



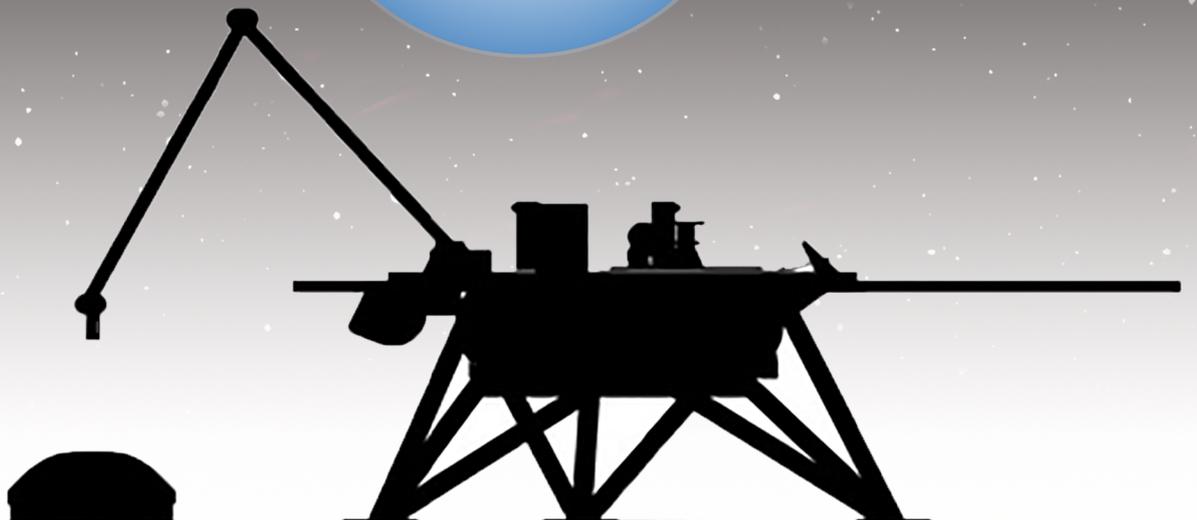
Tema IV

Geología externa de Marte basada en la de la Tierra

Paisajes moldeados por el paso de tornados de polvo

Volcanes comparados: ¿por qué un planeta más pequeño tiene un volcán más grande?

El agua salada está en el origen de los barrancos de Marte: Información o intoxicación



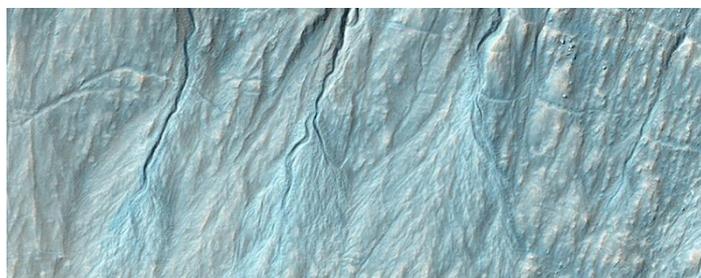
El agua salada está en el origen de los barrancos de Marte: Información o intoxicación

Los investigadores creían que estos barrancos se habían formado por un proceso de delicuescencia. Es decir, un proceso por el cual las sales absorben el vapor de agua atmosférico cuando la temperatura y la humedad relativa del aire son altas al mismo tiempo.

Tal actividad superficial también existe en la Antártida: se forman rastros de agua de apariencia similar por escorrentía subterránea de salmueras. Pero hace mucho más frío por la noche en Marte que en la Antártida, y la capa activa de suelo sin congelar es mucho más delgada. Este proceso, a partir de un aire marciano enrarecido, sólo puede producir pequeñas cantidades de agua, ciertamente insuficiente para que los torrentes fluyan a lo largo de las laderas.

El proceso que causó la formación de barrancos en Marte no se debe a la escorrentía de "agua salada", sino a otro factor.

Marte



Un nuevo barranco en Terra Sirenum

Fuente: NASA/JPL/University of Arizona

Tierra



Abarrancamiento en arcillas, región de PACA

Source: www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr/Affleurements_PACA

¿Cómo se formaron los barrancos en la Tierra y Marte? ¿El factor de erosión es el mismo?

2. Edad de los estudiantes 13 - 15

3. Objetivos

Explicar la formación de barrancos en la Tierra y Marte mediante la determinación del factor de erosión, así como el proceso de transporte y deposición.

4. Disciplinas primarias

Física - Ciencias de la Tierra - Química

5. Disciplinas adicionales

6. Tiempo requerido: 2h

7. Términos clave.

Barranco - Erosión - Factores de erosión - Transporte y deposición de sedimentos

8. Materiales

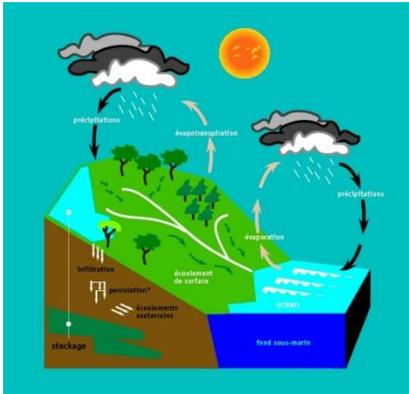
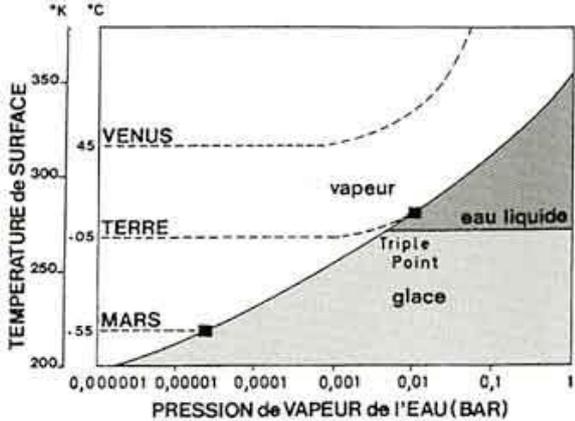
Modelando barrancos en la Tierra	Hervidor de Franklin	Tratamiento de imágenes
<ul style="list-style-type: none"> - Pica con desagüe de laboratorio - Agua - Cuña - Arena 	<ul style="list-style-type: none"> - Un matraz de globo o erlenmeyer - Agua - Sensor de Temperatura - Arduino - Placa calefactora - Tapón - Soporte 	<ul style="list-style-type: none"> - Software Qgis Software - Imágenes de satélite descargadas de Hirise

9. Fundamento

Cómo funcionan los ciclos de agua y del CO₂ en la Tierra.

10. Procedimientos

En la Tierra:

Ciclo del agua	Diagrama de fase Presión-Temperatura del agua y situación de los planetas:
	
<p>Fuente: Le cycle de l'eau (© DocSciences - P. Veyret)</p>	<p>Fuente: Le cycle de l'eau (©)</p>

Modelando barrancos en la Tierra:

- Protocolo de modelado, en A. Prost, *La Terre, 50 expériences pour découvrir notre planète*, Belin, 1999.
 1 - Distribuir uniformemente la arena (0,2 mm) en el recipiente y aplanar la superficie.

2 - Dé al tazón una ligera pendiente colocando una cuña bajo de un lado.

3 - Coloque la manguera en la parte más alta del recipiente.

4 - Abra suavemente el grifo, dirigiendo la corriente de agua por el recipiente (aguas abajo): el goteo de agua se filtra en la arena.

Aumente el flujo de agua hasta que el agua fluya por la superficie.

1. Utilice los documentos propuestos y los resultados del modelado de los procesos que originan barrancos en la Tierra (Erosión - Transporte - Depósito)

En Marte:

Decenas de miles de estos barrancos, a veces de varios kilómetros de largo, cruzan las laderas de las latitudes medias de Marte. Su formación implicaba grandes cantidades de líquido que eran muy difíciles de explicar. Pero la presión atmosférica del planeta es tan baja que todas las aguas superficiales puras inevitablemente se congelan, evaporan o hierven rápidamente. Las condiciones de temperatura y presión (ver el diagrama de fases del agua) están muy cerca del punto crítico del agua pura.

Así que si no es el agua la que excava los barrancos en Marte, entonces ¿cuál sería el factor responsable del proceso que causó los barrancos?

Pista:

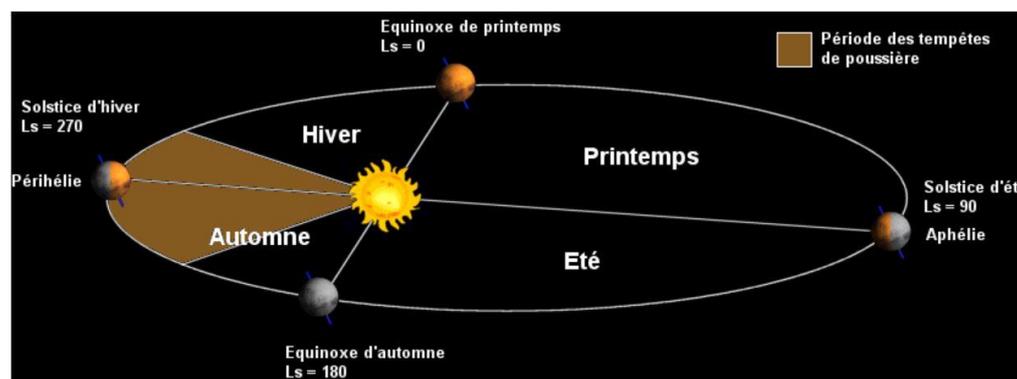
Composición de las atmósferas de Marte y de la Tierra:

Gas	Marte (%)	Tierra (%)
CO ₂	95,97 %	0,035 %
Ar	2 %	0,93 %
N ₂	1,89 %	78 %
O ₂	0,146 %	20,6 %
CO	557 ppmv	0,2 ppmv
H ₂ O (variable)	0,021 %	0,4 %
O ₃ (variable)	0,01 – 5 Dobs	300 Dobs

2. Formule una posible hipótesis:

Hipótesis: El CO₂ podría ser responsable de excavar barrancos en Marte.

Distribución de las estaciones en un año marciano:

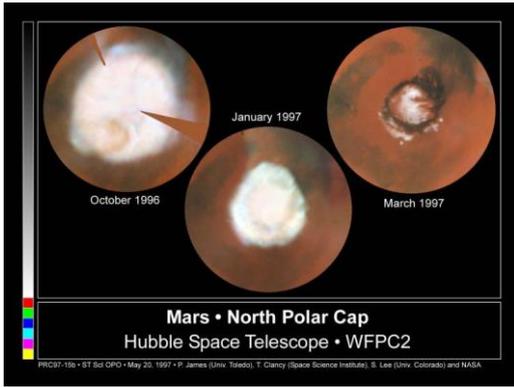


Ls: significa longitud solar, expresada en grados. Un año marciano (una órbita alrededor del sol) corresponde a 360 grados.

Un grado de longitud solar corresponde al ángulo que el planeta forma con el Sol en relación con la posición del planeta en el equinoccio de primavera del norte.

Crédito de la foto: © Philippe Labrot, basado en un diagrama del Laboratoire de Météorologie Dynamique. El pequeño planeta es de Calvin J. Hamilton

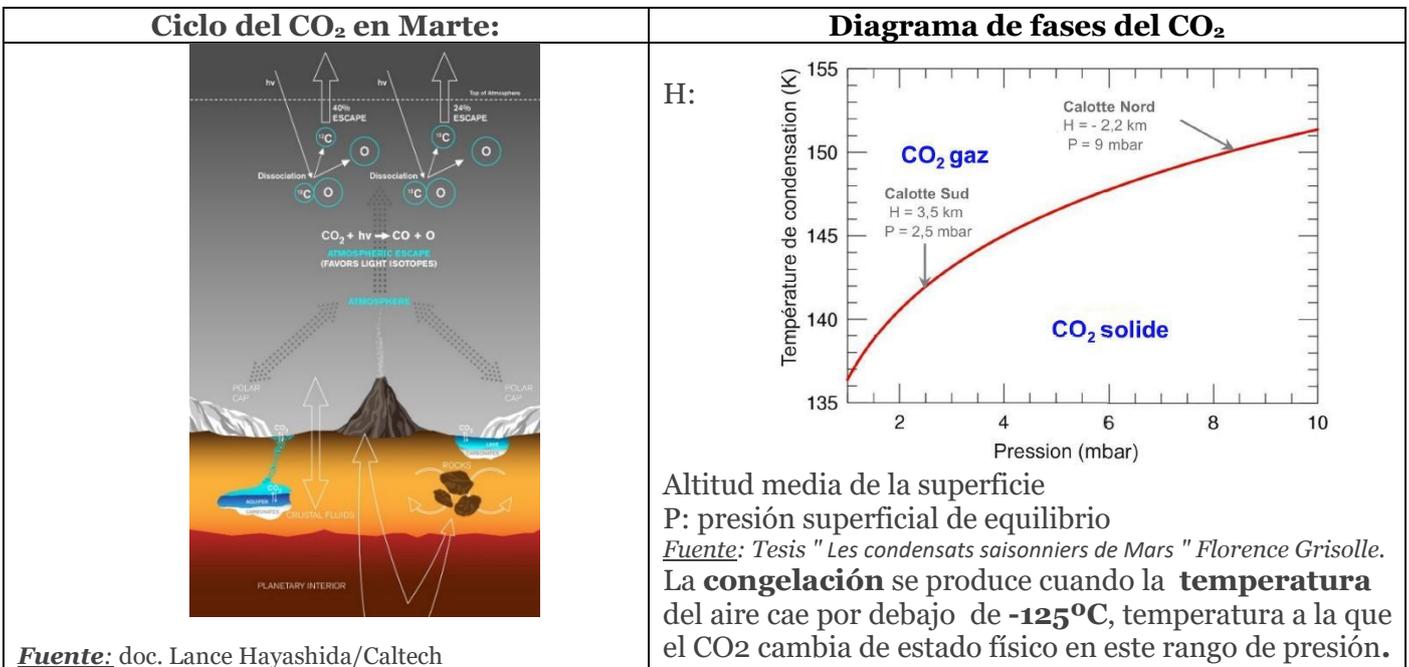
Existe también una **variación estacional en la presión general**. Cuando hay un casquete temporal en el norte o el sur (durante los 2 solsticios) la presión es 75 Pa inferior a la media anual. Cuando no hay casquete temporal, ya sea norte o sur (durante los equinoccios), la presión general es 75 Pa más alta que el promedio. Esta variación de 150 Pa entre equinoccio y solsticio (25% de la presión media) demuestra que el 25% del CO₂ atmosférico se condensa en hielo seco durante el invierno, y resublima la primavera siguiente. Esta transferencia del 25% de la atmósfera entre el norte y el sur, que tiene lugar dos veces al año marciano, podría ser la causa de tormentas extraordinarias y generalizadas.



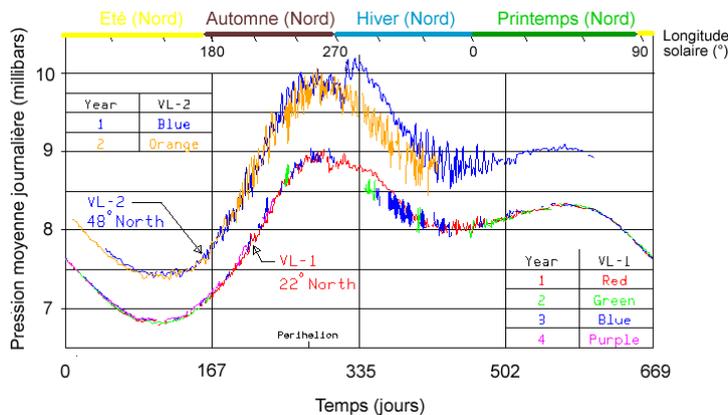
Estos casquetes blancos cambian de tamaño con las estaciones. Al final del verano, solo los que se llaman **casquetes permanentes**, o **residuales**, forman el "hielo perpetuo". Estos casquetes blancos crecen en otoño e invierno, ya que se superponen y se rodean de una capa de escarcha, heladas que condensa en otoño e invierno, y resublima en primavera y verano. Estos se conocen como **casquetes transitorios** o **estacionales**.

Droits réservés - © 1996-1997 Phil James (Univ. Toledo), Todd Clancy (Space Science Inst., Boulder, CO), Steve Lee (Univ. Colorado), NASA

Los casquetes transitorios, capas delgadas de escarcha, parecen consistir principalmente en hielo de CO₂. Pero ¿qué sucede con estos casquetes de hielo de CO₂ y qué transportan?



Cambios en la presión atmosférica en Marte con las estaciones

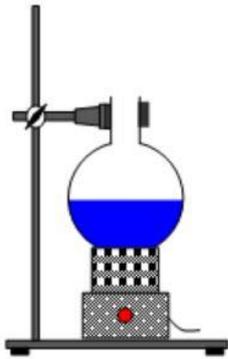


Derechos reservados - © 1985-1988-1993 **J.E. Tillman**, modificado

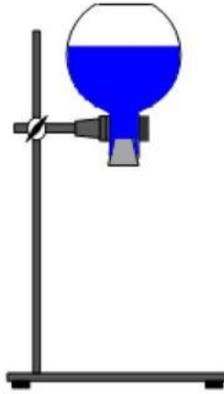
Manipulación:

El CO_2 se comporta de manera diferente en Marte debido a la T y la P.

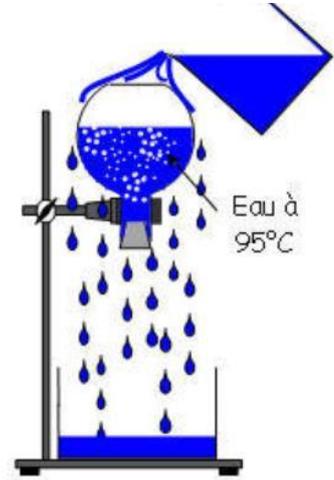
Experimento de Ebullición de Franklin con T-Arduino para demostrar que el estado físico de las sustancias químicas depende de la T y la P.



Chauffage de l'eau jusqu'à ébullition 100°C.



Retournement du ballon bouché



En arrosant d'eau froide, l'ébullition reprend

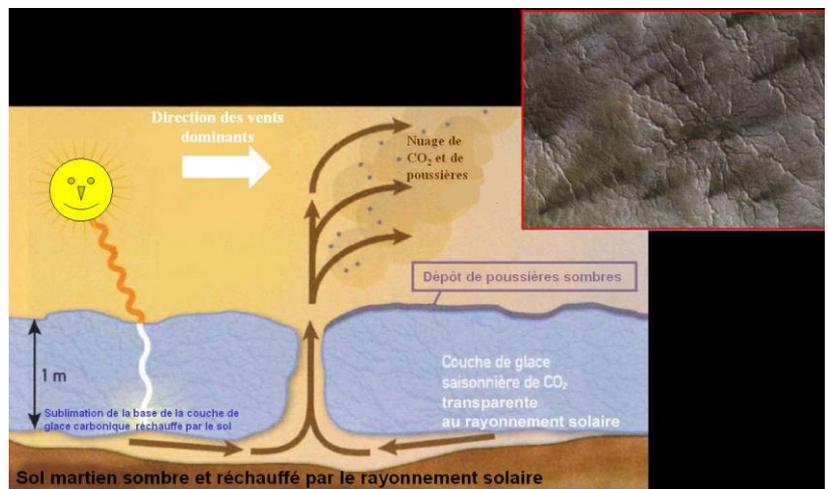
Fuente: <https://applilocale.ac-besancon.fr/geogebra/labo/films/franklin/bouillant.htm>

En invierno, se forma una capa de hielo seco sobre la regolita marciana. En primavera, esta capa transparente a los rayos solares se calienta por su base.

El hielo se sublima: pasa directamente al estado gaseoso. El gas CO_2 , atrapado bajo la capa de hielo, se difunde en los poros de la regolita en los cuales aumenta la presión. Esta presión puede entonces causar la fracturación de la cubierta de hielo y una rápida descompresión de la regolita formada por escombros y polvo transportado por CO_2 permitiendo el flujo de parte del suelo y excavando una red de surcos más o menos convergente (arañas).

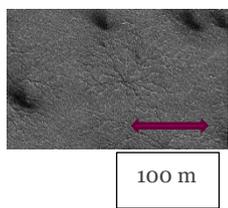
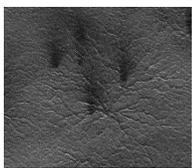
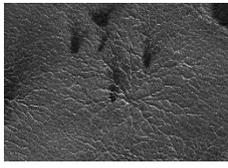
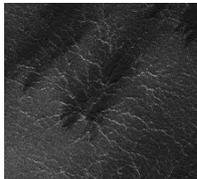
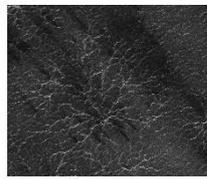
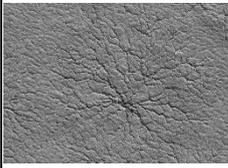
El polvo llevado a la superficie se asentará en las inmediaciones, dirigido por los vientos predominantes (los ventiladores).

Fuente: <https://planet-terre.ens-lyon.fr>



Derechos reservados - © 2003
Piqueux et al.;

Para ilustrar este fenómeno: Presente esta secuencia de imágenes utilizando el software Qgis. Puede abrir estas imágenes desde el archivo proporcionado en el software Qgis y así superponiendo las capas verá la evolución de la formación de la red.

Fin del invierno	Principios de primavera	Mediados de primavera	Primavera tardía	Principios de verano	Verano
					

Esta secuencia es parte de una presentación de la AGU de diciembre de 2007 "Printemps au pôle Sud de Mars".

La secuencia de eventos se estudia en una serie de imágenes tomadas en la primavera y el verano en el hemisferio sur e ilustra la sublimación de una araña específica.

Fin del invierno: hacemos zoom sobre una sola "araña". Es un conjunto de canales radialmente organizados en la superficie, cubiertos con una capa de hielo de dióxido de carbono estacional translúcido.

La "fecha" es Ls 181.1 (Ls es la forma en que rastreamos el clima en Marte: en Ls 180, el sol pasa el ecuador hacia el sur; en Ls 270, alcanza su máxima latitud subsolar y comienza el verano.)

Principios de primavera: Fue tomada en Ls - 195.4. Cuatro ventiladores de polvo han surgido de los canales de la araña. El hielo translúcido se calienta desde el fondo y se evapora bajo la capa de hielo estacional. El gas encuentra un punto débil y se evapora hasta la parte superior de la capa de hielo por encima, llevando polvo de la superficie a lo largo de ella. El polvo es barrido por el viento predominante.

Mediados de primavera: Fue tomada en Ls - 199.6. El polvo está atrapado en los canales.

Primavera tardía: Tomada en Ls- 226, muestra que la dirección del viento ha cambiado, que los ventiladores existentes se han alargado, y que muchos nuevos ventiladores vienen de los canales a medida que la capa de hielo se adelgaza.

Principios del verano: Fue tomada en Ls 233.1, cuando la mayor parte del hielo superficial desapareció. Los canales son brillantes porque el sol brilla más directamente en las paredes. Una fina franja de polvo oscuro es visible en la parte inferior de los canales más grandes.

En pleno verano: fue tomada en Ls - 325.4, bien en el verano austral. Todas las heladas estacionales se han ido. Está claro que los canales se cavan en la superficie y no en el hielo estacional. Los ventiladores han desaparecido en el sentido de que ya no contrastan con el material de superficie del que se derivaban. El material superficial es de tierra cementada con agua helada cubierta con una capa de unos 5 cm de polvo de limo seco, que se redistribuye cada temporada en este proceso de creación y deposición de ventiladores.

Escrito por: Candy Hansen (12 diciembre 2007) – **Fuente:** NASA/JPL/Universidad de Arizona

11. Discusión de los resultados y conclusiones

Los factores de erosión y excavación de barrancos son el agua en la Tierra, y el CO₂ en Marte. Esta actividad permite a los estudiantes entender que el comportamiento de las sustancias químicas depende de las condiciones de Temperatura y Presión.

Es importante desarrollar la mente crítica de los estudiantes para que permanezcan críticos con cualquier artículo que aparezca incluso en el campo científico.

La ciencia no es una disciplina fija, sino una disciplina que evoluciona de acuerdo con los avances tecnológicos y científicos.

"Hace miles de millones de años, nuestro planeta estaba rodeado por una sofocante envoltura de dióxido de carbono, la mayoría del cual ahora está atrapada en el fondo de los océanos en forma de roca caliza.

En el momento de su formación, la intensa actividad tectónica que existía en la Tierra podía contrarrestar la captura de carbonatos. En las zonas de subducción, donde la corteza oceánica se hunde en el manto de la Tierra, las rocas están sometidas a temperaturas cada vez mayores. Los carbonatos eventualmente funden y dan lugar a dióxido de carbono, que regresa a la atmósfera escapando a través de las chimeneas de los volcanes.

A diferencia de la Tierra, Marte no ha experimentado tectónica de placas. Aunque esta última pudo comenzar, el enfriamiento del planeta tuvo que cortar rápidamente este proceso. Sin tectónica de placas capaz de reciclar carbonatos por calentamiento, la atmósfera marciana se ha vuelto cada vez más delgada. El efecto invernadero comenzó a disminuir y el planeta finalmente se enfrió, lenta pero inexorablemente, transformándose en un infierno helado."

Fuente: <https://www.nirgal.net/atmosphere.html>

12. Actividades de ampliación

Mostrando el efecto de la erosión por el agua rica en CO₂: Los karsts



- Las calizas blancas masivas, coherentes y no porosas forman capa de **roca** en el paisaje. Estas rocas presentan muchos **rastros de disolución** por las aguas circulantes que dan lugar a un **lapiaz: surcos** en la dirección de máxima pendiente, **cavidades** circulares.
- La disolución de la piedra caliza es la causa de la **ampliación** de diaclasas **verticales** u **oblicuas** que afectan a las capas de roca caliza. Este fenómeno provoca el **colapso** de las rocas del borde de los acantilados y caen a su pie. — Esta erosión kárstica se desarrolla bajo la cubierta vegetal. El agua de percolación en el suelo, enriquecida con dióxido de carbono lentamente disuelve la roca caliza, dando el aspecto característico de los macizos de roca caliza. Hoy en día, esta erosión química apenas actúa sobre las rocas observadas en el afloramiento.

Fuente: http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr/Affleurements_PACA/13_allauch/carte_geologique_allauch250.htm

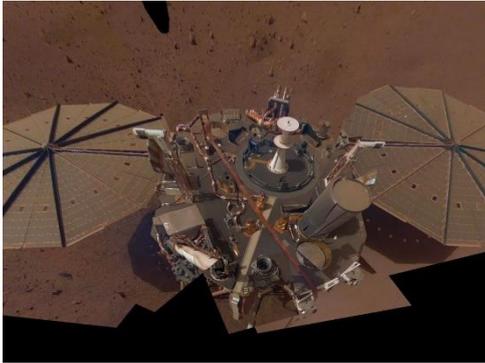
13. Explorar más (recursos adicionales para profesores)

- <https://www.uahirise.org/>
- <https://applilocale.ac-besancon.fr/geogebra/labo/films/franklin/bouillant.htm>
- <http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr>
- A. Prost, *La Terre, 50 expériences pour découvrir notre planète*, Belin, 1999.
- <https://planet-terre.ens-lyon.fr/>

Paisajes moldeados por el paso de tornados de polvo

1. Introducción & Pb

La sonda en Marte registró el paso de un vórtice de viento que liberaba algo de polvo que se había acumulado en sus paneles solares desde su llegada.



Fuente: NASA/JPL-Caltech

"El 1 de febrero de 2019, los dos paneles solares de la sonda InSight que estudia la geología marciana registraron un incremento de la energía. Se atribuyó al paso de un vórtice de viento que levantaba algunas de las partículas de polvo que las cubría. Un evento que no es infrecuente en Marte pero que es la primera vez que se ha estudiado con parámetros meteorológicos completos."

Fuente: *Sciences et Avenir* « Un coup de vent balaye la poussière des panneaux solaires d'InSight »

La velocidad máxima del viento que registró la estación meteorológica APSS (Auxiliary Payload Sensor Suite) alcanzó solo 45 km/h. Este vendaval fue acompañado por una caída local de la presión atmosférica del 13%. Según los ingenieros a cargo de la sonda, estas condiciones son compatibles con el paso de un "diablo de polvo" por encima de ella llamado "Dust Devil".

Estos tornados dejan rastros claramente visibles de su paso en el paisaje marciano y por lo tanto contribuyen a la geomorfología particular del planeta Marte lo cual no es el caso en la Tierra.

Marcas dejadas por el paso de Dust a través del cráter Richardson:



NASA/JPL/Universidad de Arizona

Estas dunas se encuentran a una latitud de 72° sur; en la Tierra, estarían mucho más allá del Círculo Antártico. Debido a su posición muy cerca del polo, experimentan enormes variaciones de temperatura durante el año marciano. Esta imagen fue tomada en la época del equinoccio de otoño en el hemisferio sur, que marca el final del verano y el comienzo del otoño. Muchas **marcas de remolinos** todavía son visibles, en forma de finos rastros que se cruzan entre sí, pero serán gradualmente cubiertos por dióxido de carbono cuando llegue el invierno del sur.

Pb: Pero ¿cómo se forman estas marcas del paso de un Dust Devil en Marte? ¿existen en la Tierra?

2. Edad de los estudiantes: 13 – 15 años

3. Objetivos

Entender las leyes físicas que rigen el movimiento de las masas de aire, es decir, la convección atmosférica, así como el proceso de formación de un vórtice de polvo para deducir las causas de estas marcas dejadas en el suelo tan características del planeta Marte.

4. Disciplinas primarias

Física - Ciencias de la Tierra

5. Disciplinas adicionales

6. Tiempo requerido 2h

7. Palabras clave

Depresión - Convección atmosférica

8. Materiales

Para el modelado del "remolino de polvo":

- Incienso
- Caja de plexiglás
- Vela
- Bandeja de cubitos de hielo
- Sensor de presión (véase: Hoja Técnica de Arduino)

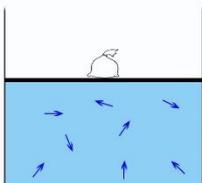
9. Fundamento

Movimiento de masas estables de aire por convección atmosférica:

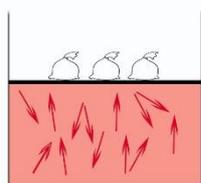
La relación entre presión y temperatura (Ley Gay-Lussac) está en el origen de la convección atmosférica:

El químico y físico francés Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) demostró que existe una relación entre la presión y la temperatura de un gas. Para un volumen constante y una cantidad determinada de gas, observó que la presión de un gas aumenta cuando su temperatura sube, y viceversa. La relación que estableció a partir de sus observaciones se conoce como la Ley de Gay-Lussac.

"**La ley de Gay-Lussac** describe la relación entre la presión y la temperatura de un gas. Establece que, a volumen constante, la presión de una cierta cantidad de gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta."



T° Fría



T° caliente

Según esta teoría cinética de los gases, un aumento de temperatura provoca un aumento en la energía cinética de las partículas.

Las partículas calentadas chocan más fácilmente, lo que provoca un cambio en la presión. Si el volumen del gas permanece constante, su presión aumentará.

10. Procedimiento

Al igual que en la Tierra, los vientos en Marte son alimentados por el calentamiento solar. Las observaciones de las sondas Viking en Marte o directamente en la Tierra revelan que el polvo atmosférico puede ser levantado por vórtices de polvo.

Estos fenómenos pueden alcanzar dimensiones considerables. Un tornado absorbe las masas de aire circundantes y las concentra en su núcleo.

Amazonis Planitia



Un gigantesco remolino de polvo proyecta una sombra en forma de serpiente sobre la superficie marciana. La vista cubre un área de unos 644 m de ancho. El norte está hacia arriba. El penacho de polvo tiene más de 800 m de alto y 30m de diámetro. Una brisa desde el oeste a mitad de la altura del vórtice de polvo produjo un delicado arco en el penacho. La imagen fue tomada en el momento en que el planeta está más lejos del sol.

Satélite: Mars Reconnaissance Orbiter

Copyright: NASA/JPL-Caltech/Universidad de Arizona

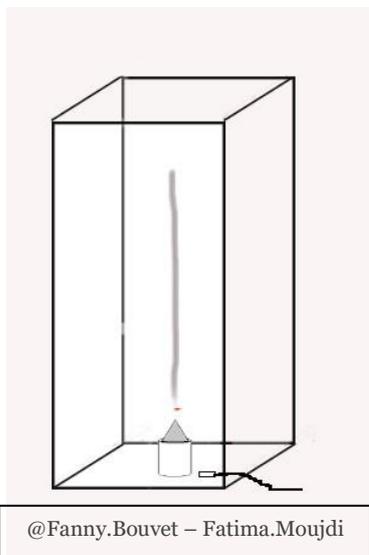
Este fenómeno también ocurre en la Tierra generalmente durante el verano. Un diablo de polvo se desarrolla desde el suelo cuando se cumplen ciertas condiciones. Los vórtices de polvo son desplazamientos de las masas de aire que contienen partículas de polvo.

Modelado de la dinámica de una masa de aire:

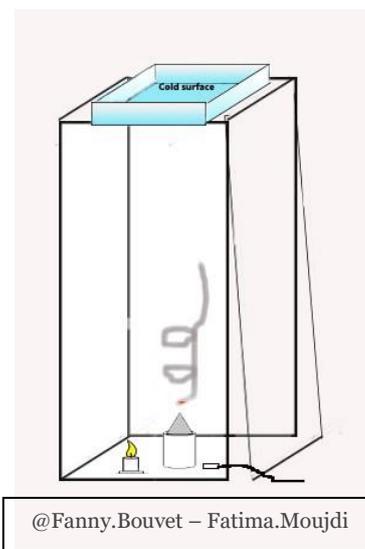
Realice la siguiente experiencia para poner de manifiesto el movimiento de las masas de aire.

Sensores de presión internos y externos:

Sin factor externo perturbador



Con factor externo perturbador



1. Registre los resultados:

	Experimento 1		Experimento 2	
	T = 0	T = 3'	T = 0	T = 3'
Presión dentro del tubo				
Presión fuera del tubo				
Interpretación de los resultados				

2. **Explique.** a partir de los datos recogidos, el fenómeno que ocurrió durante el experimento y que permitió el movimiento de las masas de aire caliente.

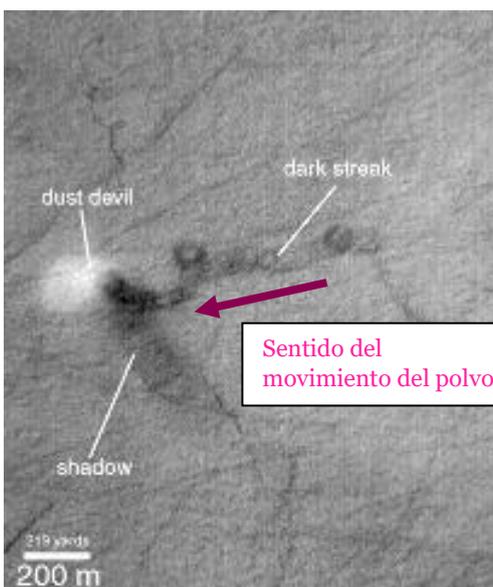
I. El torbellino en acción:

Acabamos de demostrar que el motor del tornado es el ascenso de aire caliente. Este ascenso también permite que las rotaciones horizontales se vuelvan verticales por la acción de vientos verticales tangenciales.

Luego, cuando se forma el tornado, el aire se eleva en su núcleo, lo que produce en su base la succión violenta del aire circundante y mantiene la depresión.

Cuando el remolino de polvo se desplaza sobre la superficie de Marte, puede recoger y perturbar el polvo movilizado, dejando tras de sí una pista más oscura.

Polvo en acción fotografiado en órbita por MGS el 11/12/1999:



- **Raya oscura:** La marca dejada por el paso de polvo (70 m de ancho) barrió la fina película de polvo transparente que cubría el suelo. Esta marca es muy visible por su forma sinuosa y color oscuro.
- **Dust Devil:** Nube de polvo
- **Sombra:** Sombra proyectada por este tornado en el suelo.

11. Discusión de los resultados y conclusiones

Los diablos de polvo en Marte se forman de la misma manera que en la Tierra. El suelo se calienta durante el día y calienta el aire inmediatamente por encima de la superficie (por radiación). Esta capa de aire caliente se eleva y el aire más frío situado encima cae, creando células de convección vertical. Una ráfaga de viento horizontal rotará las células de convección, causando un vórtice de polvo.

Los tornados que se llevan polvo con ellos ayudarán a dar forma al paisaje marciano al dejar marcas de su paso.

Estos rastros serán cubiertos gradualmente por dióxido de carbono sólido durante el invierno austral. El rostro de Marte cambia con las estaciones.

12. Actividades de ampliación

- <https://visionscarto.net/once-upon-a-thirst>

13. Explorar más (recursos adicionales para profesores)

- <https://planet-terre.ens-lyon.fr/article/mars-2005-04-13.xml>

- https://www.nirgal.net/mars_science_atm.html

Volcanes comparados: ¿por qué un planeta más pequeño tiene un volcán más grande?

1. Introducción & Pb

El tamaño y la forma de un cono volcánico en la Tierra permite a los vulcanólogos aprender muchas cosas de la historia del volcán, así como conocer la composición y otras propiedades físicas relacionadas del magma que lo originó, como, por ejemplo, su viscosidad.

Muchos estudiantes saben que un volcán en el planeta Marte, Olympus Mons, es la montaña más grande del Sistema Solar, o al menos, su volcán más alto. Su tamaño (casi 22.000 m de altura) más que duplica la montaña más alta de la Tierra: otro volcán, ubicado en Hawái (Mauna Kea, 10.000 m de altura).



Figura 1: Olympus Mons
© NASA

2. Edad de los estudiantes De 16 a 18 años

3. Objetivos

A través de esta actividad, los estudiantes pueden:

- comparar los tamaños de los dos planetas (Tierra y Marte);
- comparar los tamaños de los volcanes más altos en ambos planetas, Mauna Kea en la Tierra y Olympus Mons en Marte;
- tener en cuenta que Olympus Mons no sólo es el volcán más grande del Sistema Solar, sino también su montaña más grande;
- hacer cálculos para calcular el volumen, la masa, la densidad y el peso de los dos volcanes;
- comparar las erupciones de ambos volcanes y entender que ambos son volcanes en escudo formados por lavas con una composición basáltica.

4. Disciplinas primarias

Ciencias Generales, Geología, Matemáticas, Física, Geometría

5. Disciplinas adicionales

Arte (dibujo)

6. Tiempo requerido

30 minutos más 30 minutos más para las actividades de "Ampliación"

7. Términos clave

Volcanes, basalto, volcanes en escudo, volumen, densidad, gravedad, peso, escala, equivalencia de unidades, astenosfera, deformación

8. Materiales

- papel milimetrado,
- Regla
- Brújula
- Lápiz

9. Fundamento



Figura 2: Olympus Mons en comparación con Francia.
Publicado bajo Creative Commons
Atribución-Compartir Por igual 4.0
Internacional

A muchos estudiantes les resulta difícil comparar las dimensiones de los diferentes planetas del Sistema Solar, así como el tamaño relativo de los volcanes de ambos planetas.

A través de una serie de cálculos simples, aprenden sobre el tamaño de sus montañas más grandes. A partir de su volumen, composición y densidad, pueden calcular sus respectivos pesos.

Pueden producir, entonces, teorías para explicar las diferencias de tamaño, así como para entender mejor la dinámica de un planeta con placas tectónicas moviéndose sobre una astenosfera plástica en comparación con otra sin placas tectónicas activas en el presente.

10. Procedimientos

Antes de iniciar la actividad, pida a sus estudiantes que utilicen una motor de búsqueda (como Google™) para averiguar cuáles son las montañas más grandes de la Tierra y Marte, así como sus dimensiones (altura y diámetro máximo).

Sus resultados deberían ser:

Planeta	Montaña	Tipo	Altura	Diámetro
Tierra	Mauna Kea (Hawái)	Volcán	unos 9.100m*	unos 180km*
Marte	Olympus Mons	Volcán	unos 25.000m*	unos 600km*

*Los resultados pueden diferir de una fuente a otra debido a la *superficie* de referencia para calcular la altura, así como la forma de la base que no es circular y por lo tanto la medida del diámetro se aproxima al *diámetro medio*.

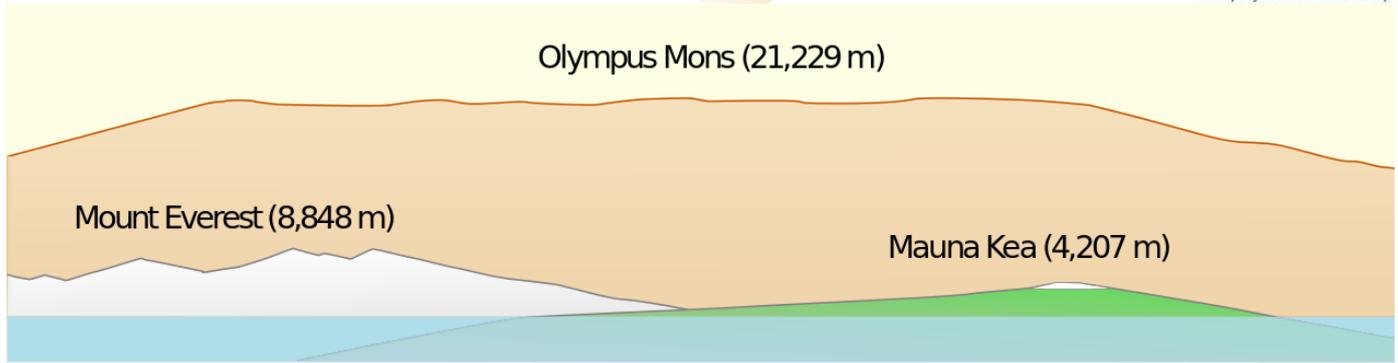


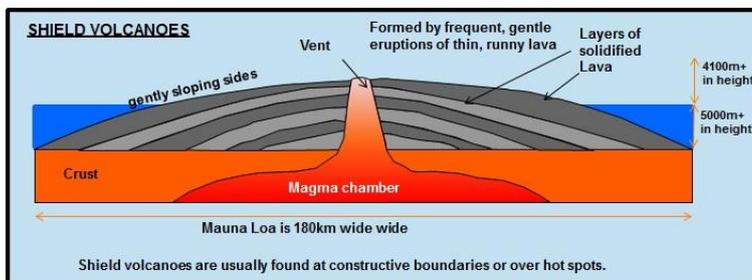
Figura 3: Olympus Mons en comparación con el Monte Everest y Mauna Kea.
Publicado bajo Creative Commons Atribución-Compartir Por igual 4.0 Internacional

Ahora deles un papel milimetrado y pídale que representen una sección transversal de ambos volcanes. Las escalas sugeridas son: horizontal: 1:2,500,000; vertical: 1:1,00,000.

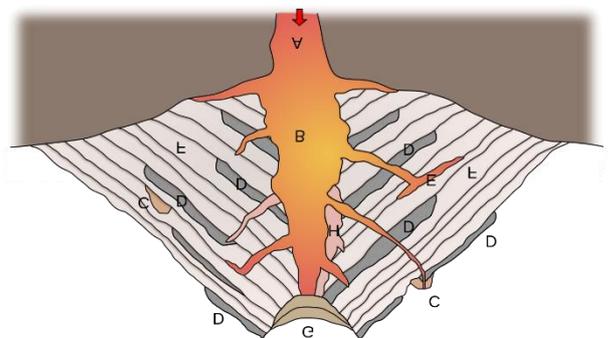
Luego, pida a los estudiantes que calculen la tangente de las laderas de ambos volcanes utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Tangente} = \text{altura} / \text{radio}$$

Se espera que ambos resultados sean bastante similares. Como el Mauna Kea es un típico volcán en escudo formado por lavas basálticas fluidas a alta temperatura, con pendientes de bajo ángulo, podemos deducir que Olympus Mons es un volcán en escudo marciano también formado por lavas de tipo basalto. Las muestras analizadas de Marte confirman esta teoría.



Volcán Escudo (Wikimedia commons)



Estratovolcán (Wikimedia commons)

Figura 5: Un volcán en escudo comparado con un estratovolcán.

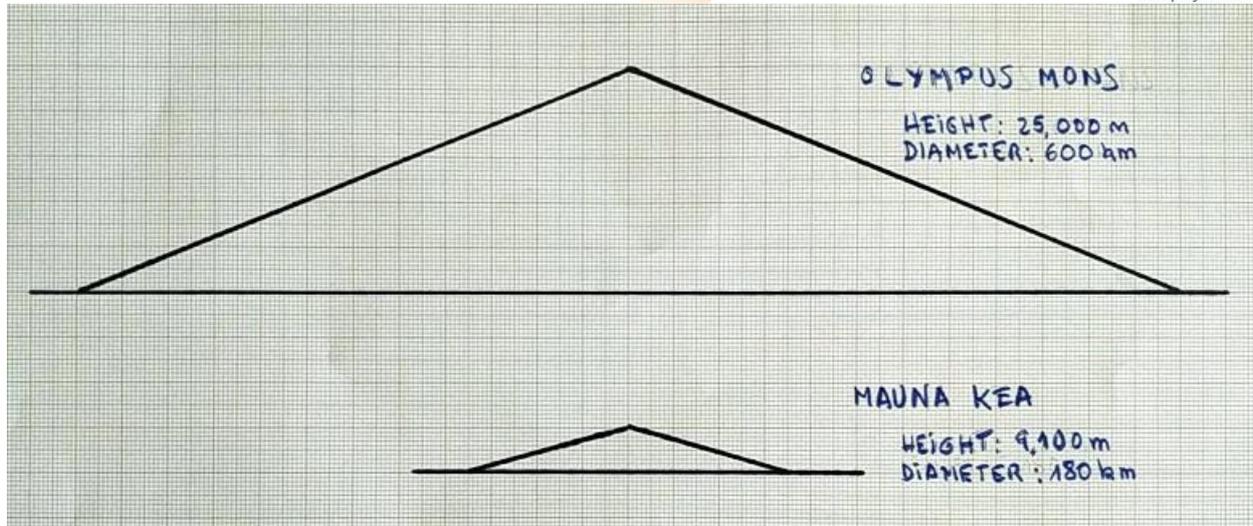


Figura 6: Los dos volcanes dibujados sobre papel milimetrado. Escalas: horizontal 1:2,500,000; vertical: 1:1.000.000
Dibujo: Xavier Juan

11. Discusión de los resultados y conclusiones

Una discusión final sobre los resultados debería conducir a la pregunta: ¿por qué Marte (un planeta más pequeño que la Tierra) tiene un volcán tan enorme en comparación con los volcanes de la Tierra?

Las posibles respuestas son:

- *En Hawái, el movimiento de la placa del Pacífico sobre una pluma inmóvil provoca la formación y extinción de volcanes sucesivos que no tienen tiempo suficiente para crecer muy alto.*
- *En Marte una pluma inmóvil que alimenta el volcán durante mucho tiempo causa un edificio volcánico más alto.*
- *Una gravedad más baja en Marte parece favorecer una mayor actividad volcánica.*

12. Actividades de ampliación

Cálculo del volumen de los dos volcanes:

Aceptando que la forma aproximada de los dos volcanes es un cono, y conociendo su altura y radio, los estudiantes podrían calcular ambos volúmenes utilizando la fórmula:

$$V = 1/3 \pi r^2 h$$

donde r es el radio de la base y h , la altura del cono.

Cálculo de la masa de los dos volcanes:

Ahora, conociendo el volumen de ambos volcanes y la densidad media del basalto (alrededor de 3.000 kg/m^3), los estudiantes deberían ser capaces de calcular la masa de los dos volcanes utilizando la siguiente fórmula:

$$\rho = m / V$$

donde ρ es la densidad, m la masa y V el volumen.

Cálculo del peso de los dos volcanes:

Ahora, conociendo la gravedad media para la Tierra y Marte ($9,8 \text{ m/s}^2$ y $3,7 \text{ m/s}^2$, respectivamente), los alumnos deberían ser capaces de calcular el peso de ambos volcanes:

$$W = mg$$

Donde W es el peso, m la masa y g la aceleración de la gravedad.

Discusión de los resultados:

Conociendo el peso de Mauna Kea sobre la corteza terrestre y Olympus Mons sobre Marte, pide a sus estudiantes que propongan explicaciones para el hecho de que la corteza terrestre está deprimida alrededor de Mauna Kea debido a su peso y que no hay evidencia de tal hundimiento de la superficie de Marte alrededor de Olympus Mons.

Las posibles respuestas son:

- La presión (peso (fuerza) / superficie) es menor en Marte que en la Tierra.
- A medida que la capa externa de la Tierra (litosfera) se rompe en varias placas tectónicas, la placa del Pacífico reacciona independientemente del resto de placas a la presión causada por Mauna Kea.
- Mauna Kea no es un solo volcán en el área de Hawái, sino que forma parte de un complejo de volcanes con un peso resultante mayor que el que han calculado.
- En la Tierra, la existencia de una capa plástica bajo la litosfera (astenosfera) permite la deformación de la placa del Pacífico debido al peso de los volcanes de Hawái. Este **no es el caso de Marte donde parece que no hay una capa plástica como en la Tierra.**

Todas las respuestas posibles podrían ser ciertas pero, probablemente, la más significativa sea la ausencia de astenosfera en Marte

13. Explorar más (recursos adicionales para los maestros)

Programa de Exploración de Marte de la NASA: <https://mars.nasa.gov/>

Una simulación de vuelo sobre Olympus Mons : <https://www.youtube.com/watch?v=OTazRNGXSC8>

Olympus Mons (*largest volcano in the solar system!*): <https://mars.jpl.nasa.gov/gallery/atlas/olympus-mons.html>