



red.escubre

Boletín de noticias científicas y culturales

Publicación Quincenal
Del 17 al 31 de marzo de 2014

n° 28

La temperatura de la superficie del mar como predictor de la variabilidad climática

La capacidad calorífica es la energía necesaria para aumentar en un grado la temperatura de una determinada sustancia. El océano es capaz de almacenar mucho calor en su seno liberándolo a la atmósfera en forma de energía que altera los sistemas de presión, viento, temperatura, etc. produciendo drásticos cambios en el clima. Uno de los fenómenos de calentamiento oceánico con impactos más devastadores es El Niño. El grupo de **Variabilidad del Atlántico Tropical** de la Universidad Complutense (TROPAC-UCM) investiga desde hace una década estos fenómenos, estudiando la variabilidad de las temperaturas de la superficie del mar y su relación con el cambio climático.



La evolución interna de Marte y sus implicaciones para la comprensión de su historia climática y ambiental

La investigación de Marte, particularmente la existencia de vida en este planeta, despierta un gran interés, tanto entre los científicos como en el gran público. Este hecho provoca que las condiciones ambientales que ha experimentado Marte a lo largo de su historia adquieran una importancia singular puesto que en ellas está la respuesta al enigma de si alguna vez pudo existir vida en el planeta rojo. En un trabajo recientemente publicado en la revista *Scientific Reports*, **Javier Ruiz**, investigador "Ramón y Cajal" del **Departamento de Geodinámica** de la **Facultad de Geológicas** de la Universidad Complutense ha establecido que Marte experimentó cambios profundos en su dinámica interna hace unos 3700 millones de años, que a su vez se relacionan con cambios importantes en sus condiciones ambientales.

Contenido

Ciencias

La evolución interna de Marte y sus implicaciones para la comprensión de su historia climática y ambiental **2**

Las tecnologías cuánticas revolucionan las técnicas de imagen **6**

Medio Ambiente

La temperatura de la superficie del mar como predictor de la variabilidad climática **8**

Ciencias Sociales

La televisión y la radio todavía superan a Internet en los hogares de los mayores de 65 años **12**

Cultura

Mujeres en la Biblioteca Histórica: María Sibylla Merian, la científica de las mariposas **13**



La evolución interna de Marte y sus implicaciones para la comprensión de su historia climática y ambiental

La investigación de Marte, particularmente la existencia de vida en este planeta, despierta un gran interés, tanto entre los científicos como en el gran público. Este hecho provoca que las condiciones ambientales que ha experimentado Marte a lo largo de su historia adquieran una importancia singular puesto que en ellas está la respuesta al enigma de si alguna vez pudo existir vida en el planeta rojo. En un trabajo recientemente publicado en la revista *Scientific Reports* (<http://bit.ly/1erbbGy>), **Javier Ruiz**, investigador "Ramón y Cajal" del **Departamento de Geodinámica** de la **Facultad de Geológicas** de la Universidad **Complutense** ha establecido que Marte experimentó cambios profundos en su dinámica interna hace unos 3700 millones de años, que a su vez se relacionan con cambios importantes en sus condiciones ambientales.

Actualmente se ha acumulado una gran cantidad de evidencias (aportadas por sondas espaciales de



Marte captado por el Telescopio Espacial Hubble de la NASA cuando estaba a 68 millones de kilómetros de la Tierra

la NASA y la Agencia Espacial Europea) a favor de una atmósfera más densa y un clima mucho más húmedo durante la primera parte de la historia de Marte. Entre estas evidencias se encuentran numerosos valles fluviales y la presencia de minerales arcillosos. Incluso es posible que existieran grandes cuerpos de agua, llegando a alcanzar el tamaño de mares, en las áreas más deprimidas del planeta.

La evolución del clima de un planeta depende de factores como la cantidad de insolación que recibe, y sus variaciones latitudinales y temporales, debidas por ejemplo, a cambios en la órbita y el eje de rotación, o a la proporción entre el calor recibido y reflejado por la atmósfera y la superficie. Pero también depende de la evolución interna del propio planeta, que influye de diversas formas. Por ejemplo, la actividad volcánica puede inyectar a la atmósfera importantes cantidades de vapor de agua y otros gases que producen efecto invernadero. En el caso de la Tierra, la pérdida de calor del núcleo genera complejas corrientes de material cargado en su interior que son responsables de la generación del campo magnético terrestre. Este a su vez sirve de pantalla protectora frente a la acción de las partículas cargadas que forman el viento solar y los rayos cósmicos, que podrían arrastrar la

La evolución del clima de un planeta depende de factores como la cantidad de insolación que recibe, y sus variaciones latitudinales y temporales, debidas por ejemplo, a cambios en la órbita y el eje de rotación, o a la proporción entre el calor recibido y reflejado por la atmósfera y la superficie. Pero también depende de la evolución interna del propio planeta, que influye de diversas formas. Por ejemplo, la actividad volcánica puede inyectar a la atmósfera importantes cantidades de vapor de agua y otros gases que producen efecto invernadero. En el caso de la Tierra, la pérdida de calor del núcleo genera complejas corrientes de material cargado en su interior que son responsables de la generación del campo magnético terrestre. Este a su vez sirve de pantalla protectora frente a la acción de las partículas cargadas que forman el viento solar y los rayos cósmicos, que podrían arrastrar la

núcleo genera complejas corrientes de material cargado en su interior que son responsables de la generación del campo magnético terrestre. Este a su vez sirve de pantalla protectora frente a la acción de las partículas cargadas que forman el viento solar y los rayos cósmicos, que podrían arrastrar la

atmósfera de nuestro planeta y ocasionar su pérdida parcial o total.

En Marte existió un campo magnético similar en las primeras etapas de su historia, pero dejó de estar activo hace entre 3600 y 4100 millones de años (no existe acuerdo en cuanto a este dato).

ber sido mucho más densa en el pasado actualmente es muy tenue, con una presión superficial de menos de un 1 por cien de la terrestre. Esta reducción de la atmósfera ocasionaría el final de condiciones relativamente húmedas de Marte. La desaparición del campo magnético interno de



Un paraje de la superficie de Marte captado por la cámara del Mars Pathfinder

Por otra parte, también existen evidencias de que Marte experimentó una disminución importante en la intensidad de actividad hidrogeológica hace unos 3700 millones de años, lo que se interpreta como un cambio desde condiciones relativamente húmedas en la superficie a otras frías y áridas, parecidas a las actuales, lo que queda atestiguado por la disminución drástica de la erosión o degradación, por efecto del agua, de las formas geológicas de su superficie. Precisamente hace 3700 millones de años se ha fijado el límite entre los dos períodos más antiguos de la historia de Marte, conocidos como Noéico y Hespérico; un tercer periodo, conocido como Amazónico, abarca desde hace unos 3000 millones de años hasta la actualidad.

Algunos estudios recientes han propuesto que la desaparición del campo magnético de Marte y aridificación del planeta estuvieron relacionados. En efecto, el fin del campo magnético supuso la pérdida de protección de la atmósfera frente al viento solar, lo que junto con la baja gravedad de este planeta (de aproximadamente un tercio de la terrestre) habría llevado a una severa reducción de la atmósfera marciana, que aunque pudo ha-

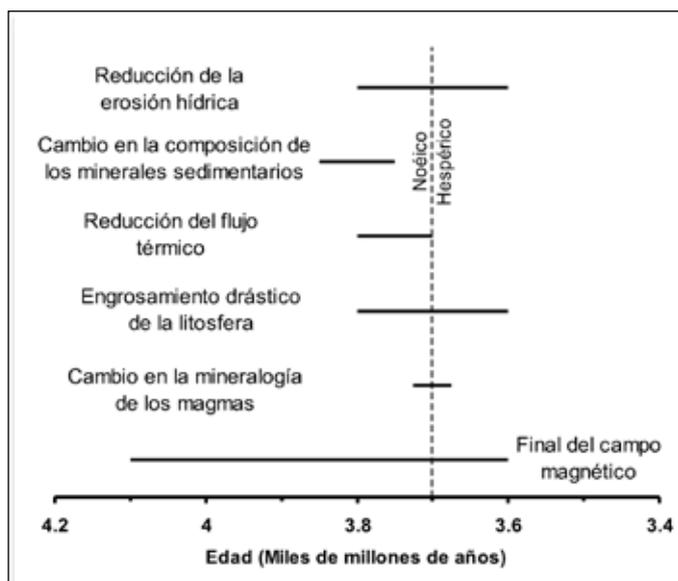
Marte debió ser una consecuencia de cambios en las condiciones en el interior del núcleo y el manto marcianos, por lo que desentrañar su evolución interna podría ser muy importante para entender su historia climática y ambiental.

Una vía para investigar la evolución interna de un

Hace 3700 millones de años Marte experimentó cambios profundos en su dinámica interna que conllevaron cambios ambientales

planeta es a través de la relación entre la temperatura de la litosfera (la capa externa y rígida de un cuerpo planetario) y su resistencia a la deformación, la

cual a su vez queda evidenciada por el efecto que tienen grandes estructuras geológicas (como por ejemplo los grandes volcanes marcianos, que pueden tener una altura de más de veinte kilómetros) sobre la topografía de la superficie. A partir del estudio de esta relación se obtiene información sobre el perfil de temperaturas en profundidad, lo que permite a su vez estimar el flujo térmico, la cantidad de calor interno que se



Rangos de tiempo de varios cambios importantes experimentados por Marte alrededor del límite entre los dos períodos más antiguos de su historia

pierde a través de la superficie en una región dada del planeta. Como los resultados obtenidos de esta forma corresponden a la época en que se formaron las estructuras geológicas usadas como indicador, esta línea de investigación puede dar información sobre la evolución térmica de un planeta, al ayudar a la caracterización del flujo térmico en distintas épocas, y puede potencialmente ayudar a deducir la intensidad y distribución de fuentes radioactivas de calor, lo que resulta muy útil dado que no se dispone de medidas directas de flujo térmico para Marte.

En un primer estudio (publicado en 2011), llevado a cabo por un equipo de investigadores españoles y norteamericanos liderado por **Javier Ruiz** se analizaron de esta forma veintidós regiones de Marte de diferente época y contexto geológico. Este estudio mostró que este planeta retiene mucha más energía interna de lo que se pensaba previamente. Incluso podría haber disipado durante algunas fases de su historia menos calor que el producido por radioactividad, lo que

El fin del campo magnético eliminaría la protección de la atmósfera frente a la acción del viento solar, lo que contribuiría a su intensa erosión

implicaría que su interior se ha calentado, al menos durante dichas fases. Nuestras conclusiones son consistentes con una serie de observaciones geológicas y geofísicas difíciles de explicar anteriormente, como las evidencias de una limitada contracción del planeta a lo largo de su historia, y la existencia en la actualidad de un núcleo marciano al menos parcialmente líquido.

En el trabajo recientemente publicado, **Javier Ruiz** ha mostrado que hace alrededor de 3700 millones de años Marte experimentó una reducción sustancial en su flujo térmico y un aumento rápido en el espesor de la litosfera. (Las edades de los terrenos de Marte se calculan a partir de la cantidad y tamaño de cráteres de impacto que acumulan.) Estos cambios coinciden aproximadamente en el tiempo con la disminución en la intensidad de la erosión y

Marte sufrió un cambio desde condiciones relativamente húmedas en la superficie a otras frías y áridas, parecidas a las actuales

degradación hídrica de rasgos geológicos, y también con cambios en la composición de los materiales sedimentarios y de la lava expulsada por los volcanes

marcianos; además, como se ha indicado antes, la desaparición del campo magnético interno del planeta pudo haberse producido en una época similar. Así, parece claro que Marte experimentó cambios profundos en su dinámica interna hace unos 3700 millones de años, que a su vez se relacionan con cambios importantes en sus condiciones ambientales.

Todos estos cambios parece que pueden relacionarse de una manera natural. La reducción de flujo térmico procedente del interior produciría un enfriamiento y engrosamiento de la litosfera, al mismo tiempo que el interior profundo retendría una mayor cantidad de calor. Esto podría explicar el cambio de composición de los magmas, ya que se habrían formado a mayor profundidad y presión. El aumento de temperatura del manto causado por este calentamiento interno habría reducido el gradiente

térmico entre el manto y el núcleo, lo que debilitaría (o incluso detendría) el enfriamiento del núcleo, y por tanto causaría el fin del campo magnético. El fin del campo magnético eliminaría la protección de la atmósfera frente a la acción del viento solar, lo que contribuiría a su intensa erosión y reducción, y por tanto afectaría severamente a la evolución climática e hidrológica de Marte. Como consecuencia, la erosión causada por la acción del agua líquida se vería drásticamente reducida, y el cambio desde condiciones relativamente húmedas a otras mucho más secas afectaría a la composición de los minerales formados en la superficie o cerca de ella.

Un punto difícil de explicar es la reducción de flujo térmico con posterioridad a hace 3700 millones de años. Una explicación razonable se relaciona con la ausencia de evidencias claras de que Marte haya experimentado en algún momento de su historia tectónica de placas. En ausencia de tectónica de placas el agua que se pierde desde el manto por volcanismo es más difícil de reemplazar, lo que llevaría a un aumento progresivo de la viscosidad del manto,

y posiblemente a una reducción de la intensidad de la convección del mismo. En estas condiciones la eficiencia de la transmisión del calor interno hacia las capas exteriores del planeta se reduciría de manera significativa.

Así pues, estos trabajos apoyan la idea de que la historia ambiental de Marte se encuentra íntimamente ligada a su evolución interna. Este trabajo puede por tanto constituir un punto de partida para replantear la investigación de la dinámica global de este planeta, y puede tener también implicaciones para la astrobiología, rama de la ciencia muy influyente en la actualidad en relación con la exploración del Sistema Solar.

Referencias

- J. Ruiz, P.J. McGovern, A. Jiménez-Díaz, V. López, J.P. Williams, B.C. Hahn, R. Tejero, **The thermal evolution of Mars as constrained by paleo-heat flows**, *Icarus* **215**, 508-517, 2011.
- J. Ruiz, **The early heat loss evolution of Mars and their implications for internal and environmental history**, *Scientific Reports* **4**, 4338, doi: 10.1038/srep04338, 2014.