

Cartografía de la Superficie del Planeta Marte¹

1. Introducción

Imágenes del planeta Marte se han tomado y devuelto por la Tierra hace que 1965, cuando el astronave *Mariner 4* voló por delante del Marte y devolvió 21 fotos. La ciencia y tecnología de la exploración de otros planetas ha desarrollado mucho desde entonces. El astronave *Mars Global Surveyor* ha devuelto más de 100.000 imágenes de la superficie del Marte. Estas imágenes son un gran ayuda por científicos para determinar las actividades geológicas que han ocurrido en el pasado y han dando al planeta su forma actual. Rasgos de la superficie del planeta como **cráteres del impacto**, **volcánes**, y cauces aparecen igual en Marte y en la Tierra. Entonces, científicos pueden usar rasgos terrestres como comparaciones por Marte.

En las actividades siguientes, Ud. tomará el role del “científico de la misión” para resolver que pasó—y tal vez pasa ahora mismo—geológicamente en la superficie del Marte. Rasgos geológicos son fáciles de identificar si sabe lo que busca. En esta sección vamos a describir varios rasgos comunes en Marte. Conocimiento de estos rasgos estará un gran ayuda para cumplir las actividades siguientes.

Cráteres del impacto

Cráteres del impacto en el planeta Marte, la Luna, o cualquier otro cuerpo celeste, se forman cuando meteoritos los golpean con gran velocidad y liberan mucha energía. Se crea una depresión con forma de cuenco, o *cráter*. En Marte, cráteres del impacto hay un rango de tamaños, de menos de 1 km hasta 2.100 km en diámetro.

Por lo general, un cráter del impacto hay cinco componentes, aunque no todos los componentes son visibles en todos los cráteres. Se muestra en el foto [X] un cráter del impacto en la región se llama Arabia Terra en Marte. Es típico de cráteres que se encuentran en Marte, la Tierra, y la Luna también. La zona levantada alrededor del cráter se llama el **borde**. Se formó de materiales expulsados para arriba por la violencia del impacto que creó el cráter. Algunas de las materiales originalmente adentro del cráter se han expulsado muy alto y han aterrizado afuera del borde, formando una “manta” alrededor de él. Este componente se llama **ejecta**. Un tipo especial de **ejecta** es formado por largas líneas puntadas hacia afuera; se llaman **rayas**, y son especialmente visible en la Luna. Los **paredes** del cráter bajan hasta el **piso**, que es, frecuentemente, notablemente plano. Si el impacto fue bastante violento, la roca que llegará a ser el piso inicialmente se derrete y forma un **alzamiento central**. Puede probar esto por echar gotas en una tasa de agua. Cuando una gota golpea la superficie de la agua, se forma brevemente un cráter, completo con alzamiento central. ¡Prueballo!

¹ Laboratorio desarrollado en la Universidad Estatal de Arizona (ASU); esta traducción por R. Probst, Proyecto ASTRO Chile, con ayuda al parte de XXX y XXX

Volcánes

En ambos la Tierra e el Marte, **volcánes** son colinas o montañas construidos de estratos de **lava** (roca derretida) que se expulsa de fisuras o **ojos** en la corteza del planeta. Por la cima del volcán hay una depresión mas o menos circular en forma. Se llama una **caldera** si mas de 1,5 km en diametro, o **cráter** si menos de 1,5 km.

Hay cinco tipos principales de volcan. **Volcánes en escudo** son mucho mas ancho que alto, con cuestas suaves—en forma de escudo acostado. Se construen de lava caliente que fluja sin restricción (usualmente basalto con muy poco sílice). El volcán lo mas grande en la Tierra es un volcán en escudo se llama **Mauna Loa** en Hawaii; sube mas de 9 km de su base al fondo del mar. El volcán lo mas grande en la Sistema Solar, **Olympus Mons** en el planeta Marte, es tambien un volcán en escudo. Tiene un altura de casi 27 km y un base de casi 700 km en diametro.

Si el lava de un volcán hay mucho sílice en su composición, fluja lentamente y no muy lejos de su fuente de origen, o **ojo**. Se amontona y forma un montículo redondo o “tapon”; entonces, este tipo de volcán se llama **cúpula de tapon**. Este variedad de volcán es usualmente chico y no sube mas de pocos miles de metros para arriba de la superficie. **Conos de salpicaduras** hay un tamaño similar, pero se forman por fuentes gasiosos de lava que arroja lava muy alto en el aire. **Conos de cenizas** se forman por cenizas y materiales granulares que explotan desde el ojo. Lo mas famoso cono de cenizas apareció en un campo de maiz en Mexico en 1943. ¡El cono de cenizas hizo erupción durante nueve años y alcanzó hasta una altura de mas de 400 m!

Lo ultimo tipo de volcán, y lo mas comun en la Tierra, es el **volcán compuesto**. Este tipo es una mezcla de los otros, con erupciones a veces tranquilas y a otros veces muy violentas. La montaña Santa Helena en el estado de Washington, EE. UU., que explotó violentamente en 18 mayo 1980, es un ejemplar de este tipo de volcán. Un otro ejemplar es el famoso y majestuoso Volcán Osorno en la Region de los Lagos de Chile.

Estratificación

La corteza de la Tierra ha pasado por muchos cambios durante su 4.5 mil millones de existencia. La corteza se compone de muchos **estratos** de roca, formados lo uno encima por lo otro, en un proceso se llama **estratificación**. Estas capas de roca, o estratos, nos dicen mucho sobre la historia geológica de la Tierra, y como el ha cambiado a través del tiempo. Los estratos forman una linea de tiempo geológico que usamos para fijar las épocas de cambios significativos en la corteza terrestre. Podemos leer esta historia dondequiera que se revela esta linea de tiempo. Un lugar espectacular en la Tierra donde este ocurre es el Cañon Grande del Rio Colorado en EE. UU. El cañon se formó durante que millones de años mientras que el rio, lentamente, desgastó la roca y cortó canales

mas y mas profundos. Este proceso reveló mas y mas estratos de roca, y entonces mas y mas de la historia geológica de la zona. Los valles y quebradas en los alrededores de La Serena exhiben el mismo proceso, en miniatura.

Existen tambien cañones grandes y pequeños en el planeta Marte, unos de esos tal vez cortados por movimiento de liquidos como agua o lava. El cañon lo mas grande en Marte es **Valles Marineris**, mas de 10 km en profundidad, 200 km en ancho, y 4.000 km en longitud. ¡Imaginate una quebrada que tiene el tamaño de Chile y una profundidad igual a la altura de los Andes! El Cañon Grande se encajaría en un menor cañon lateral de Valles Marineris. No obstante, Valles Marineris no se cortó por un rio, diferente del Cañon Grande. En cambio, se formó cuando alguno acontecimiento masivo abultó y rasgó la corteza de Martes. Sin tener en cuenta como se formó un cañon, o flujo de agua o separación de corteza, los estratos revelados nos dicen la misma historia del planeta. Por uso de camaras abordo de astronaves en orbito por Marte, cientificos encontraron pruebas de terranos separados en lechos. ¿Pueden estas lechos nos dicen como se cambia Marte sobre tiempo? Esta está una cuestión que ojala a resolver por estudios de los estratos en Marte.

Cauces

Rios forman en la Tierra cuando agua corriente corta canales por la tierra, por ejemplo cuando la lluvia fluja desde arriba por abajo en el terreno. Pero hoy en dia, agua no existe en el estado fluido en Martes, a causa de temperaturas frias y presura atmosférica muy bajo en el nivel de su superficie. Entonces, agua no puede fluir y cortar canales. No obstante, instrumentos abordo de astronaves han encontrado muchos ejemplos de formaciones largas y sinuosas que parecerse a cauces secos. Al punta este del Valles Marinaris hay una sistema intrincada de canales que vacian al plano **Chryse Planitia**. Se piensan que estes canales se formaron durante un periodo de pocas semanas cuando, de repente, cientos de kilometros cubicos de agua inundó la superficie. Estaría como el Campo de Hielo Sur se derretió y fluyó por el mar en solo un par de semanas. Hay muchos rasgos en Marte, por ejemplo Nanedi Vallis (ver foto XX), que indican que en cierta época el planete estuviera mas caluroso y mojado que está hoy en dia.

Pues ¿por donde fue la agua? Hoy en dia, agua existe en Marte solo como hielo o vapor. Científicos teorizan que mucho de la agua en Marte se cerra en forma de hielo, profundamente abajo la superficie. Este lecho de hielo mezclado con roca, se llama **escarcha permanente**, podria ser varios kilometros de grosor. Tambien, cientificos piensan que, despues de la congelación de la pluparte de la agua en Marte, ser posible que impactos grandes derretieron la escarcha permanente a veces en cuando. Entonces, se permitió un flujo transitorio de agua por la superficie. Pero ¡no por mucho tiempo! Esta agua eventualmente congelaría de nuevo, o escaparía por la atmosfera en forma de vapor. La poca cantidad de agua ahora en la atmosfera de Marte esta visible como nubes vestigiosos que flotan para arriba. Si Marte estaba mas caluroso y mojado hace que largo tiempo, mas que hoy, ¿que causó el cambio? ¿Y podria lo mismo ocurrir por la Tierra?

Estas son preguntas que científicos intentan contestar por uso de datos devueltos al parte de astronaves lanzados por el planeta rojo.

2. Determinación de la Historia de Terrenos

Piensen en el lugar lo mas bello y interesante que ya han visto. ¿Hay alla montañas, lagos, volcáns, ríos, rocas? ¿Tienen cualquier idea como se formaron estos rasgos geológicos? La tarea de geológicos es determinar como los se formaron, y como los tienen influencia sobre sus alrededores. Geológicos pueden determinar lo que pasa en otros planetas usando conocimientos deducidos en la Tierra. Una vez que Ud. ha aprendido como *identificar* rasgos geológicos en la Tierra o en Marte, la pregunta siguiente que debe plantear es, ¿como *formaron* estos rasgos? ¿Cuales de estos se formaban primeros, y entonces son mas antiguos? ¿Cuales se formaban mas tarde y son mas jovenes? El proceso de contestar estas preguntas se llama “determinación de la historia de la superficie del planeta”. Por efectuar estas determinaciones, geológicos usan tres reglas basicas, o principios, para resolver la historia geológico de una region. Deben aprender estos principios para determinar la historia de regiones del Marte en las actividades siguientes.

Principio de Superposición

Lo primero principio que se usa para resolver la historia de los terrenos en una zona se llama el **Principio de Superposición**. Este principio describe el orden temporal en que los lechos de roca se emplacen. De la discusión arriba sobre estratificación, sabe que las rocas en la corteza terrestre se emplacen en estratos, lo uno por encima de lo otro. El Principio de Superposición dice que los estratos localizados al fondo de una pila sin tocado de rocas son mas antiguos que los mas por arriba en la pila. Este es no mas que la aplicación del sentido común. No hay fuerza natural que despegaría lechos de antiguas rocas, ponería un lecho joven entre los, y despues reemplacería los de antigüedad. El solo lugar donde la roca mas joven podría ser formado es por encima de los lechos mas antiguos. El foto [XX] de una zona en el planeta Marte muestra un ejemplo excelente de estratos. En este foto, ¿cuales estratos son los mas antiguos? ¿cuales son los mas jovenes?

En la Tierra, por examinar los minerales y fósiles que aparecen en varios estratos, geológicos pueden estimar no solo el orden, pero tambien cuando los lechos de roca se formaban. Por este modo descubrimos una linea temporal de la historis geológica de la Tierra, preservado en los estratos revelados. En una zona donde los estratos no se revelan por fuerzas naturales, geológicos usan taladros especiales para perforar la tierra y sacar largos tubos de roca que revelan el orden de estratos.

Principio de relaciones de cortes transversales

Lo segundo principio que se usa por geólogos para determinar la historia geológica de una región es el **Principio de relaciones de cortes transversales**. Este principio dice que rocas o rasgos geológicos como cañones, ríos, o cortes en rocas, podrían ser cortados por otras rocas o otros rasgos geológicos. Ver el foto del Cañon Grande. Se muestran estratos de roca que se cortaban durante millones de años por el Rio Colorado. Lentamente el río desgastó los estratos, bajando su cauce, para producir el cañon profundo que hoy vemos. Aplicar el principio: porque las rocas se cortaron por el río, deben ser más antiguas que el río. El cañon su mismo, el “corte” en los estratos, se creó por el río desgastándolos. Por lo tanto, el rasgo lo más antiguo es la roca, el río es menos antiguo, y el corte del cañon es el rasgo lo más joven. Relaciones como estas ayudan a los geólogos en la determinación de edad por rasgos geológicos en la superficie.

Principio de la Horizontalidad

El principio geológico final que usaremos se llama el **Principio de la Horizontalidad**. Este principio dice que las rocas que se depositan por acción de agua, como roca caliza, o las que se depositan por acción de viento, como arenisca, se depositan en lechos casi horizontales. Si estratos de estos tipos son no más horizontal, deberían ser doblados después de su deposición original. El foto muestra un ejemplo en California de roca doblada. ¿Cuáles fuerzas podrían causar estos estratos a doblar en esta manera? California está situado en una **falla**, una fractura que se mueve entre placas grandes en la corteza terrestre. Estas **placas continentales** se mueven muy lentamente; durante millones de años los estratos de roca comienzan a doblar. Tiene una guía telefónica por dos bordes opuestos. Fijase en las páginas; las comienzan horizontales. Ahora fijase en las páginas mientras que sus manos se reúnen. ¡Doblan las páginas! Lo mismo ocurre mientras que las placas continentales lentamente ponen fuerza en los estratos de roca.

CARTOGRAFIA DE LA SUPERFICIE DEL MARTE—ACTIVIDAD 1

Ahora, vamos aplicar lo que Ud. ha aprendido por imágenes verdaderas de la superficie del planeta Marte. La imagen incluido se tomó por el **Mars Orbiter Camera (MOC)**, uno de los tres instrumentos abordo el astronave **Mars Global Surveyor (MGS)**. MGS se lanzó el 7 noviembre 1996 y llegó por el planeta rojo el 12 septiembre 1997. Su misión primera se cumplió en 31 enero 2001. La meta de esta actividad, y las siguientes, es practicar análisis con colecciones reales de datos del Marte para determinar la historia de la superficie del planeta. Tiene que ser capaz de reconocer los tipos de rasgos geológicos, y aplicar los tres principios para determinar sus edades. Una vez que tiene las edades por todos los rasgos, va a desarrollar un hipótesis sobre como se formaban los rasgos.

Rasgos cerca del Olympus Mons (MOC2-102)

1. La imagen se ha cubrido con un red marcado en kilometros, de manera que puede registrar las posiciones de rasgos identificados.

a) ¿Cual es el ancho de la zona se mostró en la imagen? _____ km

b) ¿Cual es el largo de la zona se mostró en la imagen? _____ km

2. Examinar el rasgo largo y sinuoso que extiende desde el izquierdo bajo hasta el derecho arriba en la imagen. ¿Esta levantado en relieve para arriba de la superficie, o grabado por abajo de la superficie? ¿Cual es su hipótesis?

3. Para contestar Pregunta 2, se necesita un dato clave: la superficie en la imagen se ilumina por el Sol desde el derecho. Su profesor va a mostrar el efecto de donde aparece la sombra cuando se iluminan rasgos en lados diferentes. Ahora, mira al rasgo circular justo para arriba y derecho del centro de la imagen. Si el Sol ilumina este rasgo desde lado derecho ¿el es volcán o cráter del impacto? _____

En esta imagen, si la sombra esta en el lado derecho de un rasgo ¿se leva o se baja el rasgo del nivel de la superficie? _____

Si la sombra esta en el lado izquierdo ¿se leva o se baja el rasgo? _____

4. Olympus Mons, el volcán lo mas grande in la Sistema Solar, causó los flujos de lava que se ven al rincon izquierda arriba en la imagen. ¿Cual rasgo es mas antiguo, los flujos de lava o el rasgo largo y sinuoso que extiende a través de la imagen? _____

Rasgos cerca del Olympus Mons (MOC2-102) – Archivo de datos

Rasgo	Coordinatos red	Orden del edad	Notas

5. Cumplir el Archivo de Datos para arriba. Identificarse tantos rasgos que puede reconocer, por ejemplo cráteres, cañones, cauces, y volcánes. Registrar los coordinados de cada rango, de manera que puede encontrarlos mas tarde. Despues de identificar estes rangos, ordenarlos desde mas antiguo hasta mas joven, usando los tres principios aprendido previamente. Explicar sus razones en las “notas”. Al final, explicar la historia de lo que pasó para formar los rasgos en la imagen, en el espacio abajo y en sus propios palabras.

CARTOGRAFIA DE LA SUPERFICIE DEL MARTE—ACTIVIDAD 2

El segundo instrumento abordo del astronave *Mars Global Surveyor* es el **Thermal Emission Spectrometer (TES)** (contador espectral de emisiones termale). Su objetivo es midar energía emitido por Marte en los **longitudes de onda** que se llaman “infrarojo termal”. Este rango de ondas de luz es tan rojo que no se percibe por el ojo humano como “luz”; lo percibimos por la piel como *calor*. No obstante, ambos luz visible y luz infrarojo son formas de energía electromagnetica. El TES puede detectarla, separarla por longitud de onda, y midar la energía contenida en cada longitud de onda. Tambien, TES puede midar la cantidad de energía en total reflectada por la superficie del Marte. Material que parece brillante y lustroso refleja un gran cantidad de la energía que la ilumina; se dice que hay un alto **albedo**. Material con albedo bajo no refleja mucho, y parece oscuro. En este actividad, Ud. use la medición del albedo por TES de la Provincia Tharsis para aprender mas sobre la geología unica de esta zona.

Albedo del Provincia Tharsis

1. Revisar la escala imprimido abajo de la imagen TES. Esta escala muestra el porcentaje de luz visible y luz infrarojo, recibido del Sol, que se refleja por la superficie Marte.

a) ¿Cual es el porcentaje minimo de luz visible y luz infrarojo que se refleja en la imagen? _____

b) ¿Si estaba mirando por la area de porcentaje minimo por telescopio, aparacería brillante o oscuro? _____

c) ¿Cual es el porcentaje maximo de luz visible y luz infrarojo que se refleja en la imagen? _____

d) ¿Si estaba mirando por esta area por telescopio, aparacería brillante o oscuro? _____

e) ¿Aproximadamente cual porcentaje se representa por color verde oscuro? _____

2. Encontrar los tres volcanes de la region Tharsis Montes. El volcán localizado por izquierdo abajo se llama Arsia Mons; lo por el medio, Pavonis Mons; y lo por derecho arriba, Ascraeus Mons.

a) ¿Cual de estos volcánes hay el albedo lo mas alto? _____

b) ¿Cual de estos volcánes hay el albedo lo mas bajo? _____

3. El volcán grande al noroeste (por izquierdo y arriba) del Tharsis Montes es Olympus Mons, el volcán lo mas grande en la Sistema Solar. Nota que hay un area de material muy brillante en el lado noroeste del volcán. En realidad este material no es en la superficie; se compone de nubes de hielo de agua en la atmósfera.

a) ¿Por cual lado de Olympus Mons se encuentran nubes? _____

b) Mire al Tharsis Montes. ¿Por cual lado se encuentran nubes? _____

c) ¿Porque piensa Ud. que esta material (nubes) se encuentra solo por un lado de los volcánes?

d) ¿Que nos le dice sobre los vientos en Marte?

4. Mire al rasgo blanco y diáfano que alarga por el noreste desde Pavonis Mons, e ubicado al sureste de Ascraeus Mons. Este rasgo se llama Valles Marineris, el cañon lo mas grande en la Sistema Solar. El cañon es marcado por material que hay albedo similar a lo que se ubica en el lado noroeste del Tharsis Montes.

a) ¿Que podría ser esta material? _____

b) ¿Porque piensa que esta material se acumularía en el cañon?

5. Mira a la region de color rojo cerca del polo norte del Marte. (La area circular y negra es una area donde el Mars Global Surveyor no pudo tomar datos.)

a) ¿Está la region brillante o obscuro? _____

b) ¿Porque piensa Ud. que la region tiene esta apariencia (o brillante o obscuro)?

CARTOGRAFIA DE LA SUPERFICIE DEL MARTE—ACTIVIDAD 3

El tercero instrumento abordo del astronave Mars Global Surveyor es el **Mars Orbiter Laser Altimeter (MOLA)**. Este instrumento mede la altura o profundidad de rasgos en la superficie de Marte, como montañas y valles. Bajo el control del Centro por Vuelo Espacial Goddard del NASA, el instrumento transmite pulsos de energía infraroja desde

un laser hasta Marte. Estes pulsos se reflejan por la superficie, y el instrumento mide el tiempo requerido para recibir el pulso de retorno. El lapso del tiempo da la distancia entre astronave y superficie con gran precisión. La imagen que se usa por esta actividad muestra la **topografía**, o altitud, de la region acerca de los tres volcánes de Tharsis Montes. ¡Esta imagen no es un foto! Se generó por computer. Colores diferentes representan alturas diferentes, arriba o abajo del **datum** que es igual al “nivel del mar” en Marte. La escala de colores por abajo de la imagen se permite determinar las alturas de varios rasgos.

Topografía de la Region Tharsis Montes

1. La imagen tiene un red marcado en grados de latitud y longitud. El ecuador Marte pasa por medio de la imagen in latitud 0 grados. Uno grado de o latitud o longitud en esta region es igual al 59 km de distancia en la superficie.

a) ¿Cual es el ancho (de derecha hasta izquierda) de la region, en grados? _____ grad

b) ¿Cual es su largo (de arriba por abajo) en grados? _____ grad

2. Nota los tres volcánes que cruzan la imagen, desde izquierda baja hasta derecha arriba.

a) ¿Cuanto altitud le tiene cada uno sobre el datum, en metros?

_____, _____, _____ m

b) ¿Cual es el ancho de cada uno por su base, en grados? _____, _____, _____ grad

c) Multiplicar sus respuestas en (b) por 59 km/grado para determinar el ancho al base de cada uno, en kilometros. _____, _____, _____ km

3. Ahora tiene las alturas y los anchos de estes volcánes en km. Piensan en sus profiles. Basado en la material de lectura en la Introducción, y los resultados de Pregunta 2, ¿ cual tipo de volcán se representa por los volcánes de Tharsis Montes? ¿Porque lo piensa?

4. De lo que sabe sobre este tipo de volcán, ¿el interior de Marte podría contener cual tipo de roca (o basalto o sílice)? ¿Porque lo piensa?

Topografía de la Region Tharsis Montes – Archivo de Datos

Rasgos	Coordinatos red	Orden del Edad	Notas

5. Cumplir el Archivo de Datos para arriba. Identificarse tantos rasgos que puede reconocer en la imagen topográfica. Registrar los coordinados de cada rango, de manera que puede encontrarlos mas tarde. Usando la escala de colores por abajo de la imagen, estimar la altitud de cado rasgo. Despues de identificar estes rangos, ordenarlos desde mas antiguo hasta mas joven, usando los tres principios aprendido previamente. Explicar sus razones en las “notas”. Al final, explicar la historia de lo que pasó para formar los rasgos en la imagen, en el espacio abajo y en sus propios palabras.
