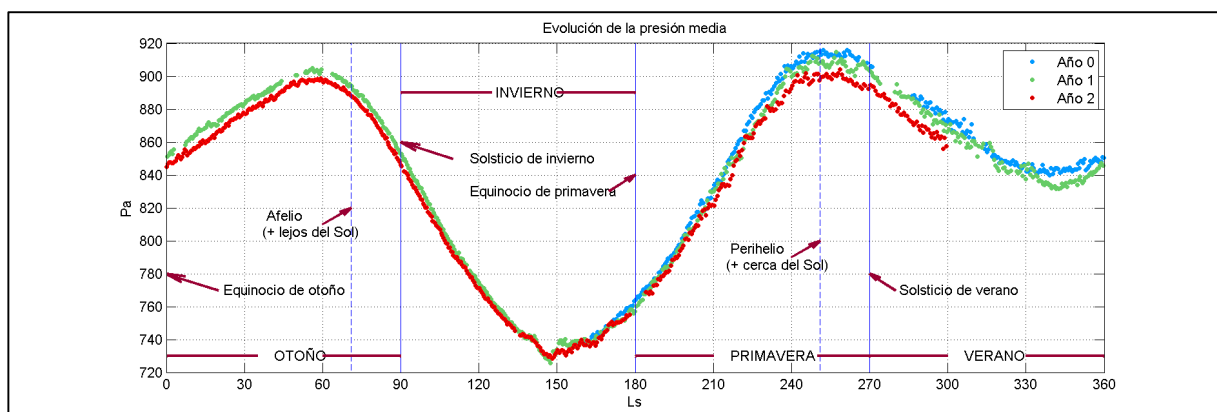


## Informe Meteorológico Año marciano 33, Mes 10 Año 3, Mes 5 desde el aterrizaje de Curiosity en Marte

Jorge Pla García, Antonio Molina, Javier Gómez Elvira y el equipo REMS

El décimo mes del trigésimo tercer año marciano<sup>1</sup>, discurrió desde el sol<sup>2</sup> 1534 al 1581. En estos 47 soles ha recorrido aproximadamente 200 metros y ha ascendido cerca de 15 metros por la falda del Aeolis Mons<sup>3</sup>, salvando una pendiente próxima al 7.5%. Esta zona está situada en la duna Bangold y la formación Murray, se trata de una amalgama de materiales de origen fluvio-lacustre cuarteada en bloques, entre los que se acumula arena oscura formando bancos de arena y dunas

Desde el punto de vista de su posición respecto al Sol, este mes comprende el periodo de tiempo que va desde la longitud solar<sup>4</sup> (Ls) 270 a la 300. Es el primero de los tres meses del verano en el hemisferio sur marciano.



**Figura 1.** Evolución de la presión media medida por el instrumento REMS dentro del cráter Gale.  
(Fuente: CAB)

<sup>1</sup> Por convenio se designó el 11 de Abril de 1955 como el comienzo del primer año marciano por varios motivos: esa fecha coincidía con el equinoccio de primavera marciano, Marte se encontraba en la mejor posición para su observación de los últimos 15 años, el año siguiente era el Año Internacional de la Geofísica y el de la primera tormenta global estudiada al detalle. Debido a que Marte se encuentra más alejado del Sol que la Tierra, su año dura casi el doble que el terrestre (concretamente 687 días terrestres).

<sup>2</sup> Sol es el nombre con que se denomina a un día en Marte, el cual dura 24 horas y 40 minutos. El número del sol hace referencia a las jornadas transcurridas desde que el rover Curiosity aterrizó en el cráter Gale.

<sup>3</sup> Aeolis Mons es el nombre que recibe el monte de 5,5 km de altura que está situado en el centro del cráter Gale. También recibe el nombre de monte Sharp en honor del geólogo americano Robert P. Sharp

<sup>4</sup> La longitud solar (Ls) es el ángulo que forma el planeta Marte con el Sol (medido desde el equinoccio de primavera del hemisferio norte, donde Ls es 0) y una vuelta completa está dividida en 360 partes

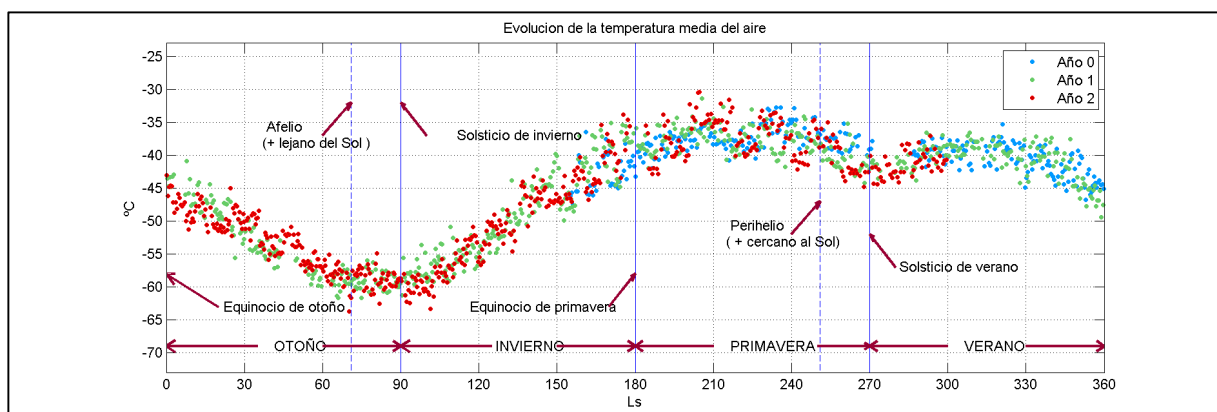
## Presión atmosférica

Como se puede ver en la Figura 1, en el mes anterior se produjo el máximo anual de presión atmosférica<sup>5</sup>, que coincide con el momento de máxima sublimación (paso de sólido a gas) del hielo de CO<sub>2</sub> del polo sur marciano. En el mes actual la presión comienza a descender suavemente a medida que el planeta se acerca al equinoccio de otoño, momento en el que el CO<sub>2</sub> de la atmósfera comienza a congelarse sobre el casquete polar sur, haciendo bajar la presión. Como se esperaba, la presión de este mes es inferior al mismo mes del año anterior ya que el rover ha ido ascendiendo por el Aeolis Mons (a mayor altura, menor presión).

En lo que se refiere a la presión diaria, el máximo se produce cerca del amanecer mientras que el mínimo ocurre cerca del atardecer, debido al fenómeno meteorológico denominado como marea térmica<sup>6</sup>. Esta variación se ve acentuada, este mes, por la circulación propia del cráter, que como se explicará más adelante produce una salida de aire durante el día, como resultado de los flujos de ventilación de pendiente ascendentes, y una entrada neta de aire por la noche como consecuencia de un flujo de aire de pendiente descendente. En este mes no se ha producido la pequeña oscilación de presión que en otras estaciones se produce sobre las 8 de la tarde. Esto se debe a que la mencionada circulación dentro del cráter es contrarrestada a esa hora por las corrientes globales y regionales.

## Temperatura del aire

Las temperaturas durante este mes han permanecido por debajo de cero, como ocurre en la mayor parte del año. La temperatura media ha sido aproximadamente de -40 °C, con una máxima media diaria que ha rozado los -12 °C, mientras que la mínima media se mantiene en torno a los -70 °C (Fig. 2). Cabe recordar sin embargo que las temperaturas oscilan cada día unos 60 °C, variando en un solo sol más que la media anual.



**Figura 2.** Evolución de la temperatura ambiente media medida por el instrumento REMS dentro del cráter Gale. (Fuente: CAB)

<sup>5</sup> La atmósfera de Marte tiene como componente mayoritario el CO<sub>2</sub> y por tanto la presión ambiente está determinada por la concentración de este gas, que por otro lado se acumula en los polos en forma de hielo.

<sup>6</sup> La luz del Sol calienta la superficie y la atmósfera en el lado diurno del planeta, haciendo que el aire se expanda hacia arriba reduciéndose la presión en superficie. En el lado nocturno del planeta se produce el efecto contrario, la presión en superficie aumenta.

Durante este mes, las temperaturas se han mantenido estables. Atrás quedó la primavera, en la que radiación solar era máxima en el cráter Gale, y por ende lo eran también sus temperaturas, que alcanzaron los +4 °C de máxima absoluta, siendo los soles más calurosos del año. Igualmente se puede apreciar en la Figura 2 que la evolución que están siguiendo las temperaturas este año es muy parecida a la de años anteriores.

### **Circulación atmosférica**

En Marte hay una diferencia importante entre la elevación entre las tierras bajas del hemisferio norte y las altas el sur. Esta circunstancia hace que los vientos nocturnos provenientes del sur (por la noche los vientos fríos al ser más densos pesan más y por tanto soplan de sur a norte) durante casi todo el año, sin embargo, durante este mes los vientos del noroeste son particularmente intensos, especialmente por la noche, consiguiendo derrotar por primera vez en todo el año a los vientos del sur.

Por otro lado, durante el atardecer, se produce una capa de inversión térmica<sup>7</sup> que proporciona las condiciones ideales para la generación de ondas de montaña (sobre todo en los bordes del cráter) durante la tarde/noche de Gale. Estas ondas de montaña<sup>8</sup> tienen tanta fuerza que son capaces de hundir masas de aire que son más calientes que las del interior del cráter hacia su interior. Se produce por tanto el escenario ideal para la ventilación completa del cráter. Este fenómeno se produce desde la mitad de la primavera, alcanzando su pico máximo en el solsticio de verano (Ls 270), hasta la mitad del verano (Ls 225 - Ls 315).

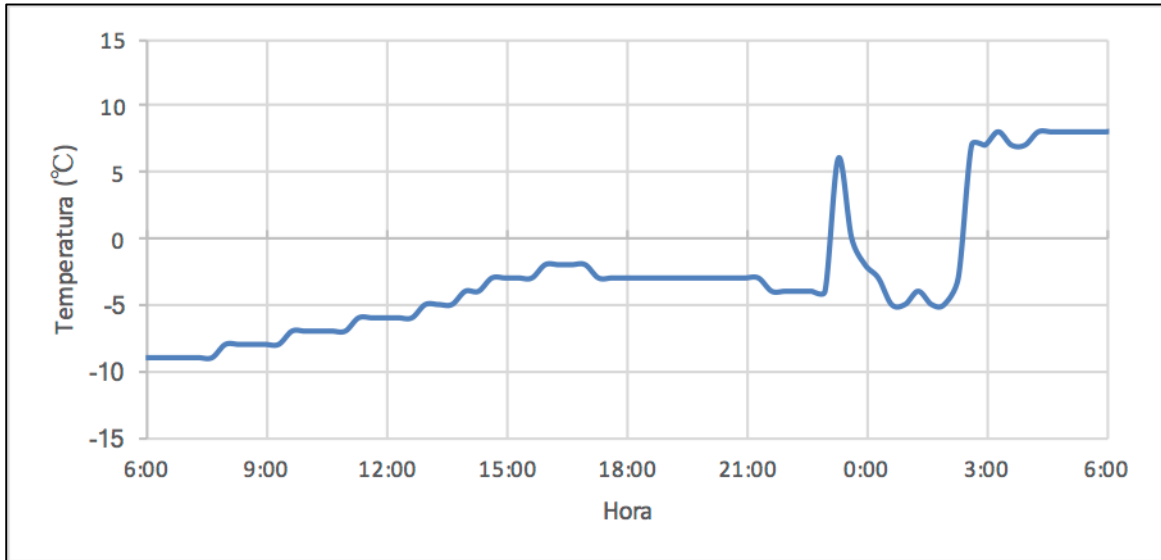
Este tipo de fenómenos se produce también en nuestro planeta. Ejemplo de ello son los vientos Foehn de los Alpes o los vientos Chinook en las Montañas Rocosas. Estos últimos, nos regalaron recientemente (3-4 de febrero de 2017) un precioso ejemplo para entender lo que está pasando en el cráter Gale de Marte: masas de aire denso y frío se acumularon en las planicies del estado de Colorado al pie de las montañas Rocosas al mismo tiempo que masas de aire relativamente cálido se situaron en lo alto de las montañas (inversión térmica). Fuertes vientos del oeste empujaron toda la noche el aire caliente colina abajo, desplazando el aire frío de la planicie hacia afuera. Esta “batalla” de temperaturas se produjo a lo largo de toda la base delantera de las montañas Rocosas con oscilaciones de ~12 °C de temperatura en tan sólo unos minutos. Las temperaturas pasaron de -5 °C a las 22:30h a +7 °C a las 23:40h (Fig. 3). La temperatura bajó de nuevo

---

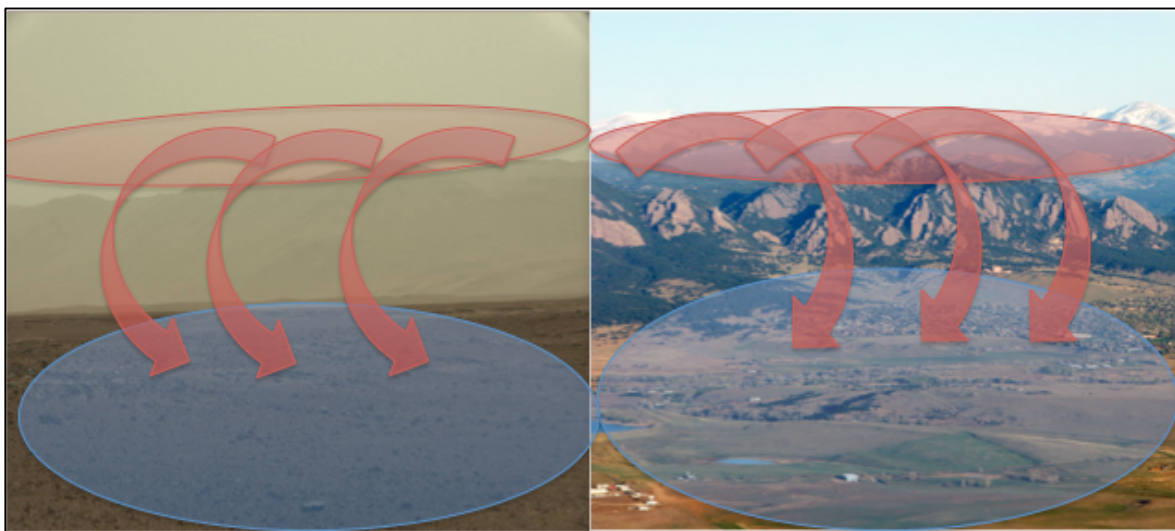
<sup>7</sup> La inversión térmica se da cuando la temperatura del aire cerca de la superficie es menor que en altura, produciendo una gran estabilidad atmosférica (no hay corrientes verticales de viento)

<sup>8</sup> Una onda de montaña es un fenómeno atmosférico en el que, como consecuencia de la incidencia de un flujo de aire sobre un accidente geográfico acentuado (montaña, cráter, etc.), ésta adopta un comportamiento ondulatorio a sotavento del obstáculo, forzándose ascensos y descensos dinámicos del aire. Son cuatro las condiciones que deben de cumplirse para que se forme la onda: la dirección del viento ha de ser perpendicular al accidente geográfico; la intensidad del viento debe ser fuerte; aumentar con la altura y debe estar presente una inversión térmica, de manera que la estabilidad atmosférica reinante garantice el confinamiento de la onda en los niveles inferiores.

a  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  solo 40 minutos después, ya que los vientos del oeste se debilitaron temporalmente antes de fortalecerse de nuevo, lo que permitió que las temperaturas subieran de nuevo por encima de  $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante toda la noche, contrastando con los  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  del mediodía. Este proceso es bastante común en esta zona durante los meses de invierno, al igual que lo es en el cráter Gale durante el verano, único momento del año en que se producen ondas de montaña (Fig. 4).



**Figura 3.** Batalla de temperaturas. Al acercarse la medianoche del 4 de Febrero en Boulder, Colorado (EEUU), las temperaturas oscilaron hasta  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  gracias a los vientos descendentes “cálidos” forzados por ondas de montaña. Fuente: The Weather Company (editada)

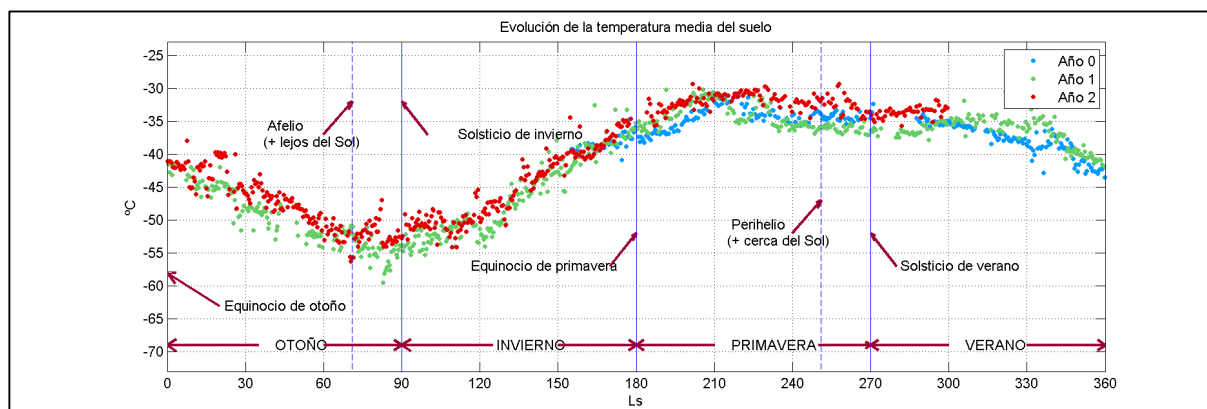


**Figura 4.** Fuertes vientos generan ondas de montaña que hunden las masas de aire calientes de zonas altas hacia las frías planicies de su base desencadenando una “batalla” de temperaturas tanto en Boulder, Colorado (derecha, fuente NCAR editada) como en el cráter Gale (izquierda, fuente NASA editada).

### Temperatura del suelo

La temperatura media del suelo en este mes ha permanecido muy estable en torno a los  $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Fig. 5), siendo algo superiores a la de años anteriores. La escasa variabilidad entre días, podría ser indicador de que el rover ha circulado por una zona con una

inercia térmica<sup>9</sup> constante y además pequeña. Esto tendría que ver con que haya múltiples campos de dunas cerca del rover que, con su pequeño tamaño de partículas, son incapaces de almacenar calor y por tanto siguen muy bien las variaciones de la temperatura del aire. Estas temperaturas también varían enormemente durante el día, ¡habiendo una diferencia de temperaturas diurnas y nocturnas de entre 80 y 100 grados! (mucho más que las propias variaciones estacionales).



**Figura 5.** Evolución de la temperatura del suelo dentro del cráter Gale, medida por el instrumento REMS. (Fuente: CAB)

<sup>9</sup> Inercia térmica es la capacidad que tiene un material de almacenar calor.