

Superficies de objetos del Sistema Solar

**Con aportes de
Andrea Sánchez**

Características de la Superficie Lunar

Dos tipos de terrenos drásticamente diferentes:

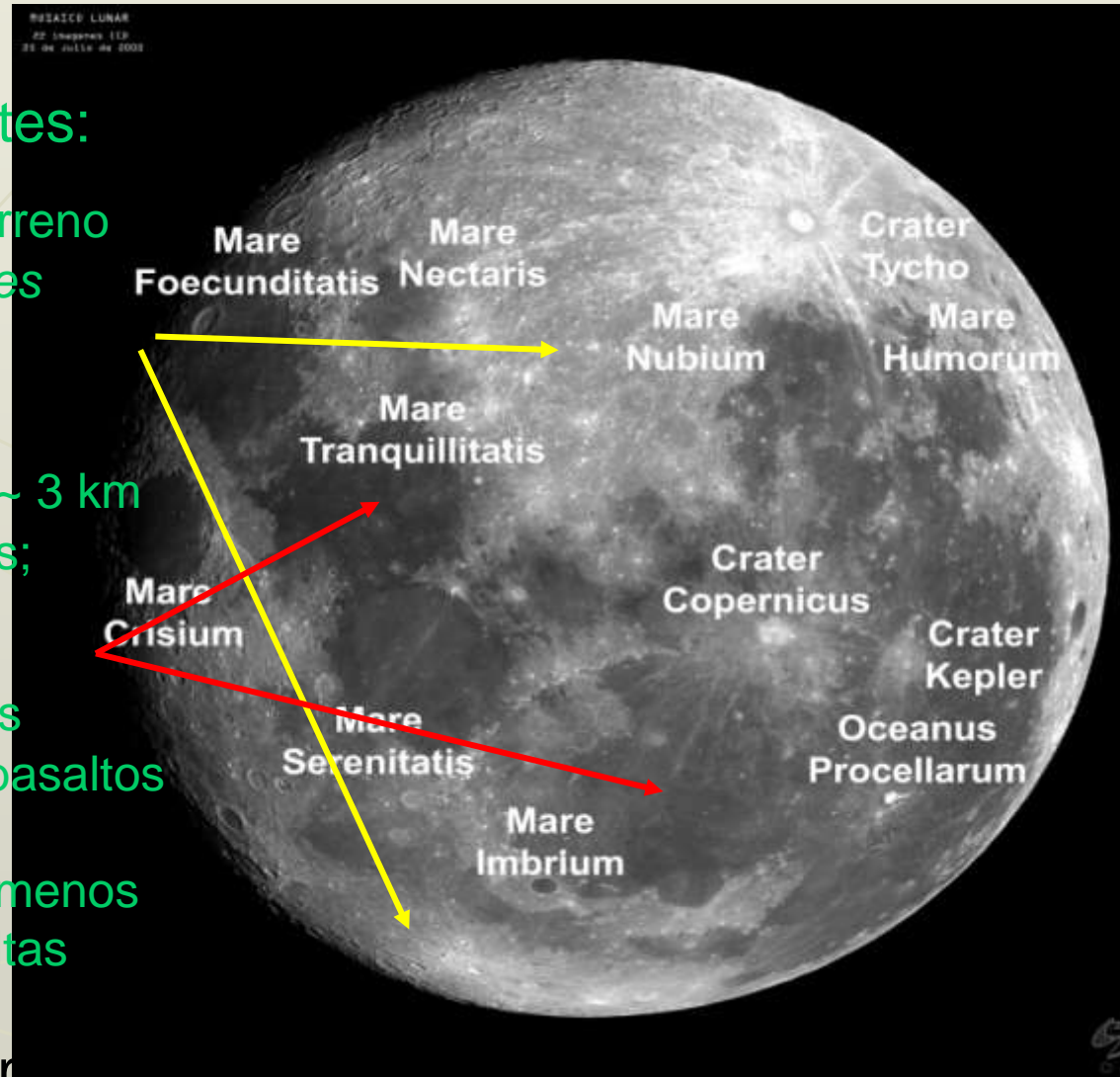
- Zonas altas y claras: Terreno montañoso, repleto de *cráteres*

Terra (pl. de *Terrae*)

- Zonas bajas y oscuras: ~ 3 km más bajas que las zonas altas; superficies más suaves.

Maria (pl. de *mare*): Cuencas inundadas de flujos de lava, basaltos volcánicos.

Maria tiene ~200 veces menos cráteres que las zonas altas

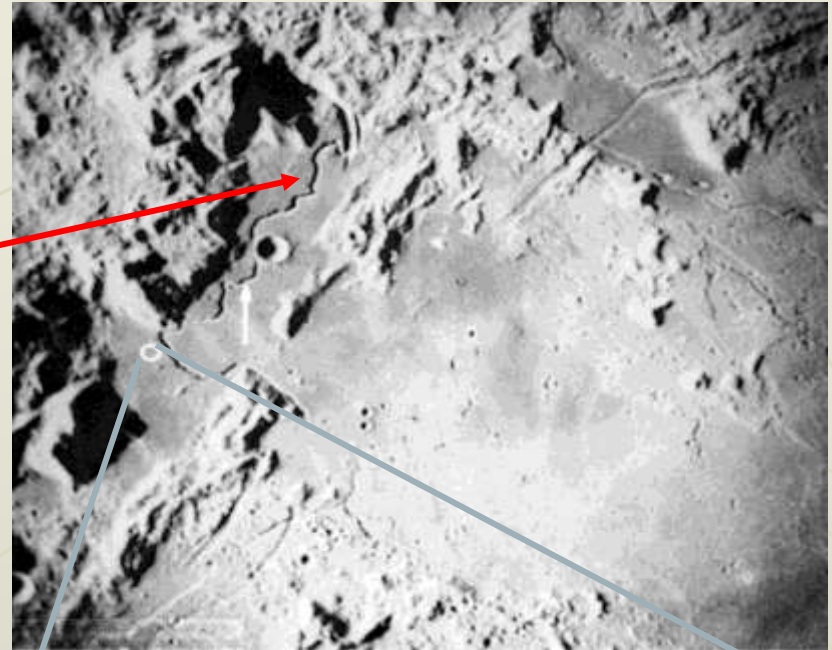


Datación relativa: Maria más jóvenes que zonas altas

Highlands and Lowlands

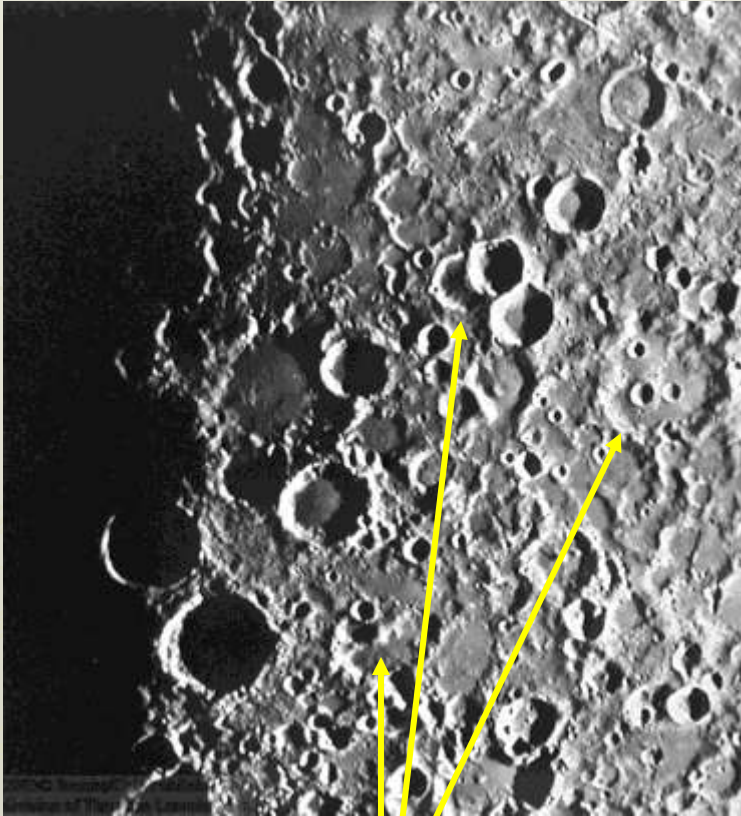
Sinuuous rilles =
remains of ancient
lava flows

May have been lava
tubes which later
collapsed due to
meteorite
bombardment.

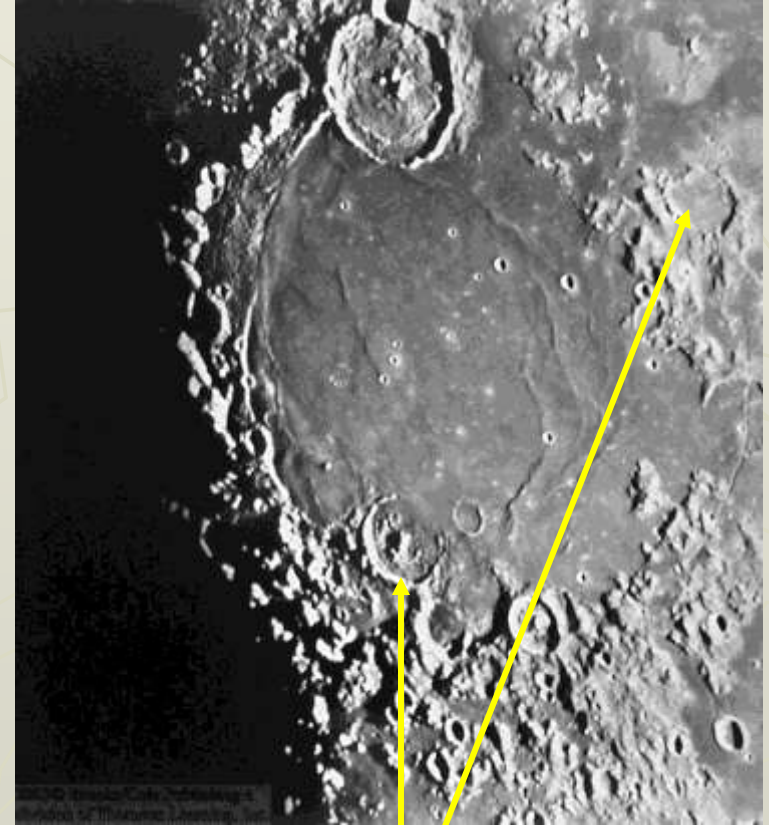


The Highlands

Saturated with craters

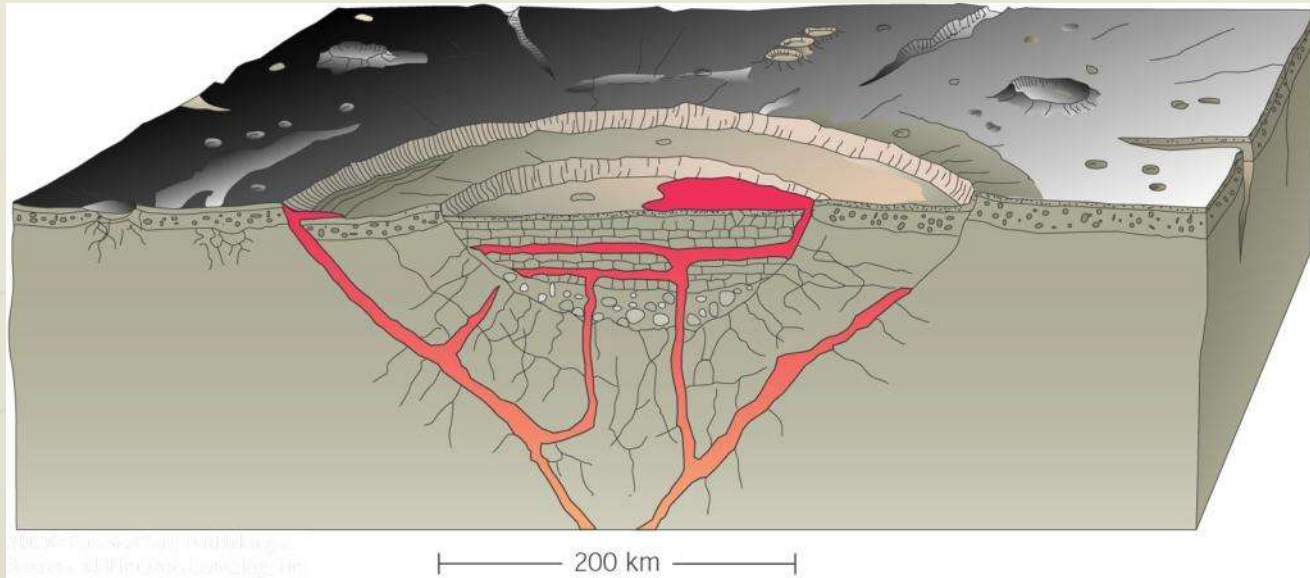


Older craters partially
obliterated by more
recent impacts

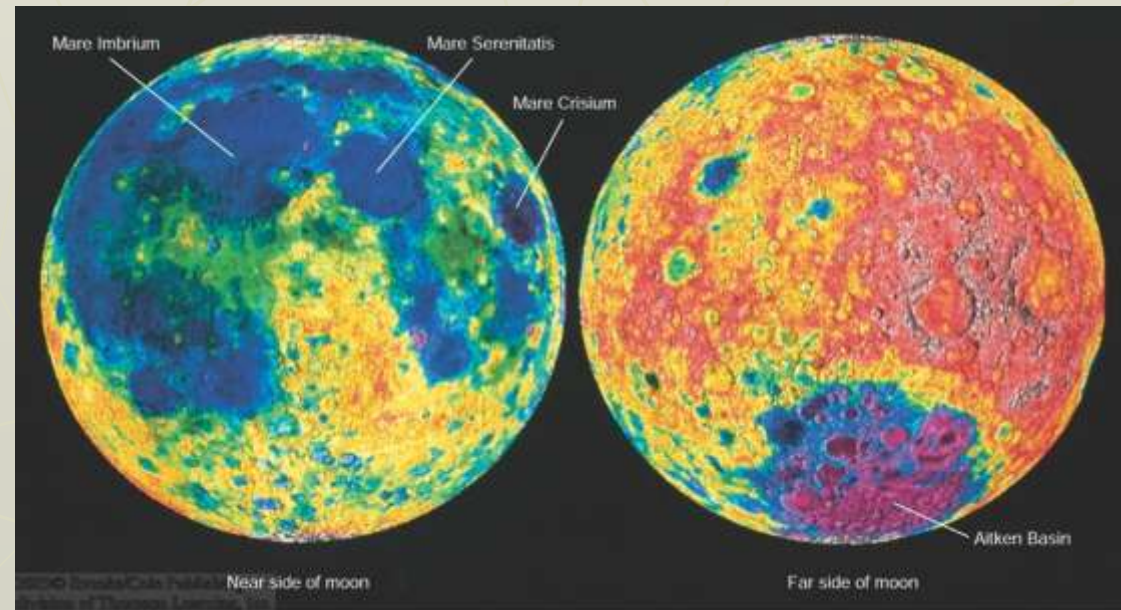


... or flooded by
lava flows

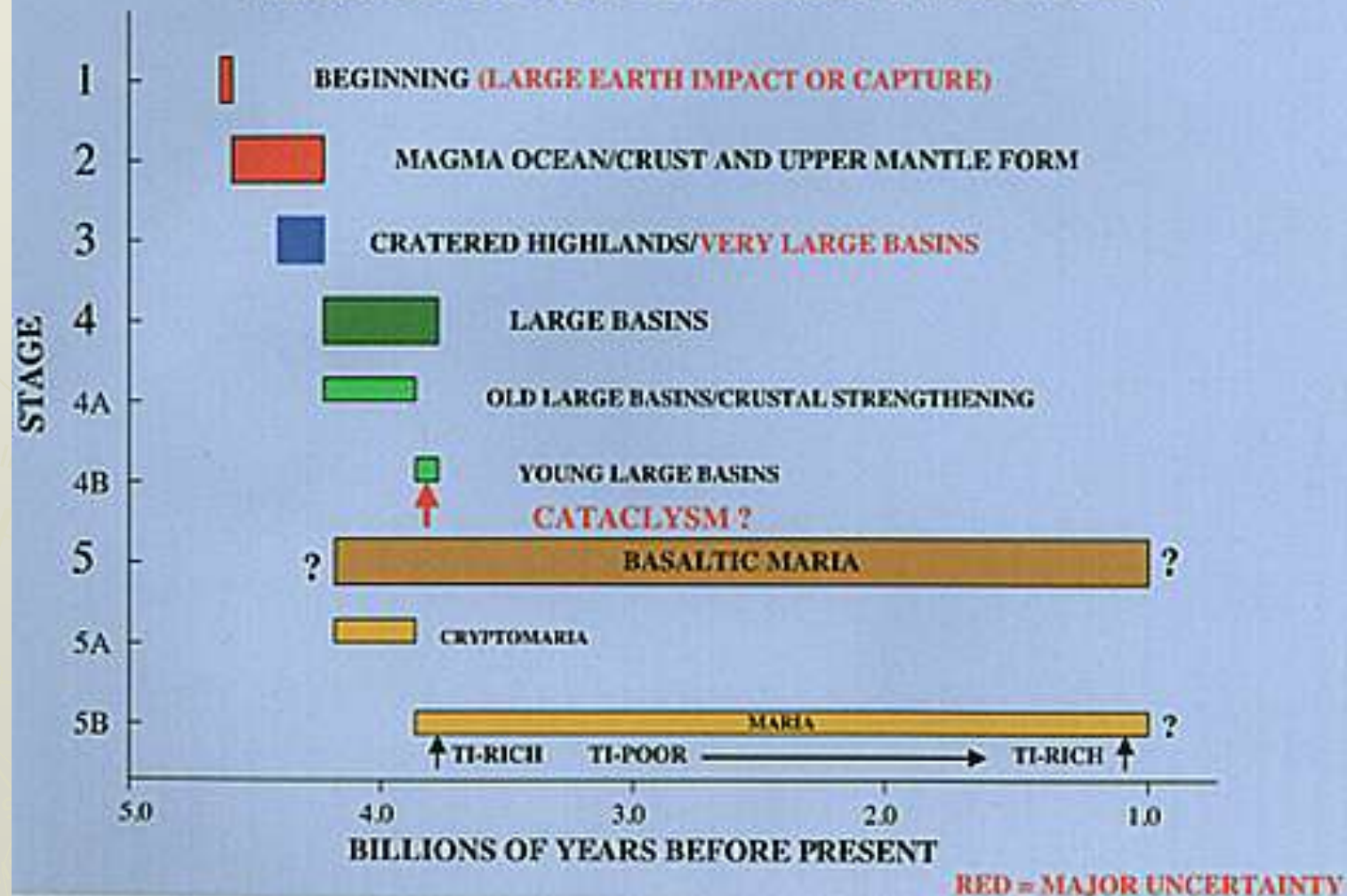
Formation of Maria



Impacts of heavy meteorites broke the crust and produced large basins that were flooded with lava



MAJOR STAGES OF LUNAR EVOLUTION



Lugares de descenso de las Apollo

- Misiones Apollo y Luna
 - Muestraron los dos terrenos
 - Mare con edades 3.1-3.8 Ga
 - Terrae todos entre 3.8-4.0 Ga
- Meteoritos Lunares
 - Confirman que estas edades son representativas de la mayor parte de la Luna.



Las muestras de las Misiones Apollo

TABLE 21-1
Apollo Lunar Landings

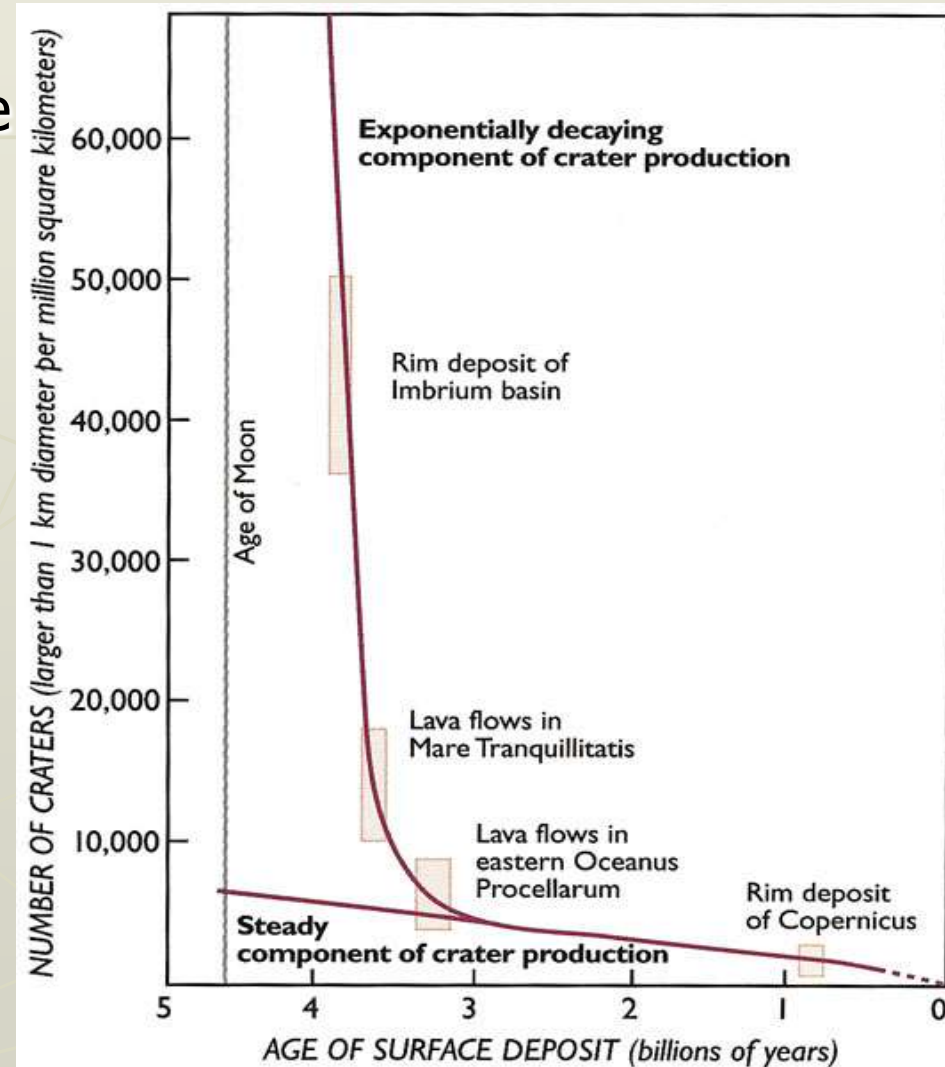
Apollo Mission*	Astronauts: Commander LM Pilot CM Pilot	Date	Mission Goals	Sample Weight (kg)	Typical Samples	Ages (10 ⁹ y)
11	Armstrong Aldrin Collins	July 1969	First manned landing; Mare Tranquillitatis	21.7	Mare basalts	3.48–3.72
12	Conrad Bean Gordon	November 1969	Visit Surveyor 3; sample Oceanus Procellarum (mare)	34.4	Mare basalts	3.15–3.37
14	Shepard Mitchell Roosa	February 1971	Fra Mauro, Imbrium ejecta sheet	42.9	Breccia	3.85–3.96
15	Scott Irwin Worden	July 1971	Edge of Mare Imbrium and Apennine Mountains, Hadley Rille	76.8	Mare basalts; highland anorthosite	3.28–3.44 4.09
16	Young Duke Mattingley	April 1972	Sample highland crust; Cayley formation (ejecta); Descartes	94.7	Highland basalt; breccia	3.84 3.92
17	Cernan Schmitt Evans	December 1972	Sample highland crust; dark halo craters; Taurus–Littrow	110.5	Mare basalt; highland breccia; fractured dunite	3.77 3.86 4.48

*The Apollo 13 mission suffered an explosion on the way to the moon and did not land.

- ▶ Conteo de cráteres estableció edades relativas que se transformaron en edades absolutas luego de la datación de las muestras
- ▶ El material fundido de las grandes cuencas se agrupa en edades
 - ▶ Imbrium 3.85Ga
 - ▶ Nectaris 3.9-3.92 Ga
- ▶ La corteza de las zonas altas solidificó a ~ 4.45 Ga

Hubo un intenso nivel de impactos anterior a 3.8 Ga, o en los primeros 800Ma desde la formación de la Tierra-Luna

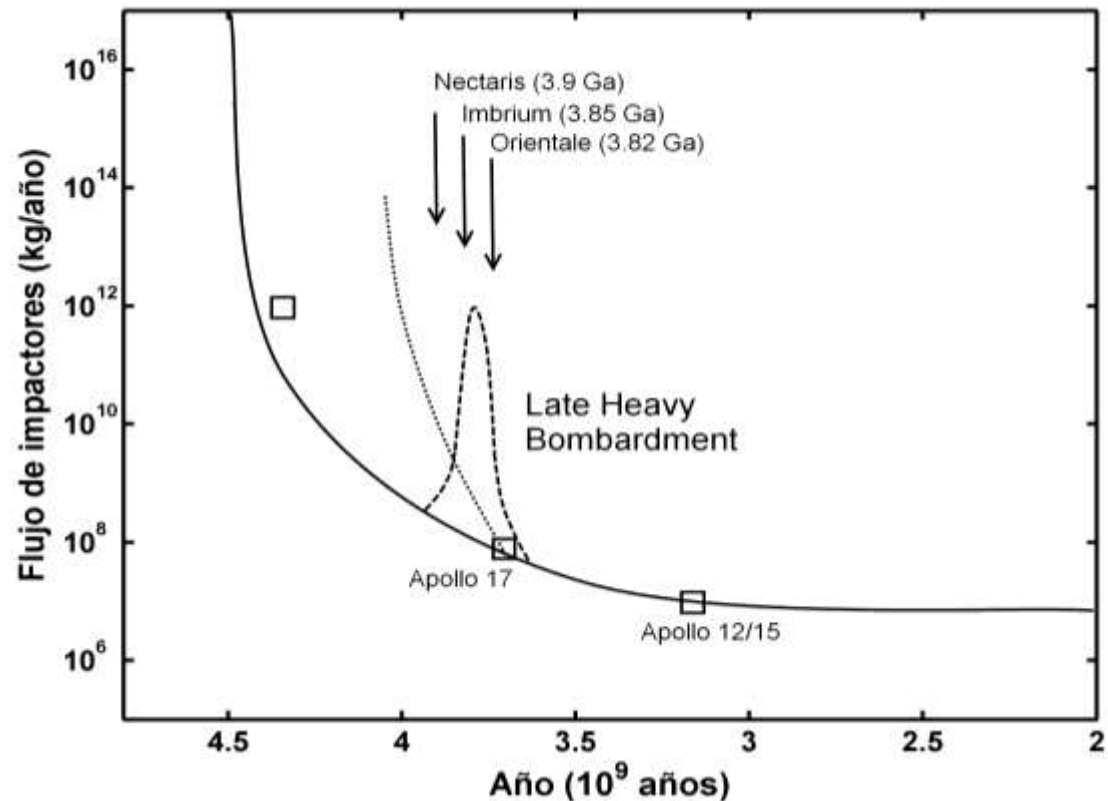
Late Heavy Bombardment



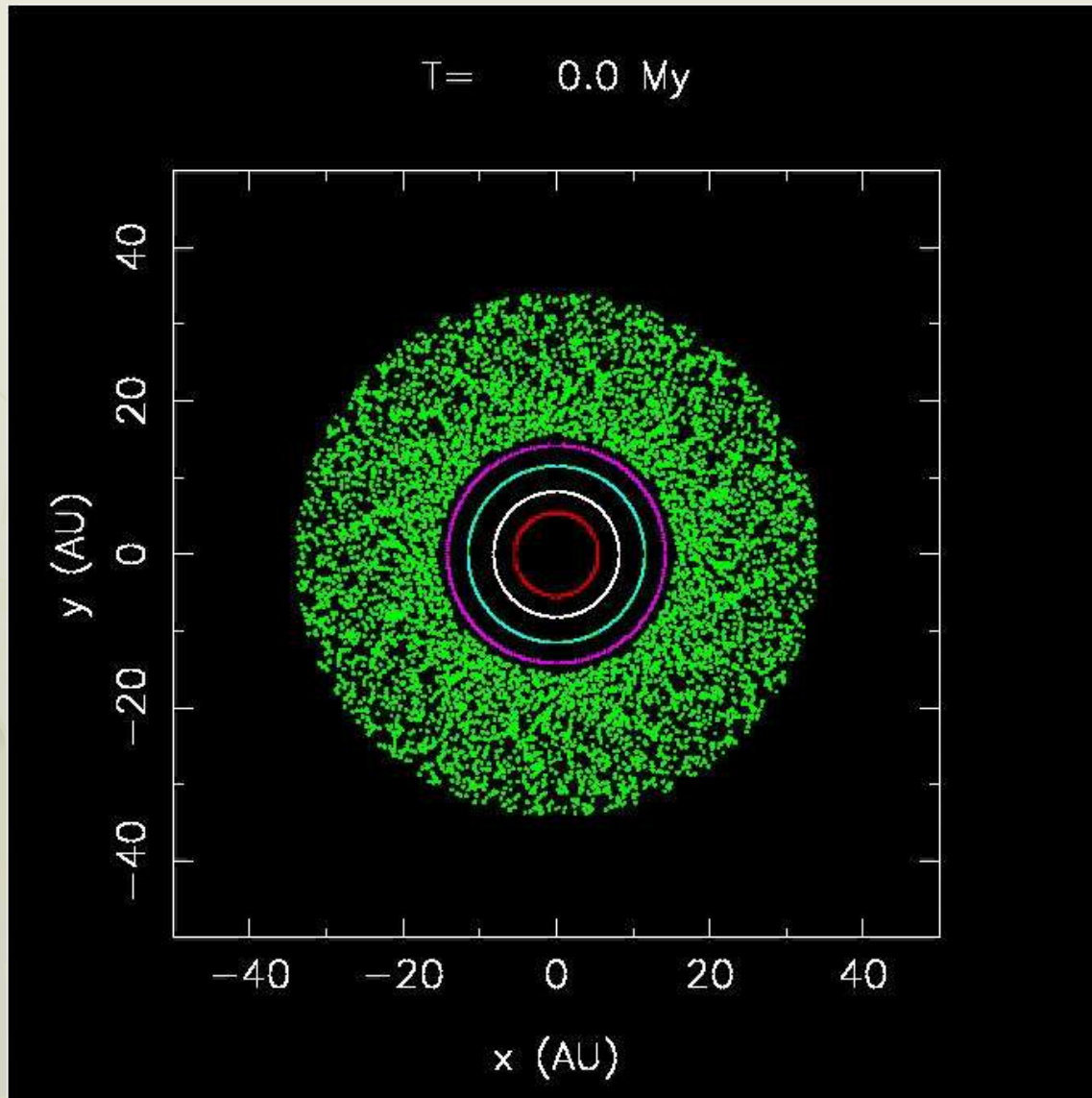
LHB: Final de la acreción o cataclismo

- ▶ Es el abrupto final del proceso de acreción de los planetas terrestres (Hartmann 1975, Bottke et al. 2003)
- ▶ Se produjo un pico en la tasa de impacto ~ 800 Ma luego de la formación de la Luna-Tierra (Tera et al. 1974)

¿Caída
continua o
pico?

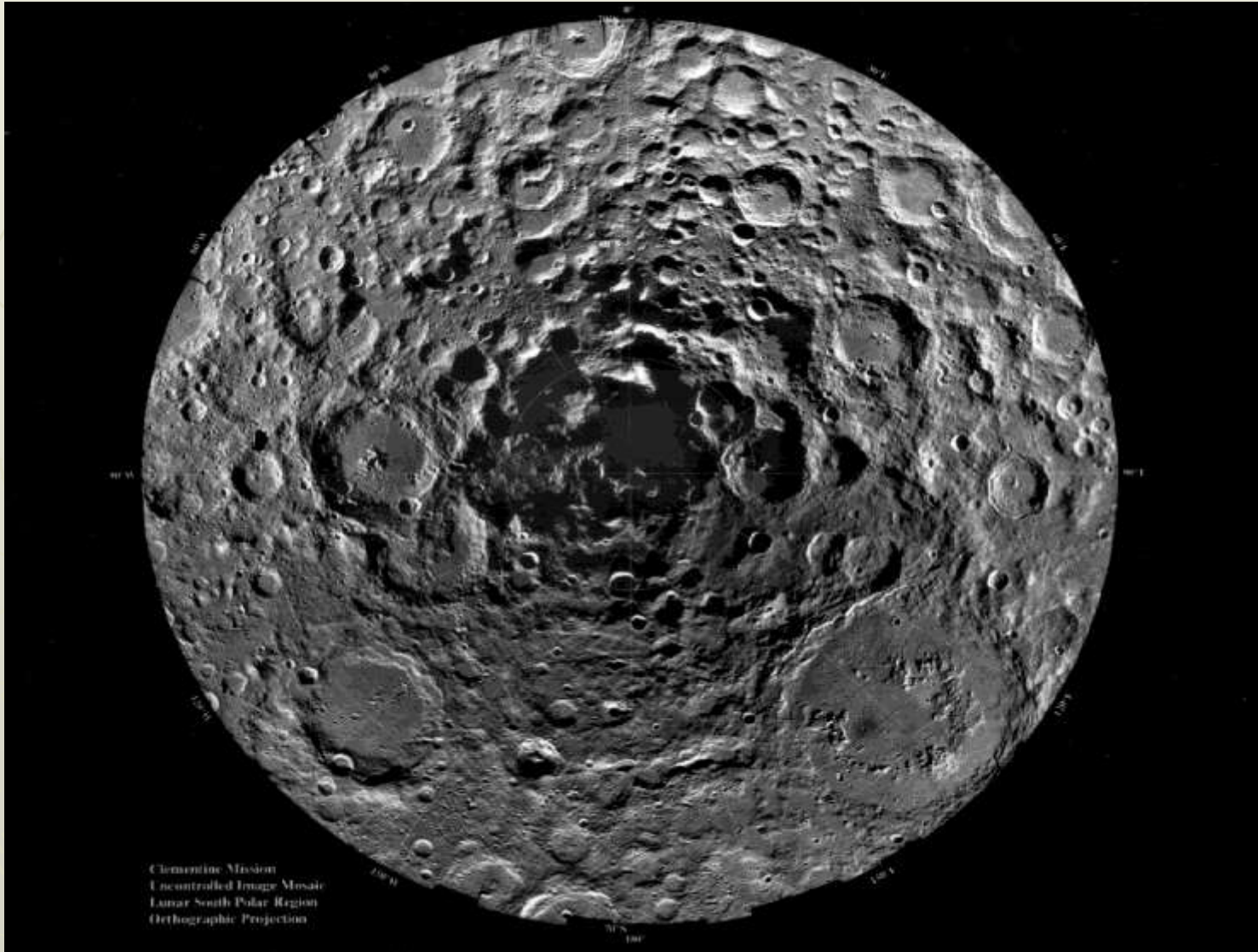


El modelo de Niza (A Nice model)

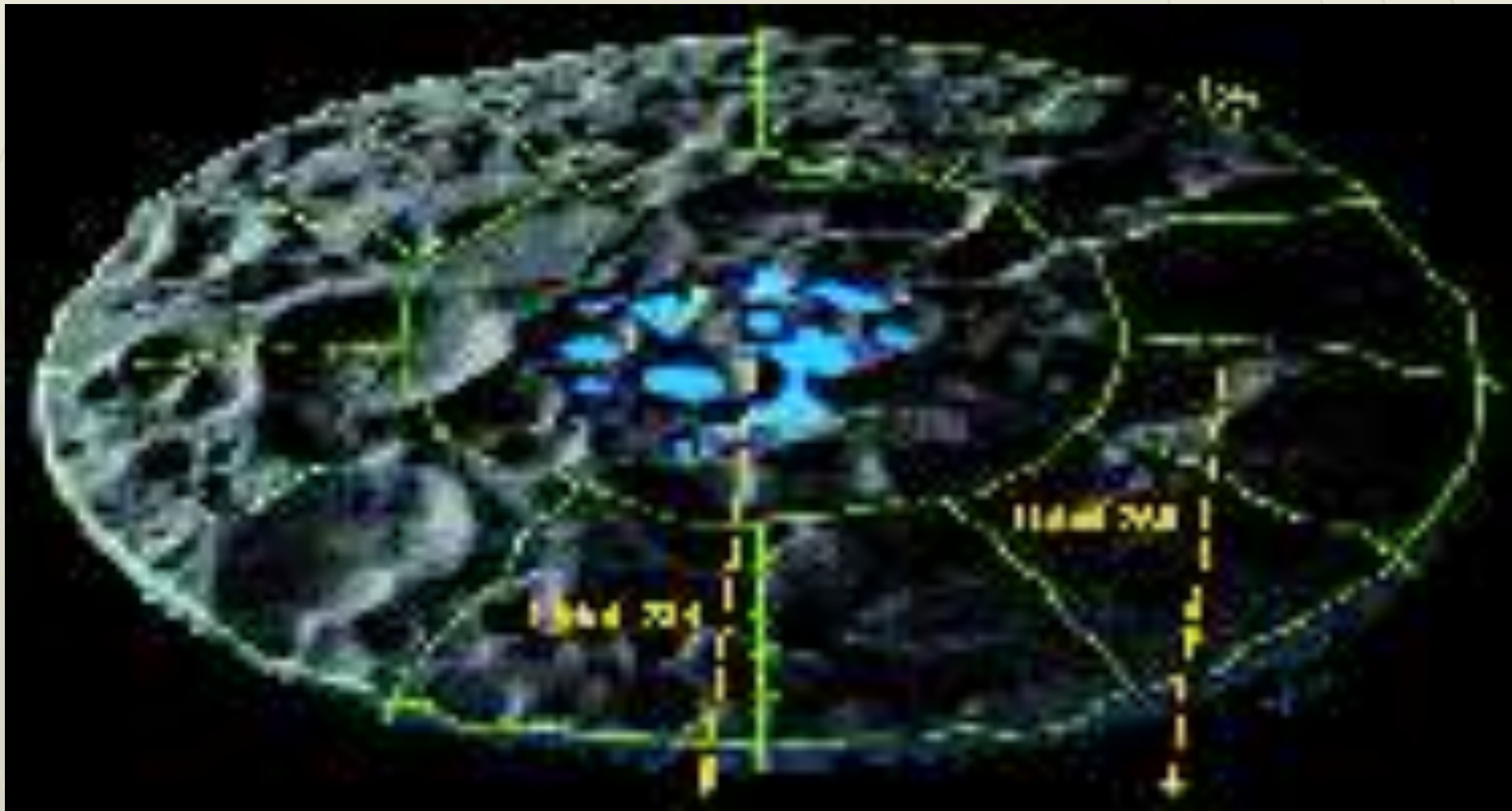


Gomes et al. (2005)

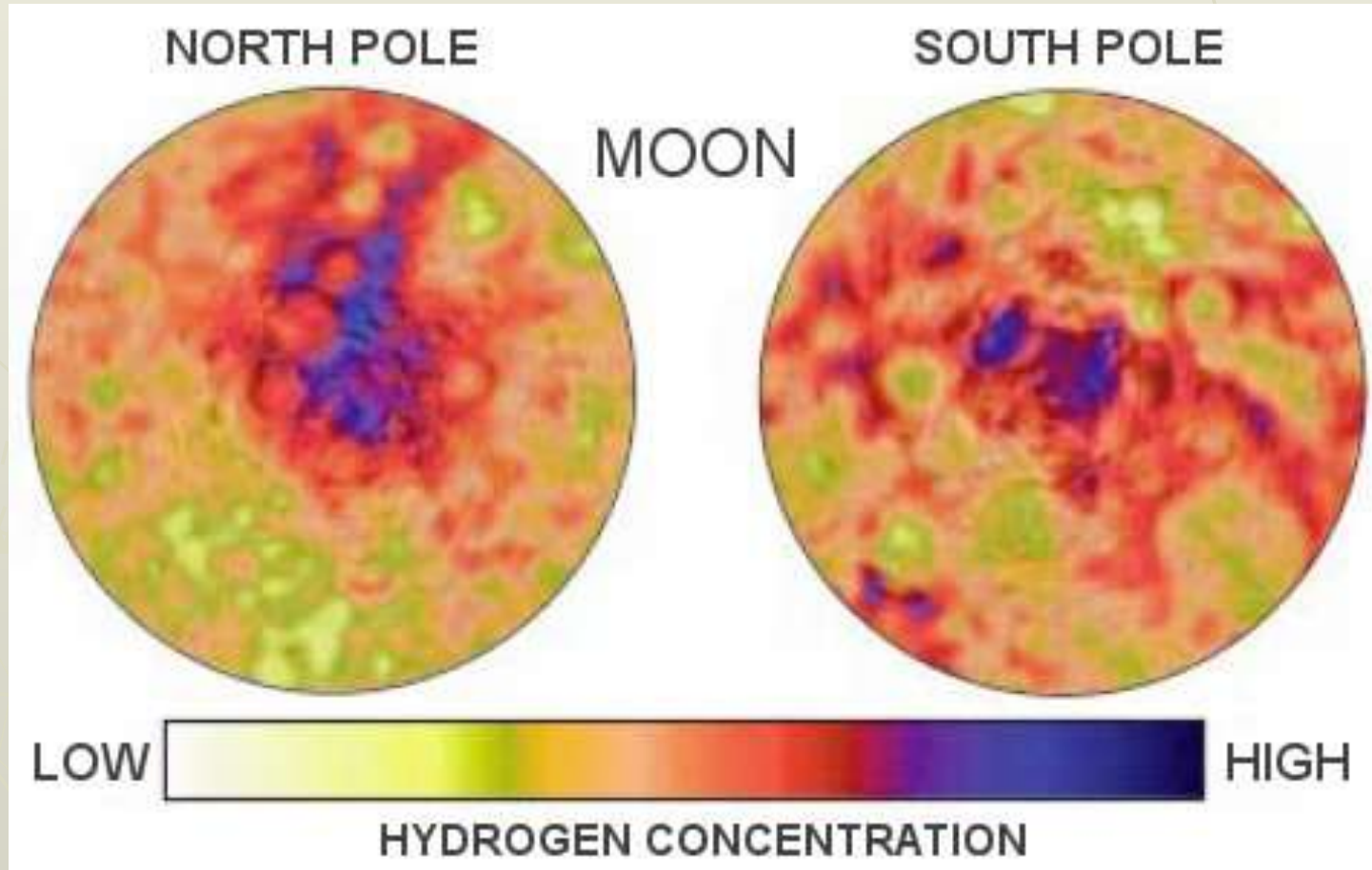
Map of the Southern Lunar Pole

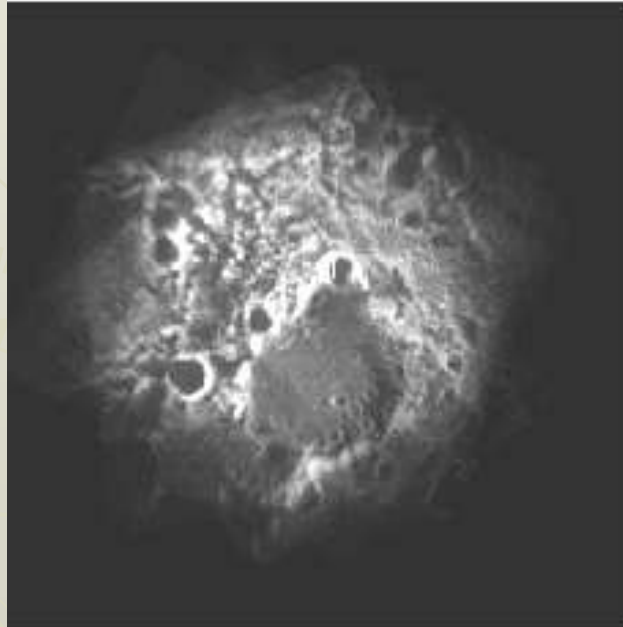
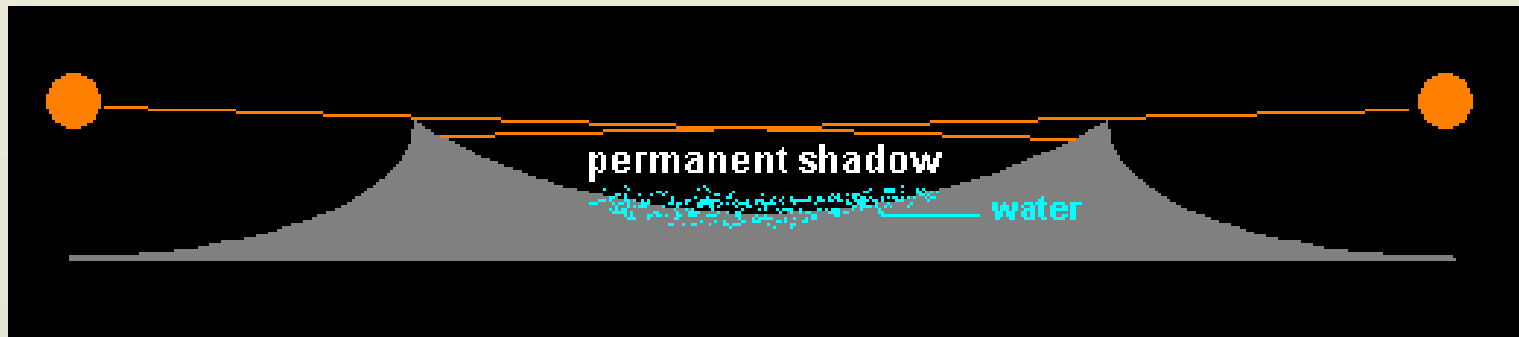


Ice in the in the bottom of a permanently shadowed crater close to the southern pole of the Moon?

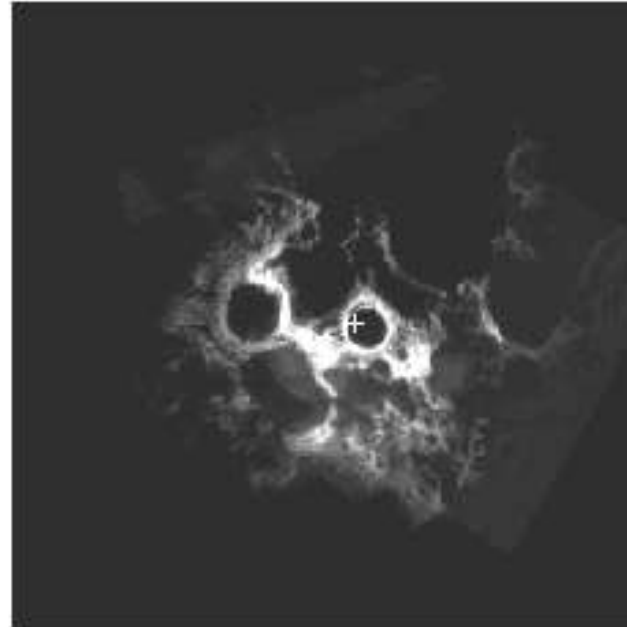


Data from neutron





North polar composite



South polar composite

100 km

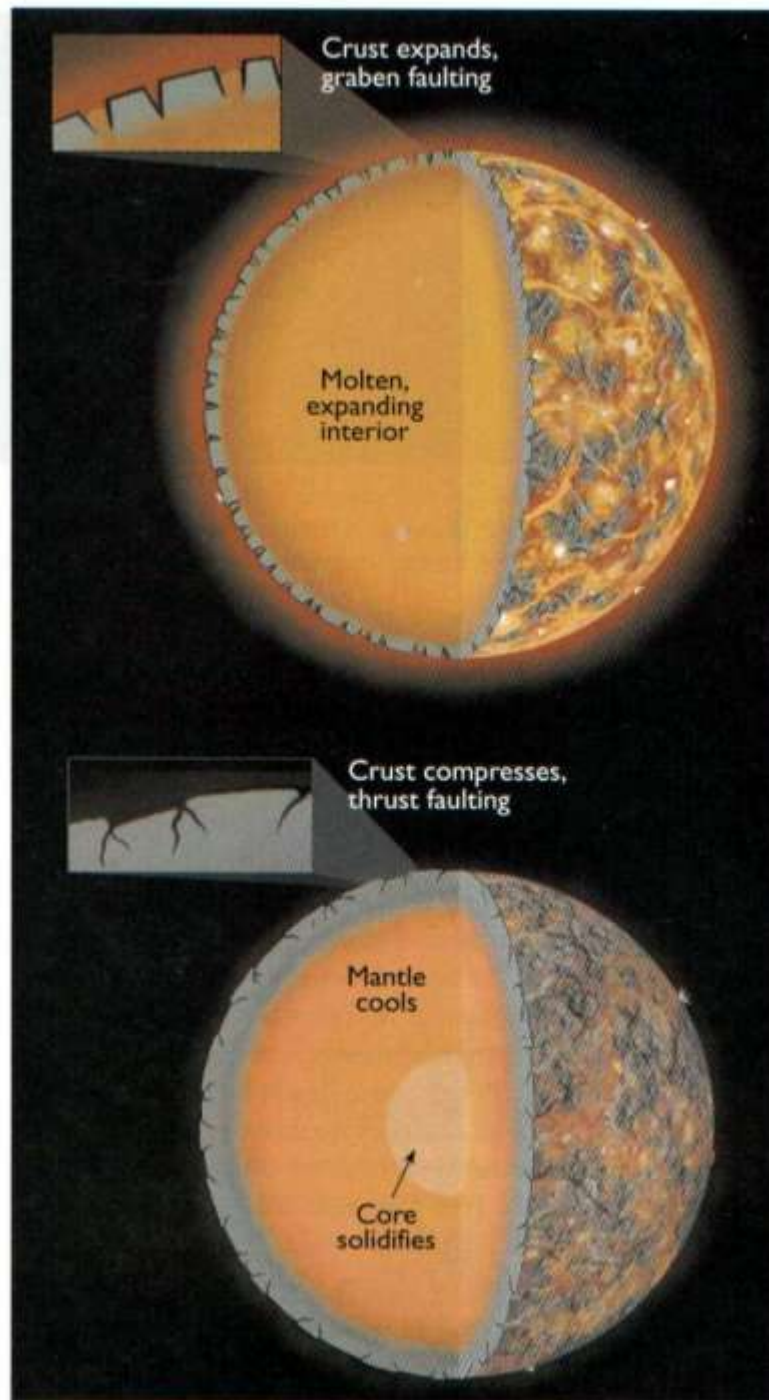
(Courtesy of Lunar and Planetary Institute.)



Figure 12 Discovery Rupes, one of the longest lobate scarps on Mercury, extends 500 km and is up to 2 km high in some places. It transects two craters, and the foreshortening seen in their floors argues that Discovery is a thrust fault caused by compressional stress in the crust.

(Pole-Arken basin, on the Moon's far side, is 2,600 km across.) The cataclysmic Caloris impact occurred about 3.85 billion years ago when an object roughly 150 km across struck Mercury with the energy equivalent of a trillion 1-megaton hydrogen bombs. It was an event with global consequences for the young planet, and its manifestations are not limited to the region around the basin.

For example, at the basin's *antipode* (the spot on Mercury 180° from the impact site) is an unusual tract of terrain unlike any other in the solar system. Roughly the size of France and Germany combined, it consists of numerous hills and depressions that crosscut the preexisting landforms (Figure 10). The



LUNA, MERCURIO, MARTE

EXTENSION
Y
COMPRESION
POR
MOVIMIENTO
RADIAL

Wrinkle ridges en Luna y Mercurio



Plegamientos asociados a actividad tectónica, cuando la lava basáltica se enfría y contrae.
Extensión ~ hasta 100 km

- ▶ En la Luna **no hay actividad tectónica** o **volcánica** desde hace 3000 Ma.
- ▶ Sí se detectan suaves **sísmos** ("lunamotos") debidos a tensiones en el satélite producidas por el efecto de marea por la proximidad a nuestro planeta, y que como sabemos es recíproco: estas mareas las experimenta tanto la Tierra como la Luna debido a la atracción gravitatoria entre ambos cuerpos.

Cinco días antes y tres días después del perigeo (máxima proximidad a la Tierra) pueden medirse ligeros temblores.

- ▶ La escasa amortiguación de las ondas **indica que no hay un núcleo fundido**. Esto coincide con las mediciones de que la Luna no tiene un campo magnético (al menos en la actualidad).

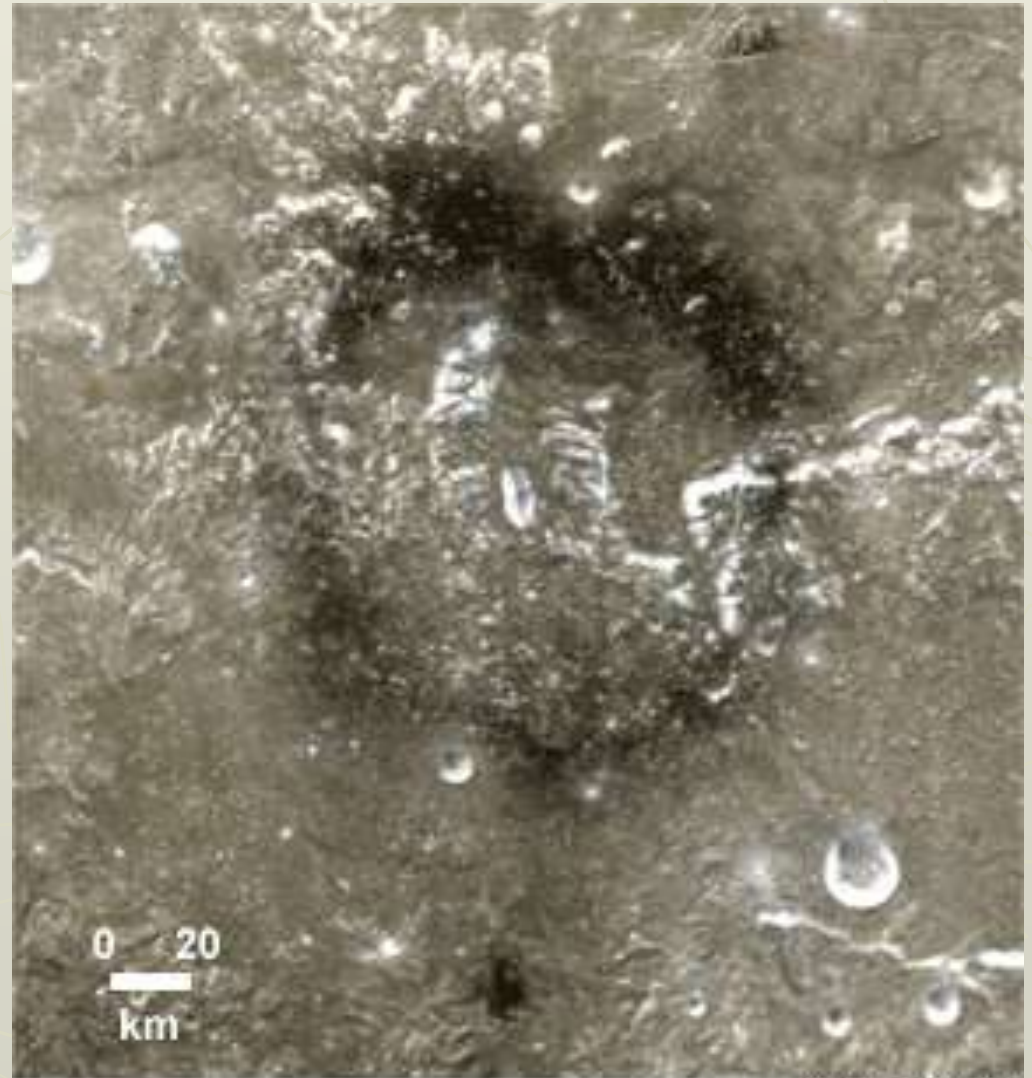
No hay rasgos de volcanismo activo en la luna, el que hubo ocurrió antes de los 3 Ga. Los flujos de lava más recientes ocurrieron hace 1Ga. .

Dark regions on the Moon are lunar maria. These are low, smooth regions of dark, fine-grained volcanic rock — basalt. Galileo spacecraft image (PIA00405) produced by the U.S. Geological Survey, courtesy of NASA and the Jet Propulsion Laboratory.



EL VULCANISMO

- ▶ el anillo oscuro en este mosaico Clementina del sudoeste de la cuenca Oriental en la luna es un depósito volcánico vítreo, similar a aquellos depósitos de Mercurio e Io.



(Paul Spudis)

TECTONICA / Edad de fosilización

- ▶ *Wrinkle ridges*: sugieren que la superficie lunar fue deformada por las fuerzas tectónicas.
- ▶ La luna es un modelo de deformación, en los planetas de una placa.
- ▶ Luna : 3900 Ma



Contracción que se puede medir

Alrededor del cráter aparecen como “chorretes”, los diámetros de los cráteres de mercurio son mucho menores que los de la Luna.

Mercurio: Presenta algunas fallas de expansión/compresión. Tiene una litosfera y probablemente sin astenosfera. Una vez más la tectónica de placa no puede darse.

Edad de fosilización

Mercurio: 3990 Ma



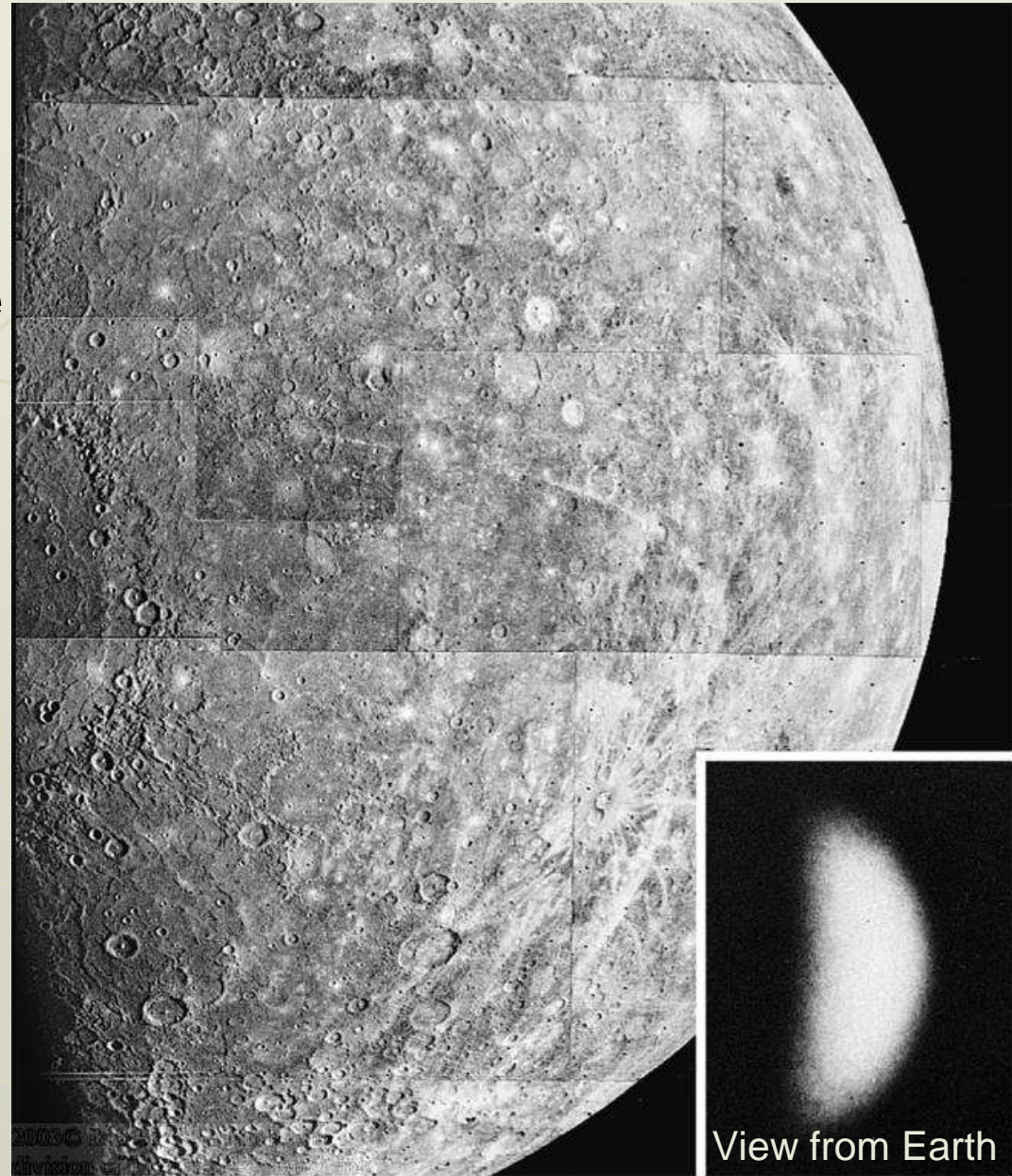
Mercury's surface showing numerous impact craters and a ridge -Santa Maria Rupes - running from the bottom middle of the image toward the upper left. The ridge marks a fault created by compressive forces. The image is about 200 Km (125 miles) across. Image from the Mariner 10 mission (Image PIA02444).

Mercury

Very similar to Earth's moon in several ways:

- Small; no atmosphere
- lowlands flooded by ancient lava flows
- heavily cratered surfaces

Most of our knowledge based on measurements by Mariner 10 spacecraft (1974 - 1975)



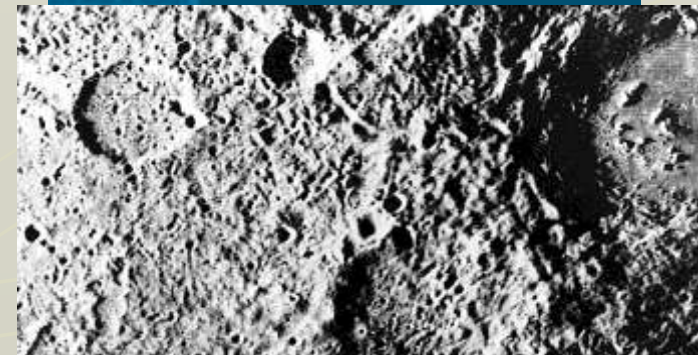
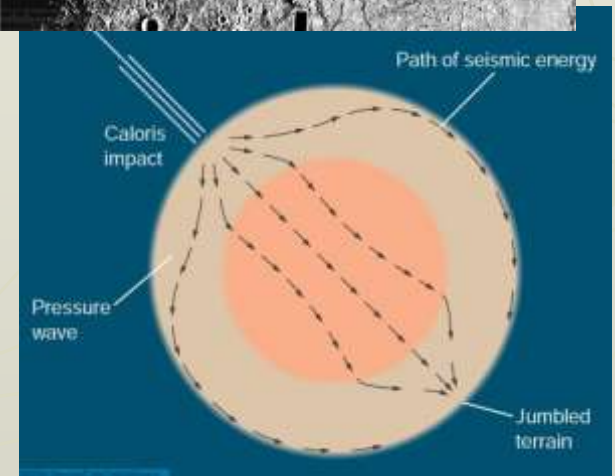
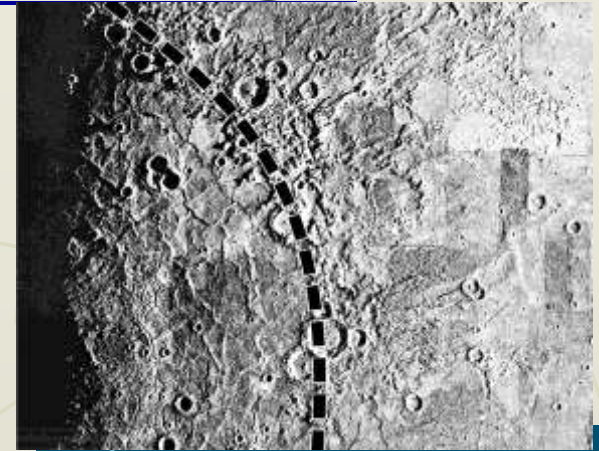
The Surface of Mercury

Very similar to Earth's moon:

Heavily battered with craters, including some large basins.

Largest basin: **Caloris Basin**

Terrain on the opposite side jumbled by seismic waves from the impact.



Lobate Scarps



Curved cliffs, probably formed when Mercury shrank while cooling down

VENUS Y TIERRA

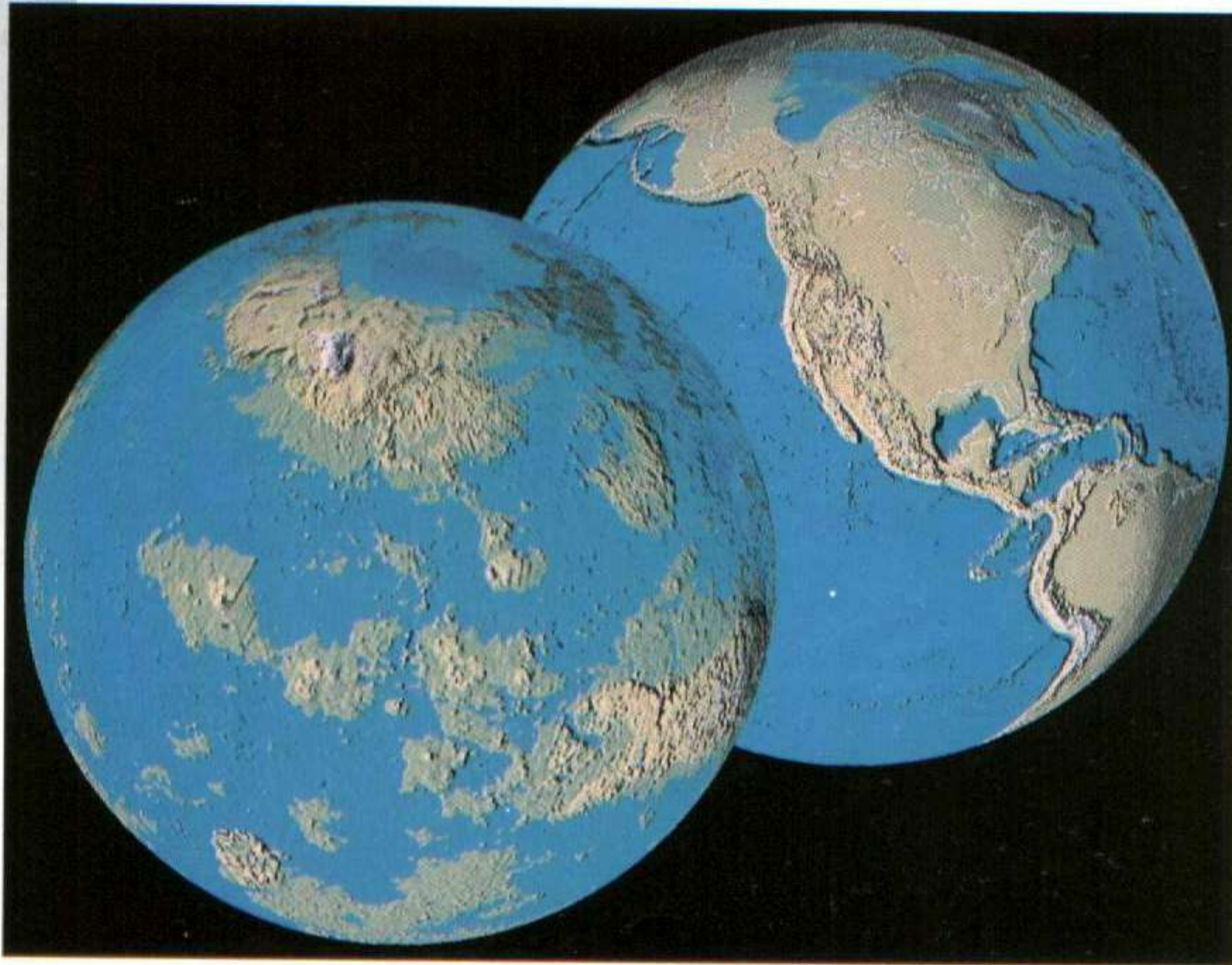
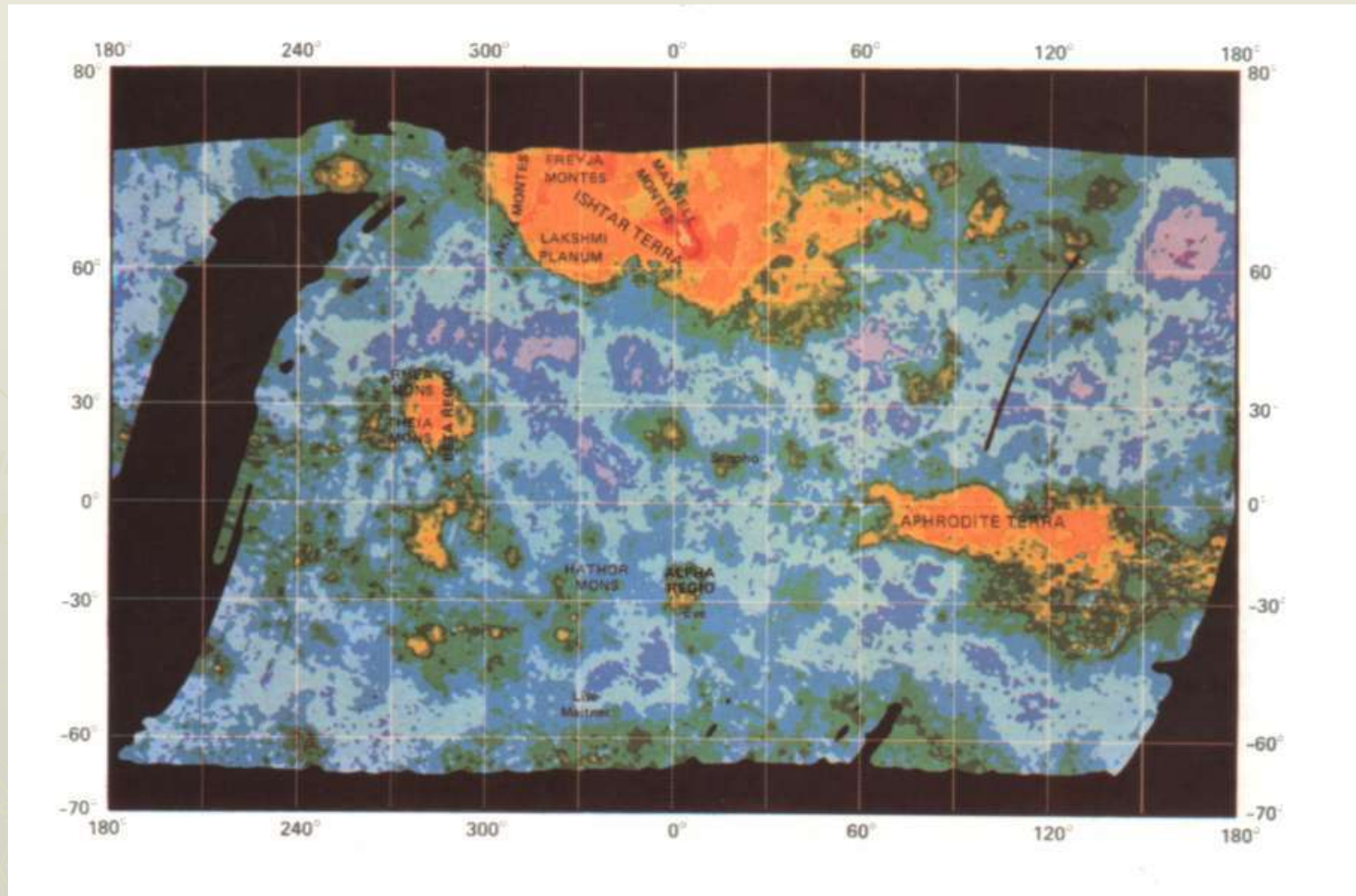


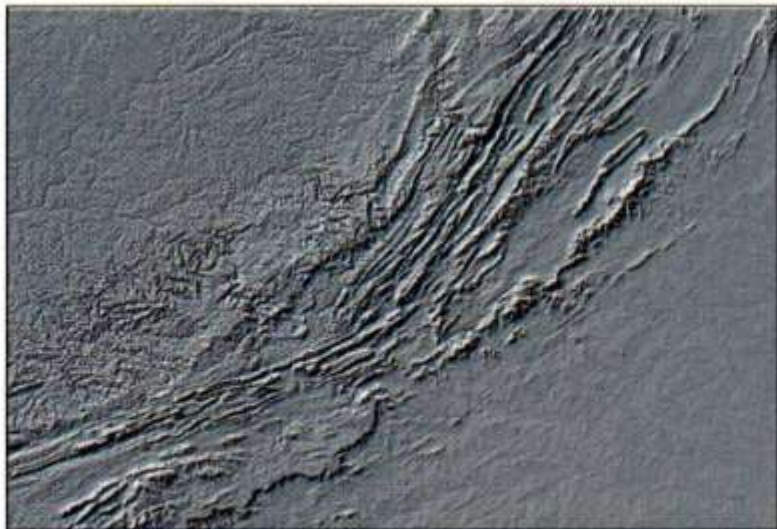
Figure 1. Even before Magellan's arrival, scientists realized that the landscape of Venus (left) was dominated by vast plains and lowlands, with few landmasses comparable to Earth's continents (right).

Primer radar mapeado de Venus

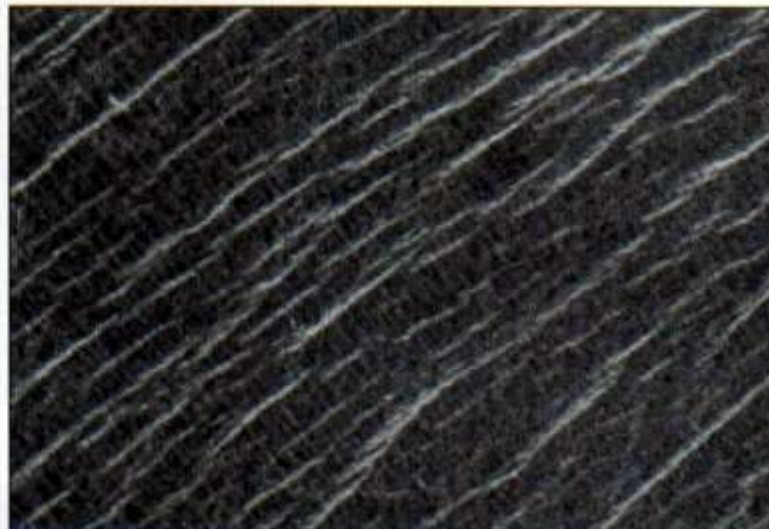


Pioner Venus 1, 1979

TIERRA Y VENUS



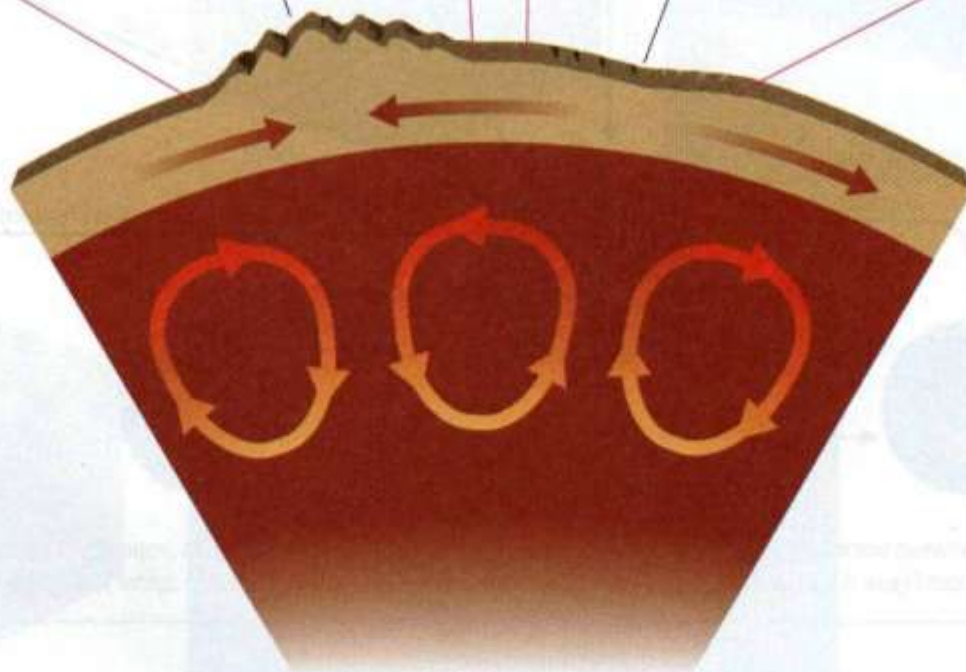
Appalachian Mountains in eastern United States



Guinevere Plains on Venus

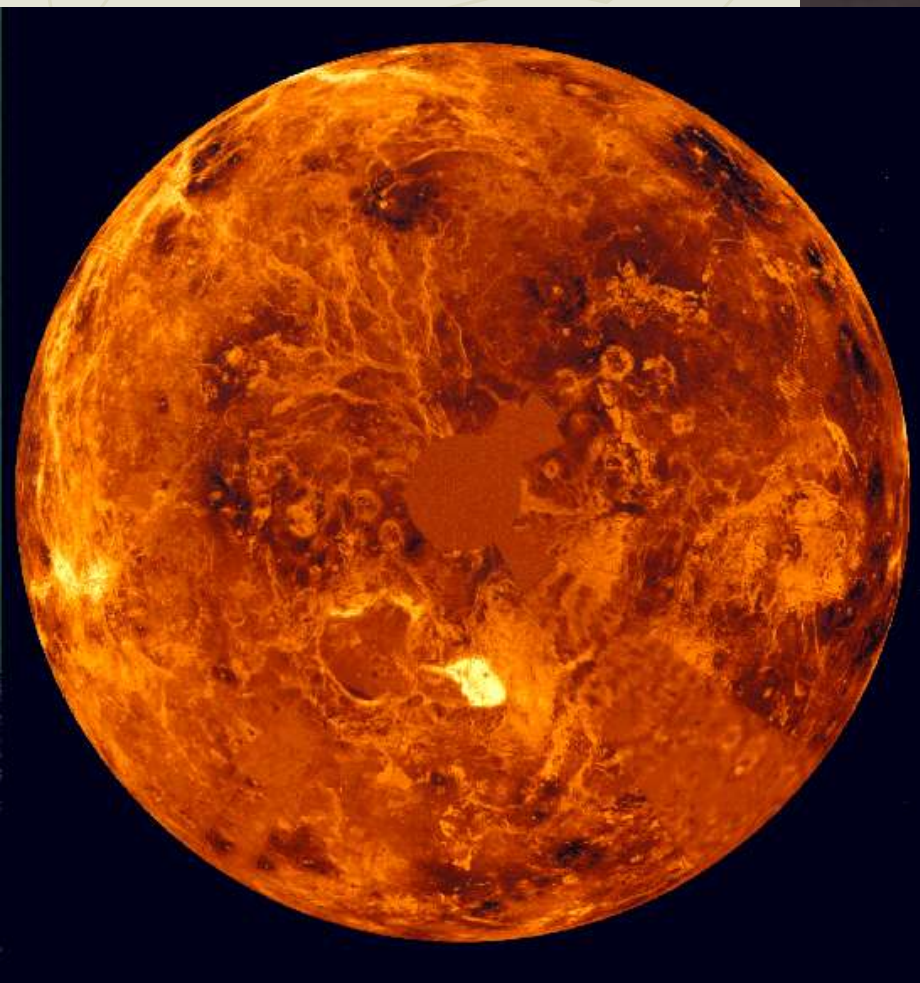
Compression in crust can make mountains.

Extension can make cracks and valleys.



EXTENSION
Y
COMPRESION
POR
MOVIMIENTO
HORIZONTAL

Venus



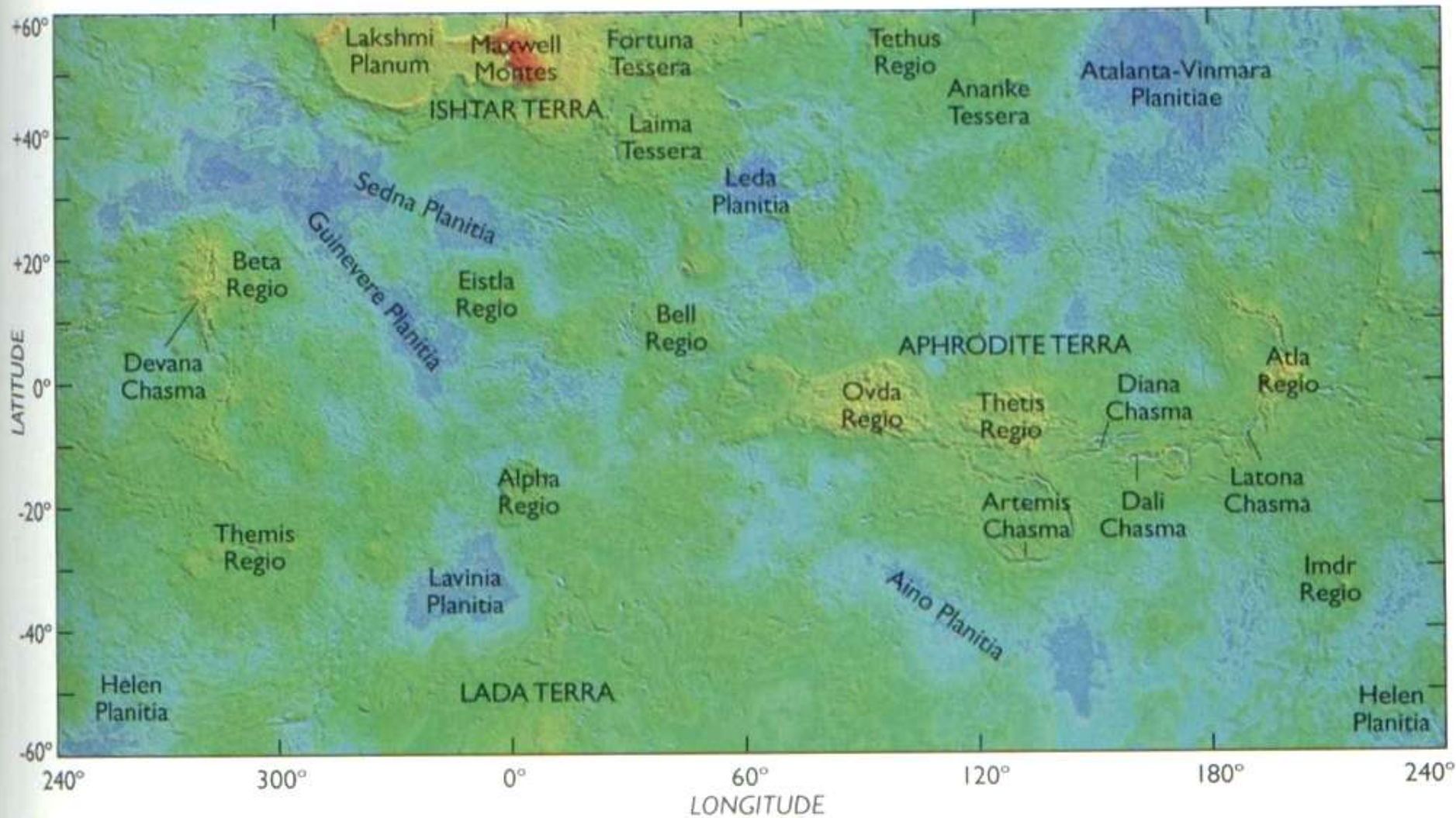


Figure 9. It took Magellan's radar altimeter 24 months to map 98 percent of Venus. In this Mercator-projected view, red corresponds to the highest elevations, blue to the lowest. Maxwell Montes, the planet's highest mountains, rise 12 km above the mean elevation. Even though Venus exhibits a range of elevations comparable to that of Earth, the two planets have distinct topographies. Earth has many high-standing continents

and low-lying ocean floors, whereas about 60 percent of Venus's terrain lies within 500 m of the mean planetary radius (its equivalent of sea level). The scorpion-shaped feature extending along the equator between 70° and 210° east longitude is Aphrodite Terra, a continentlike highland that contains several spectacular volcanoes at its eastern end: Maat Mons, Ozza Mons, and Sapas Mons.

¿Actividad a largo plazo?

- ▶ Tiene todos los componentes similares a la Tierra, pero:
 - No es claro que se activo actualmente
 - Elevaciones en un promedio de 500 m (P_atm!)
 - Proceso catastrófico hace 500 Ma?
- ▶ ¿Que puede pasar?
 - ▶ El calor interno se libera por la litósfera (**no** hay balance térmico)
 - ▶ El manto sublitosférico se licua y baja la densidad del manto
 - ▶ Se producen grandes erupciones en zonas de adelgazamiento.
 - ▶ Luego el magma se enfría y la superficie es remodelada nuevamente
- ▶ ¿CICLO?

MARTE

Mars facts

Distances:

1.52 AU from Sun
(or 227,940,000 km)

58,400,000 km to Earth

Dimensions:

Diameter: 6794 km
Mass: 6.41×10^{23} kg
Surface: 144×10^6 km²
Escape: 5.02 km.s⁻¹

Temperatures:

Min: -133°C (winter pole)
Max: +27°C (summer noon)
Average: -55°C (218K)

Albedo: 0.16 (darker)

Speed of sound: 235 m.s⁻¹



YEAR
365 Days 686 Days
(667 Sols)

GRAVITY
38% of earth

SUNLIGHT
44% of earth

ATMOSPHERE

	1013mb	Total	7.6 mb
CO ₂	0.00035		0.95
N ₂	0.781		0.027
O ₂	0.210		0.0013
H ₂ O	0 to 0.04		0 to 0.00021
Ar	0.0093		0.016



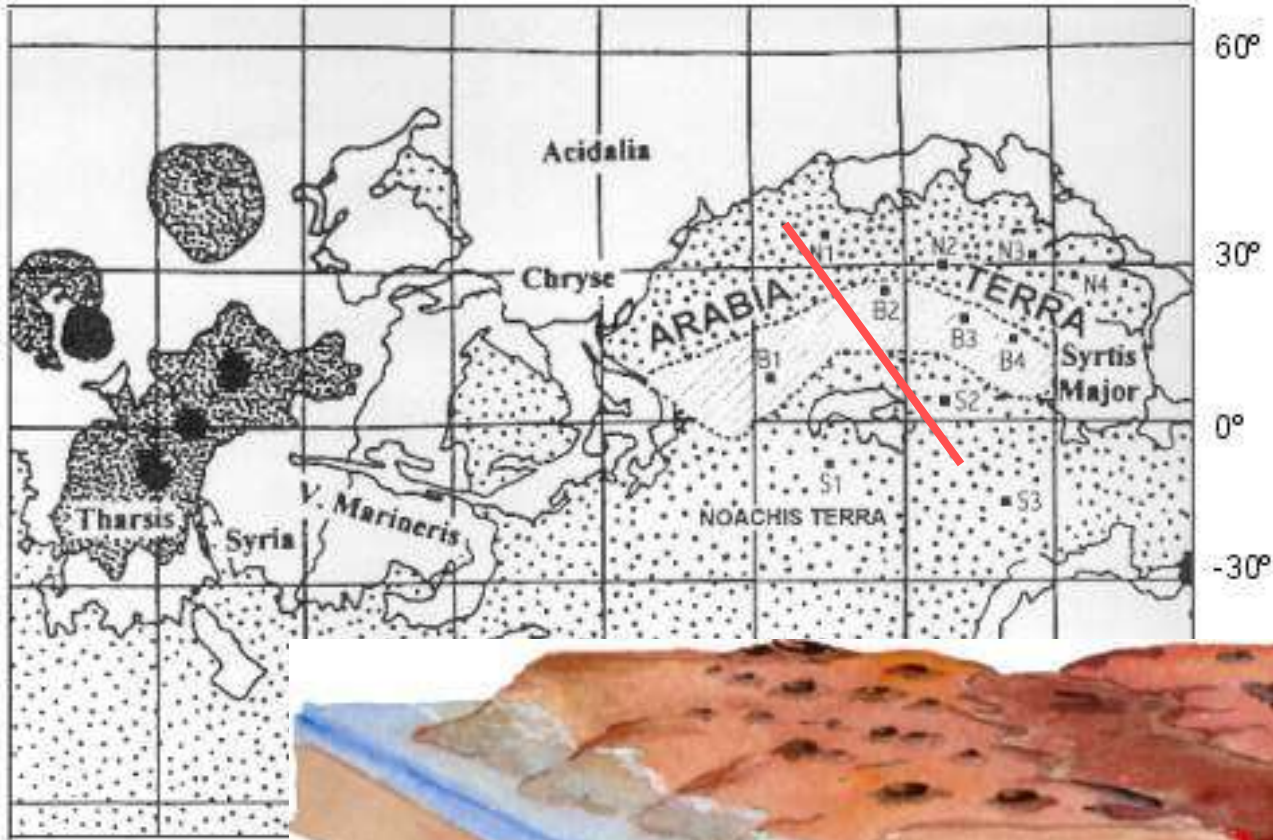
Marte

- ▶ No ha experimentado las deformaciones como la Tierra, pero si ha estado mucho más "vivo" que la Luna o Mercurio.
- ▶ La actividad tectónica en Marte es evidenciada por el monte Tharsis. Esta área se formó cuando un poco de material caliente del manto ascendió y empujó el material de la litosfera hacia arriba; como una burbuja de aire en un tarro de miel

150°

0°

270°



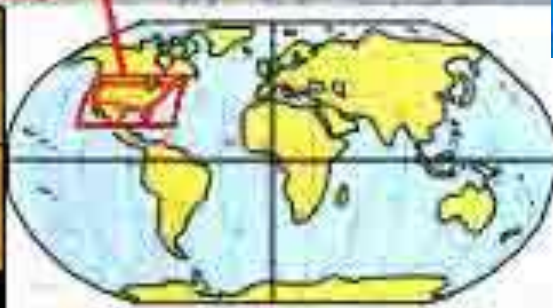
- ▶ Tharsis no tenía la energía suficiente para rasgar la corteza, en lugar creó algunos agujeros, los volcanes, a través de los cuales la lava entró en erupción y se solidificó.
- ▶ Hay cinturones de fracturas que rodean el área de Tharsis, apoyando la teoría del levantamiento y de rotura cortical en el borde de este updoming.
- ▶ Tharsis y también las montañas de Elysium esta rodeado por una cantidad enorme de graben radiales, que indica que había inicialmente un domo.

- ▶ Algunas de las muchas estructuras tectónicas en Marte son análogas a las zonas de rift terrestres.
- ▶ Los graben estrechos simples son las características tectónicas más comunes, y son causados por estiramiento superficial cortical.
- ▶ La escala de graben son de centenares de kilómetros de largo (Claritas Fossae, el 100km ancho) a 1000 kilómetros de largo.
- ▶ El Valle de Marineris se compone sobre todo de canales, pero también han habido otros procesos implicados, por ejemplo derrumbamiento de masa y colapso. Puesto que Marte no tiene ninguna tectónica de placas, se ha sugerido que el Valle de Marineris sea el resultado del intento de la corteza de separarse en dos placas.

Size comparison

United States

Valles Marineris



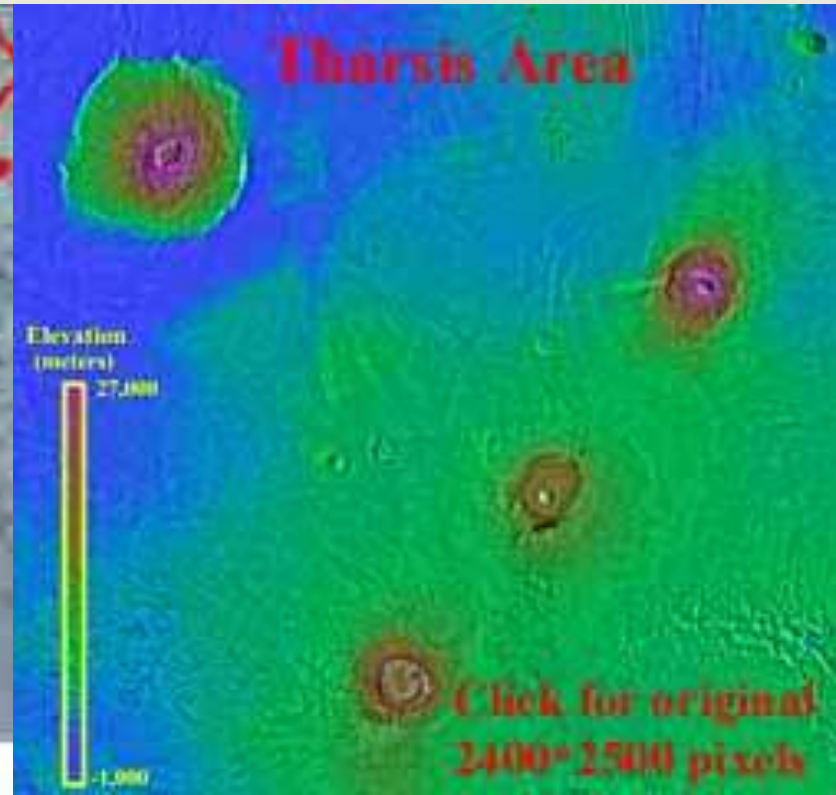
Tharsis Area

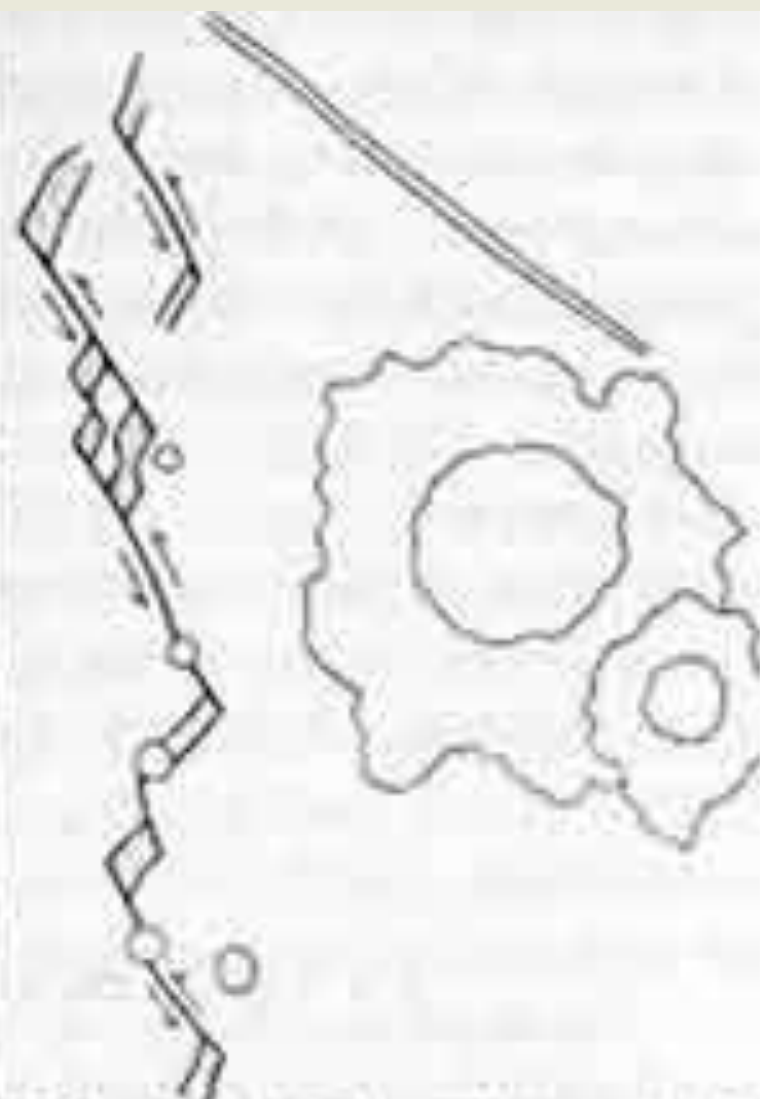
Elevation
(meters)

27,000

-1,000

Click for original
2400x2500 pixels



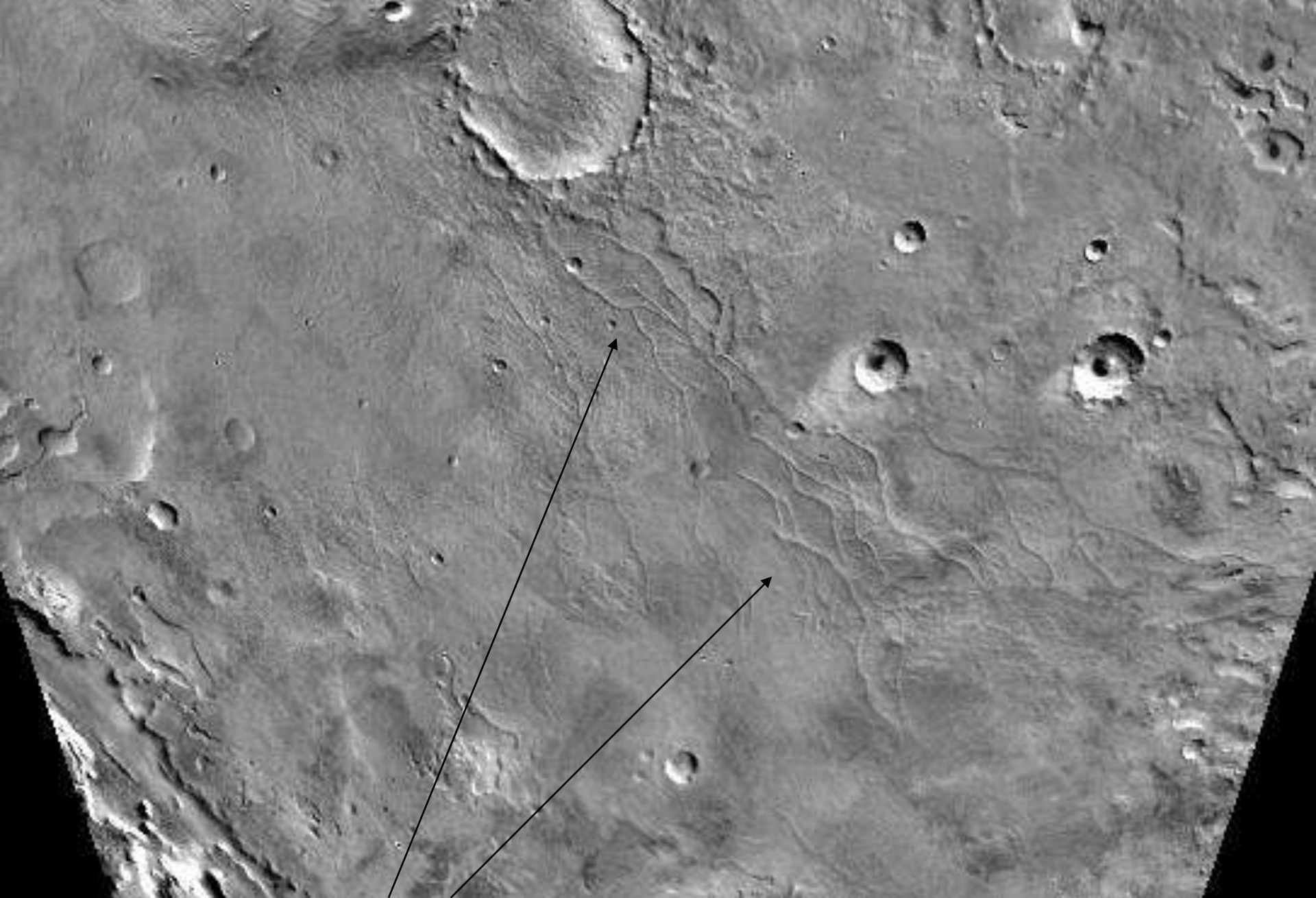


Suggested strike-slip faults on Mars in plains units south of the eastern end of Valles Marineris (54°W , 22°S). Left-lateral strike-slip faults have been proposed to link the bounded push-up structures (stippled dark) in the drawing

Dorsa Argentea



En la zona de Dorsa Argentea, cerca del Polo Sur marciano, existen múltiples crestas sinuosas (*wrinkle ridges*) que en otros planetas (incluyendo la Tierra) son generadas por procesos de compresión.



Wrinkle ridges en Marte

MONTE OLIMPUS

- ▶ Existen grandes volcanes en escudo por ejemplo el MONTE OLIMPUS con un diámetro de 500 a 600 km, diámetro del cráter : 70Km y 25 km de alto. Está rodeado por un farallón de 6 kilómetros de altura. (Por ejemplo, el volcán más grande de la Tierra es el Mauna Loa que tiene 9 kilómetros de altura y 120 kilómetros de diámetro.)
- ▶ Este cráter no es de impacto. Está constituido por rocas fundamentalmente basálticas, hay coladas, rocas piroclásticas de composición básica/máfica.
- ▶ Hacia los polos de Marte hay hielo y glaciares, hubieron sistemas fluviales bien desarrollados, hoy fosilizado. En los brazos del rift hay control por fracturas, núcleos con volcanismo. Comparando tenemos al rift del Rhin y el de Africa, entre otros.
- ▶ En Marte se encuentra el famoso Monte Olimpo. Un volcán que tiene 500 kilómetros de diámetro y una altura de 25 mil metros (recuerden que el Everest tiene apenas 8 mil metros). Este es el tipo de vulcanismo que, en la Tierra, pudo haber dado origen a las semillas de los continentes, es decir a las microplacas que luego formaron las macroplacas continentales.

Volcanes gigantes de escudo

- ▶ Los volcanes gigantes de escudo de Marte son verdaderamente enormes. El mayor es tres veces más grande que el mayor volcán de la Tierra. Y la diferencia es mucho mayor si hablamos del diámetro.
- ▶ El volcán más grande de Marte es comparable a cien volcanes hawaianos. Pero, a pesar de la diferencia de tamaño, los volcanes en escudo de Marte tienen una apariencia muy similar a los de la Tierra.
- ▶ Ambos tienen los mismos perfiles chatos y anchos, calderas centrales amplias y similares características en los flujos de lava. Los volcanes de escudo gigantes de Marte son mucho más antiguos que los de la Tierra. Las lavas menos antiguas de los volcanes marcianos tienen entre 20 y 200 millones de años y las más antiguas cerca de los 2.500 millones. Lo cual quiere decir que estos volcanes estuvieron activos durante miles de millones de años. Este tiempo de actividad es la causa de sus grandes tamaños. En la Tierra, las placas tectónicas mueven todo el tiempo los conos de los volcanes, alejándolos de sus fuentes de magma. Esos movimientos son muy lentos, lo que causa que la mayoría de los volcanes de la Tierra tengan tiempo de vida diferentes. En las islas hawaianas, por ejemplo, los volcanes existieron apenas unos pocos millones de años en cada isla. En contraste, la falta de placas tectónicas en Marte permite que los volcanes crezcan continuamente. El único límite para el tamaño que pueden alcanzar es el volumen de lava disponible.

- ▶ El rift es un proceso endógeno y está controlado por las cicatrices de la tectónica de impacto.
- ▶ En las paredes del rift hay distintos procesos de remoción en masa, asimilables a las zonas de rifting terrestres, en forma de cicatrices.
- ▶ Algunas de las estructuras más sobresalientes y clásicas de Marte son: El Monte Olimpo que ostenta ser el volcán más alto del sistema solar con 24 Km. de altura, este tamaño que es 3 veces el del Monte Everest se logró debido a la ausencia de actividad tectónica en Marte.
- ▶ El Monte Olimpo tiene dos volcanes cercanos y todos ellos se encuentran sobre un terreno cuya elevación es de aproximadamente 6 kilómetros a la que se le denomina Elevación de Tharsis; El Valle Marineris es una hendidura de 4000 kilómetros de longitud por 2 a 77 de profundidad que sigue el ecuador marciano y fue formado posiblemente por fractura de la corteza del planeta; Hellas Planitia es un cráter en el hemisferio sur de 6 kilómetros de profundidad y 2 de diámetro.
- ▶ Tiene una densidad mucho menor a la de la tierra, por esto se a deducido que posee un núcleo férrico de 1700 Km. de radio, un manto de roca fundida y una delgada corteza de aproximadamente 80 Km. de espesor en el hemisferio Sur y de solo 35 Km. en el Norte. Los estudios en terreno con las diferentes misiones han mostrado que la superficie está formada por rocas ricas en hierro, sílice y sulfuro. El color rojo del planeta esta dado por óxidos de hierro. No posee campo magnético mensurable.

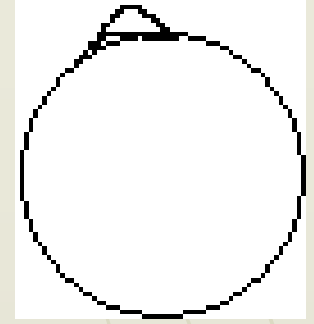
Otro rift de Marte: THARSIS

- ▶ Presenta fracturación paralela muy importante y aparatos volcánicos periféricos, la parte central está más deprimida. Hubo entonces riftiamiento y volcanismo, pero no se llegó a la etapa de corrimiento.
- ▶ El campo gravitatorio en la zona de THARSIS presenta anomalías importantes. Las mediciones gravimétricas en el monte de THARSIS dan anomalías positivas, esto indica que el sistema de rift a fosilizado o dicho de otra forma fosilizó en una etapa avanzada del Rifting.
- ▶ Anomalía de Bouguer positiva, corteza mas delgada y el manto cercano a la superficie.

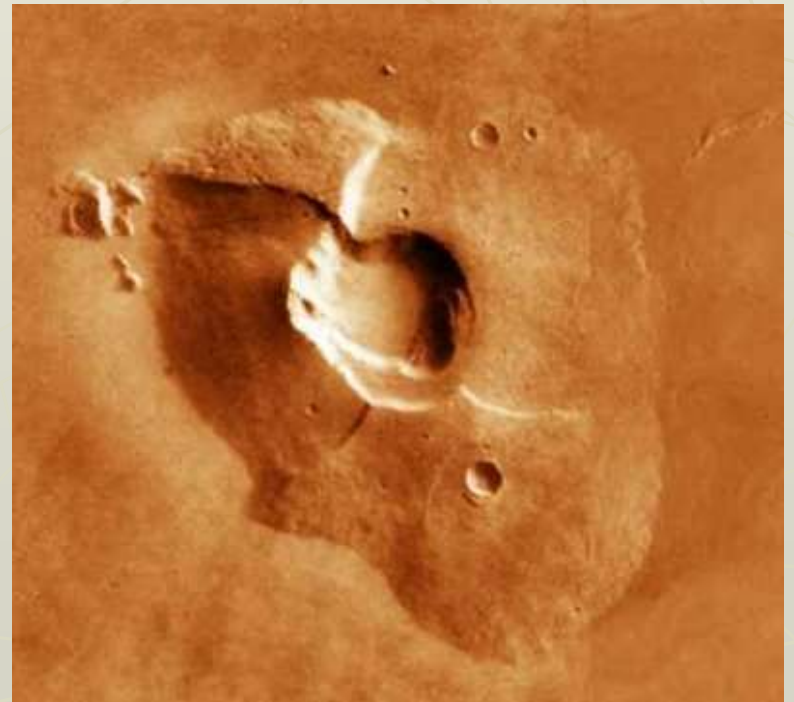
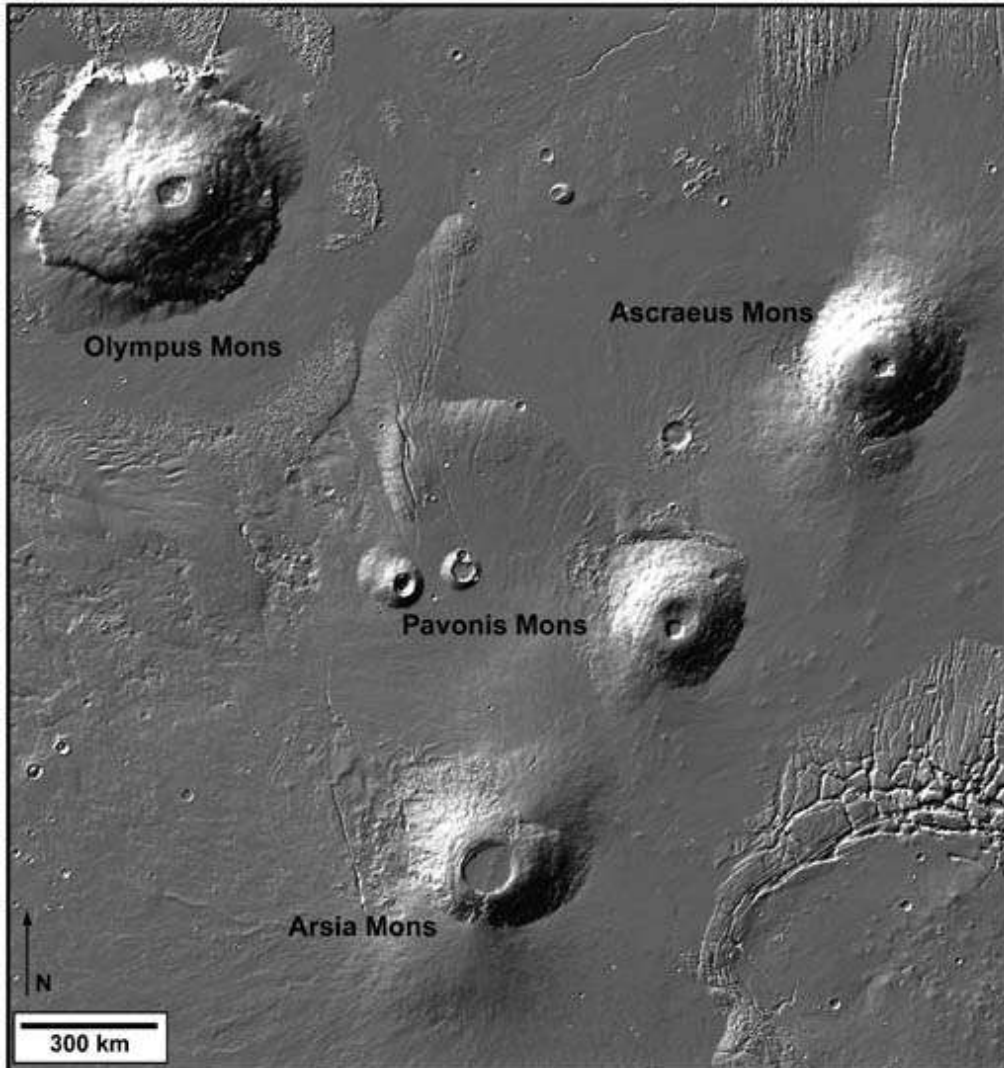
MONTE THARSIS

grandes volcanes. El vulcanismo es periférico

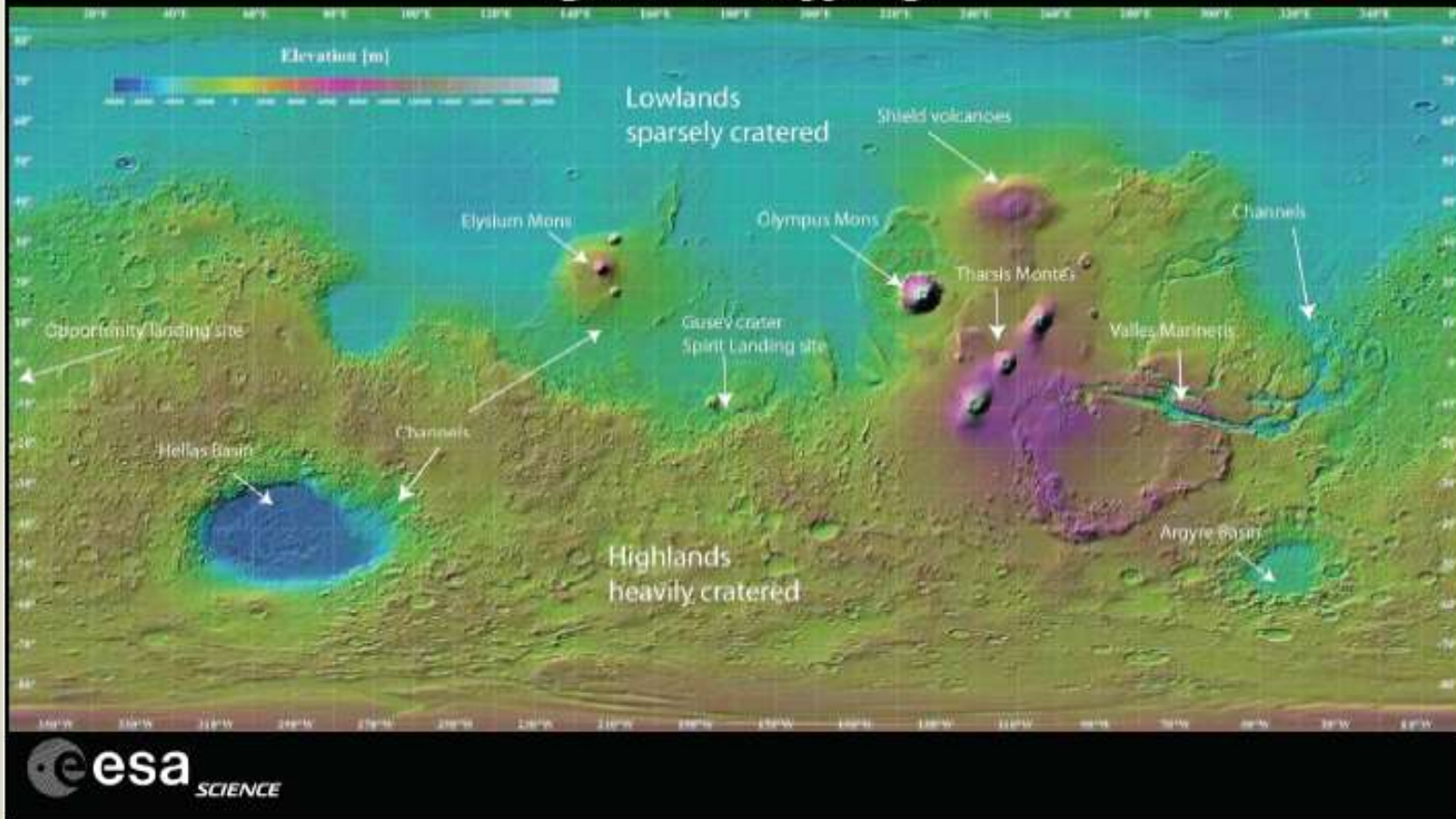
Fracturas



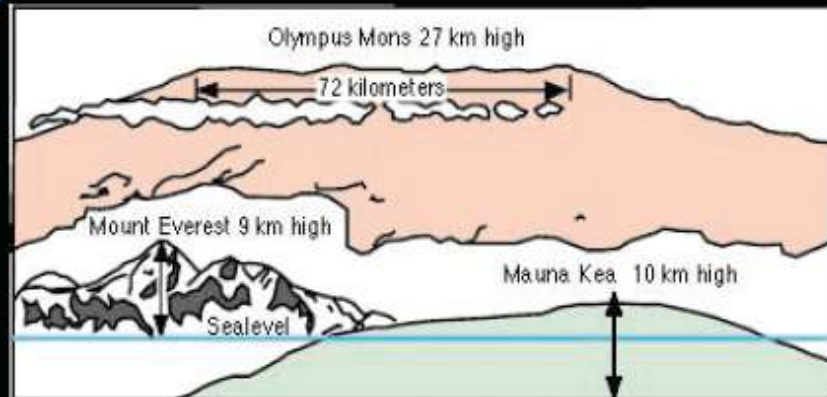
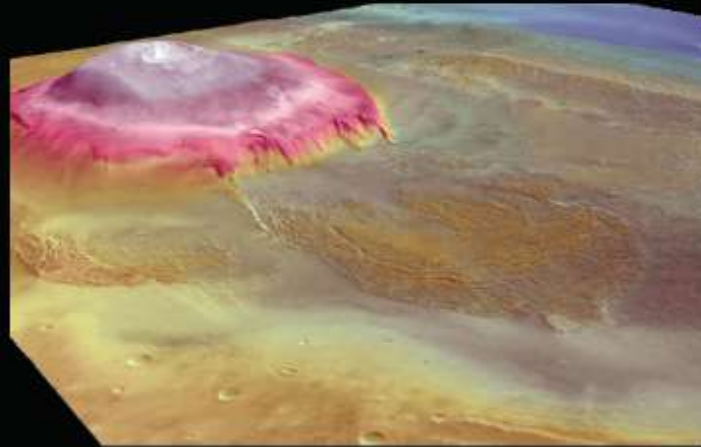
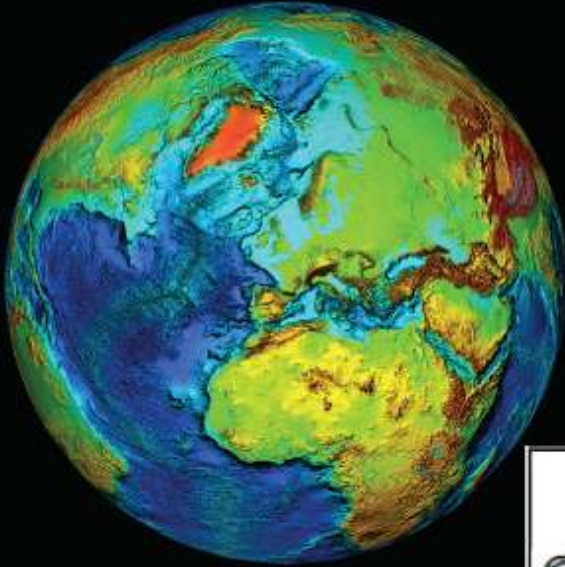
anomalía
gravimétrica +



Main geological features on Mars



Large structural differences



**Masa planetaria mucho menor
Menor gravedad superficial**

Volcanic analogues: Hawai'i



Young lava flows on Mauna Loa aa (left) and pahoehoe

Old pahoehoe flow on Mauna Loa



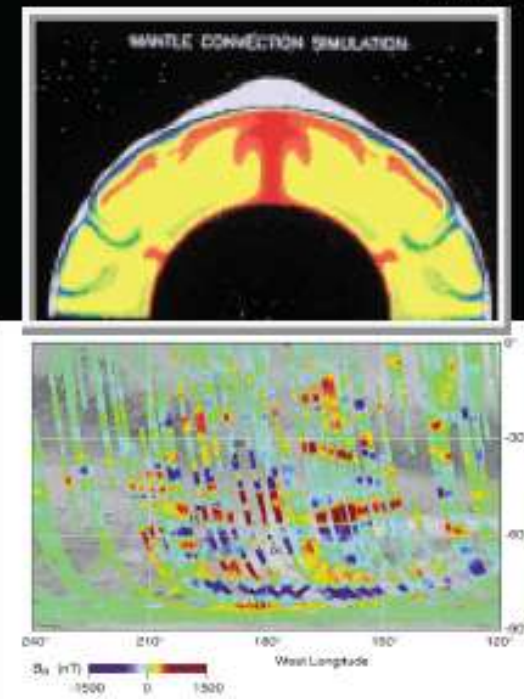
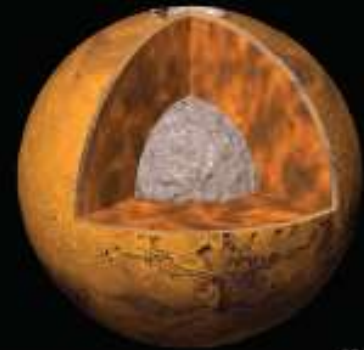
Mars - Internal Structure

Background:

- Early global differentiation; heat-flux decline
- ~100 km thick crust uncorrelated with dichotomy
- North is not isostatically compensated
- Strong (1500 nT) paleomagnetic signatures (MD-Fe₂O₃)
- SNC's FeO content (~20%) > MORB (~10%)
- Lid convection at present (large volcanoes)

Questions:

- Detailed internal structure, liquid core ?
- Current seismic activity ? North > South ?
- Why did magnetic dynamo stop after 500 Ma ?
- Initial plate tectonics ? Geothermal gradient ?



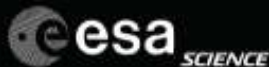
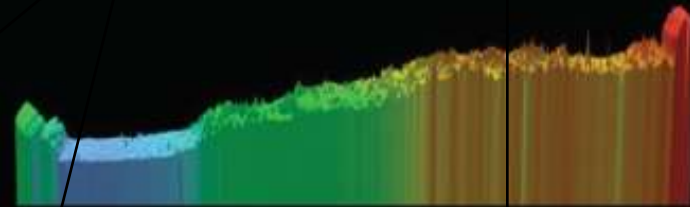
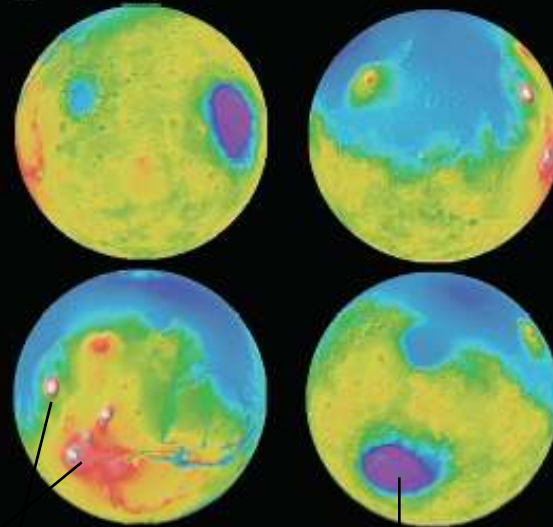
Topography

Background:

- S crater highlands, N smooth plains
- +22 km (Olympus) to -7 km (Hellas)
- S pole 6 km higher than N pole
- N lithosphere supports loads (+/-)
- 2 oceanic basins (Utopia, N pole)
- Numerous buried impact basins
- Tharsis uplift center is offset
- Valles Marineris radial to Tharsis

Questions:

- Origin of crustal dichotomy ?
- Why N lowlands so flat (seabed) ?
- S↔N slope control aquifer flow ?

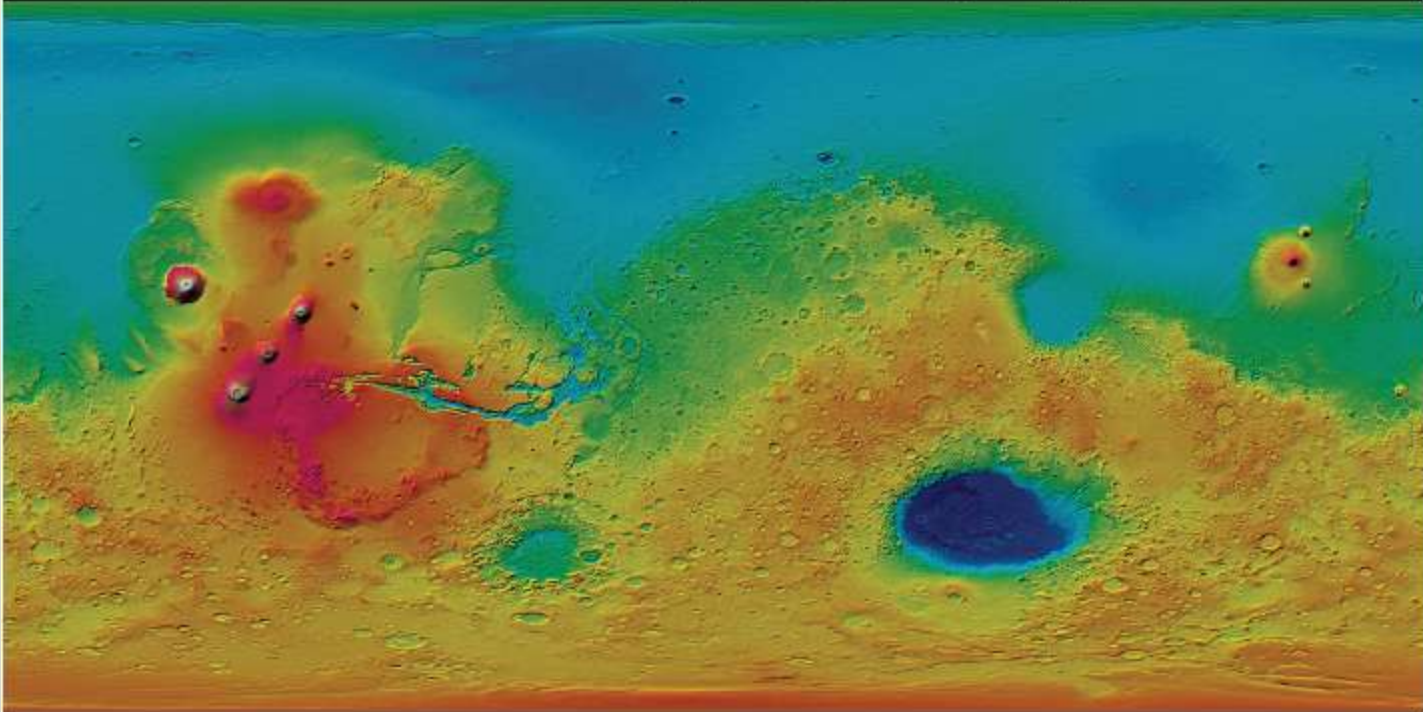


**Volcanes Escudo
Planicie de Tharsis**

Monte Olimpo

¿Impacto?

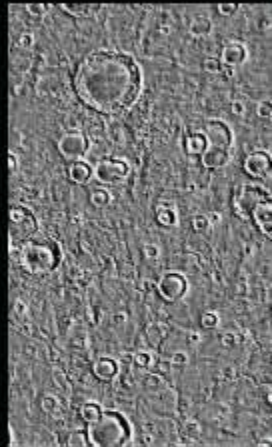
Mars topography



Mismo criterio que en la Luna, pero sin retorno de muestras

Conteo de cráteres

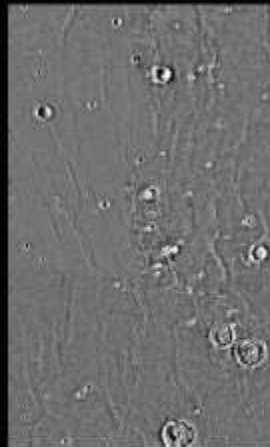
Major Martian epochs



Noachian

$N(1) > 4800$

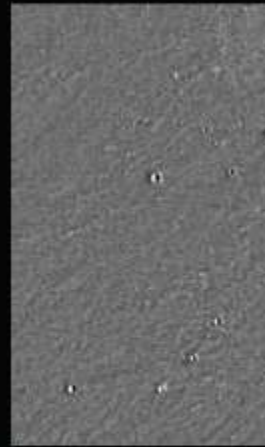
> 3.7 Ga



Hesperian

1600-4800

3.7- 3.3 Ga



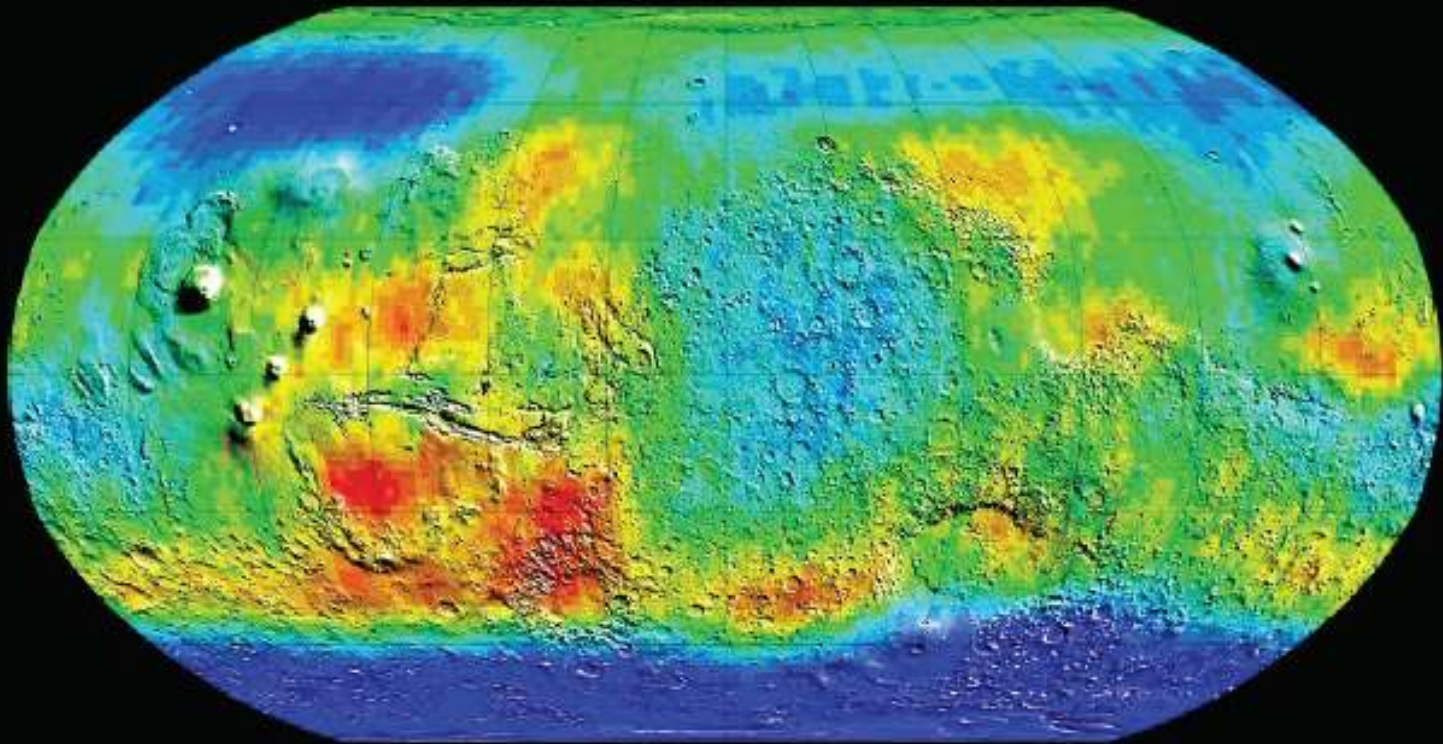
Amazonian

< 1600 craters/ 10^6 km²

< 3.3 Ga

RESERVORIOS DE AGUA

Ground ice



Below the surface, ice is stable at lower latitudes

Image shows epithermal neutron map of Mars Odyssey.

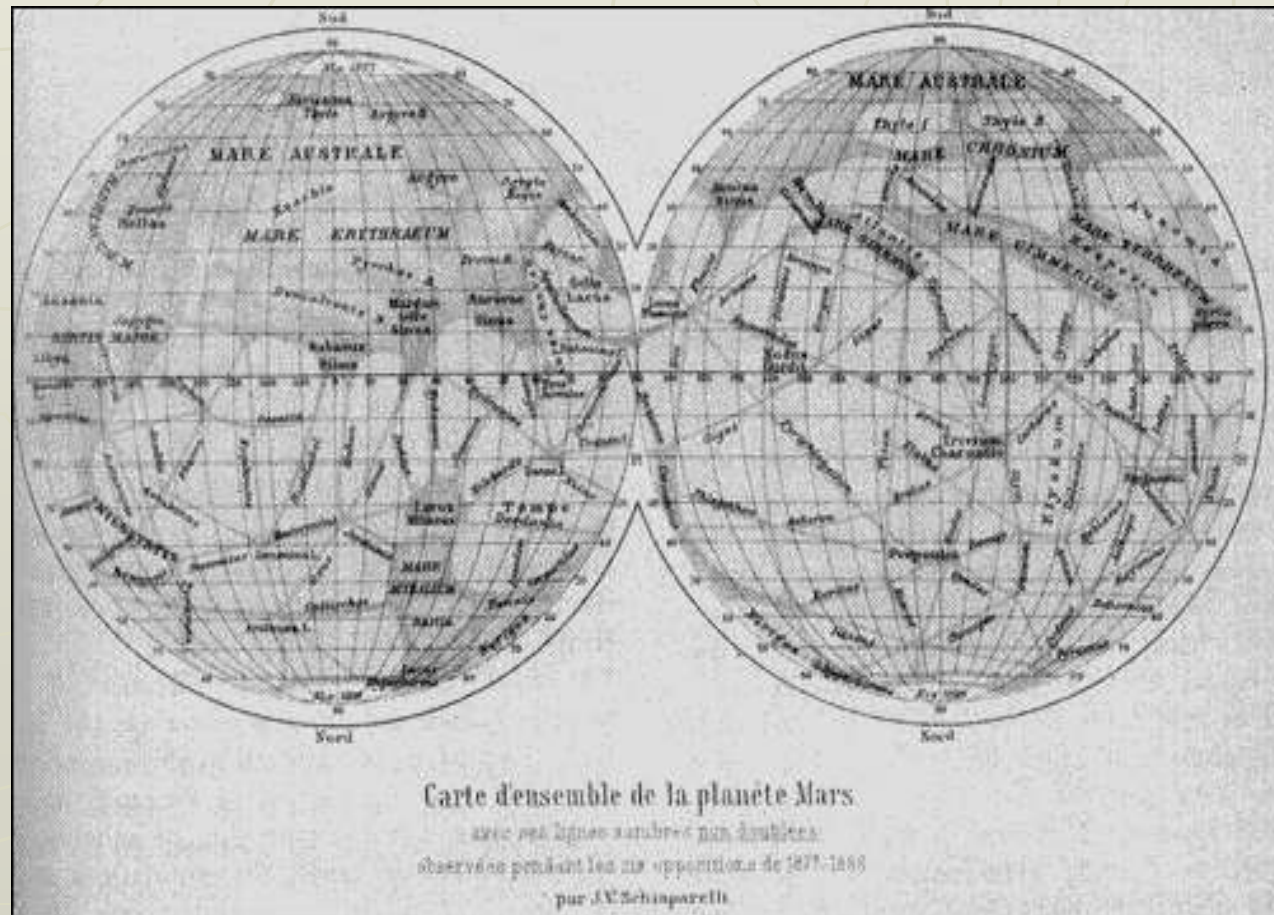
Dark blue indicates up to 50% water ice in top 1 m of soil

¿Qué tipo de agua?

- ▶ Opportunity en el 2004, Eagle Crater
- ▶ Afloramientos dentro del crater
 - Espectroscopía:
 - ▶ 40% rocas con sulfato Mg
 - ▶ Bromine, chlorine, sulfur -> 'secuencia de evaporación'
 - ▶ Proceso lento y gradual de evaporación de agua salada

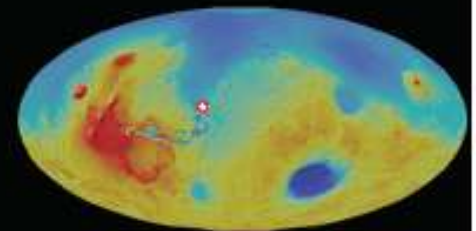
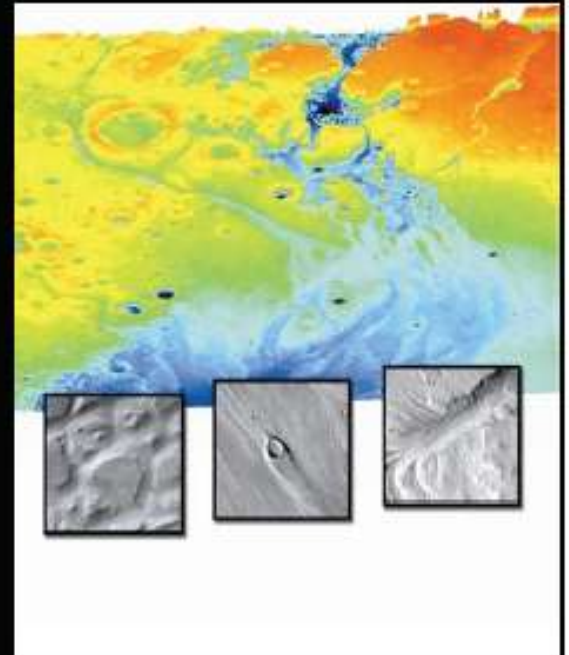
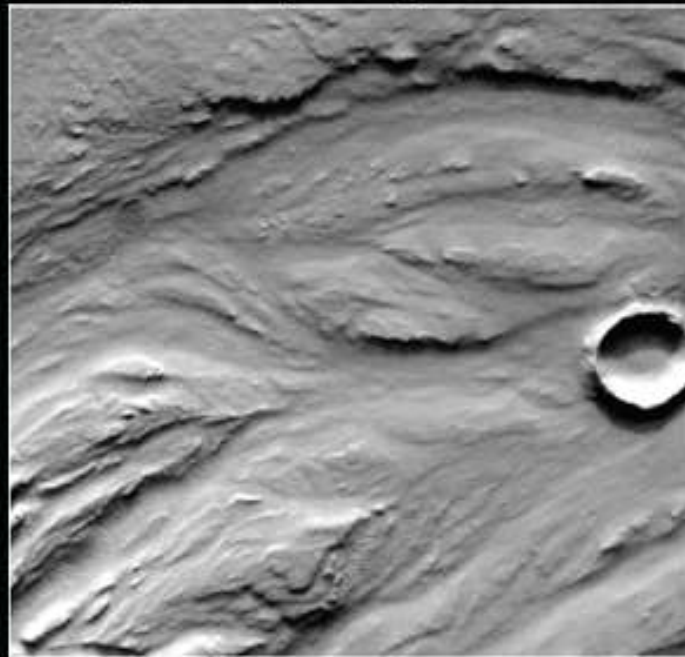
Marte, el agua y los CANALI

- Schiaparelli y sus sueños de marcianos ingenieros



Outflow Channels

- Most channels are found at 'exit' of Valles Marineris, in Chryse Planitia.
- Abrupt beginning, lack of tributaries
- Sculpted terrains
- Formed by catastrophic outpourings of water?

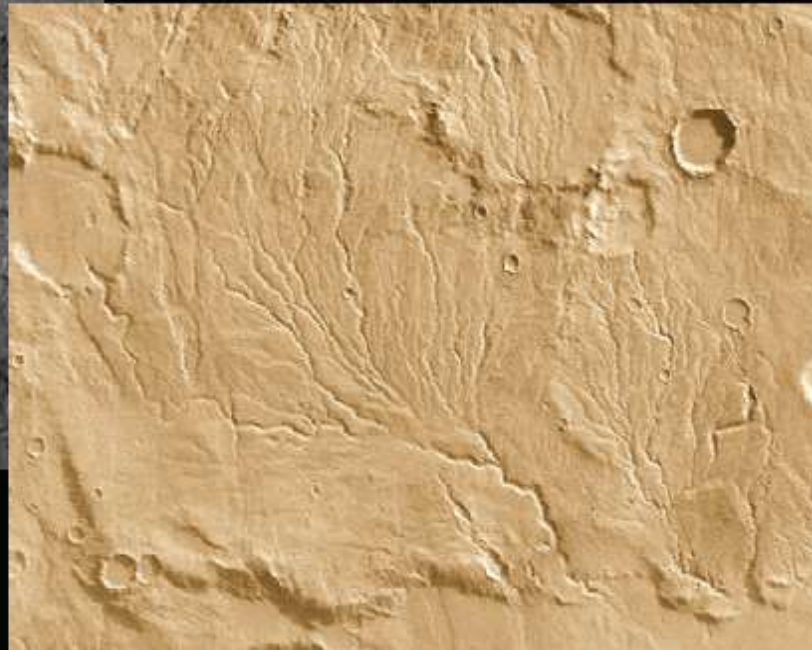
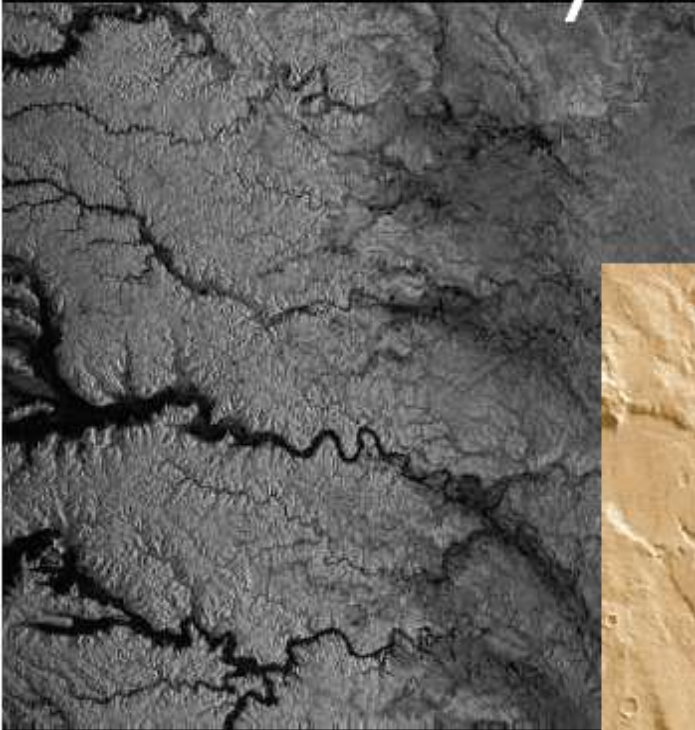


Valley networks

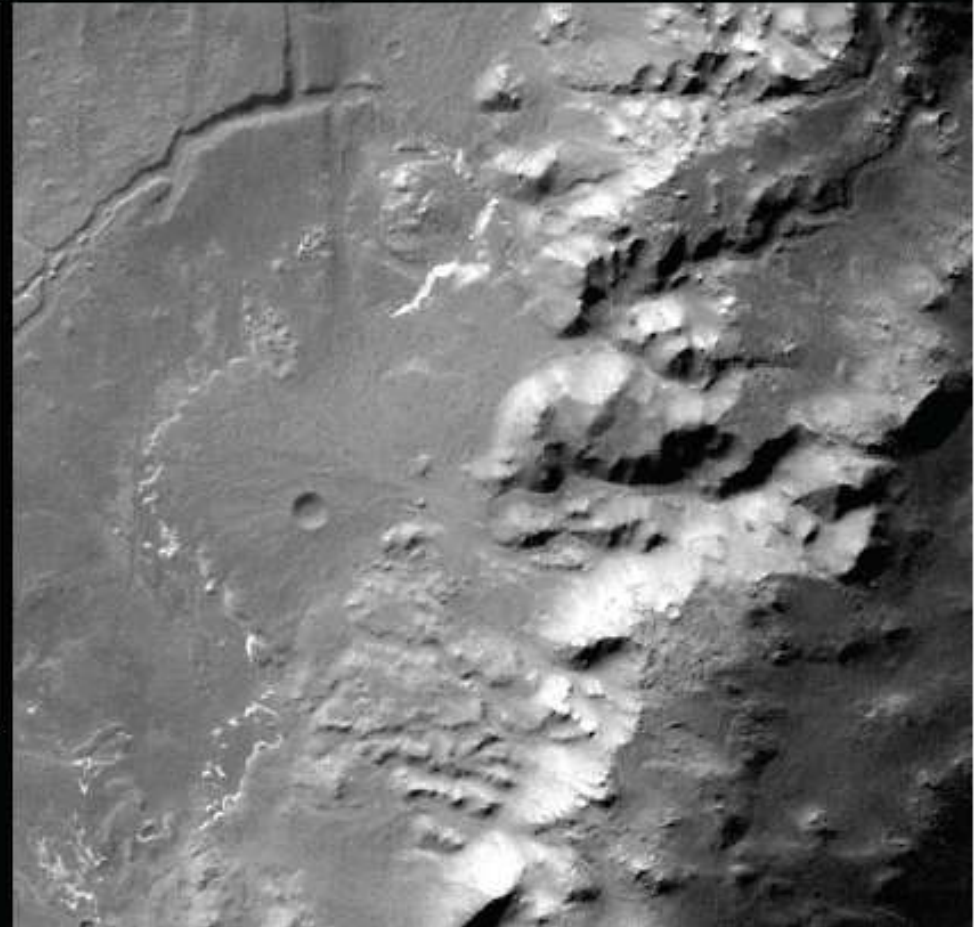
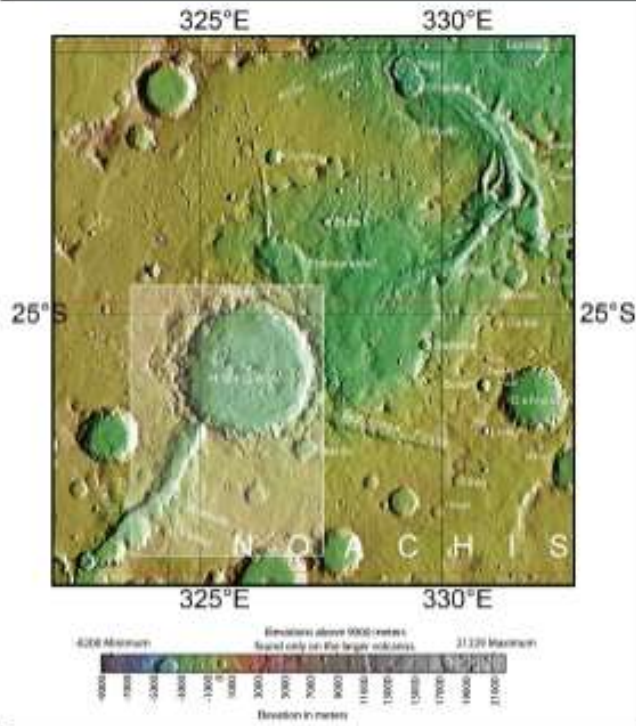
- Occur all over highland, very few in lowlands
- Evidence of warmer climate earlier on Mars?

¿por qué?

Gradiente topográfico

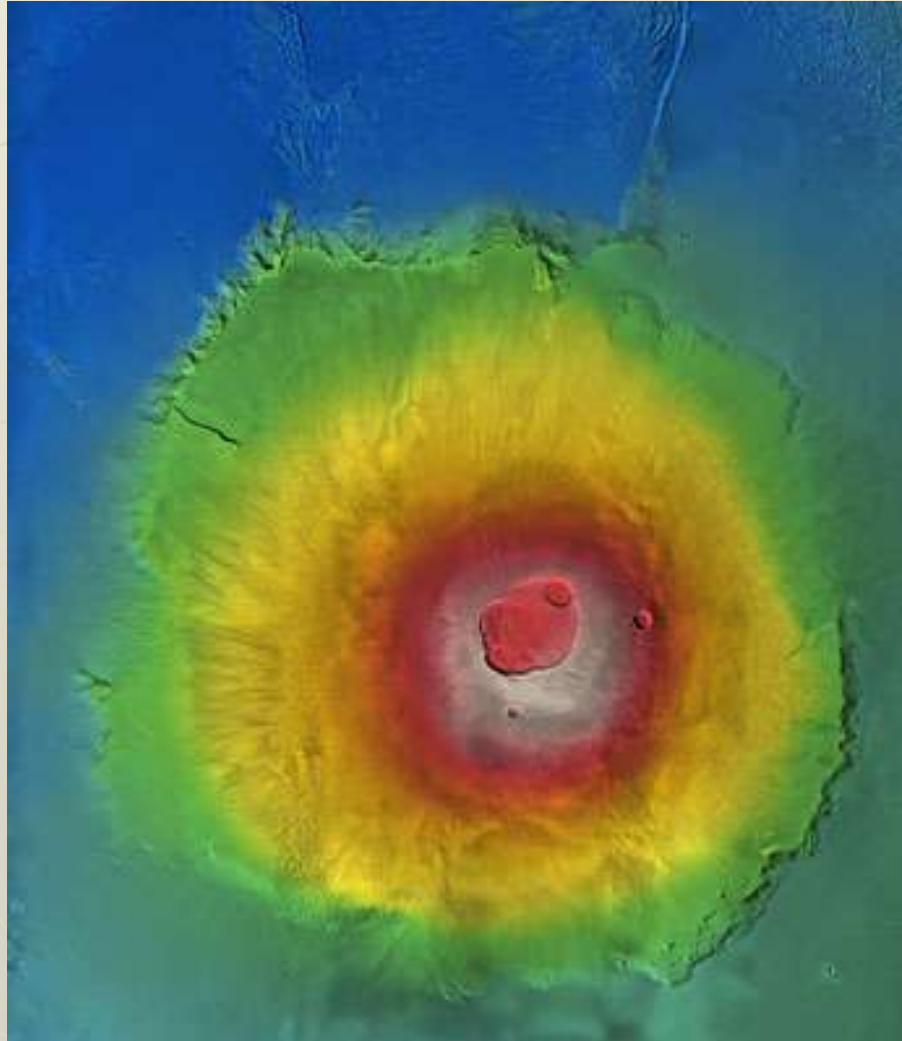


Fluvial features



Algunas Imágenes

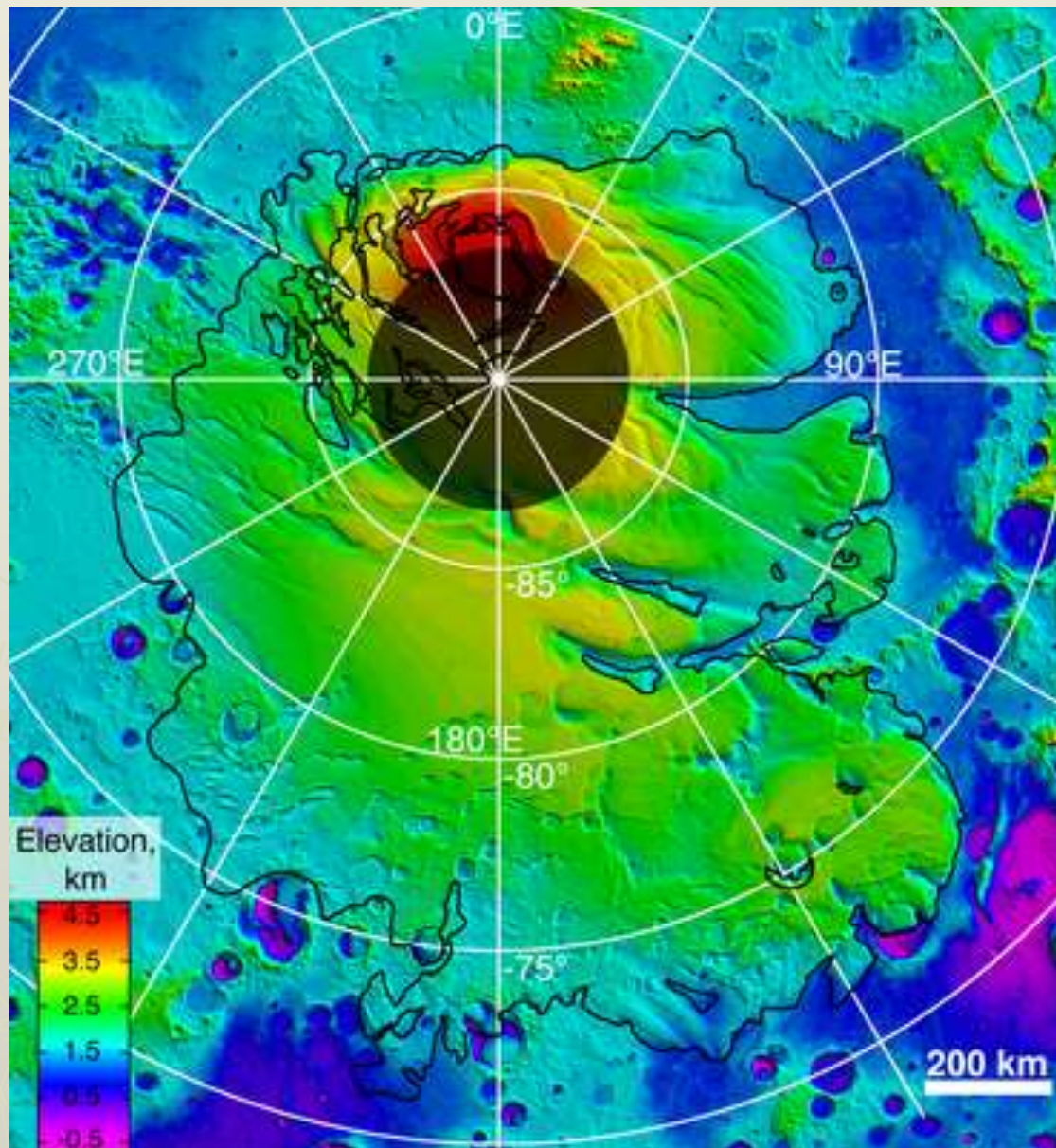
Misión: Mars Express



Monte Olimpo



Maunder Crater



LPD, Polo Sur

**Instrumento:
MOLA**



Glacial feature in Deuteronilus Mensae



Lava tubes on Pavonis Mons, in perspective

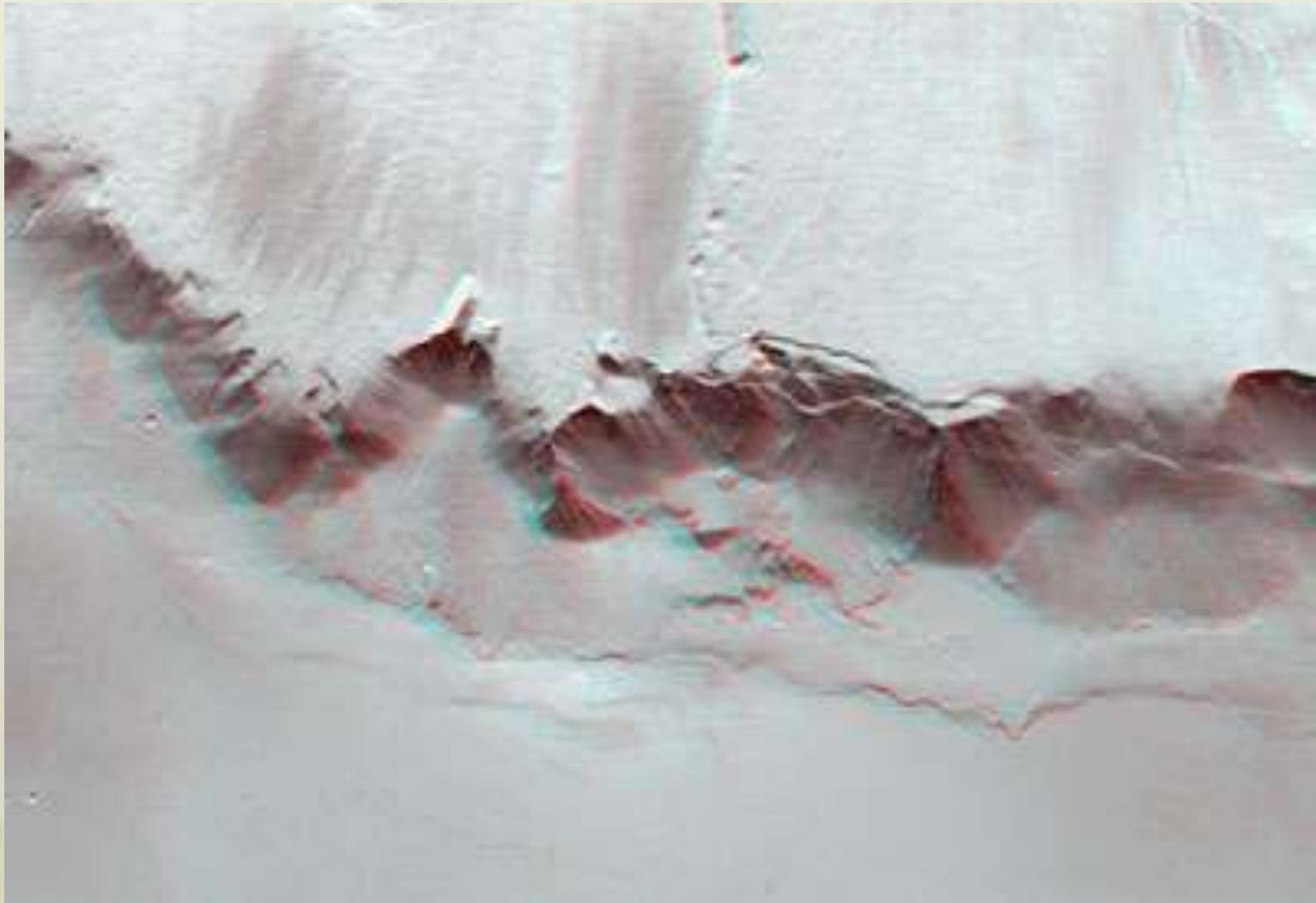
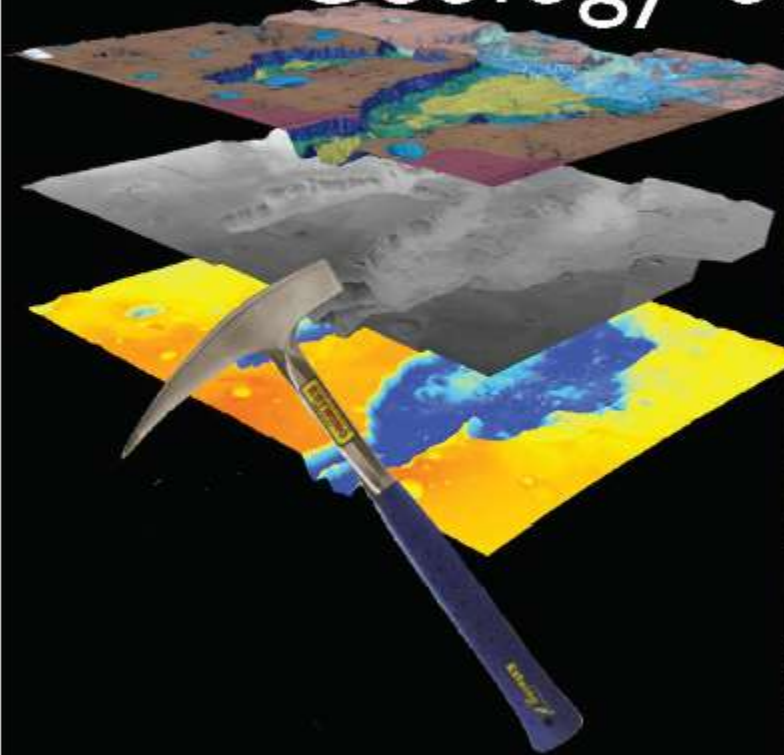


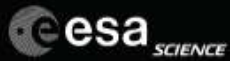
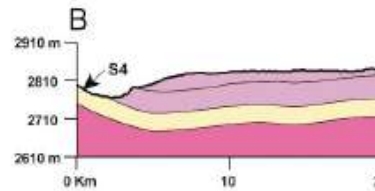
Imagen 3D de la ladera E del OM

Geology on Mars?



Mapping Mars

Geology



Geomorphological Mapping

Explanation of the Symbols

Tectonics

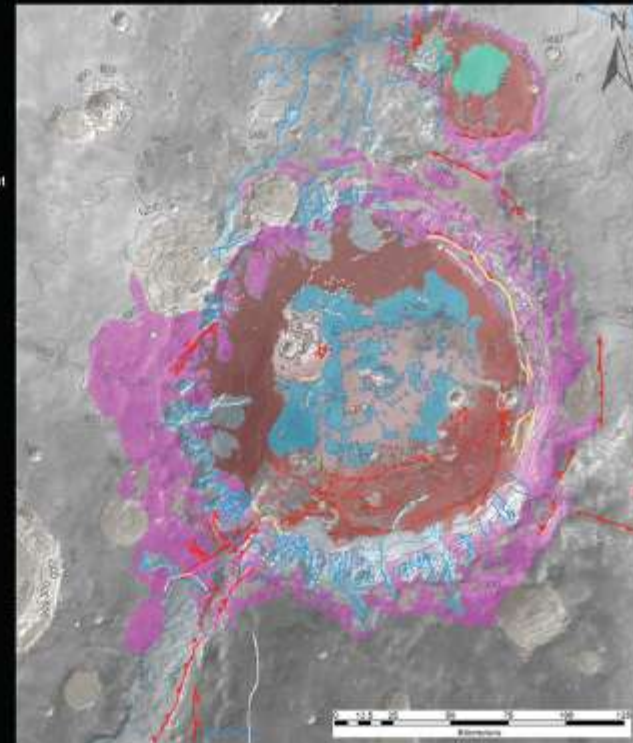
— Fractures

Geomorphology

— Proto_Classes
 - - - Failure Surface
 — Gullies
 — Drainage
 — Distributary Channel
 — Deltas Front
 [Symbol] Ejecta
 [Symbol] Small_Rim
 [Symbol] Impact_Craters
 [Symbol] Filled Craters
 [Symbol] Talus
 [Symbol] Dune Fields_Recent
 [Symbol] Dune Fields
 [Symbol] Grooved Bedrock
 [Symbol] Alluvial_Fan
 [Symbol] Drainage_Basin
 [Symbol] U shaped Valley
 [Symbol] Terrace_high
 [Symbol] Terrace_low
 [Symbol] Fan_Delta

Geology

[Symbol] Unconsolidated Dust
 [Symbol] Mantling
 [Symbol] Mass Wasting
 [Symbol] Unsorted Blocks
 [Symbol] Sed_3
 [Symbol] Sed_2
 [Symbol] Sed_1
 [Symbol] Substratum_2
 [Symbol] Substratum_1



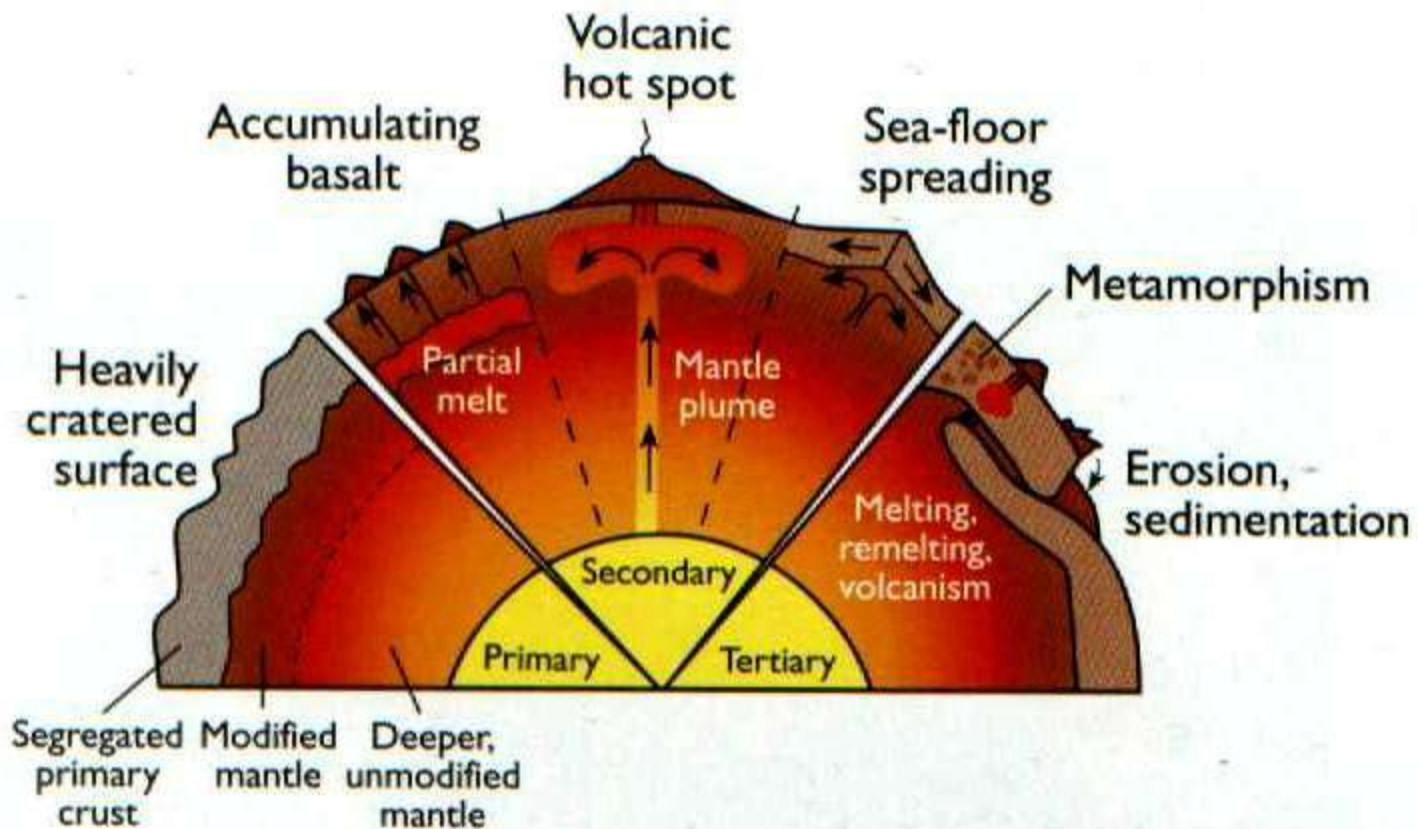


Figure 5. Various mechanisms lead to the formation of a planet's primary, secondary, and tertiary crusts. Primary crust, created early in planetary history, is still preserved in places like the lunar highlands. Partial melting of the mantle and volcanic activity lead to the formation of secondary crusts, largely of basaltic composition. Tertiary crust results from the recycling of primary and secondary crust, as is typified by Earth's continents and (perhaps) the tessera terrain of Venus.

TIPOS DE CORTEZA HOY

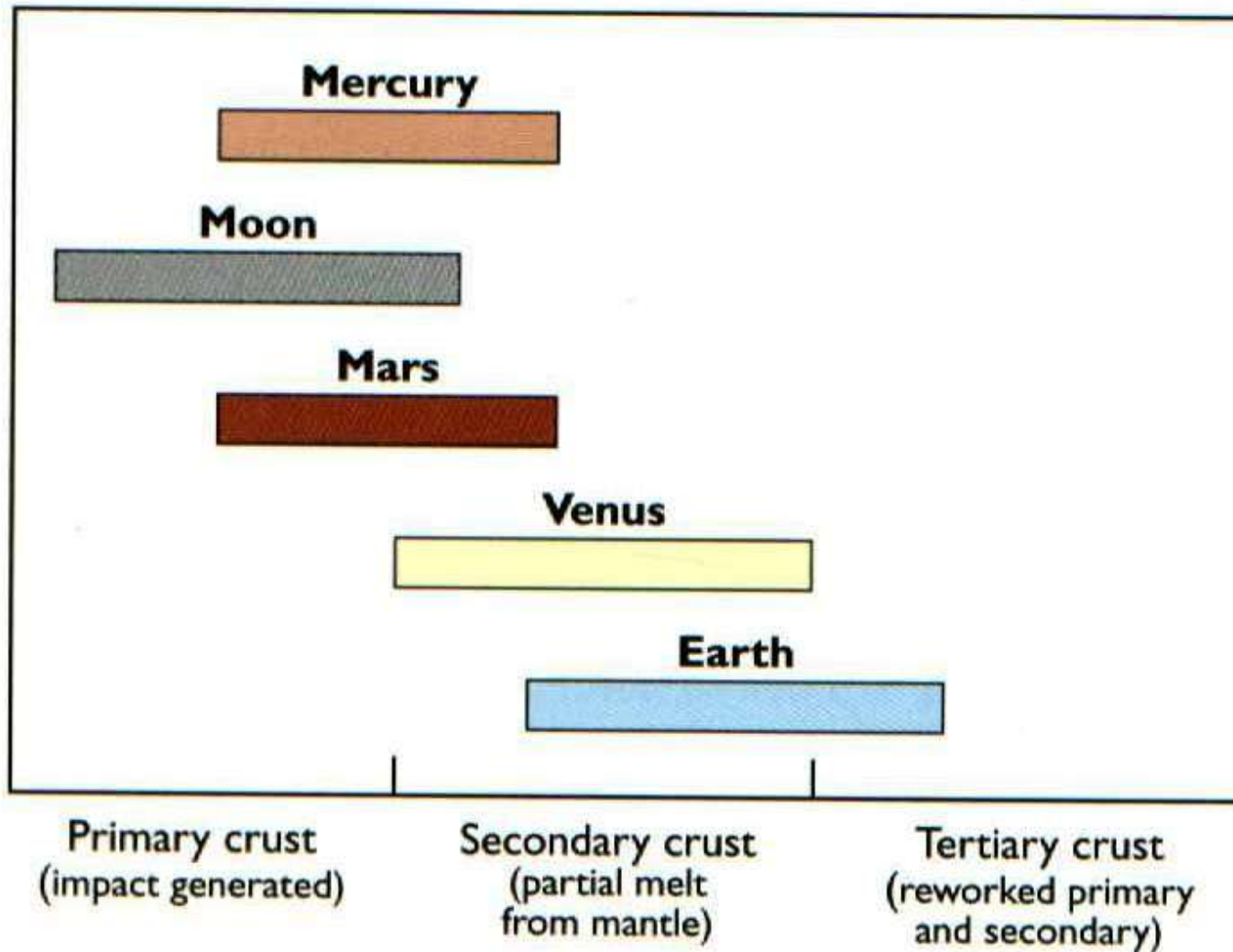
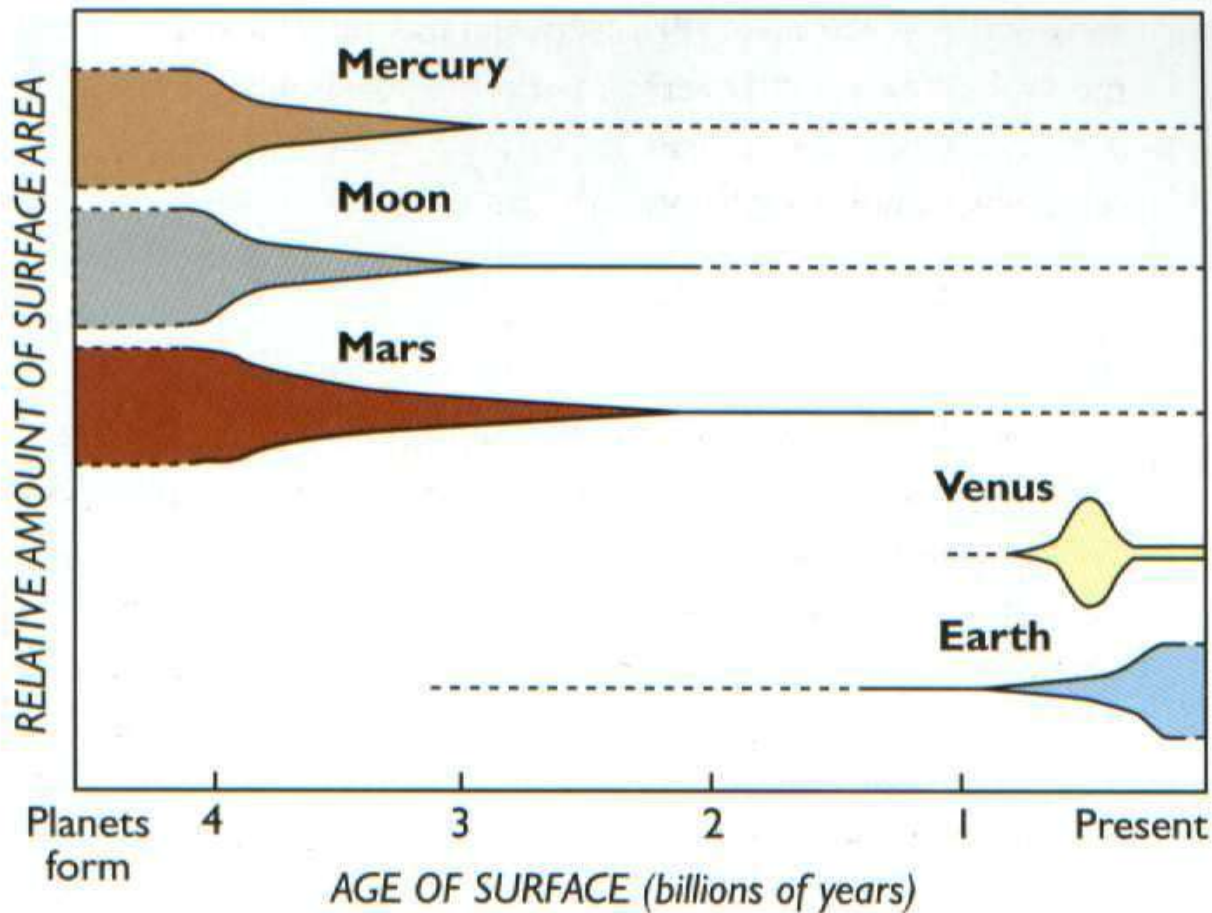


Figure 20. The types of crust now exposed on the terrestrial planetary bodies vary widely, from the largely primary crusts of the Moon to the heavily modified tertiary crust represented by Earth's continents.



EDAD DE LAS SUPERFICIES

¿De donde viene el Metano?

Figure 18. The ages of the terrestrial planets' current surfaces, with colored shading representing the total surface area of each body. Most regions on the Moon, Mars, and Mercury are several billions of years old, though volcanic activity continued for some time on Mars. Two-thirds of Earth's surface (its ocean basins) formed within the last 200 million years. As on Earth, most of Venus's surface formed relatively recently, apparently due to processes very different from terrestrial plate tectonism.

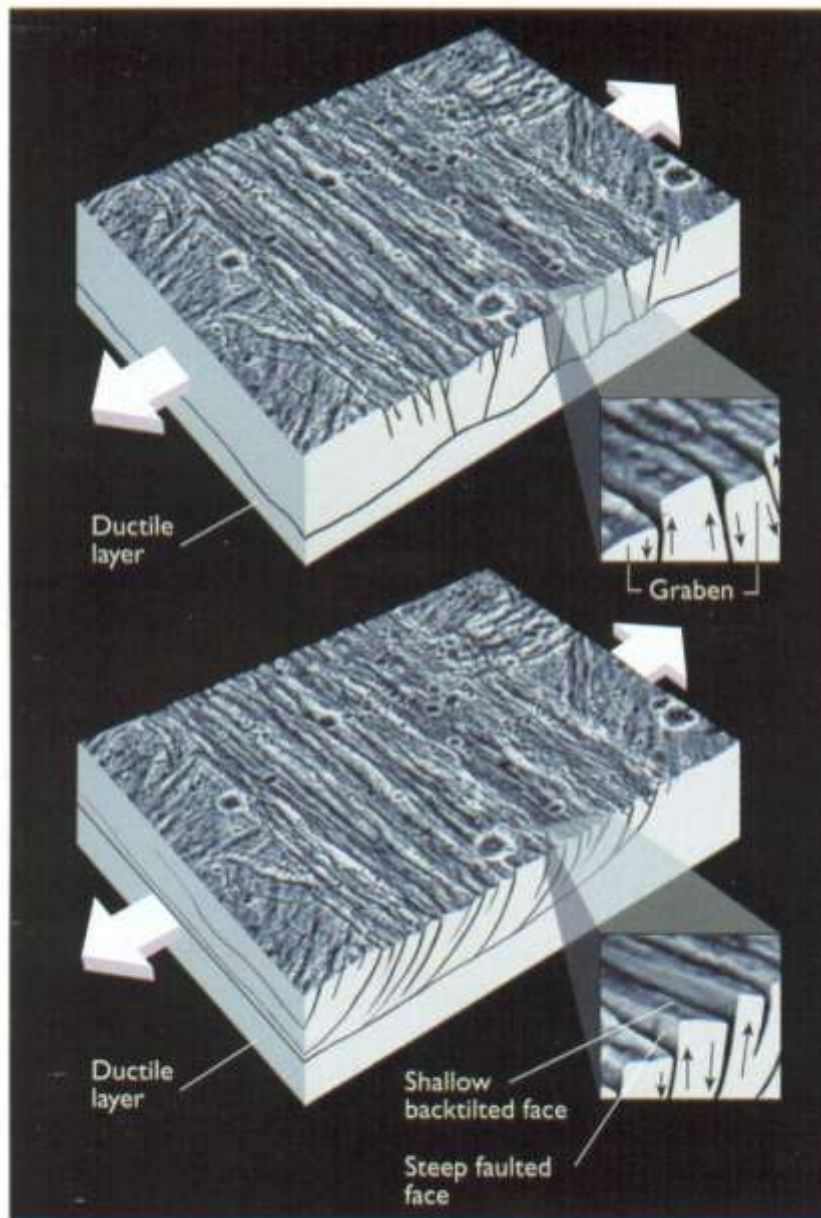


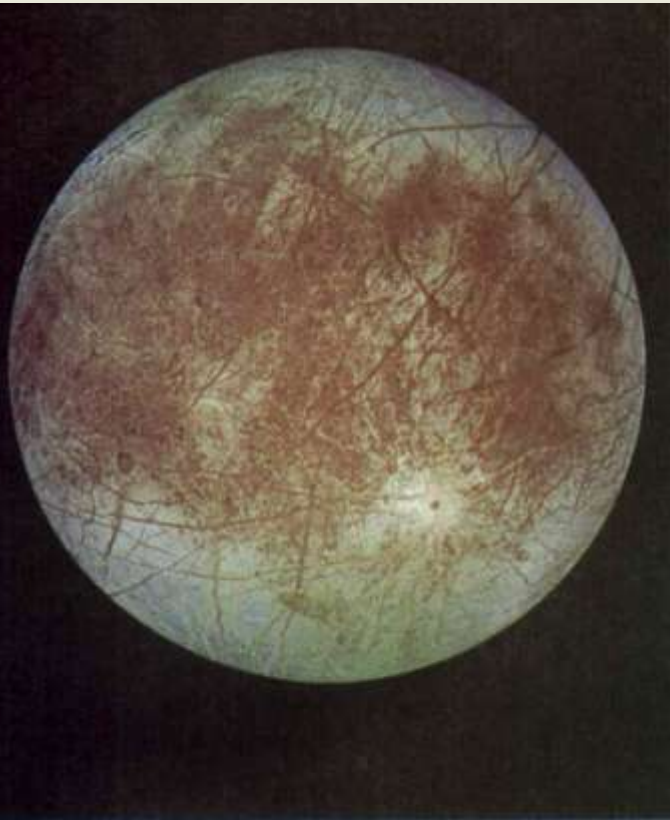
Figure 8. Ganymede's grooved terrain might consist of sets of parallel graben (upper panel), which form when a brittle layer is pulled apart atop a ductile substrate such as warm ice. Another possible faulting style is tilt blocks (lower panel). These result when parallel normal faults face the same direction, producing mountains inclined like toppled dominoes.

Planetas exteriores

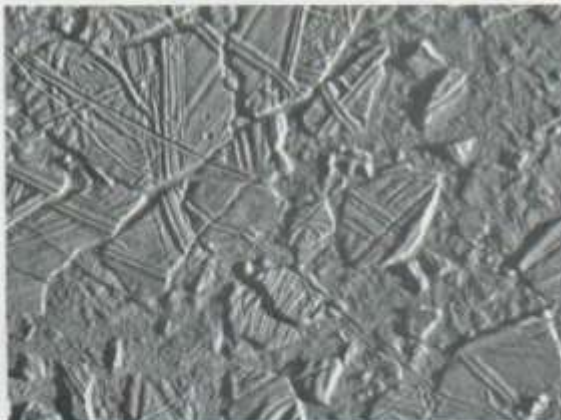
Los satélites



Europa (Júpiter)



a Europa's icy crust is criss-crossed with cracks.

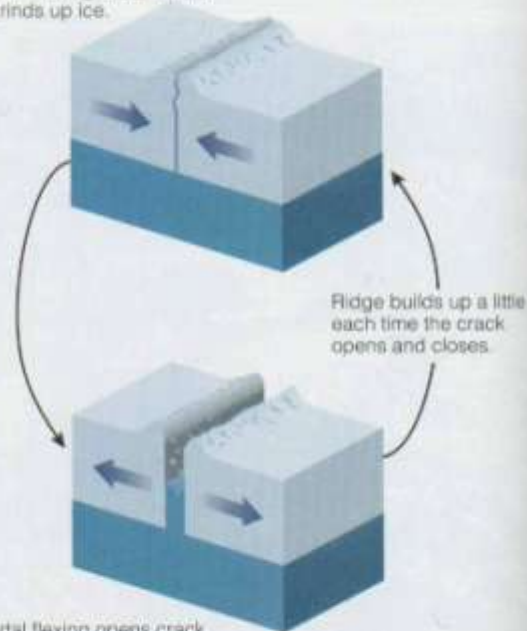


b Some regions show jumbled crust with icebergs, apparently frozen in place.



c Close-up photos show that surface cracks have a double-ridged pattern.

Tidal flexing closes crack;
grinds up ice.



Ridge builds up a little
each time the crack
opens and closes.

Tidal flexing opens crack.
Debris in middle falls into crack.

d A possible mechanism for making the double-ridged surface cracks.

FIGURE 11.20 Europa is one of the most intriguing moons in the solar system.

TIENE CAMPO MAGNETICO (inducido, ¿quien conduce?)



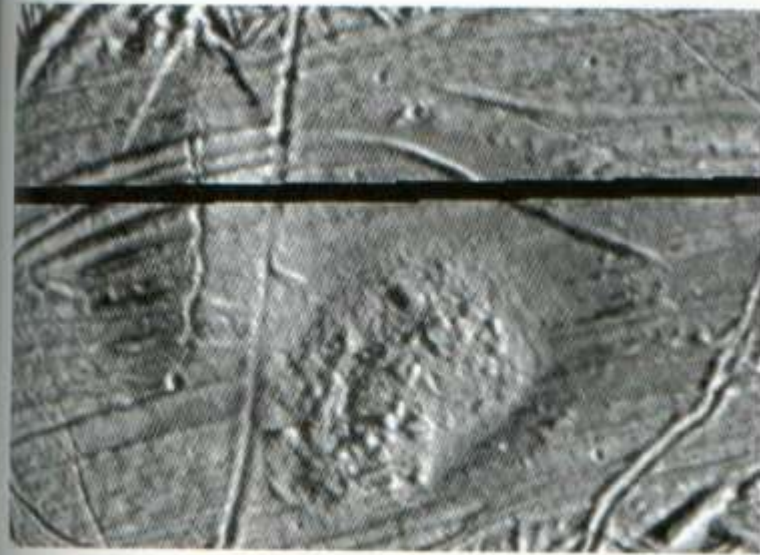
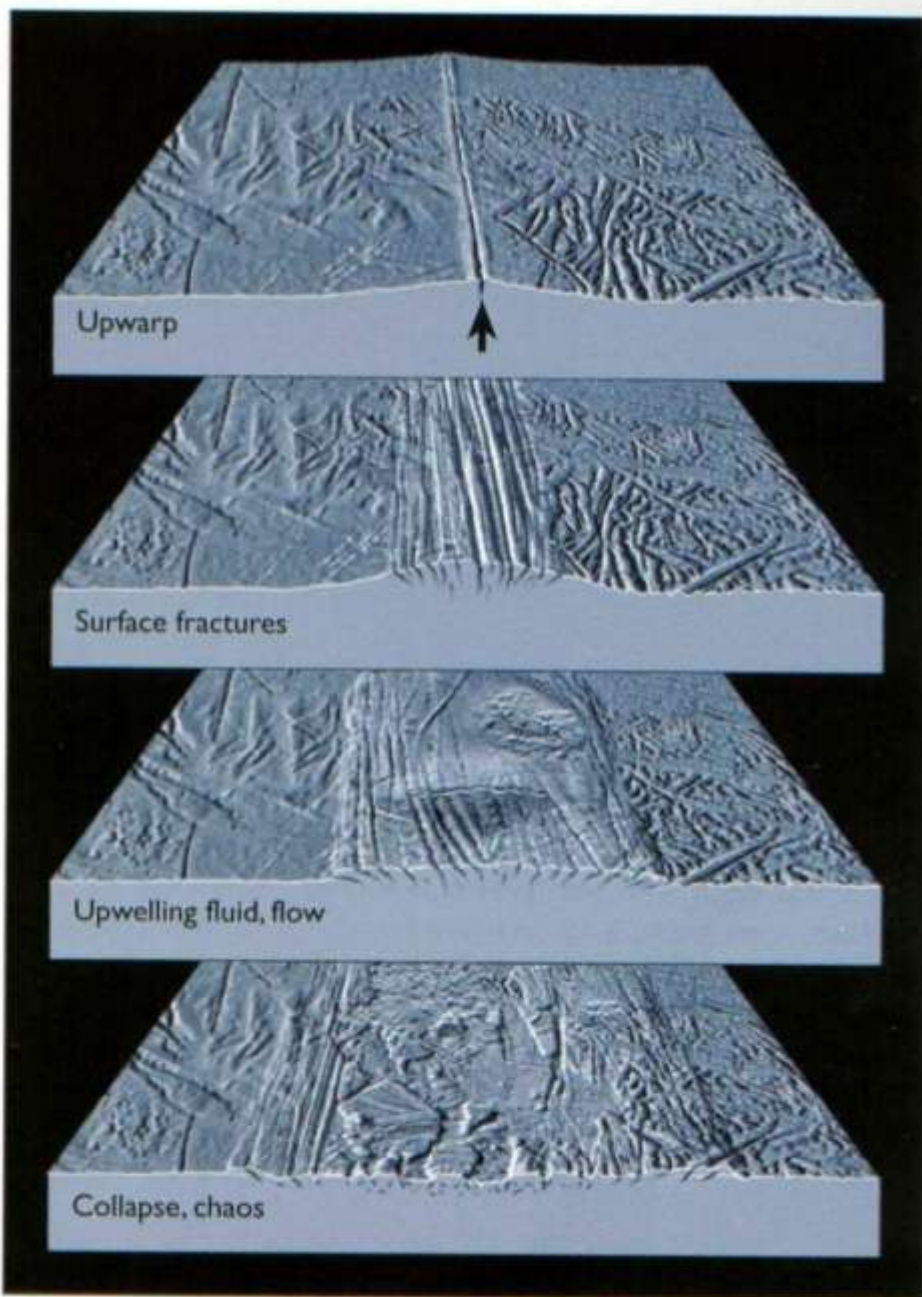


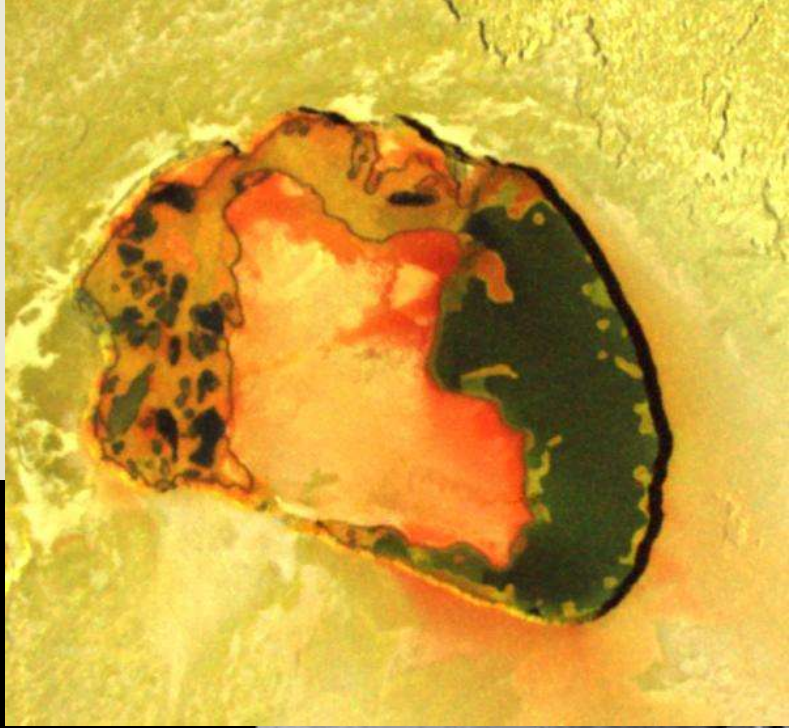
Figure 6 (above). These dome-shaped structures near Conamara Chaos may be manifestations of subsurface upwelling, perhaps the consequence of diapirs or mantle convection. The feature at left has a medial fracture; the one at right has been disrupted by extrusion from below or some other process. Illumination is from the right (east), and the area shown is about 14 by 20 km. The black line is an image artifact.

Figure 7 (right). Geologists don't yet understand what causes the deformation of Europa's crust, but one or more of these processes may be involved.

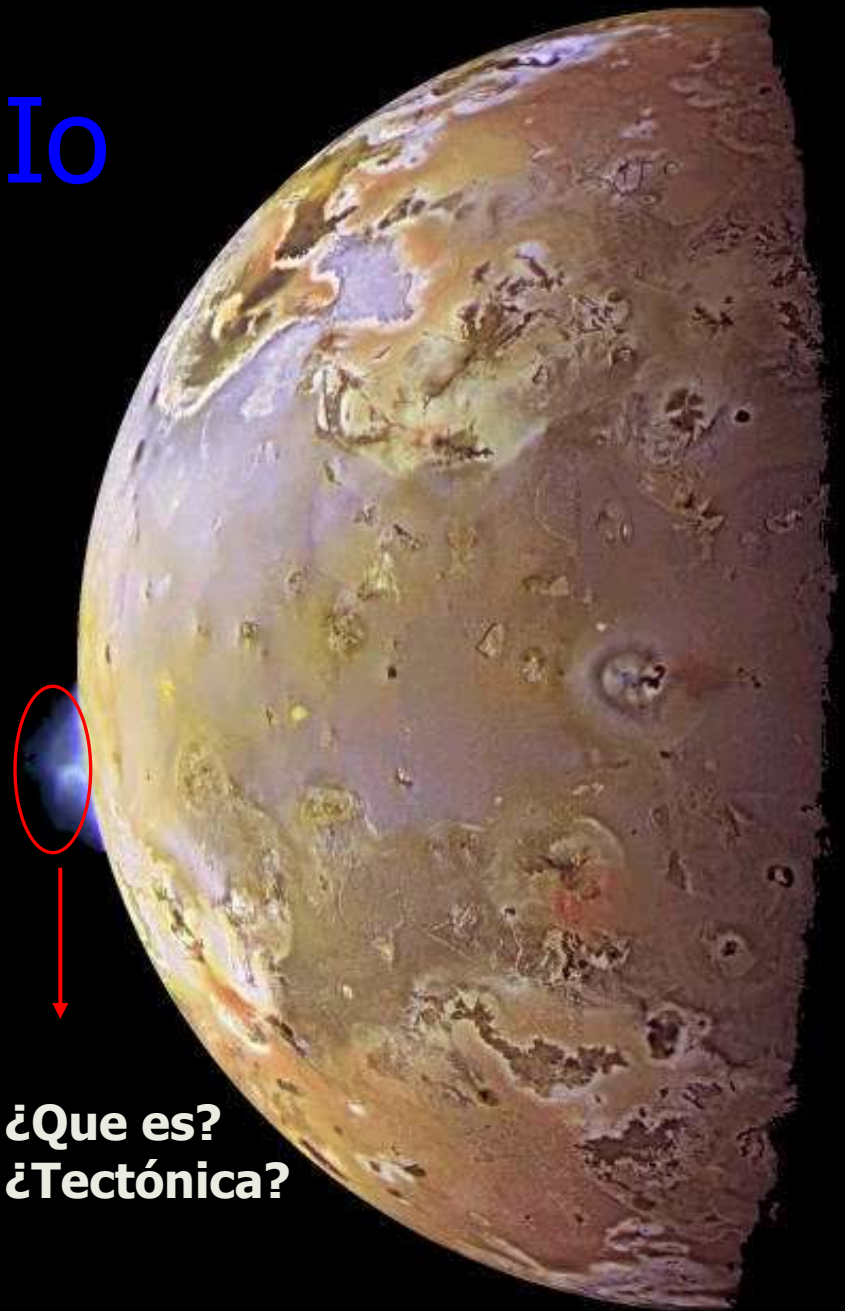
Figure 8 (lower right). The anti-Jovian hemisphere of Europa bears a dark, wedge-shaped zone (left panel, arrowed), which is in some ways analogous to sea-floor spreading on Earth. Extensional forces caused breaks within the crust, which later were filled in with low-albedo material. Running through the dark wedge are parallel ridges that display bilateral symmetry, just as our mid-ocean ridges do. When the dark material is removed by computer, the fractured plates (color-coded for clarity) can be reassembled to show how they might have appeared prior to the extensional episode (right panel).



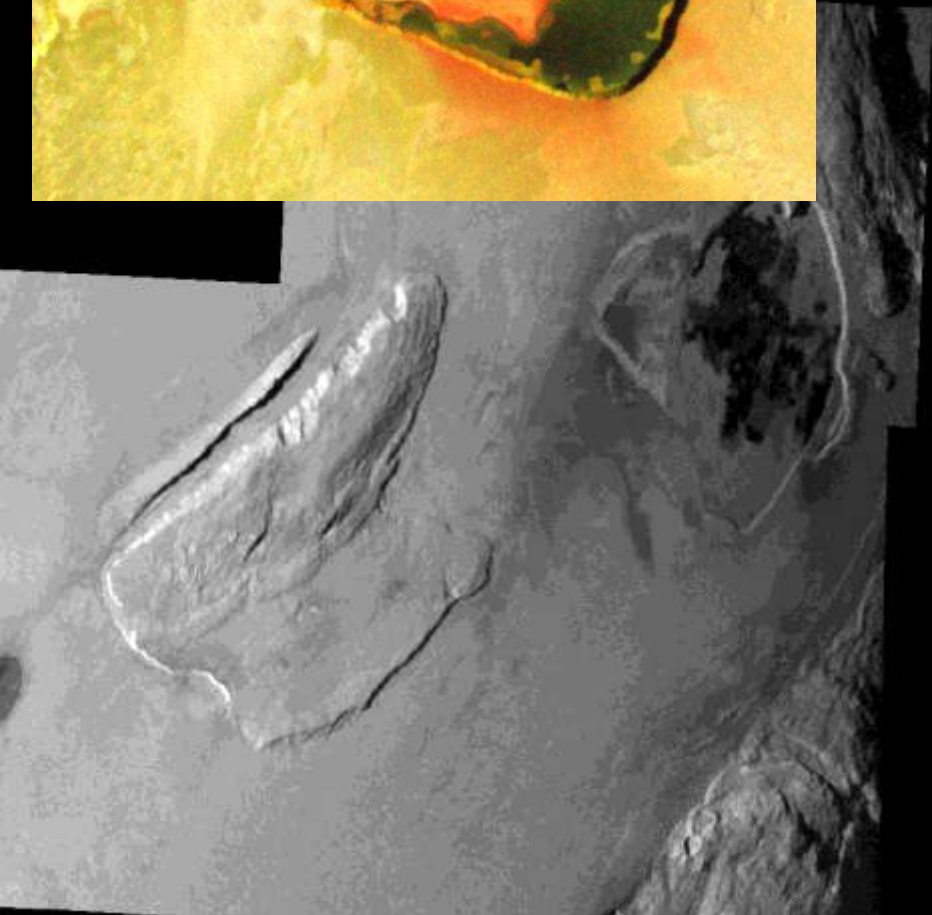




Io



¿Que es?
¿Tectónica?

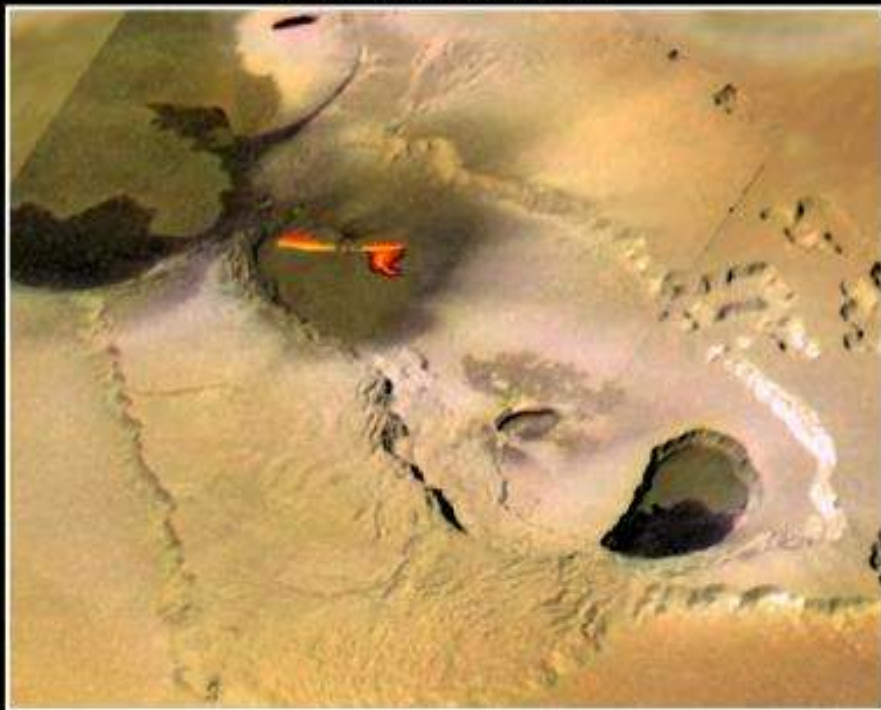




Io — Tvashtar Catena

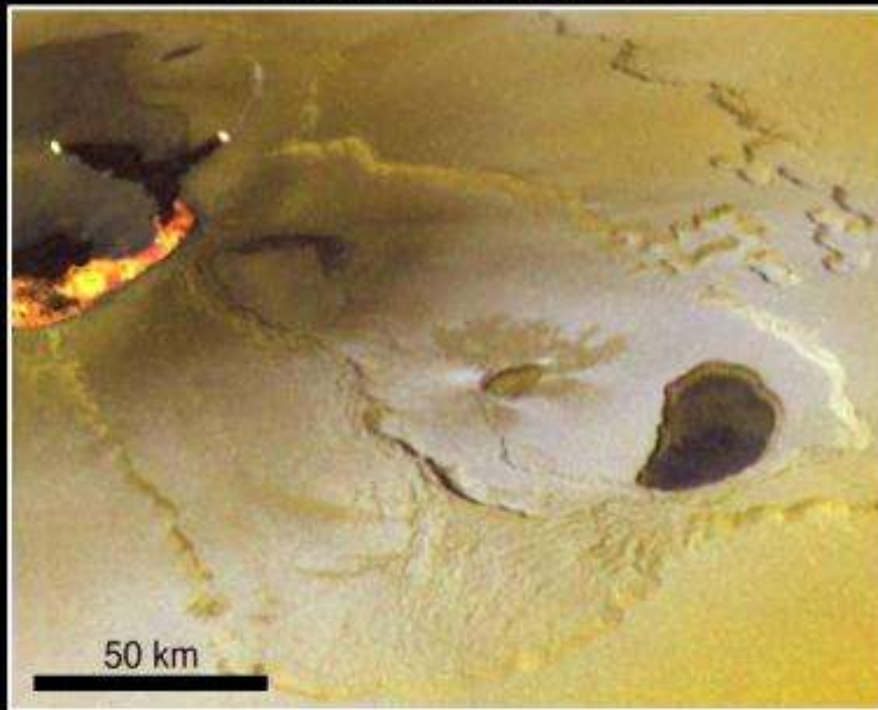
I25 (26 Nov 1999)

+ C21 low-resolution color
+ fire fountain sketch



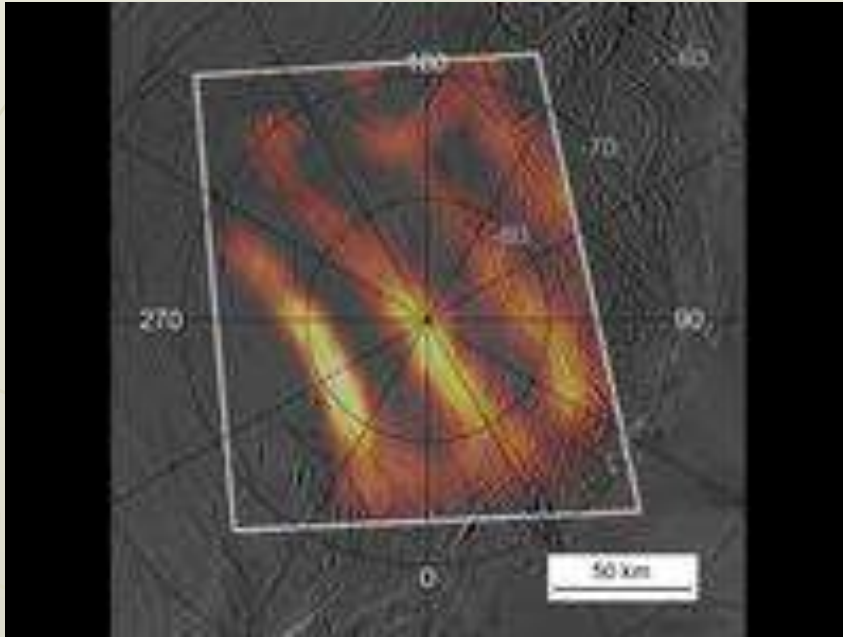
I27 (22 Feb 2000)

visible wavelength data
+ IR data of active lava flow

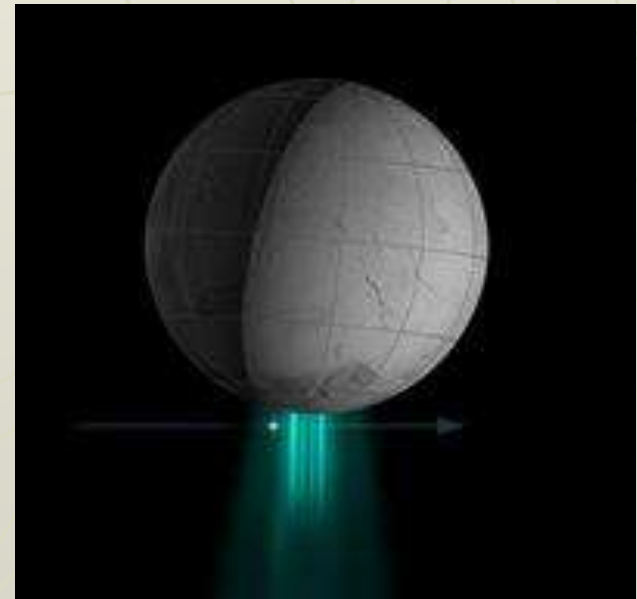


Io: Tiene una superficie muy joven y un vulcanismo importante. Sin embargo, no hay evidencias de tectónica de placas, como fallas o cinturones plegados.

¿Geysers en Enceladus? (Saturno)



NO es vulcanismo
Plumas similares a colas cometarias,
vapor de agua y compuestos orgánicos



Heat radiating from the entire length of 150 kilometer (95 mile)-long fractures is seen in this best-yet heat map of the active south polar region of Enceladus.