, Jorge Ivan (Universidad De Antioquia); VARGAS DOMÍNGUEZ, Santiago (Universidad Nacional de Colombia)

Presentador: MOLINA CÓRDOBA, Johan Nicolás (Observatorio Astronómico Nacional de Colombia, Institución Educativa Nuestra Señora de la Candelaria.)