

ASTROGEOLOGIA DEL MONTE OLIMPO, EL VOLCAN MAS GRANDE DEL SISTEMA SOLAR

Rodolfo Ayala Sánchez Ph.D.
Facultad de Ciencias Geológicas, Carrera de Ingeniería Geológica, UMSA, Av. 6 de Agosto.
Edif. HOY, Piso 7. La Paz, Bolivia.
GEOFÍSICA INTEGRAL
www.geofisicaintegral.com
rasayala@hotmail.com

RESUMEN

La presente investigación consiste en la modelación geofísica del relleno sedimentario de la Salar de Uyuni, Bolivia a lo largo de un perfil gravimétrico y magnético en dirección próxima W-E sobre el mapa de anomalías gravimétricas de Bouguer y mapa de anomalías magnéticas corticales. La modelización 2D del relleno sedimentario conformado por depósitos cuaternarios fue corroborada por datos de estudios de perforaciones.

Palabras claves

Volcanismo, Marte, Monte Olimpo, Astrogeología.

Introducción

En este artículo se presenta una revisión de los principales aspectos geológicos y de los volcanes de Marte, con especial énfasis en el Monte Olimpo, el mayor volcán del sistema solar. Se describirá su geología, datos geofísicos e implicaciones en su evolución climática y la habitabilidad del planeta rojo.

La Astrogeología, conocida también como Geología Planetaria o Exogeología, es la ciencia que estudia la geología de los cuerpos celestes, como los planetas, sus lunas, los asteroides, los cometas y los meteoritos. Los astrogeólogos investigan la estructura, la composición, la evolución y los procesos geológicos de estos cuerpos, utilizando datos de observaciones, sondas espaciales, meteoritos y simulaciones de laboratorio (Martinez et al., 2008).

VOLCANISMO

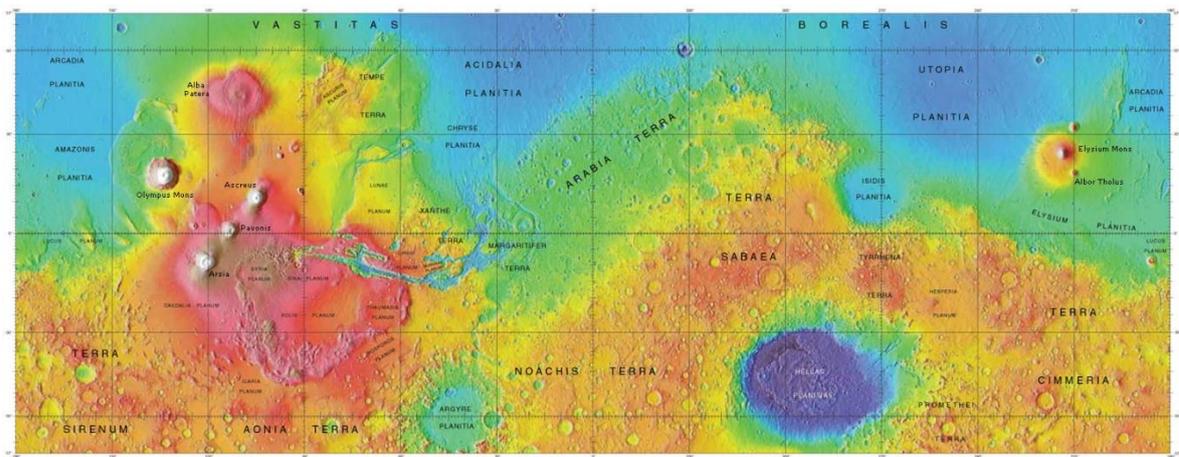


Figura 1. Mapa de las regiones del planeta Marte (Red Estelar, 2023).

- Martínez Frías, J.; Lunar, R., Rodríguez-Losada, J. A.; Eff-Darwich, A. y Madero Jarabe, J. (2008). La Geología en la exploración planetaria. *Geo-Temas* 10: 1621-1624.

Red Estelar (2003). La exploración de Marte. <https://red-estelar.webcindario.com/La-exploracion-de-Marte.html>.

Jacobo Bojórquez, R.A. (2019). **Análisis de la distribución espacial de centros eruptivos en campos volcánicos y volcanes escudo en Venus, Marte, Tierra y Luna.** Tesis de Maestro en Ciencias. **Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México, Maestría en Ciencias en Ciencias de la Tierra con orientación en Geología.**

Tanaka, K.L., Skinner, J.A., Jr., Dohm, J.M., Irwin, R.P., III, Kolb, E.J., Fortezzo, C.M., Platz, T., Michael, G.G., and Hare, T.M., 2014, Geologic map of Mars: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Map 3292, scale 1:20,000,000, pamphlet 43 p., <http://dx.doi.org/10.3133/sim3292>

Volcanismo de Marte

Marte es EL CUARTO PLANETA ROCOSO DEL sistema solar y se caracteriza por tener una frecuente actividad volcánica a lo largo del desarrollo de su historia. Se estima que más del 10% de la superficie está cubierta por material volcánico y los centros volcánicos más notorios son descritas en la Tabla 1. Los principales volcanes marcianos se dividen en cuatro regiones principales: Tharsis, Elysium, Syrtis Major y Arabia. Tharsis es una enorme meseta volcánica que ocupa casi una cuarta parte de la superficie de Marte y contiene cuatro volcanes gigantes: Monte Olimpo, Monte Asraeus, Monte Pavonis y Monte Arsia. Elysium Planitia es una región más pequeña pero también muy activa, que alberga tres volcanes principales: Hecates Tholus, Elysium Mons y Albor Tholus (Fig. 1), así como otros volcanes más pequeños (Tabla 1). Estas áreas se caracterizan por volcanes en escudo, estructuras volcánicas en forma de cúpula o cono truncado formadas por acumulaciones de lava basáltica fluida. Los volcanes en escudo de Marte son mucho más grandes que los de la Tierra debido a una menor gravedad, erupciones más largas y la ausencia de placas tectónicas. • El vulcanismo en Marte no está extinto, pero puede estar latente o incluso activo. Varias sondas en órbita y los primeros sismómetros instalados en el Planeta Rojo han detectado signos de actividad volcánica reciente o actual. Por ejemplo, se encontraron depósitos de ceniza volcánica de hace aproximadamente 50.000 años en el centro de la pluma del manto Tharsis, lo que sugiere que se produjeron erupciones explosivas en la zona. También se han observado nuevos depósitos volcánicos en la Fosa de Cerberus, una zona con fisuras por donde fluyó lava hace unos 2,5 millones de años. Además, se han registrado varios terremotos o terremotos marcianos en el interior del planeta, que pueden estar relacionados con el movimiento del magma. • La actividad volcánica en Marte tiene implicaciones para la búsqueda de vida en el Planeta Rojo. Por un lado, las erupciones volcánicas pueden haber proporcionado calor, agua y nutrientes para el desarrollo de microorganismos en el pasado. Por otro lado, la actividad volcánica puede haber cambiado el clima y la atmósfera de Marte, produciendo gases como dióxido de carbono, vapor de agua o metano, que pueden producir un efecto invernadero o convertirse en indicadores biológicos.

Tabla 1. Características de los principales volcanes de Marte.

Nombre	Tipo de volcán	Dimensión	Ubicación	Coordenadas
Monte Olympus	Volcán escudo	24 km de altura, 550 km de diámetro	Región de Tharsis	18°39'0"N, 226°12'0"E
Monte Asraeus	Volcán escudo	18 km de altura, 460 km de diámetro	Región de Tharsis	11°54'0"N, 255°18'0"E
Monte Pavonis	Volcán escudo	14 km de altura, 375 km de diámetro	Región de Tharsis	0°30'0"N, 247°48'0"E
Monte Arsia	Volcán escudo	16 km de altura, 350 km de diámetro	Región de Tharsis	8°48'0"S, 239°42'0"E

Hecates Tholus	Volcán escudo	5.5 km de altura, 180 km de diámetro	Región Elysium Planitia	32°12'0"N, 149°54'0"E
Monte Elysium	Volcán escudo	12.6 km de altura, 240 km de diámetro	Región Elysium Planitia	25°00'0"N, 147°12'0"E
Albor Tholus	Volcán escudo	4.5 km de altura, 160 km de diámetro	Región Elysium Planitia	27°42'0"N, 164°06'0"E
Ceraunius Tholus	Escudo basáltico o estratovolcán	5.5 km de altura, 130 km de diámetro	Al norte de la región de Tharsis	23°54'0"N, 262°06'0"E
Uranus Tholus	Volcán compuesto	4.5 km de altura, 62 km de diámetro	Al norte de la región de Tharsis	25°48'0"N, 265°30'0"E
Tharsis Tholus	Volcán escudo	8 km de altura, 150 km de diámetro	Región oriental de Tharsis	13°24'0"N, 269°24'0"E
Uranus Patera	Volcán compuesto	3 km de altura, 140 km de diámetro	Al norte de la región de Tharsis	25°48'0"N, 265°30'0"E
Ulysses Patera	Volcán compuesto	Desconocida, 55 km de diámetro	Al norte de la región de Tharsis	2°24'0"N, 261°36'0"E
Tyrrhena Patera	Volcán compuesto	< 2 km de altura, 170 km de diámetro	Meseta del sur	21°30'0"S, 253°12'0"E
Apollinaris Patera	Escudo basáltico	296 km de diámetro, 5 km de altura	Hemisferio sur, al sudoeste de Elysium Mons y al norte del cráter Gusev	9.5°S, 174.4°E
Hadriaca Patera	Volcán escudo erosionado	Diámetro: ~400 km, Altura: ~2 km	Al sur de Tyrrhena Terra, cerca de la cuenca Hellas	28.3°S, 92.5°E
Volcán Tempe	Cono volcánico o pseudocráter	Longitud: ~3 km, Ancho: ~1 km, Altura: ~200 m	Al norte de Tempe Terra, cerca del cañón Valles Marineris	36.8°N, 69.5°W
Montículos Hellas	Pseudocráteres freáticos	Diámetro: ~0.4-1 km, Altura: ~100 m	Al este de la cuenca Hellas, cerca del canal De Vallis	34.7°S, 84.8°E

Fuente: Plescia (2004) y Hamilton (2023).

Monte Olimpo

La nave espacial 1 Mariner 9 de la NASA ha descubierto Olympus Mons en Marte. Su naturaleza montañosa fue descubierta por las sondas espaciales que visitaron el planeta, ya que solo se encuentra en su albedo. Nix Olympica) (La nieve del Olimpo). Es la montaña más grande de Marte y la segunda montaña más grande de todo el sistema solar, con una altura de más de 21,9 km, pudiendo ser el volcán más grande del sistema solar. 2 Tiene un diámetro de más de 500 kilómetros y una altura de unos 22 kilómetros. Su cumbre alberga una caldera de aproximadamente 65 kilómetros de diámetro, formada por el colapso del techo de un depósito de magma. El Monte Olimpo está ubicado en el extremo noroeste de la región de Tars en el hemisferio occidental de la Tierra. Hace menos de 100 millones de años, se cree que es el volcán más joven de Marte. El Monte Olimpo está situado en la región de Tharsis, una meseta volcánica que alberga otros tres grandes volcanes: Arsia Mons, Pavonis Mons y Ascraeus Mons. Estos volcanes son del período MARTE, que se formó durante el período amazónico hace unos 18 mil millones de años. . Geología del Olimpo

La geología de los volcanes Olympus Mons en Marte es muy interesante y diferente de la geología de los volcanes terrestres. Olympus Mons es un volcán en escudo, lo que significa que tiene forma de cúpula con lados lisos y un gran cráter en la parte superior. Se formó por la acumulación de lava líquida que fue expulsada de grietas en la corteza marciana. Olympus Mons es el volcán más grande del sistema solar, con un diámetro de aproximadamente 610 kilómetros y una altura de aproximadamente 22 kilómetros. Su tamaño se debe a la menor gravedad de Marte que la de la Tierra y a su casi inexistente actividad tectónica, lo que permite que los volcanes crezcan sin restricciones. El Olimpo es el más pequeño de los cuatro y el más cercano al ecuador. Su cima está cubierta por una capa de hielo y polvo que refleja la luz del sol, produciendo en ocasiones destellos brillantes. Su cráter tiene unos 80 kilómetros de ancho y está formado por varias depresiones circulares o semicirculares superpuestas. Estas depresiones son el resultado del colapso del techo del volcán tras la erupción. Se cree que Olympus Mons todavía está activo, aunque no se han observado erupciones recientes.

	200 to 800 m.y. AUREOLE MATERIAL —Forms low elongate hills or ridges around bases of Olympus Mons, Elysium Mons, Albor Tholus, and Apollinares Patera. In Elysium region appears to be gradational with rolling plains material (unit Hpr).	
	<i>Interpretation:</i> Lava flows from vents and fissures around main volcanic center	
	suggests relatively young YOUNG VOLCANIC MATERIAL —Forms prominent shields in Tharsis region; crater densities very low on flanks and aprons. Numerous volcanic channels and long linear flows give surface a fine striated texture.	
	<i>Interpretation:</i> Young volcanoes composed of basaltic lavas. Estimated ages (Carr, 1974) range from 200 to 800 m.y.	
		
	density reflects inclusion of older partly buried surfaces in crater counts ROLLING PLAINS MATERIAL —Forms undulating relatively level surfaces embaying units Nplc, Nhc, and Hnk along base of scarp between upland cratered province and lowland plains. Encircles north polar region and forms partial ring inside north margin Hellas basin. Gradational with volcanic materials of intermediate age (unit AHvi). Crater density $73/10^6 \text{km}^2$. More fractured than cratered plains. Lobate fronts visible in some B frames.	
	<i>Interpretation:</i> Lava plains	
	<i>Interpretation:</i> Young lava plains SMOOTH PLAINS MATERIAL —Occurs planetwide but chiefly in low areas such as crater and basin floors and in Vastitas Borealis, the extensive lowland circumferential belt around lat 50°N . Effectively buries most underlying craters and topography. Crater density $59/10^6 \text{km}^2$.	
	<i>Interpretation:</i> Eolian and volcanic deposits, tens to hundreds of meters thick	
	and volcanic deposits, tens to hundreds of meters thick CRATERED PLAINS MATERIAL —Gradational with smooth plains material (Aps) but has higher crater density ($89/10^6 \text{km}^2$); subjacent topography shows ridges and lobate scarps in places. Basal rock-stratigraphic unit of Amazonian System. Type area lat 18°N , long 165°W .	
	<i>Interpretation:</i> Lava plains covered with a discontinuous veneer of eolian deposits; moderately high crater density reflects inclusion of older partly buried surfaces in crater counts	

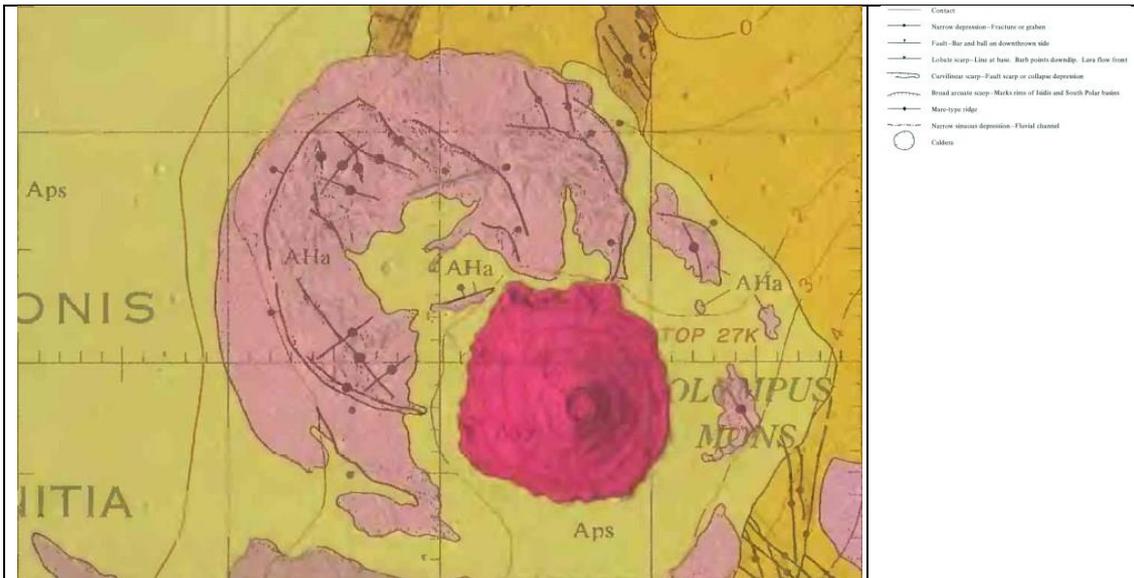


Fig 2. Mapa Geológico del Monte Olimpo (Tananaka et al., USGS, 2014).

IMPLICACIONES GEOFISICAS

En el Monte Olimpo, la aceleración gravitatoria es menor que en las llanuras circundantes, debido a que el volcán se eleva sobre el nivel de referencia marciano. [La diferencia de gravedad entre la base y la cima del Monte Olimpo es de aproximadamente \$0,03 \text{ m/s}^2\$, lo que significa que un objeto que pesa 100 kg en la base pesaría 99,7 kg en la cima](#)³

- El monte Olimpo tiene un campo magnético muy débil, debido a que su actividad volcánica se ha reducido mucho con el tiempo. [El campo magnético de Marte en general es muy irregular y fragmentado, y se cree que se debe a las corrientes eléctricas inducidas en la corteza por el viento solar](#)².
 - Los temblores en el planeta Marte son fenómenos que ocurren debido a la liberación de energía en el interior del planeta, causada por las fallas o fracturas en su corteza. Estos temblores se llaman **martemotos** y son similares a los terremotos que suceden en la Tierra, pero con algunas diferencias. [Por ejemplo, Marte no tiene placas tectónicas como la Tierra, sino que su corteza es una sola placa gigante que se contrae y se agrieta a medida que el planeta se enfría](#)¹. Además, los martemotos son menos frecuentes e intensos que los terremotos, ya que Marte es un planeta más frío y menos activo que la Tierra².
 - La sonda InSight de la NASA, que aterrizó en Marte en 2018, tiene un sismómetro muy sensible que puede detectar los martemotos a grandes distancias. [Hasta ahora, InSight ha registrado más de 1.313 sismos en el planeta rojo](#)³. El más grande ocurrió el 4 de mayo de 2022 y tuvo una magnitud estimada de 5³. Este martemoto fue el más esperado por los científicos, ya que podría proporcionar una vista del interior de Marte como ninguna otra³. Al analizar las ondas sísmicas que viajan por las diferentes capas del planeta, los científicos pueden aprender sobre la estructura y la formación de Marte y compararla con la de otros planetas rocosos, como la Tierra³.

Figura 1. >vist en 3D del Monte olimpo mostrando la topografía, al medio el mapa magnético, arriba mapa gravimetrico

Implicaciones astrobiológicas

Los volcanes de Marte son fuentes potenciales de calor, agua y nutrientes para la vida. Se ha propuesto que algunos volcanes marcianos podrían albergar sistemas hidrotermales subterráneos o superficiales, similares a los que existen en la Tierra. Estos sistemas podrían ofrecer condiciones favorables para el desarrollo y la preservación de microorganismos extremófilos. El Monte Olimpo es un candidato especialmente interesante para la exploración astrobiológica, debido a su gran tamaño, su juventud relativa y su proximidad a las regiones polares, donde se ha detectado la presencia de hielo y agua líquida.

Conclusiones

- Los volcanes de Marte son estructuras geológicas impresionantes que revelan la historia y la dinámica del planeta rojo.
- El Monte Olimpo es el mayor exponente de esta actividad volcánica, siendo el volcán más grande del sistema solar.
- Los volcanes marcianos también son objetivos relevantes para la búsqueda de vida en Marte, pues podrían albergar ambientes habitables o vestigios biológicos.
- Se debe realizar estudios más detallados sobre la geología y la geoquímica de los volcanes, así como misiones espaciales que permitan explorar in situ sus posibles ecosistemas.

Referencias

Calvin J. Hamilton. 2023. **Volcanes Marcianos**, <https://solarviews.com/span/marsvolc.htm>

Plescia, J. B. (2004). «Morphometric Properties of Martian Volcanoes». J. Geophys. Res. 109 (E3):

Hartmann, William (2011). «Guía turística de Marte». Traducido por Dulcinea Otero-Piñeiro. Ediciones AKAL. p. 300. ISBN 9788446034971.

«Olympus Mons». NASA's Mars Exploration Program (en inglés). Consultado el 16 de marzo de 2023.

Beatty, J. K. and A. Chaikin, eds. *The New Solar System*. Massachusetts: Sky Publishing, 3rd Edition, 1990. (See Chapter 5, pp. 57-59.)

Carr M. H. "The Volcanoes of Mars." *Scientific American*, 1975, 234, 32-43.

Carr M. H. *The Surface of Mars*. Yale University Press, New Haven, 1981. (See Chapter 7, pp. 87-113.)

Greeley R. and Spudis P. D. "Volcanism on Mars." *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 1981, 19, 13-41.

Kiefer, Walter S., Allan H. Treiman, and Stephen M. Clifford. *The Red Planet: A Survey of Mars - Slide Set*. Lunar and Planetary Institute.

Mutch T. A., Arvidson R. E., Head J. W. III, Jones K. L., and Saunders R. S. *The Geology of Mars*. Princeton University Press, Princeton, 1976. (See Chapter 4, pp. 151-201.)

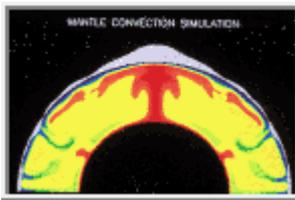
Robinson, Mark. "Exploring Small Volcanoes on Mars." *Astronomy*, April 1994, pp. 30-37.

Nombre	Tipo de volcán	Dimensión	Ubicación	Co
Monte Olympus	Volcán escudo	24 km de altura, 550 km de diámetro	Región de Tharsis	18 22
Monte Ascraeus	Volcán escudo	18 km de altura, 460 km de diámetro	Región de Tharsis	11 25
Monte Pavonis	Volcán escudo	14 km de altura, 375 km de diámetro	Región de Tharsis	0° 24

Monte Arsia	Volcán escudo	16 km de altura, 350 km de diámetro	Región de Tharsis	8° 23
Hecates Tholus	Volcán escudo	5.5 km de altura, 180 km de diámetro	Región Elysium Planitia	32 14
Monte Elysium	Volcán escudo	12.6 km de altura, 240 km de diámetro	Región Elysium Planitia	25 14
Albor Tholus	Volcán escudo	4.5 km de altura, 160 km de diámetro	Región Elysium Planitia	27 16
Ceraunius Tholus	Volcán compuesto	5.5 km de altura, 130 km de diámetro	Al norte de la región de Tharsis	23 26
Uranus Tholus	Volcán compuesto	4.5 km de altura, 62 km de diámetro	Al norte de la región de Tharsis	25 26

Montes Tharsis

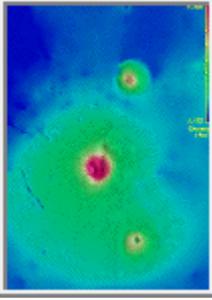
La alineación de los tres [volcanes escudo](#) que constituyen la región montañosa de Tharsis es claramente visible en esta imagen. Reciben los nombres de Monte Ascraeus (arriba derecha), Monte Pavonis (medio) y Monte Arsia (abajo). El Monte Olympus aparece en la esquina superior izquierda. Los tres volcanes son algo más pequeños que el Monte Olympus, variando entre los 350 y 450 kilómetros (220 a 280 millas) de magnitud horizontal y se eleva cada uno por encima de los 15 kilómetros (9 millas) sobre las llanuras circundantes. Los Montes Tharsis están situados en una ancha elevación de la corteza marciana de tal forma que sus cumbres están aproximadamente a la misma altura que la del Monte Olympus. Las fracturas situadas al sudeste del Monte Pavonis reciben el nombre de Noctis Labyrinthus; esta región se une con el enorme sistema de cañones Vallis Marineris hacia el este. (*Créditos: Calvin J. Hamilton*)



Convección en el Manto

Esta imagen recoge una simulación por computadora de los procesos internos de Marte que podrían haber originado la región de Tharsis. Las diferencias de color reflejan variaciones de la temperatura. Las regiones calientes aparecen en rojo y las regiones frías en azul y verde, con una diferencia entre las regiones calientes y frías que alcanza los 1000°C (1800°F). Debido a la expansión térmica, las rocas calientes tienen menor densidad que las rocas frías. Estas diferencias de densidad hacen que el material caliente se eleve hacia la superficie y el material frío se hunda hacia el interior, creando una circulación a gran escala conocida como convección del manto. Este tipo de flujo produce la [tectónica de placas](#) en la Tierra.

El material caliente en elevación tiende a empujar la superficie del planeta hacia arriba y el material frío, que se hunde, empuja la superficie hacia abajo. Estos movimientos dan lugar a la topografía general del planeta. Esta deformación de la superficie del planeta se presenta en gris a lo largo de la superficie exterior del planeta en esta imagen. La magnitud de la deformación se ha exagerado considerablemente para que sea visible aquí. La elevación actual de la región de Tharsis se estima en unos 8 kilómetros (5 millas) en su parte central. Esta elevación produce también el estrechamiento de la corteza, dando lugar a fenómenos como los [grabens](#) y los Valles Marineris. Además, el material caliente, en elevación, se podría fundir a medida que se acerca a la superficie, dando lugar a actividad volcánica. (*Cortesía Walter S. Kiefer y Amanda Kubala, LPI*)



Elysium Planitia

Elysium Planitia es la segunda región volcánica más grande de Marte. Está situada en un gran domo que tiene 1,700 por 2,400 kilómetros (1,060 por 1,490 millas). Pueden verse en esta imagen los volcanes Hecates Tholus, Monte Elysium y Albor Tholus de norte a sur (de arriba a abajo). Hecates Tholus tiene unos 160 por 175 kilómetros (100 por 109 millas) en la base con una caldera de 11.3 por 9.1 kilómetros (7 por 5.7 millas).

El Monte Elysium es el volcán más grande de la región. Tiene una base de 420 por 500 por 700 kilómetros (260 por 310 por 435 millas) y se eleva 13 kilómetros (8 millas) sobre las llanuras que lo rodean. La caldera de su cumbre tiene unos 14.1 kilómetros (8.8 millas) de diámetro. Albor Tholus mide 160 por 150 kilómetros (100 por 93 millas) con una caldera de 35 por 30 kilómetros (22 por 19 millas). Su flanco noroeste ha sido enterrado parcialmente por los ríos de lava procedentes del Monte Elysium. *(Créditos: Calvin J. Hamilton)*



Monte Olympus

El Monte Olympus es el volcán más grande que se conoce en el sistema solar. Está clasificado como un [volcán escudo](#), similar a los volcanes de [Hawaii](#). El cuerpo central del Monte Olympus tiene la [caldera](#) a 24 kilómetros (15 millas) sobre las llanuras circundantes.

Rodeando al volcán aparece un [farallón](#) que mira hacia afuera de unos 550 kilómetros (342 millas) de diámetro y varios kilómetros de altura. Más allá aparece un foso lleno de [lava](#), procedente muy probablemente del Monte Olympus. Más afuera existe una aureola de terreno estriado muy característico, apenas visible en la parte superior de la foto. *(Cortesía USGS/NASA)*



El Majestuoso Monte Olympus

Esta es una imagen tridimensional del Monte Olympus que fue creada a partir de varias imágenes tomadas desde varias posiciones de la sonda espacial y combinadas con un modelo digital de la topografía de la superficie. El

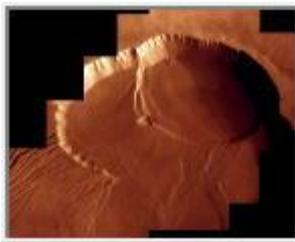
mosaico final muestra al Monte Olympus tal como se vería desde el noreste. Es posible que los volcanes de esta magnitud se pudieran formar en Marte debido a que las calientes regiones volcánicas del manto permanecieron en su posición relativa respecto a la superficie durante cientos de millones de años. *(Créditos: Calvin J. Hamilton)*



Monte Olympus, 1998

El Monte Olympus es una montaña rodeada de misterio. Más alta que tres Montes Everest y casi tan ancha como la cadena completa de las Islas Hawaii, este volcán gigante es casi tan plano como un panqueue. Es decir, sus lados sólo se inclinan entre 2° y 5°.

La nave Mars Global Surveyor obtuvo esta espectacular vista del Monte Olympus con un gran angular. En esta imagen, el norte está hacia la izquierda y el este hacia arriba. La imagen se tomó en una fría y clara mañana de invierno. El lado occidental del volcán (parte inferior de la vista) se observa claramente y se ven nítidamente los detalles de la superficie. El cielo sobre las mesetas al este del Monte Olympus (parte superior de la foto) estaba nublado. Las nubes chocaban contra la parte inferior de los flancos orientales de este alto volcán de 26 kilómetros (16 millas), pero los cielos en la cumbre estaban despejados. (*Cortesía Malin Space Science Systems/NASA*)



Mosaico de la Caldera del Olympus Mons

Esta imagen de alta resolución muestra la caldera del Olympus Mons situada a 24 kilómetros (15 millas) de altura sobre las llanuras marcianas vecinas. La caldera tiene unos 25 kilómetros de ancho con paredes entre 2.4 y 2.8 kilómetros de profundidad. Las calderas se producen cuando el techo de la cámara magmática se colapsa debido al desplazamiento del magma por erupciones voluminosas o la retirada subterránea del magma.

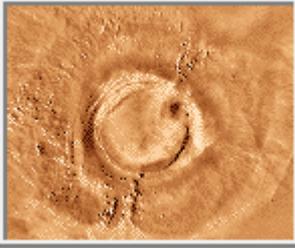
Este mosaico se construyó utilizando las imágenes de las órbitas 473S y 474S del Viking 1 cercano ya el final de su misión en 1980. Estas imágenes se obtuvieron durante la etapa más baja de su órbita y fue necesario compensar la gran velocidad relativa de la nave. (*Cortesía A. Tayfun Oner*)



Cumbre del Monte Ascræus

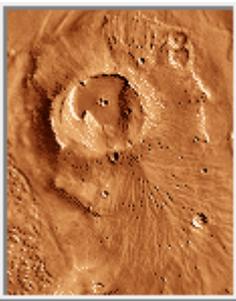
Esta compleja [caldera](#) está compuesta por varios centros de colapso individuales, donde los más viejos están atravesados por los colapsos más recientes. El suelo circular má bajo contiene la lava procedente de la última eyección que siguió al último de los grandes colapsos. La pared más al sur de la caldera tiene al menos 3 kilómetros (1.9 millas) de altura con una pendiente media de al menos 26° (desde la horizontal). Esta compleja caldera corta varios ríos de lava, lo que indica que los ríos son anteriores al colapso y que sus fuentes han sido destruidas por la formación de la caldera. (*Créditos: Calvin J. Hamilton, and LPI*)

Para ver una imagen 832x778 GIF (337K) del volcán completo pulse [AQUÍ](#).



Monte Arsia

La caldera del Monte Arsia es considerablemente mayor que las calderas de los Montes Ascraeus o Pavonis. Sin embargo, el último de los grandes colapsos del Monte Arsia fue seguido por un considerable vertido de lava en el interior de la caldera. El borde de la caldera se ha abierto en el lado suroeste mientras que los ríos de lava han cubierto varias partes del borde noreste. Entre estas brechas de la caldera está alineados en el suelo de la caldera una serie de domos suaves, que quizás son debidos a fuentes puntuales de lava que llenaron la caldera. Los flancos del escudo han sido erosionados en profundidad cerca de las aberturas del borde de la caldera y los ríos de lava se alejan de los volcanes en estas zonas. *(Créditos: Calvin J. Hamilton, and LPI)*



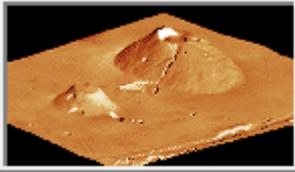
Apollinaris Patera

Esta vista de Apollinaris Patera muestra los rasgos de un origen [explosivo](#) y de un origen [efusivo](#). Los profundos valess que se observan en la mayor parte de los flancos de Apollinaris Patera indican la presencia de depósitos de [ceniza](#) y un origen explosivo. En el lados oeste (izquierda), los movimientos de tierra que han modelado su superficie tambien indican la presencia de depósitos de ceniza. Hacia el flanco sur, una gran lengua de material se aleja del volcán. Esto es reflejo de un origen efusivo. Quizás durante su desarrollo inicial, Apollinaris Patera tuvo un origen explosivo con erupciones efusivas que tuvieron lugar más tarde. *(Créditos: Calvin J. Hamilton)*



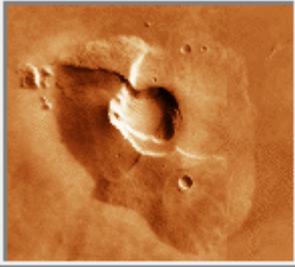
Ceraunius Tholus y Uranus Tholus

Ceraunius Tholus (abajo) muestra varios valles profundos cortados en sus flancos que indican que fue fácilmente erosionado y que está constituido probablemente por depósitos de [ceniza](#) debidos a la actividad [explosiva](#). Los flancos más bajos del volcán ha sido enterrados por los terrenos de las llanuras. Ceraunius Tholus es aproximadamente del mismo tamaño que la Gran Isla de Hawaii. Uranus Tholus (arriba) también presenta características similares a las de Ceraunius Tholus. Un gran cráter de impacto, justo por encima de Ceranius Tholus, es posterior al material de la llanura y del volcán. Sin embargo, se observa un prominente delta de material probablemente volcánico dentro del cráter de impacot en la boca de uno de estos sinuosos canales que se extiende por el flanco de Ceraius Tholous hacia el cráter de la cumbre. *(Créditos: Calvin J. Hamilton, and LPI)*



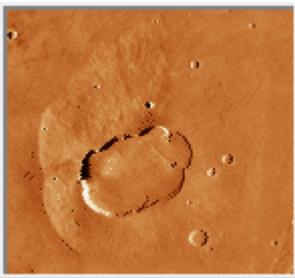
Ceraunius Tholus y Uranius Tholus en 3D

Esta es una vista en tres dimensiones del Ceraunius Tholus (derecha) y Uranius Tholus (left). La vista es desde el noroeste. *(Créditos: Calvin J. Hamilton)*



Tharsis Tholus

Tharsis Tholus mide unos 150 kilómetros (93 millas) en la base y 8 kilómetros (5 millas) de altura. Los flancos este y oeste están indentados dándole un aspecto extraño. Una causa posible de este aspecto es que cuando el suministro de lava se agotó, el centro del volcán se colapsó. Una teoría alternativa es que se produjeron corrimientos de tierra en los flancos, dando lugar a este aspecto tan particular. *(Créditos: Calvin J. Hamilton)*



Uranus Patera

Uranus Patera tiene aproximadamente el tamaño de la Gran Isla de [Hawaii](#). Tiene unos 3 kilómetros (1.9 millas) de altura. Tiene pendientes suaves y ríos de lava. Esto indica un origen [efusivo](#). La caldera central se formó cuando la lava se agotó y el volcán se colapsó. *(Créditos: Calvin J. Hamilton)*



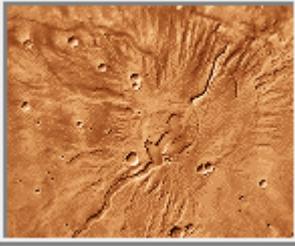
Ulysses Patera

Este es un ejemplo de una clase de volcanes que son considerablemente más pequeños que los grandes volcanes escudo. La cumbre consiste en una caldera sencilla, muy circular con un suelo suave que es anterior a las eyecciones procedentes de los grandes cráteres de impacto. Los flancos más bajos del volcán, incluyendo porciones de los cráteres de impacto, han sido enterrados por el material que constituye las llanuras que lo rodean. Estas relaciones de superposición indican que las llanuras se crearon con posterioridad tanto al volcán como a los grandes cráteres de impacto. Las llanuras están compuestas probablemente por lava procedente del Monte Tharsis que corrió por las laderas de la gran meseta asociada con los escudos de esta cadena montañosa. Tanto las llanuras como el volcán están atravesados por un [graben](#), indicando la actividad tectónica posterior a la formación de las llanuras. *(Créditos: Calvin J. Hamilton, and LPI)*



Ulysses Patera en 3D

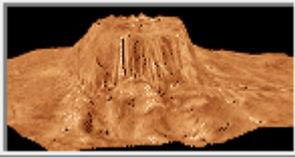
Esta imagen recoge una vista en perspectiva de Ulysses Patera desde el norte. *(Créditos: Calvin J. Hamilton)*



Tyrrhena Patera

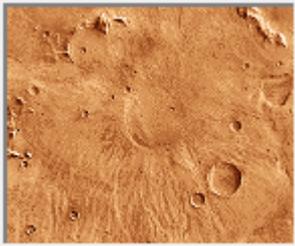
Los volcanes situados en las mesetas del sur, que están densamente cubiertas por cráteres, tienen una morfología muy diferente de los volcanes de Tharsis o Elysium.

Tyrrhena Patera tiene un relieve vertical muy pequeño (< 2 kilómetros), lo que se traduce en unas laderas con pendientes muy suaves. Los flancos del volcán están profundamente erosionados por muchos canales de gran tamaño que surge como rayos desde la zona de la cumbre. El bajo relieve y la naturaleza fácilmente erosionable de los materiales de las laderas ha sido interpretado como indicación de que el volcán está compuesto en su mayor parte por depósitos [piroclásticos](#) de [ceniza](#). Esta interpretación implica que el tipo de erupción que se da en los volcanes de las tierras altas como Tyrrhena Patera es significativamente diferente de las repetidas efusiones de lavas fluidas que dieron lugar a los volcanes escudos del norte. (*Créditos: Calvin J. Hamilton, and LPI*)



Tyrrhena Patera en 3D

Esta imagen recoge una visa en perspectiva de Tyrrhena Patera desde el norte. La escala vertical ha sido exagerada considerablemente para que se puedan apreciar los detalles. (*Créditos: Calvin J. Hamilton*)



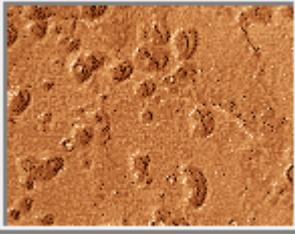
Hadriaca Patera

De igual forma que Tyrrhena Patera, Hadriaca Patera está profundamente erosionado y tiene un relieve vertical muy pequeño. En las laderas erosionadas aparecen varios cráteres de impacto superpuesto, indicando la gran antigüedad de este volcán. Un gran canal nace cerca del margen sureste del volcán; la corriente de lava ha excavado este canal en dirección suroeste hacia el interior de la cuenca Hellas. (*Créditos: Calvin J. Hamilton, and LPI*)



Volcán Tempe

Las construcciones volcánicas de Marte no son todas enormes montañas como los Montes Tharsis. Esta colina alargada solapada por una depresión lineal se interpreta como producto de unas erupciones localizadas pero no muy voluminosas. Si el material volcánico fue proyectado siguiendo una trayectoria balística, este fenómeno podría ser similar a los conos de carbonilla terrestres. Por otro lado, está alineados con varios [grabens](#) de la zona lo que parece indicar una debilidad en la corteza que podría haber sido el conducto para que el material volcánico alcanzase la superficie. (*Créditos: Calvin J. Hamilton, and LPI*)



Montículos Hellas

En varias zonas de Marte es posible encontrar numerosos montículos de pequeño tamaño que tienen cráteres en sus cumbres. Los montículos que se ven en esta imagen están al este de la cuenca Hellas. Estos fenómenos se interpretan como pseudocráteres creados por explosiones [freáticas](#) localizadas donde la lava interactúa con el terreno rico en volátiles. La mayoría de los montículos tienen entre 400 metros (1,312 pies) y 1 kilómetro (.62 millas) de sección. Muchos tienen aberturas en la cumbre en forma de hendiduras. Sin embargo, las imágenes disponibles hasta ahora no tienen suficiente resolución para mostrar una evidencia concluyente del origen volcánico de los montículos. (Créditos: Calvin J. Hamilton, and LPI)

Aquí está el resumen en forma de tabla que me pediste:

Abrir en el explorador

Monte Ascraeus	Estratovolcán	460 km	18 km	11.8° N	255.5° E
Monte Arsia	Volcán en escudo	430 km	16 km	8.3° S	239.9° E
Apollinaris Patera	Volcán en escudo	180 km	5 km	9.1° S	120.2° E
Ceraunius Tholus	Volcán en escudo	130 km	5.5 km	24.3° N	262.8° E
Uranus Tholus	Volcán en escudo	62 km	4.5 km	25.6° N	263.4° E
Tharsis Tholus	Volcán en escudo				
Hadriaca Patera	Volcán escudo erosionado	Diámetro: ~400 km, Altura: ~2 km	Al sur de Tyrrhena Terra, cerca de la cuenca Hellas	28.3°S, 92.5°E	

Volcán Tempe	Cono volcánico o pseudocráter	Longitud: ~3 km, Ancho: ~1 km, Altura: ~200 m	Al norte de Tempe Terra, cerca del cañón Valles Marineris	36.8°N, 69.5°W
Montículos Hellas	Pseudocráteres freáticos	Diámetro: ~0.4-1 km, Altura: ~100 m	Al este de la cuenca Hellas, cerca del canal Dao Vallis	34.7°S, 84.8°E

[Volcanes Marcianos \(solarviews.com\)](https://solarviews.com/span/marsvolc.htm). <https://solarviews.com/span/marsvolc.htm>

El objetivo del presente estudio es realizar la modelización geofísica en 2D del relleno sedimentario de la cuenca del Valle Central de Cochabamba utilizando datos de gravimetría terrestre que permitan aportar información sobre la morfología y el espesor del relleno de la cuenca.

METODOLOGÍA UTILIZADA

Primero, se realizó la recopilación de la información existente, después mediante información gravimétrica disponible para Bolivia de la Base de Datos de anomalías de Bouguer regionales derivadas del Modelo Gravitacional de la Tierra - EGM2008 - y publicado por la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial – NGA - (BGI, 2018) y del WDMAM (World Digital Magnetic Anomaly Map) que es un proyecto científico internacional auspiciado por IAGA (Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía) y CGMW (Comisión para el Mapa Geológico del Mundo) cuyo objetivo es recopilar y poner a disposición las anomalías magnéticas causadas por la litosfera terrestre, en áreas continentales y oceánicas, de manera integral, en todo el mundo (Dyment et al., 2015)

se extrajo la misma correspondiente al área de estudio y mediante interpolación matemática se elaboró el mapa de anomalías de Bouguer (Figura 1). Se efectuó un corte en dirección próxima a E-W para obtener el perfil de anomalías de Bouguer. La modelación integrada de los datos gravimétricos y magnéticos se realizó utilizando el software ZondGM2D (Kaminsky, 2020) con el cual se eliminó el efecto regional al restar a los datos el valor de un plano formado por los puntos extremos del perfil, entregando un valor de la anomalía residual, la cual fue modelado utilizando un modelo conformado por una malla regular de celdas que permite obtener por múltiples interacciones resolver el problema inverso y obtener las densidades de las capas. La estructura bajo el perfil correspondiente a la cuenca se modeló con una densidad de 2.1 gr/cm³, con lo que se obtienen contrastes de densidades entre 0.05 y 0,12 gr/cm³ con respecto al basamento. Mediante este procedimiento se calculó un modelo 2D para el Salar de Uyuni ca (Figura 2). A medida de verificación se utilizó los resultados de la profundidad del basamento calculados por perforaciones profundas realizadas en el Salar (PEREZ, 2011).

GEOLOGIA DEL MONTE OLIMPO

<el mapa <geologico del <Monte Olimpo muestra las pirn cipales unodade2s eologicas

Con la modelación gravimétrica y magnética se obtuvo el perfil geológico del subsuelo mostrando el espesor del relleno sedimentario del Salar no tan simétrica que varía de 400 a de espesor constituido por depósitos sedimentarios homogéneos plio-cuaternarios cuyo máximo espesor esta el centro-oeste, y un basamento conformado por rocas paleozoicas. Estos datos fueron corroborados por datos de perforaciones.

CONCLUSIONES

El modelo gravimétrico Y MAGNETOMETRICO muestra la morfología del basamento DEL Salar de Uyuni el espesor del relleno sedimentario y corroborado con datos de perforaciones, lo cual confirmaría que el método gravimétrico y magnético se aplica para caracterizar cuencas sedimentarias tanto en morfología como en potencia del espesor del relleno sedimentario debido a su gran profundidad de investigación.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido apoyado por la Empresa GEOFÍSICA INTEGRAL SRL.

REFERENCIAS

KAMINSKY, A., 2020. ZondGM2D - Software for 2D gravity and magnetic interpretation.
www.zond-geo-ru.