

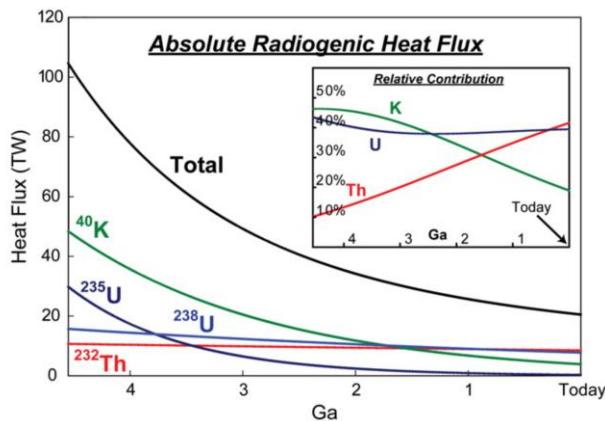
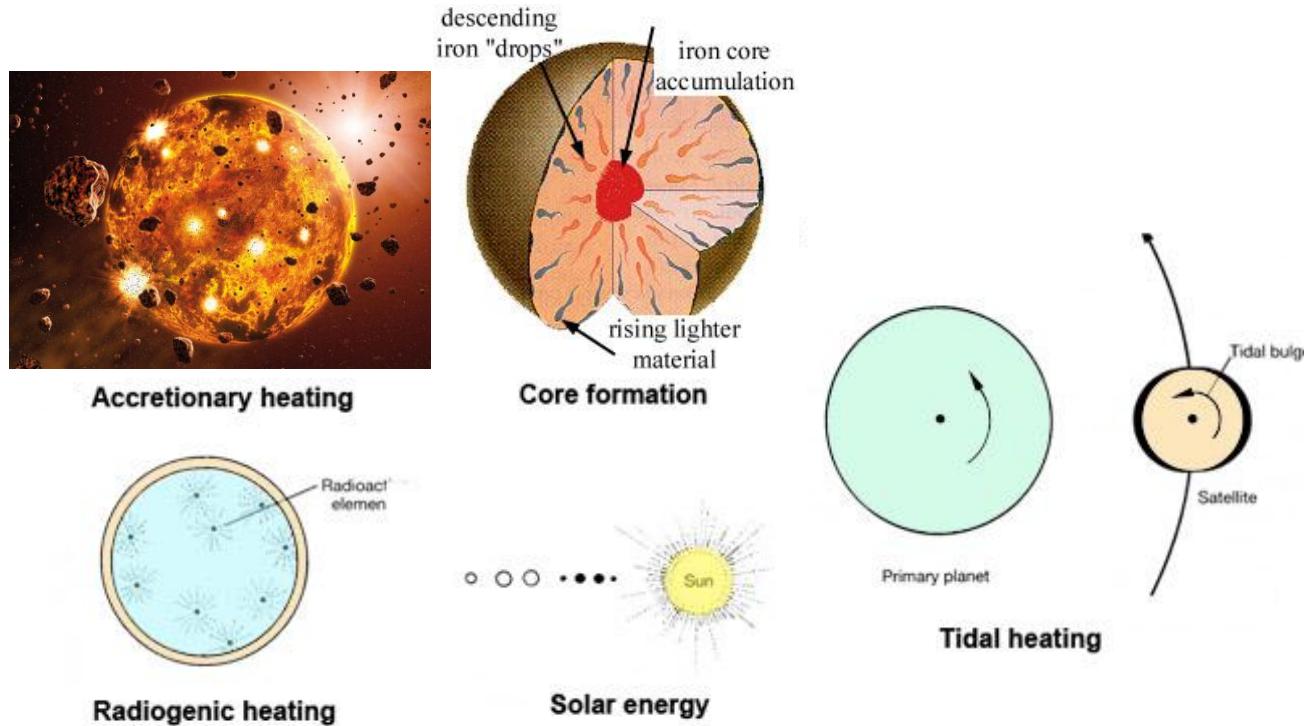
Gedinámica Planetaria

¿Cómo funcionan los planetas por dentro?

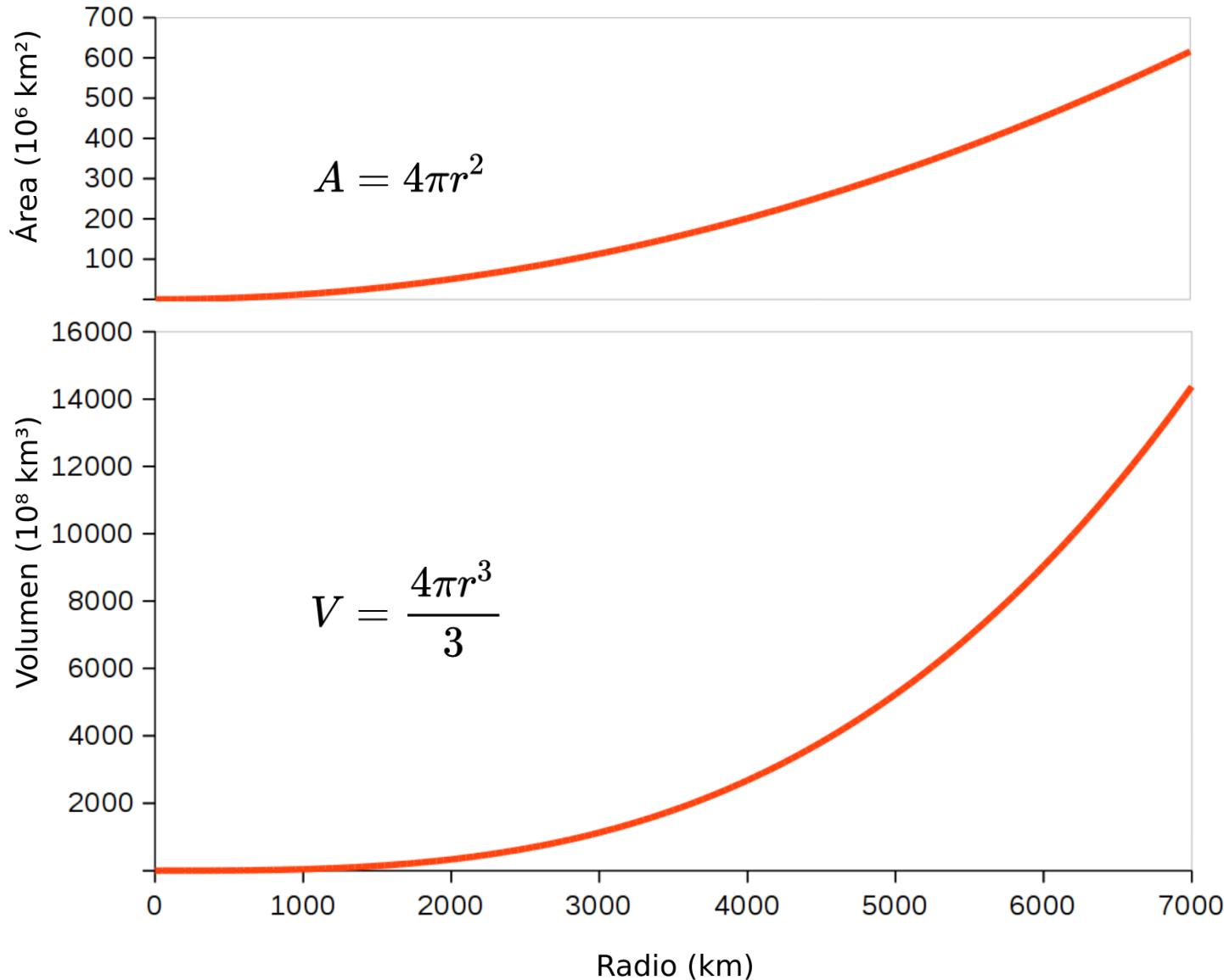


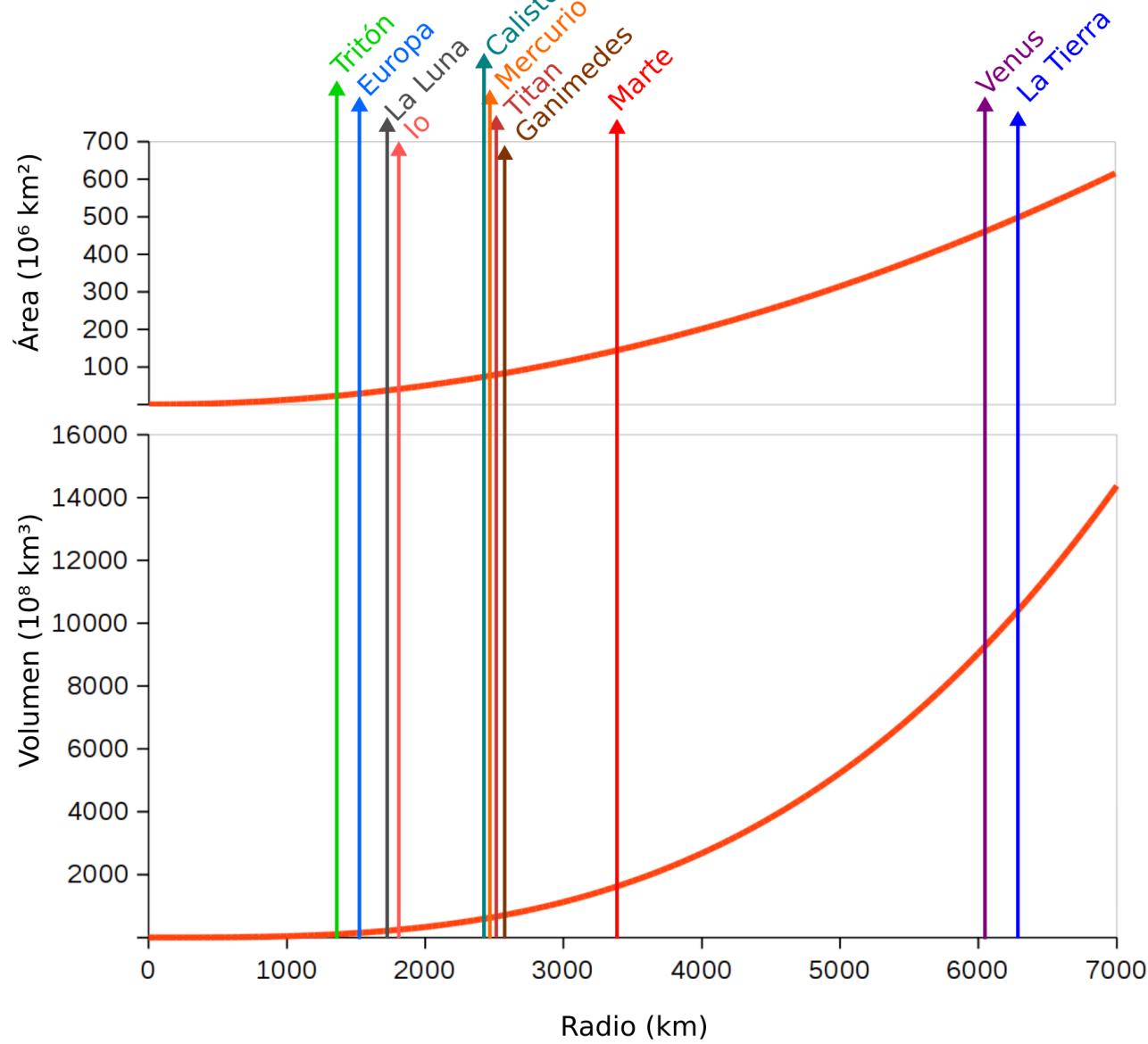
I. Romeo

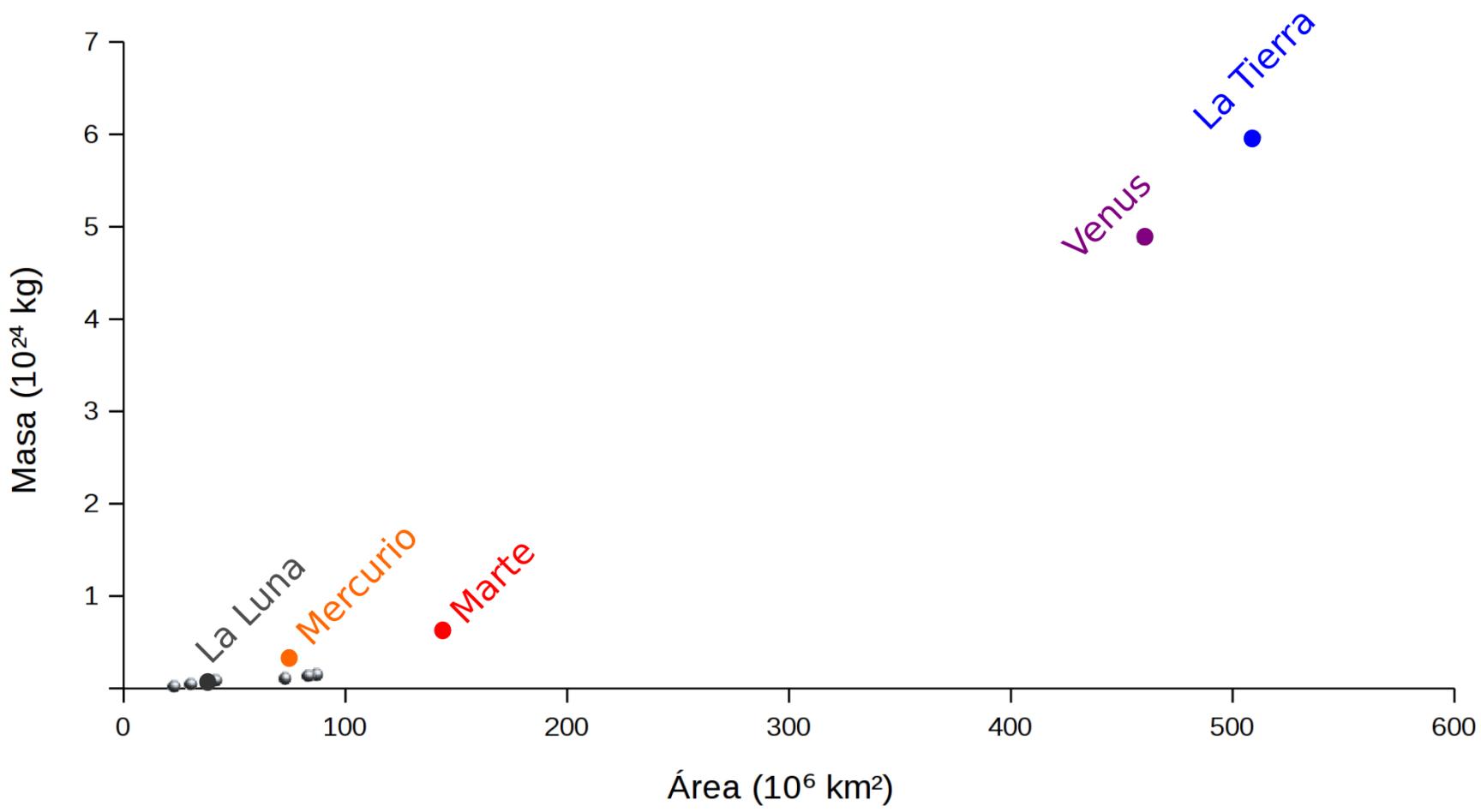
Fuentes de calor en un cuerpo planetario



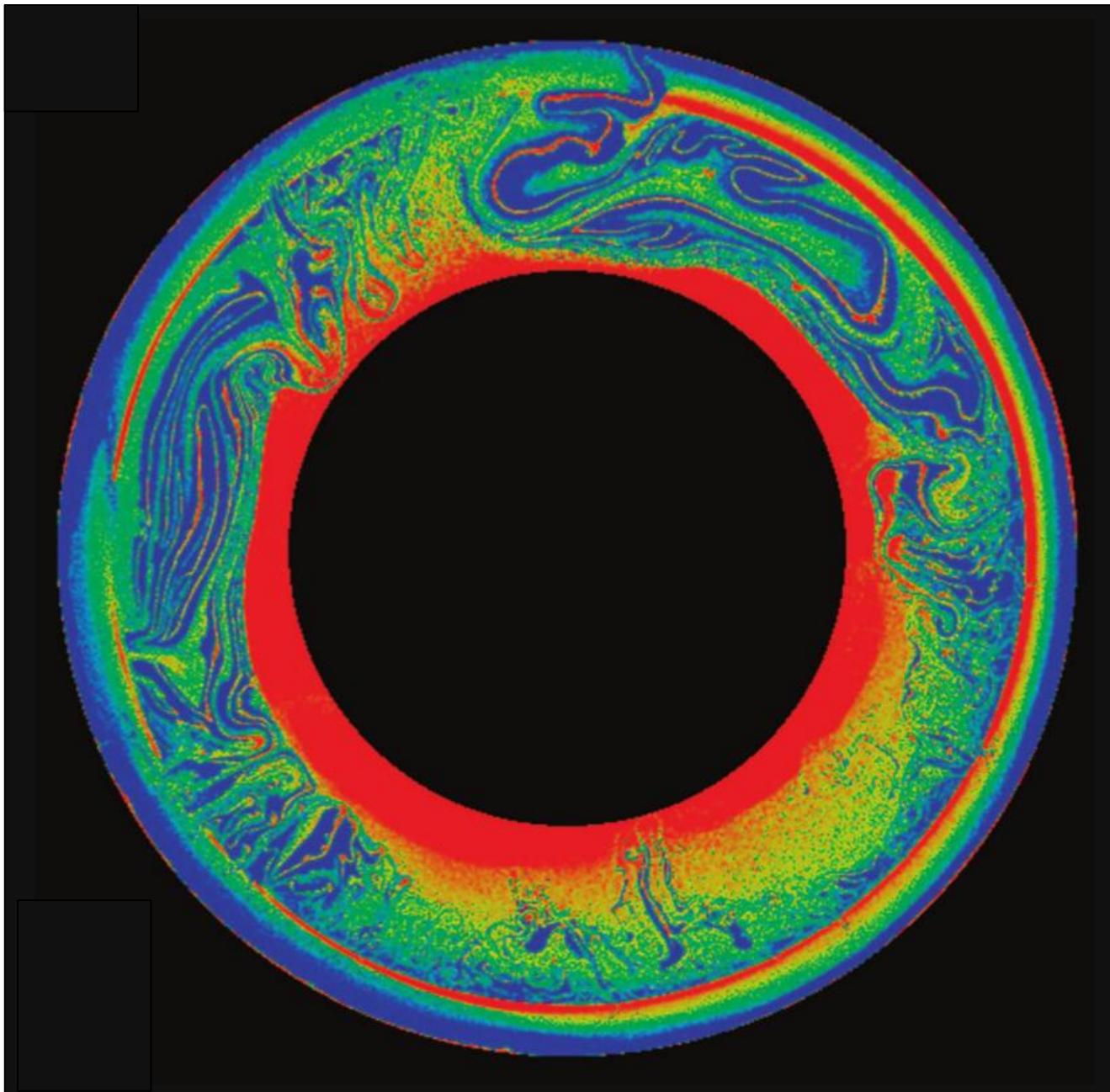
Consideraciones geométricas

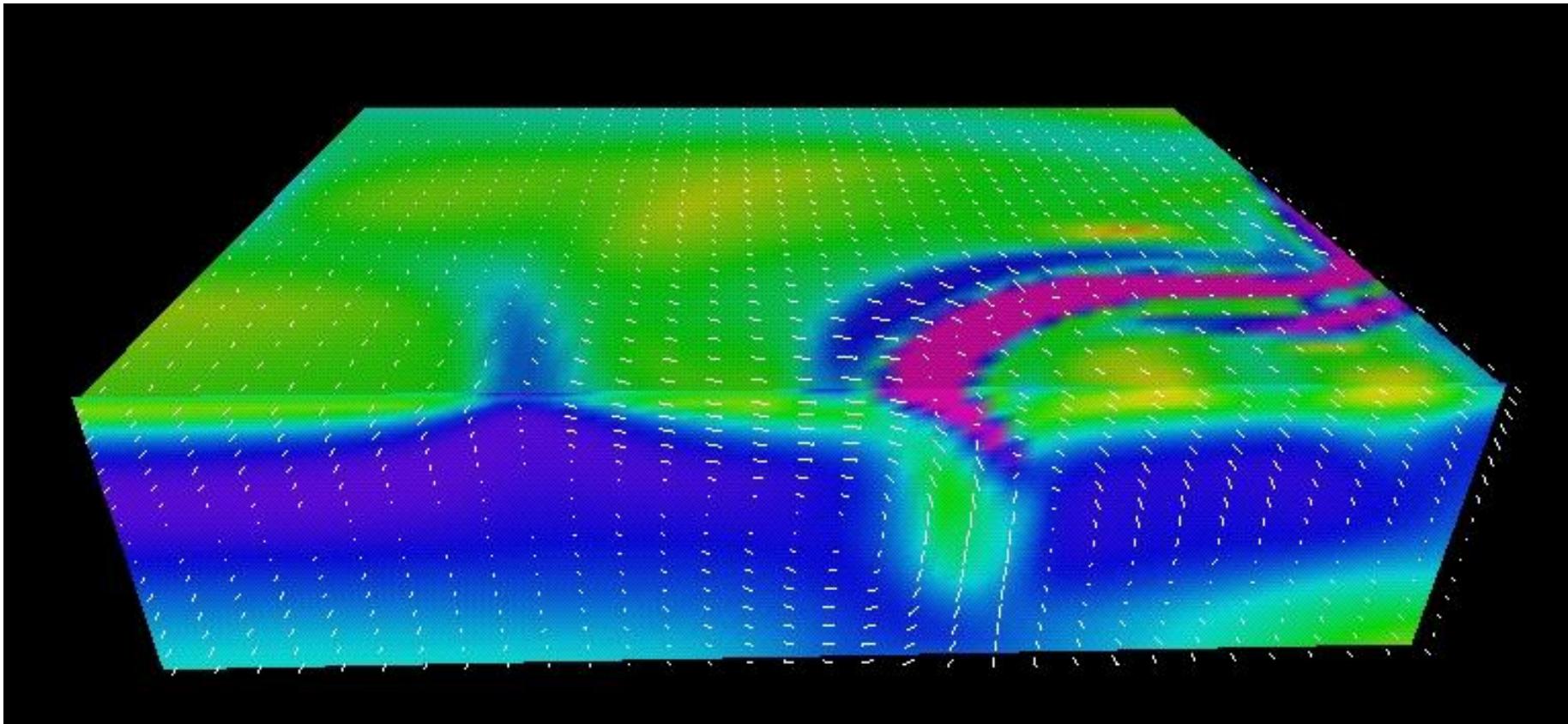






Manto terrestre en convección





El estado convectivo de un sistema viene dado por su número de Rayleigh, el cual es un balance entre las fuerzas que favorecen la convección y las que se oponen.

El número de Rayleigh de un sistema se define como:

$$Ra = \frac{\alpha_v \rho g b^3 \Delta T}{\kappa \eta}$$

α_v = coeficiente de expansión térmica

ρ = densidad

g = aceleración de la gravedad

b = Espesor de la capa

ΔT = Diferencia de temperatura entre el techo y la base de la capa

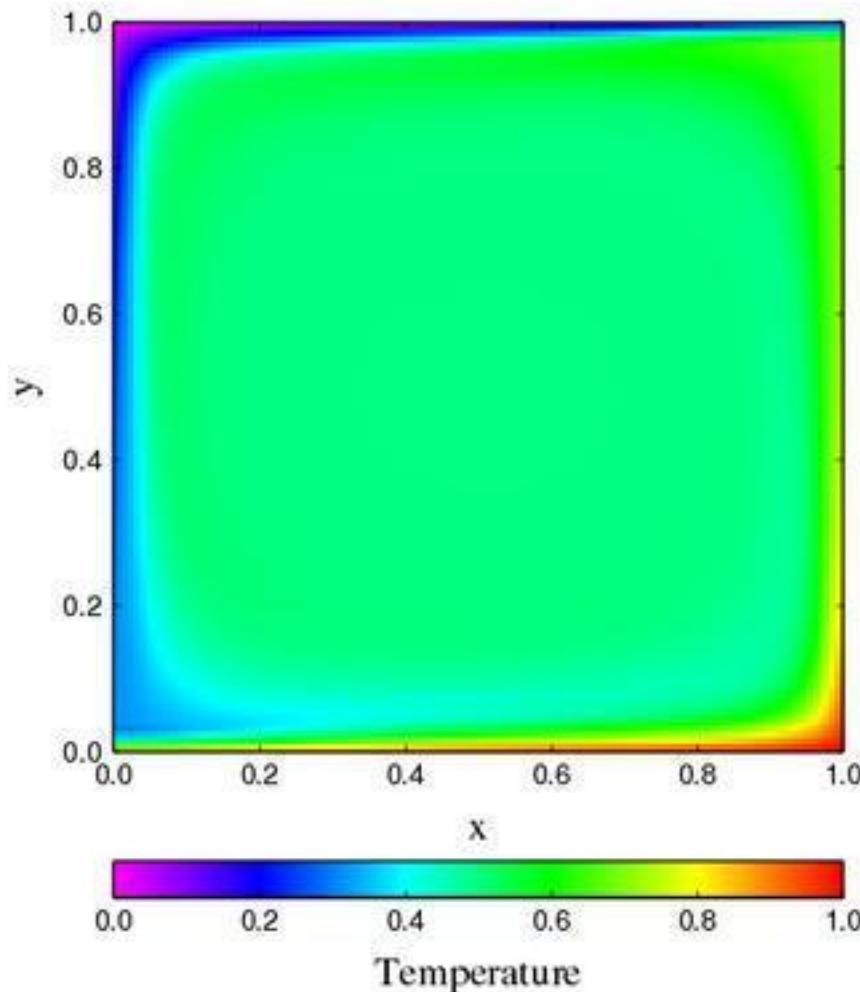
κ = Coeficiente de difusión térmica

η = Viscosidad

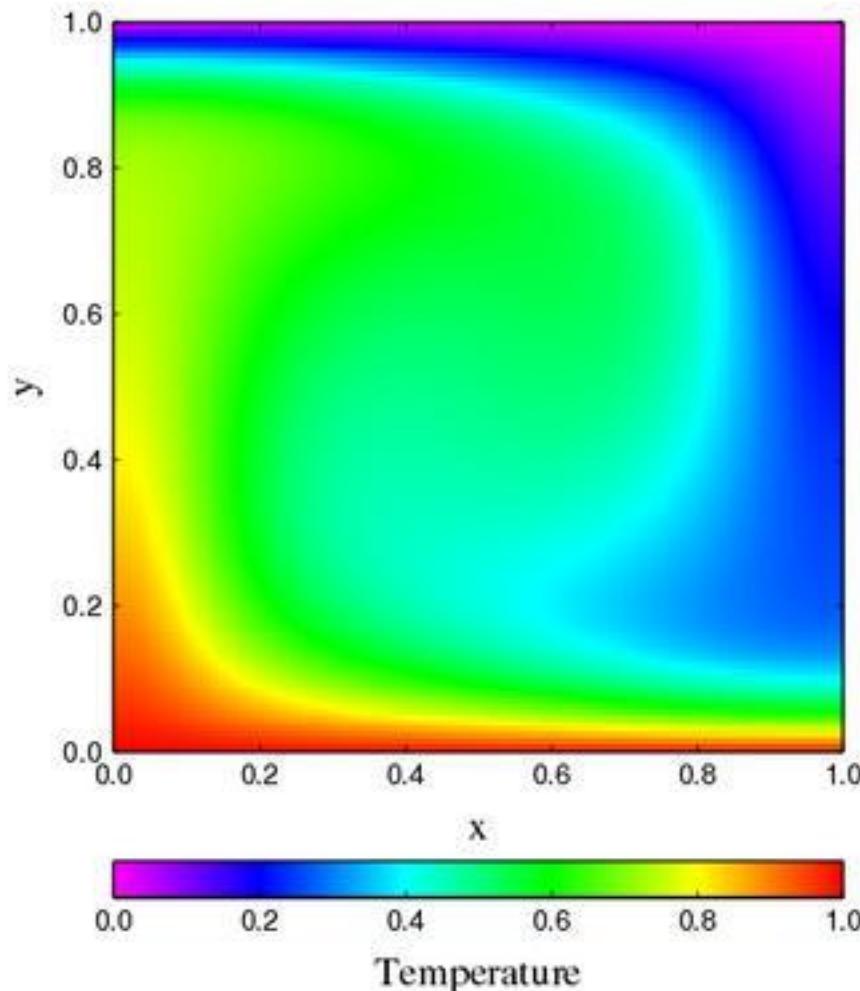
Convección en una capa casi isoviscosa:

El material se encuentra muy bien mezclado. No hay capas que definan (limiten) térmicamente el techo y la base del sistema.

No define un sistema real en un cuerpo planetario

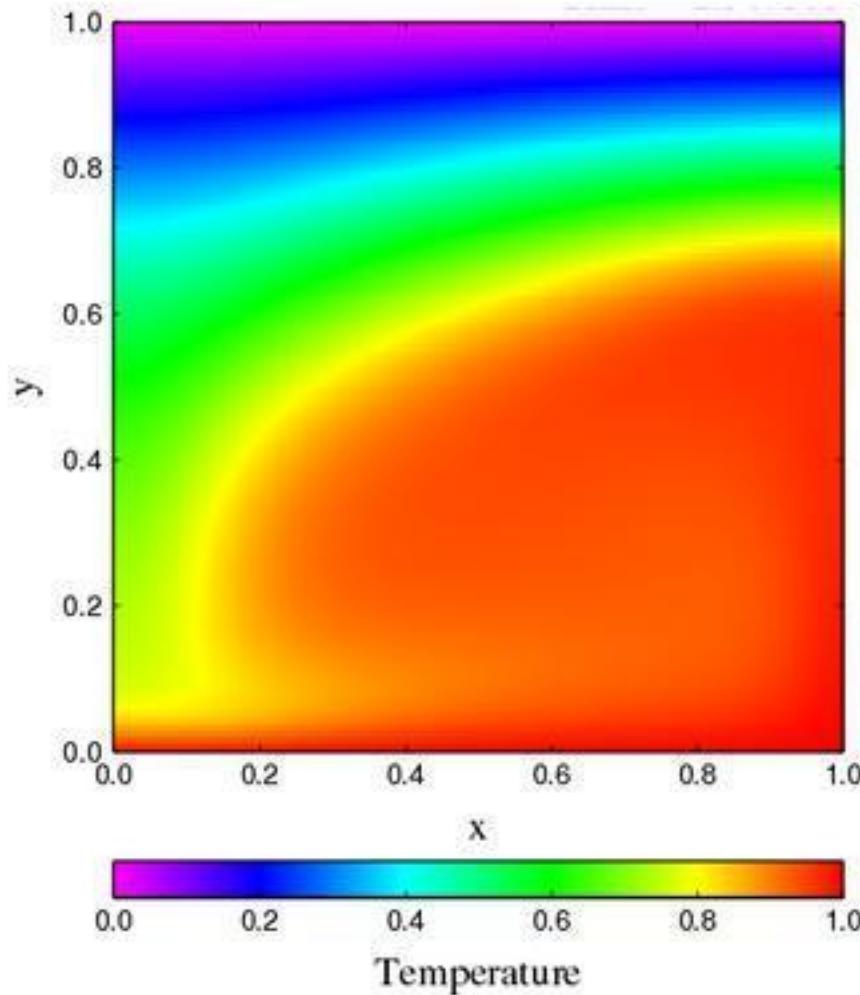


Convección en una capa con un contraste moderado de viscosidades:
Se general capas límites claras a techo y base de la capa en convección.
La capa límite superior (litosfera) participa en la convección.
Se tendría reciclaje de la litosfera y tectónica de placas.

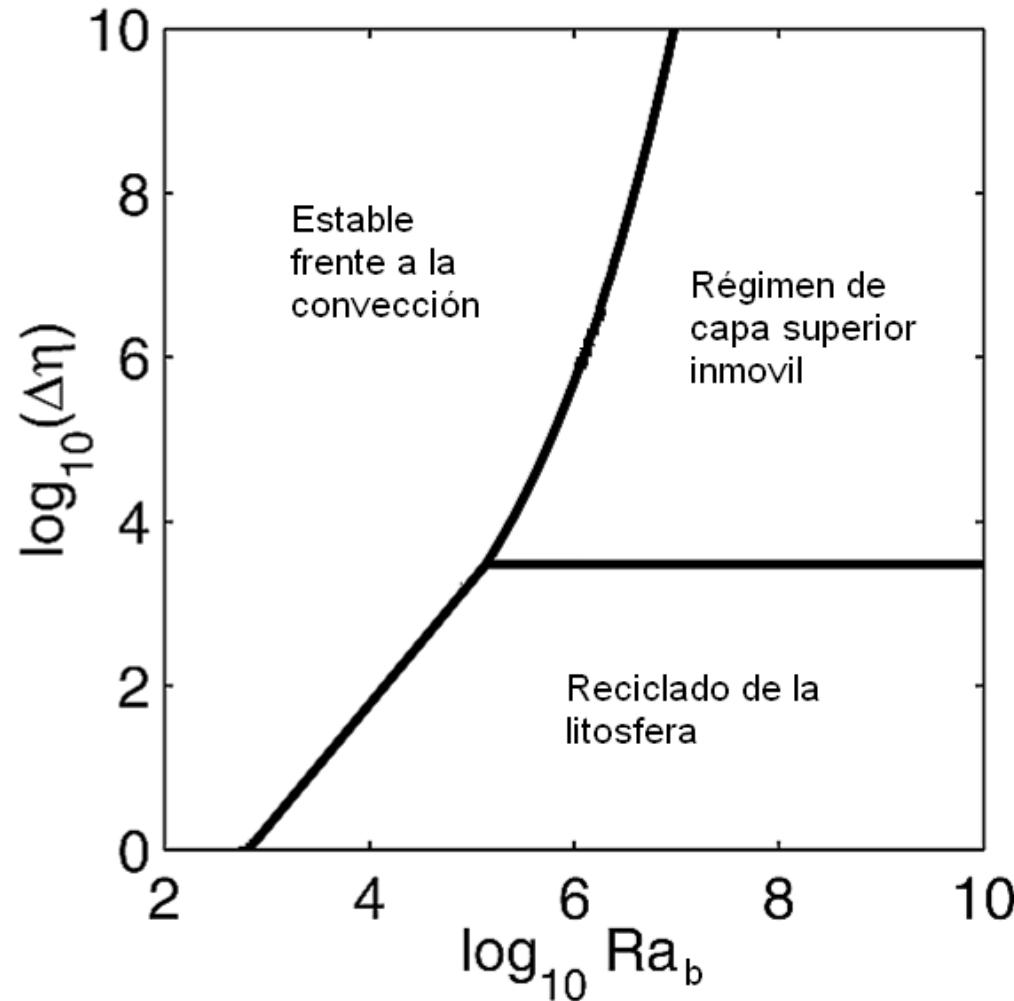


Convección en una capa con fuerte contraste de viscosidades: Se genera una capa límite superior muy gruesa e inmóvil que no participa en la convección.

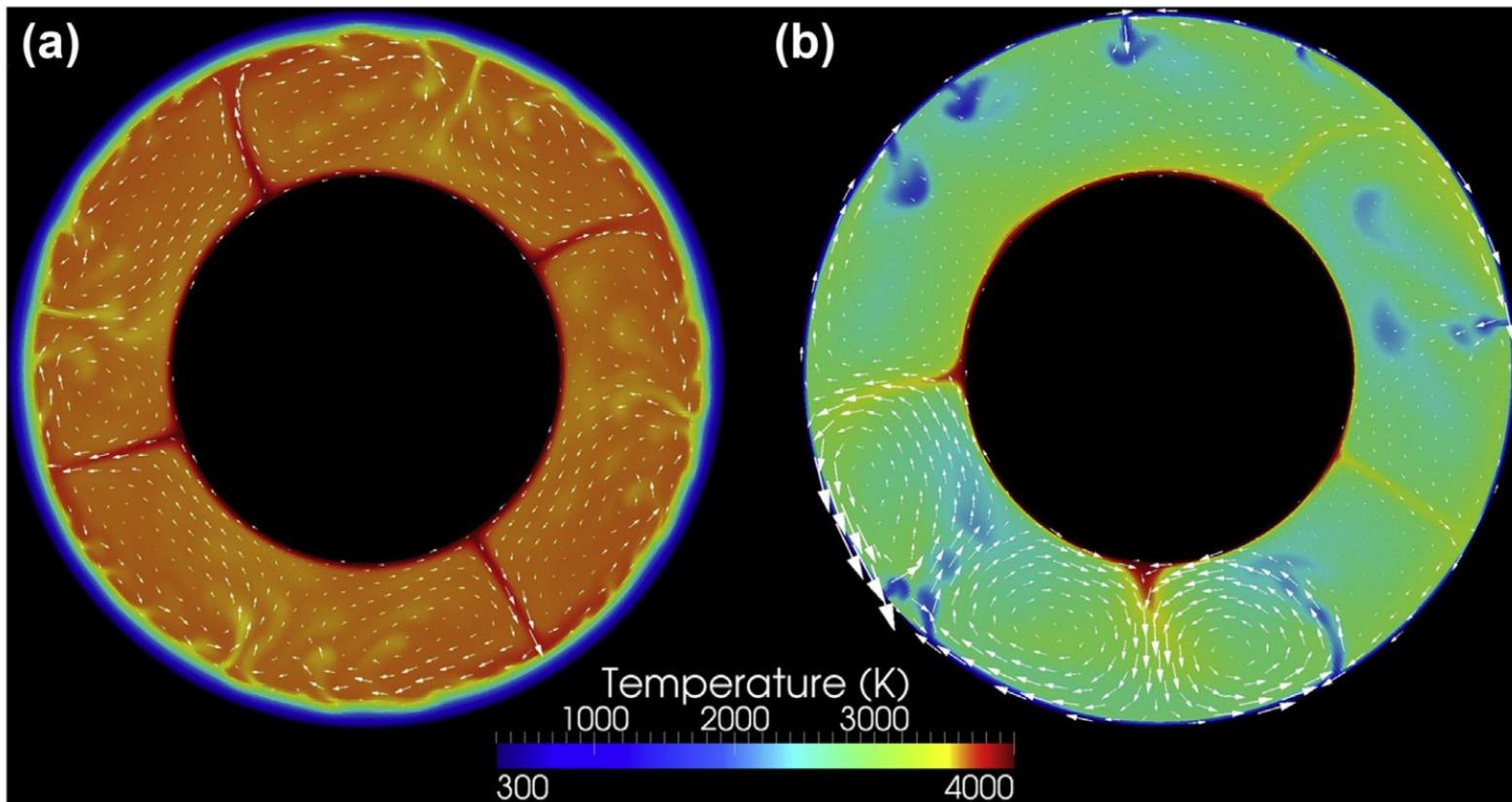
No hay tectónica de placas



Así, el contraste de viscosidades a través del manto determina como se comporta un planeta deberíamos obtener su posición el el diagrama.

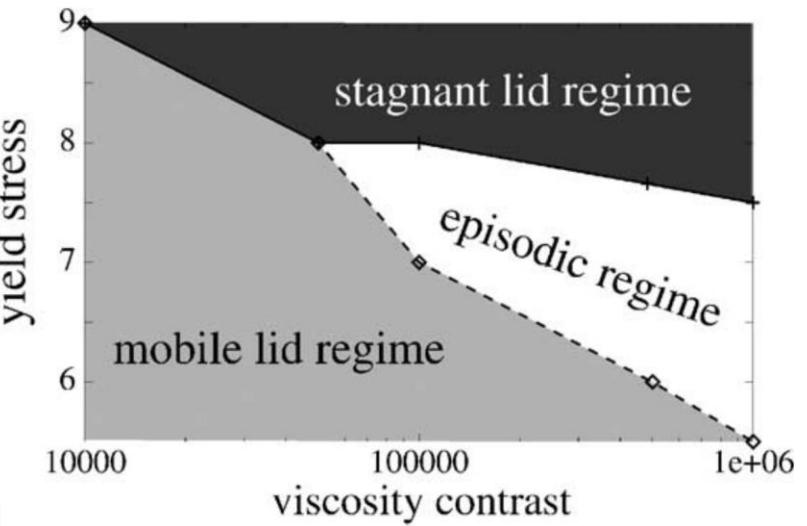
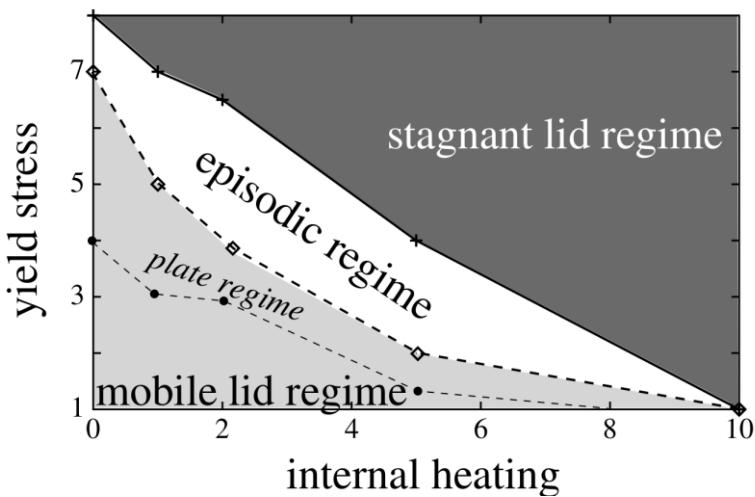


Regímenes convectivos



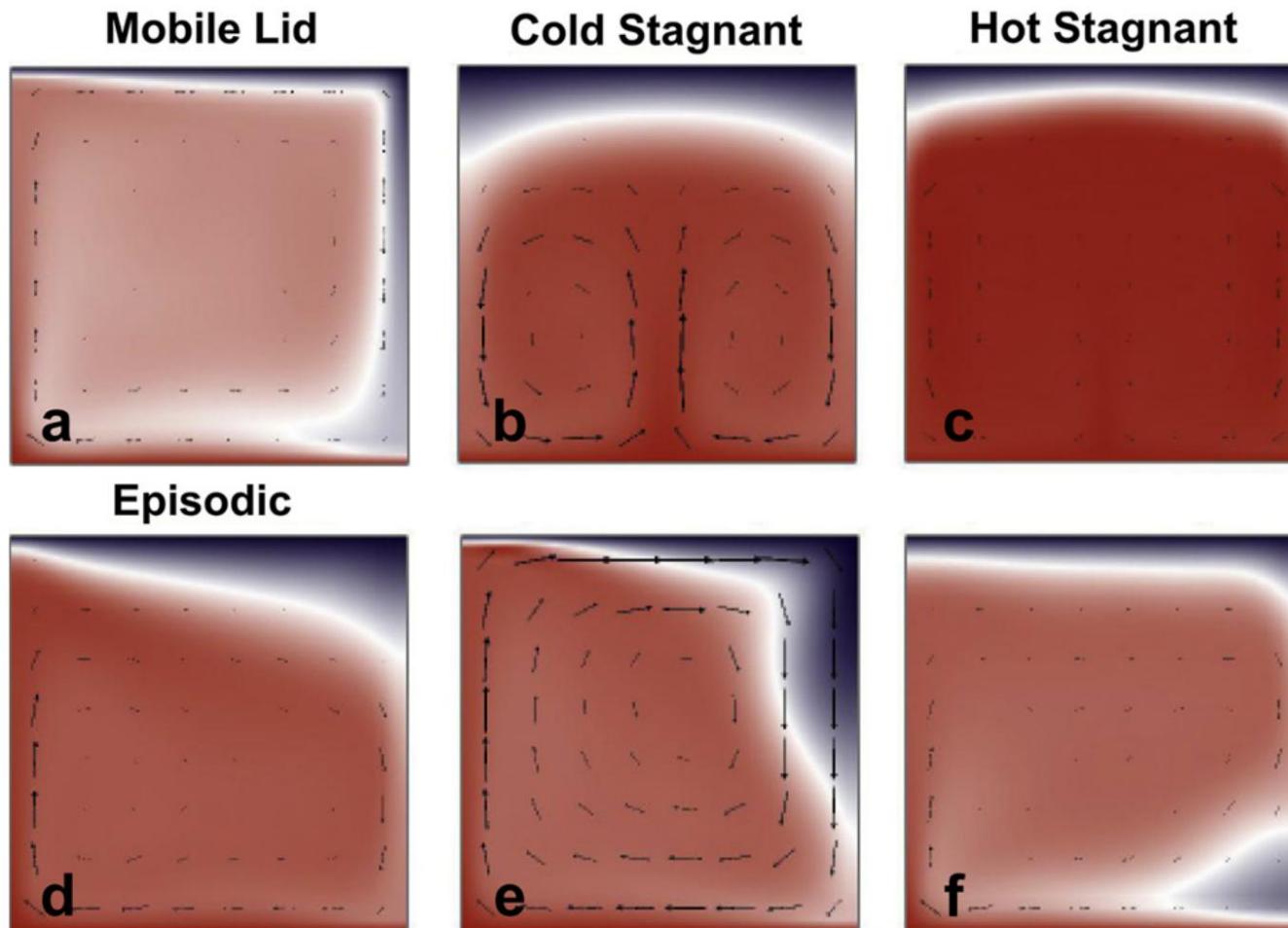
Tosi et al. (2014)

Regímenes convectivos



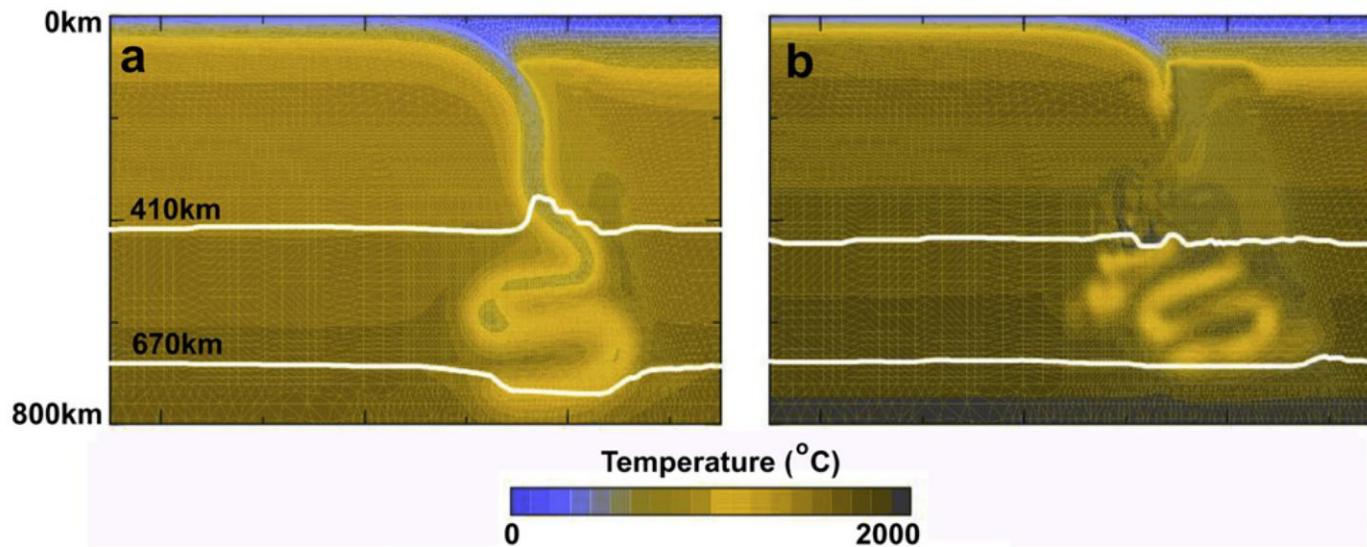
Stein et al. (2004)

Regímenes convectivos



Moresi y Solomatov (1998)

Debilidad en las placas litosféricas calientes



Moyen y van Hunen (2012)

Marte

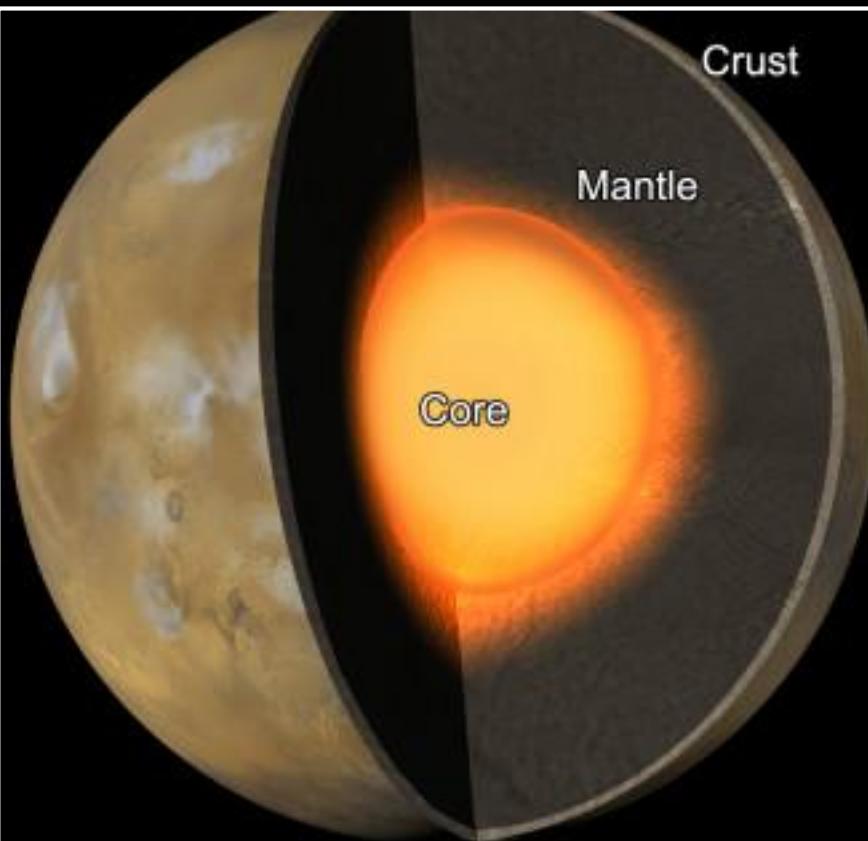


Colinas Columbia, Cráter Gusev



La Tierra y Marte a escala. Aunque Marte es mucho más pequeño, el tamaño de sus estructuras tectónicas rivaliza con el de la Tierra. En se aprecia el Valles Marineris, que puede compararse con las dimensiones del Mar Rojo o el Golfo de Aden.

The Interior of Mars



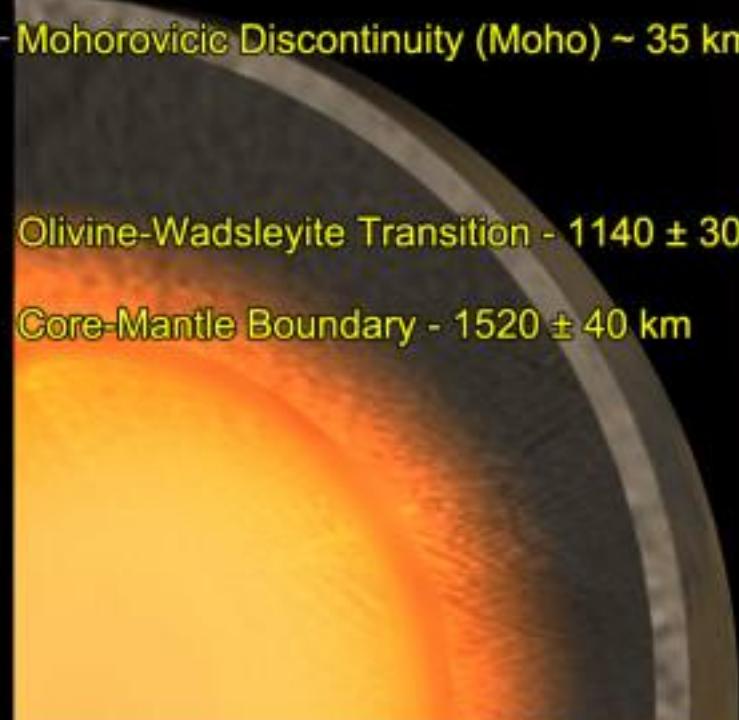
Seismic signal from SEIS, NASA InSight
Deng & Levander, 2020



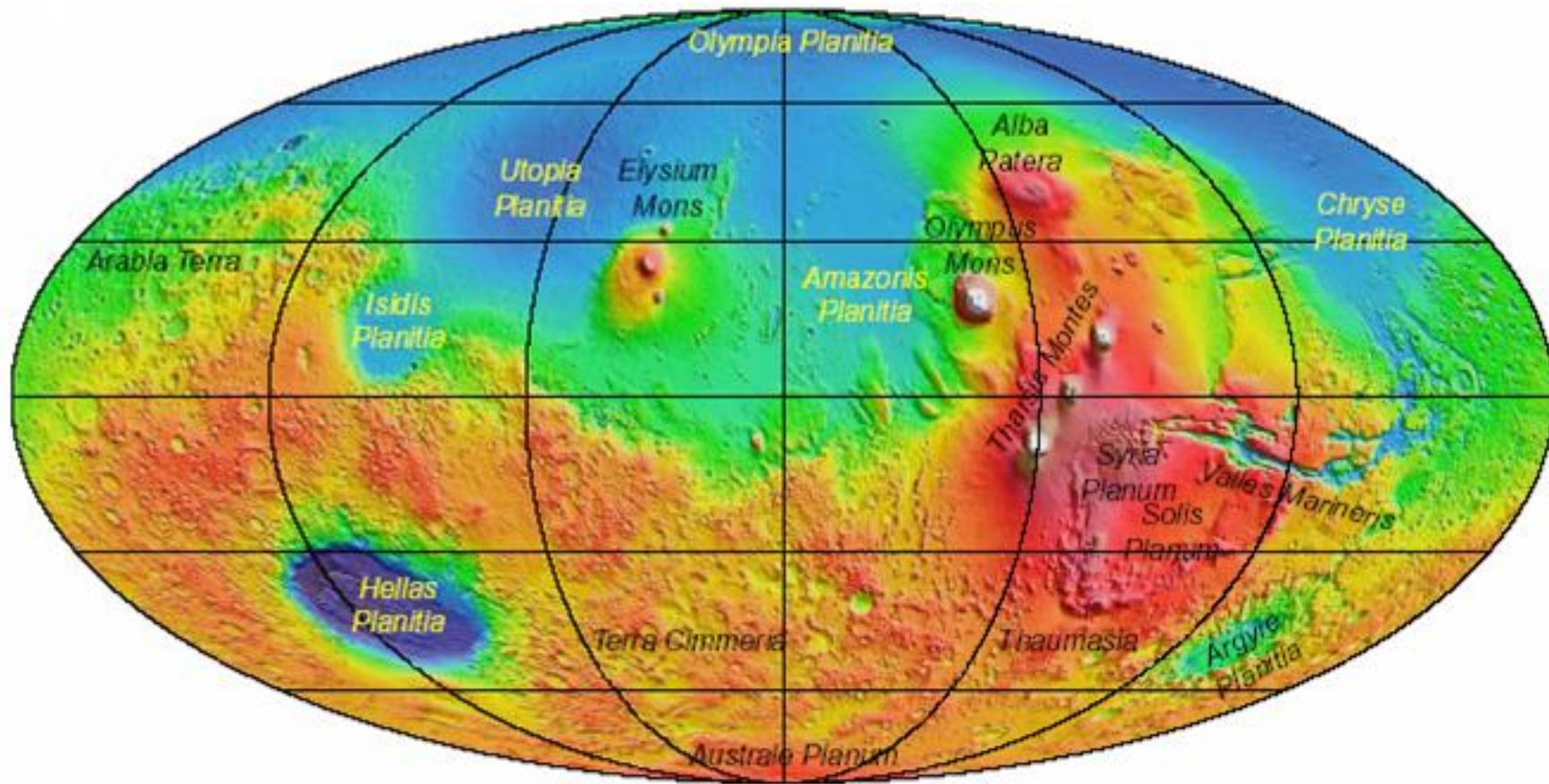
Mohorovicic Discontinuity (Moho) ~ 35 km

Olivine-Wadsleyite Transition - 1140 ± 30 km

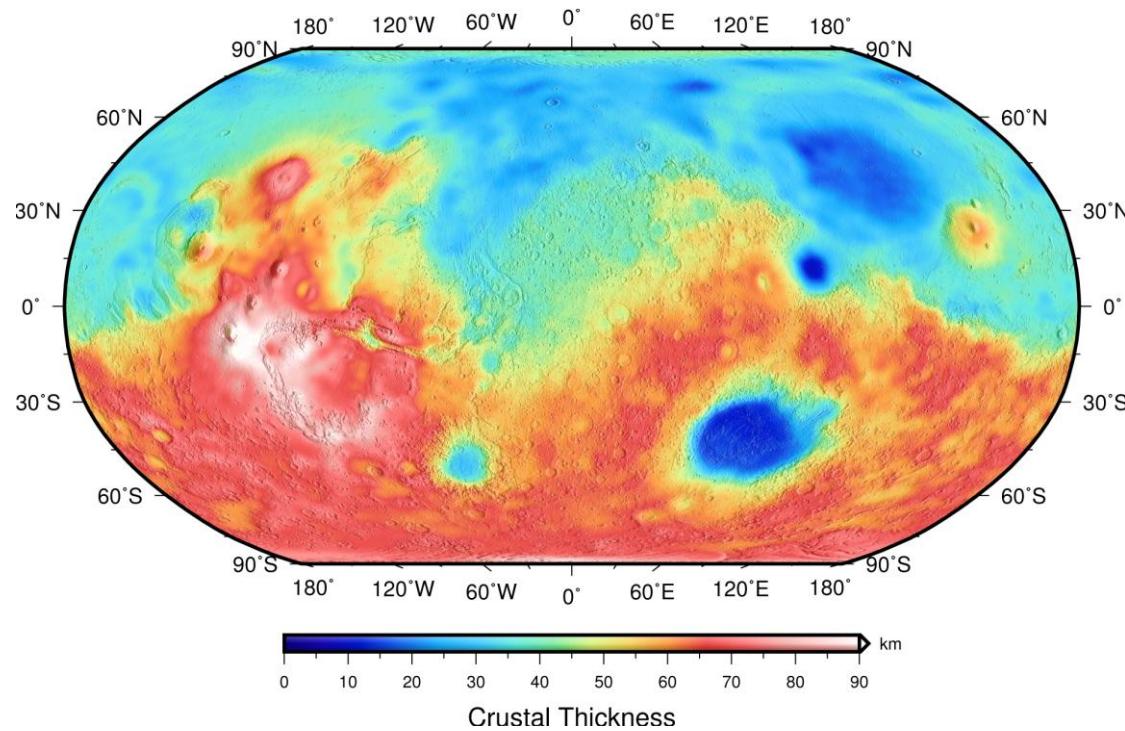
Core-Mantle Boundary - 1520 ± 40 km



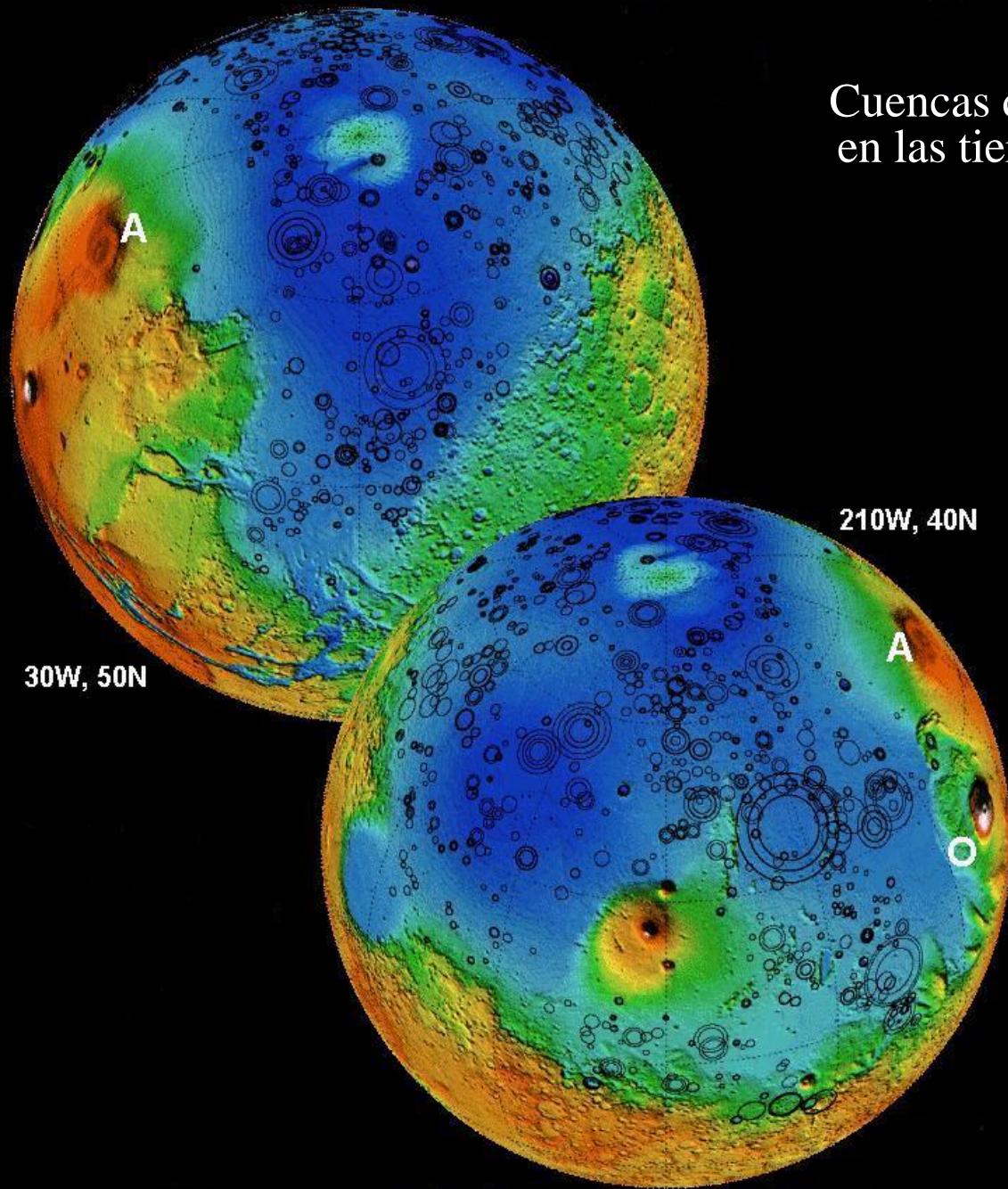
Topografía de Marte (Smith et al., 1999, 2001)



Marte presenta una dicotomía topográfica. Se puede diferenciar claramente entre tierras bajas al norte y tierras altas al sur, con una diferencia de altura media de varios kilómetros. Las tierras bajas presentan una superficie lisa, mientras que las altas son mucho más rugosas y craterizadas.

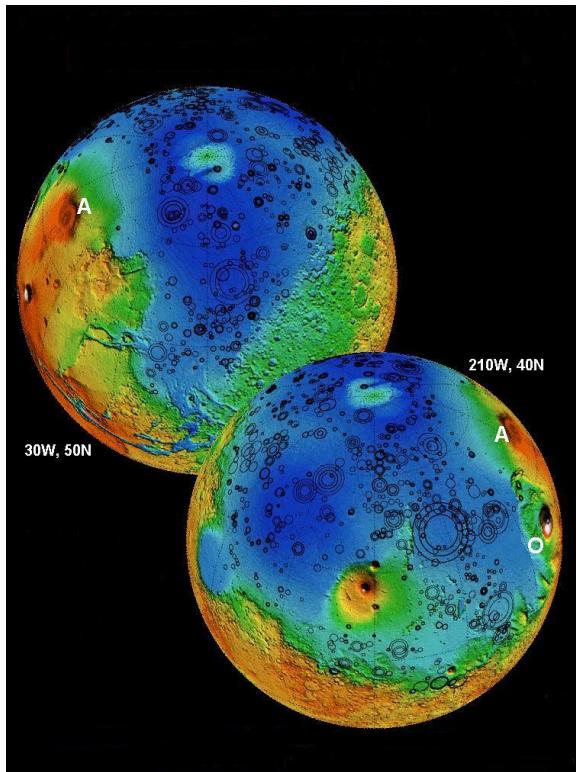


Marte también presenta una dicotomía en cuanto al espesor de su corteza, que básicamente es equivalente a la dicotomía en altitudes, con corteza relativamente delgada en las tierras bajas y gruesa en las tierras altas.

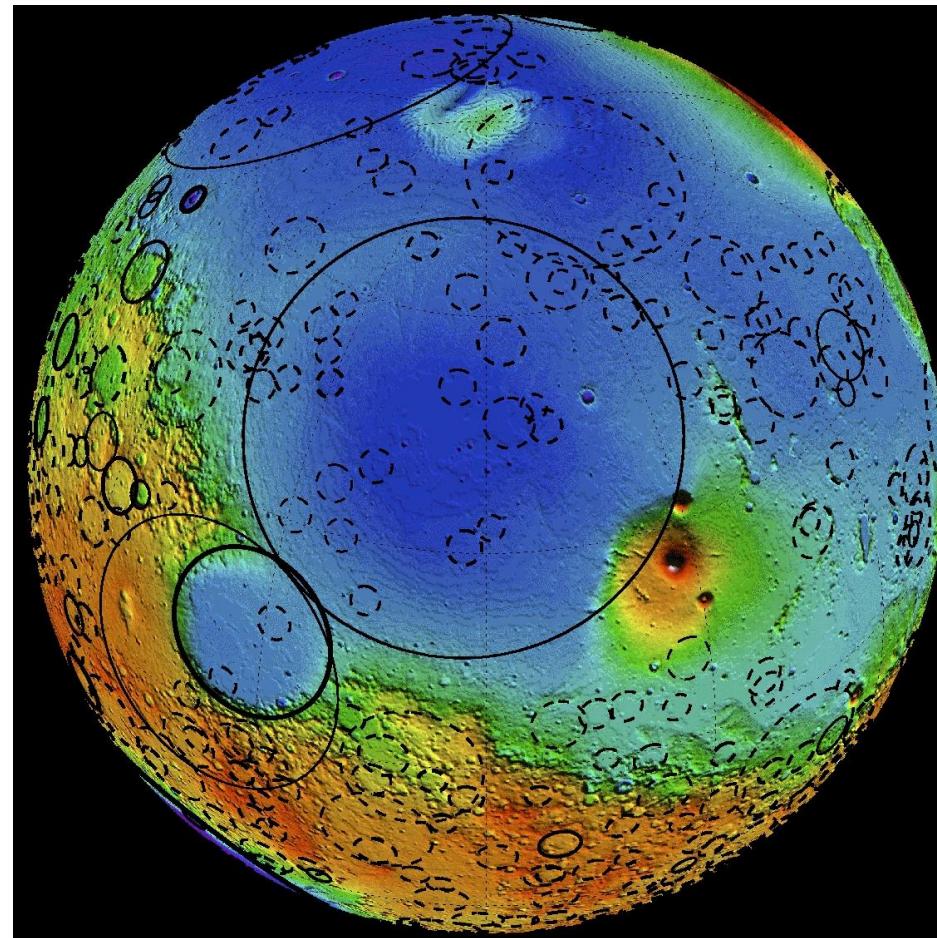


Cuencas de impacto enterradas
en las tierras altas del norte de
Marte

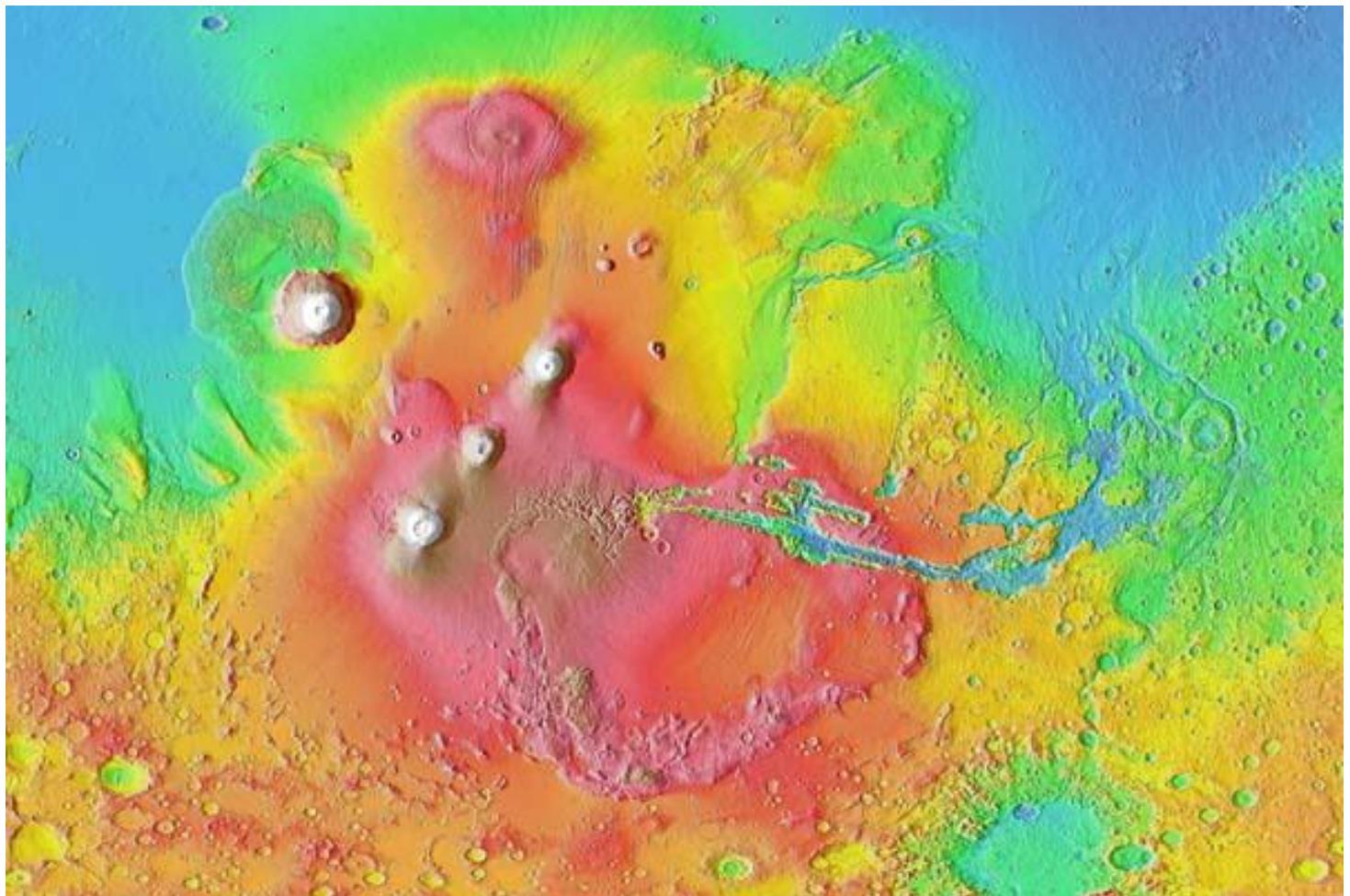
(Frey et al., 2002)



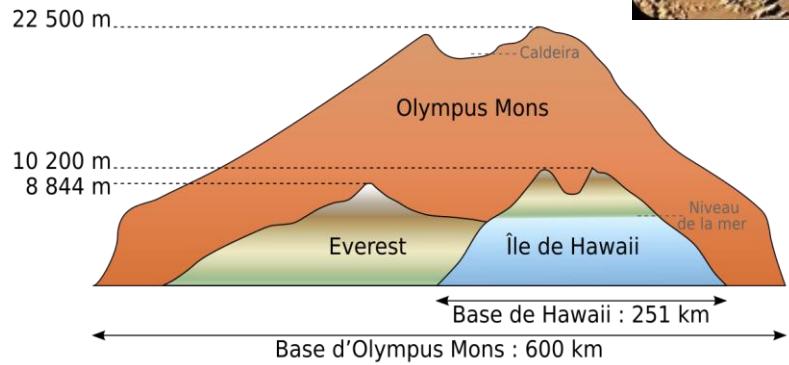
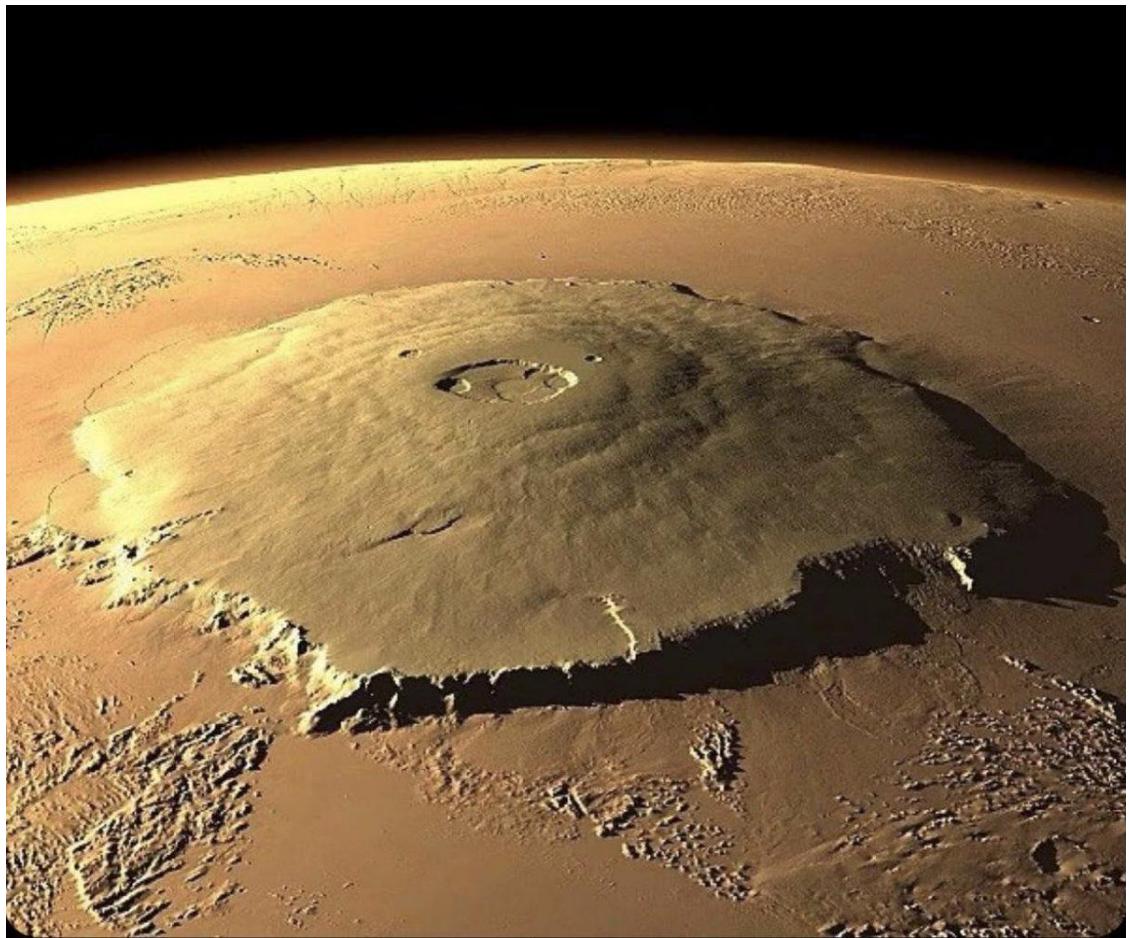
La presencia en el norte de una gran cantidad de cuencas enterradas nos indica que el basamento de Marte tiene una gran antigüedad en todas las regiones, y no hay evidencias claras de una renovación importante de la corteza a lo largo de su historia.



Región de Tharsis

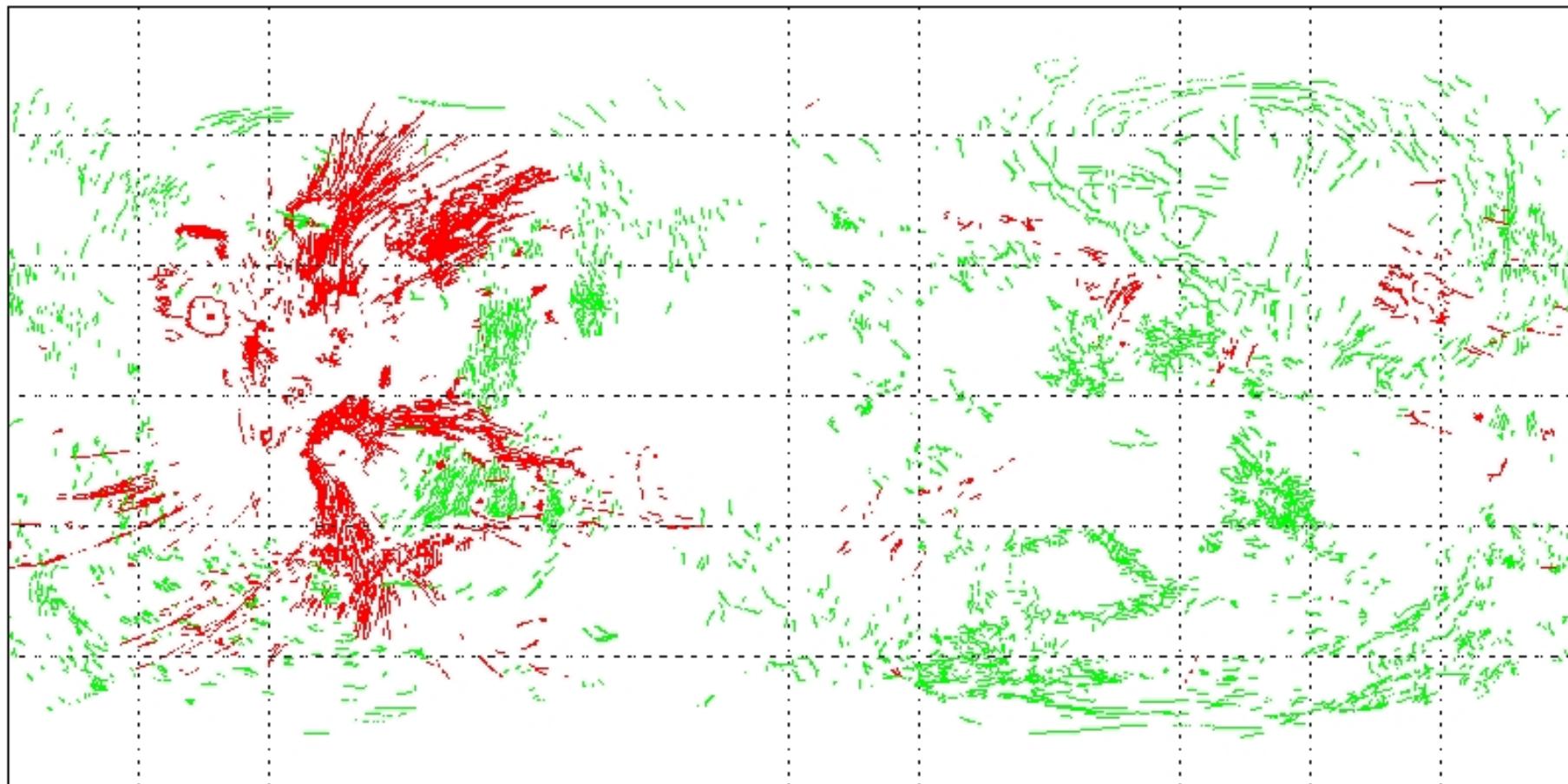


Tharsis contiene alguna de las mayores estructuras tectónicas (como el Valles Marineris o la “cordillera” de Thaumasia) y volcánicas (como el Olympus Mons o los Montes de Tharsis) de Marte.

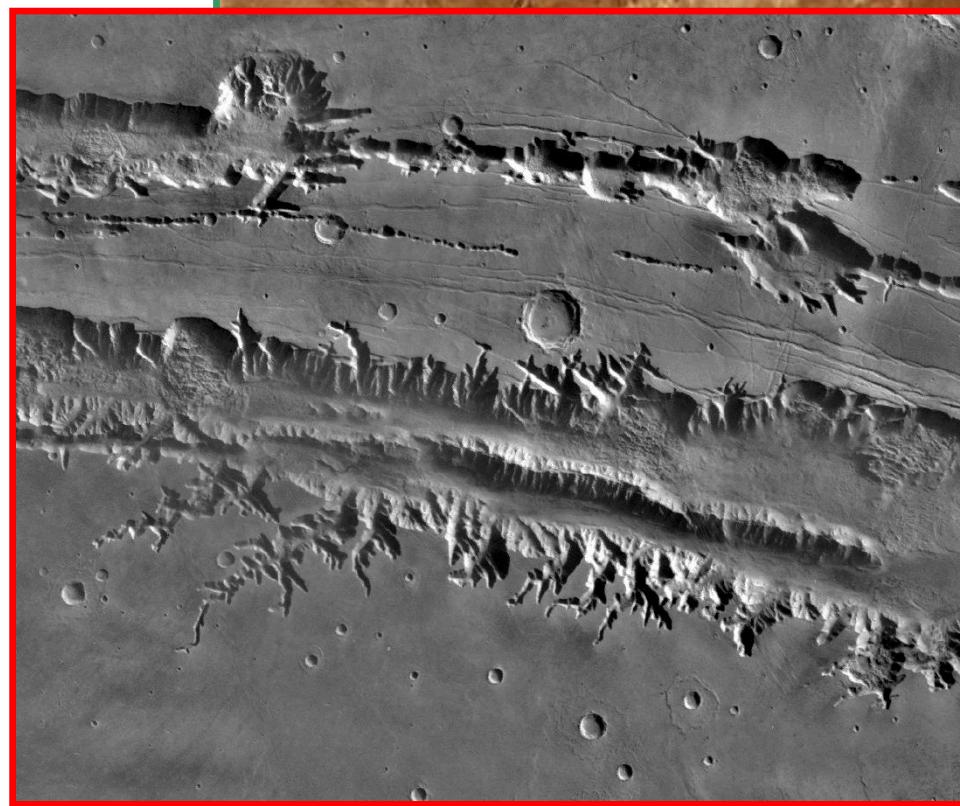
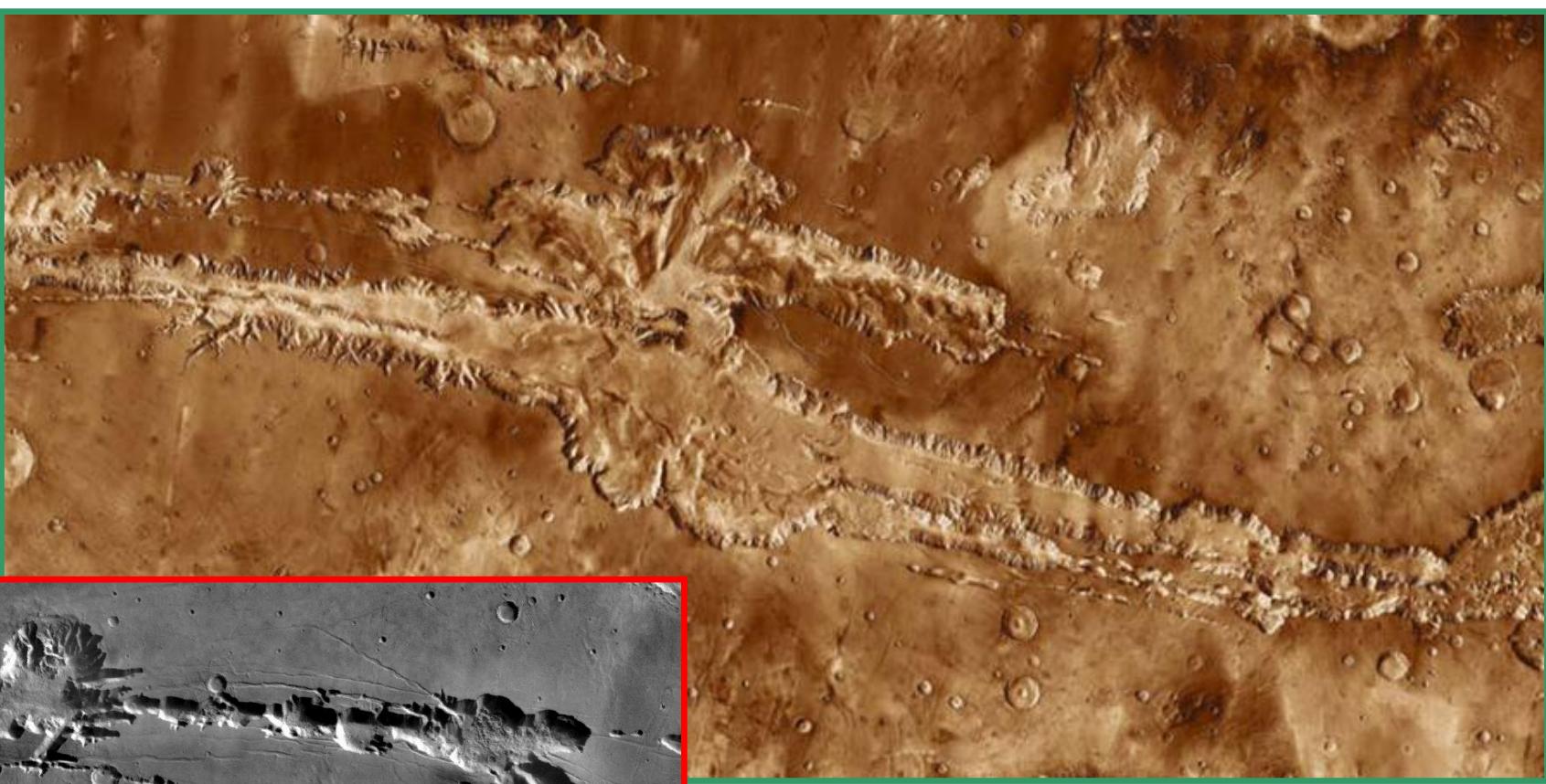


Volcán Olympus Mons, Marte

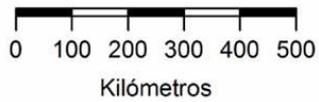
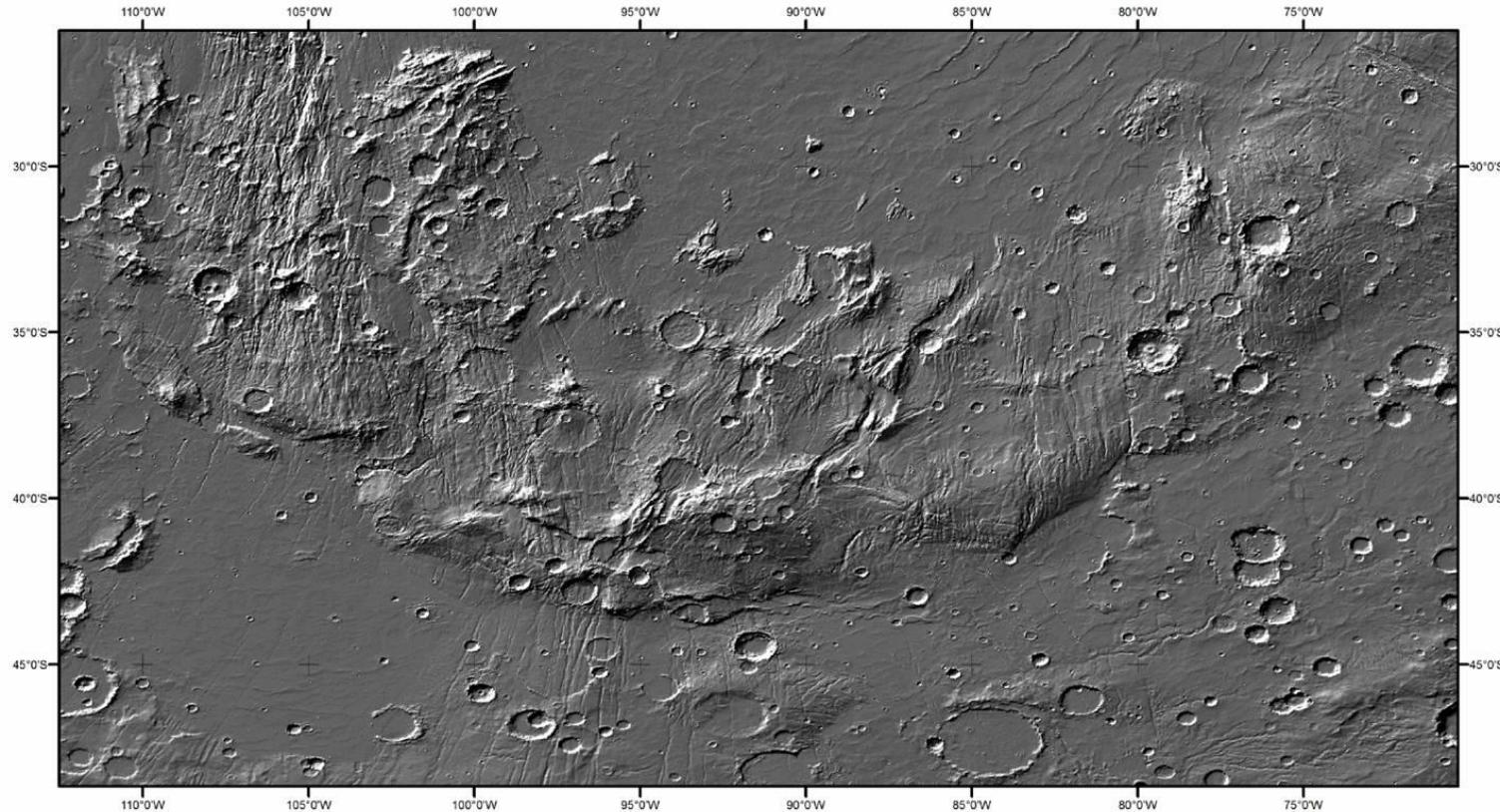
Tectónica en Marte



Estructuras extensionales (rojo)
Estructuras compresivas (verde)



Valles Marineris, cañón de origen tectónico, con hasta 200 km de ancho y 8 km de profundidad

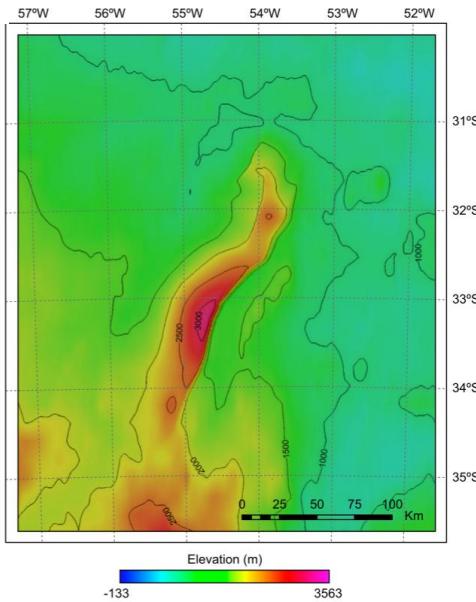
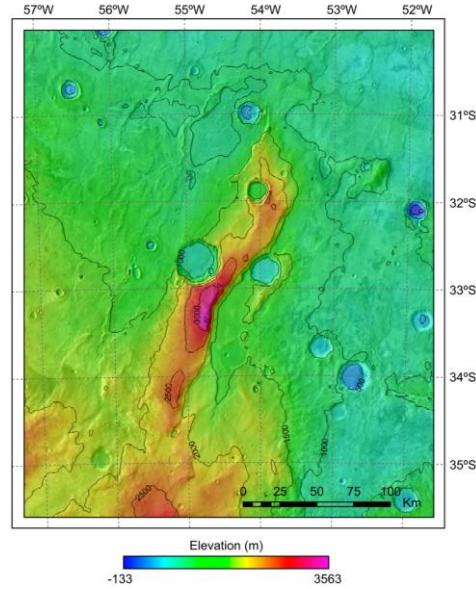
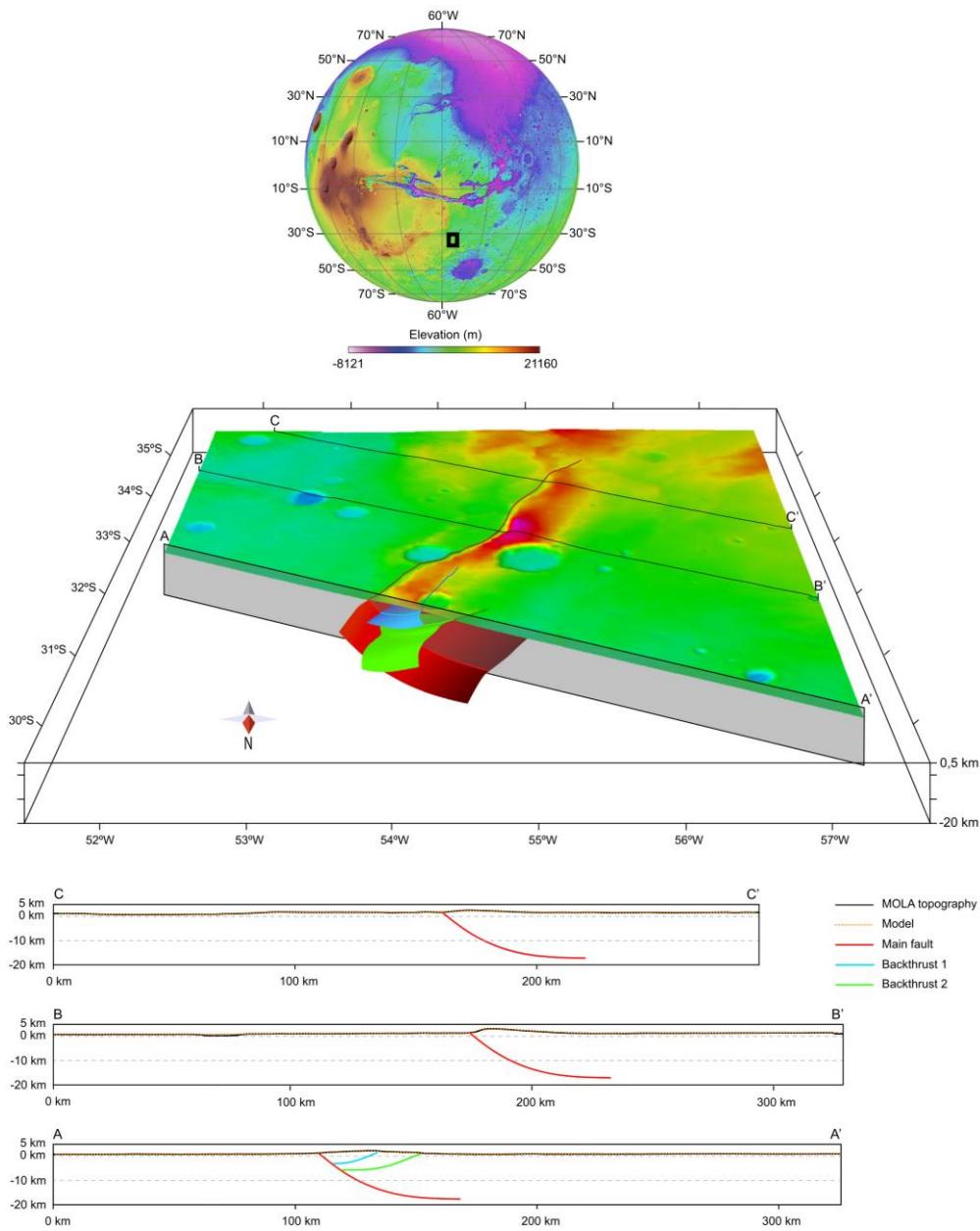


Modelo Digital del Terreno de Warrego Scarp
Topografía MOLA
Proyección Cilíndrica Equidistante

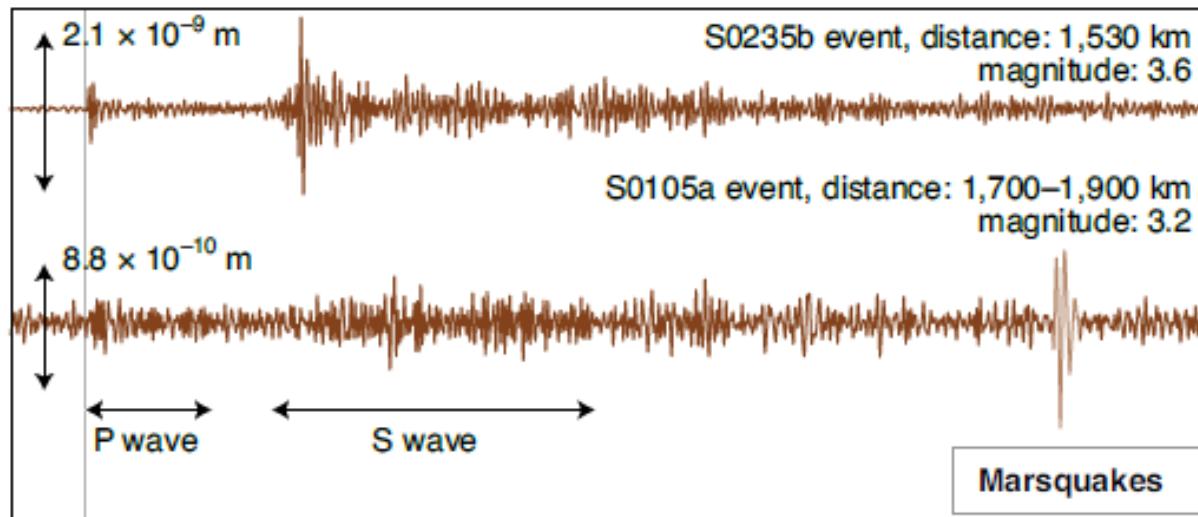
“Cordillera” de Thaumasia, de hasta 4 km de altura sobre el nivel medio (en la zona de Warrego). Los procesos que la originaron no se comprenden bien. Su borde sur se encuentra señalado por un frente de grandes fallas inversas, y es cortado a su través por la fosas Coracis, que han sido interpretadas por algunos autores como un sistema de rifts marciano.



Entre las estructuras compresivas Marte también presenta grandes fallas inversas como Amenthes Rupes



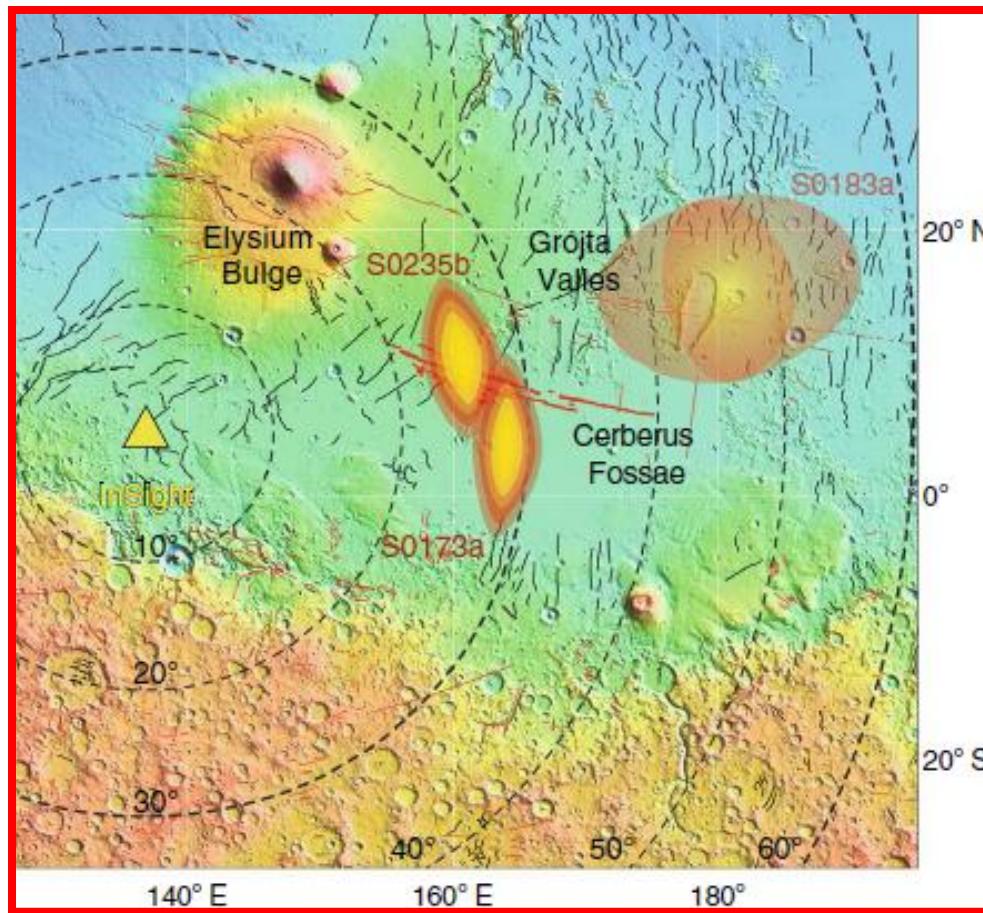
La misión de la NASA InSight ha puesto recientemente un sismógrafo sobre la superficie de Marte, y ya ha obtenido las primeras señales de terremotos marcianos, que indican que este planeta preserva alguna actividad en la actualidad (las grandes estructuras tectónicas son muy antiguas).

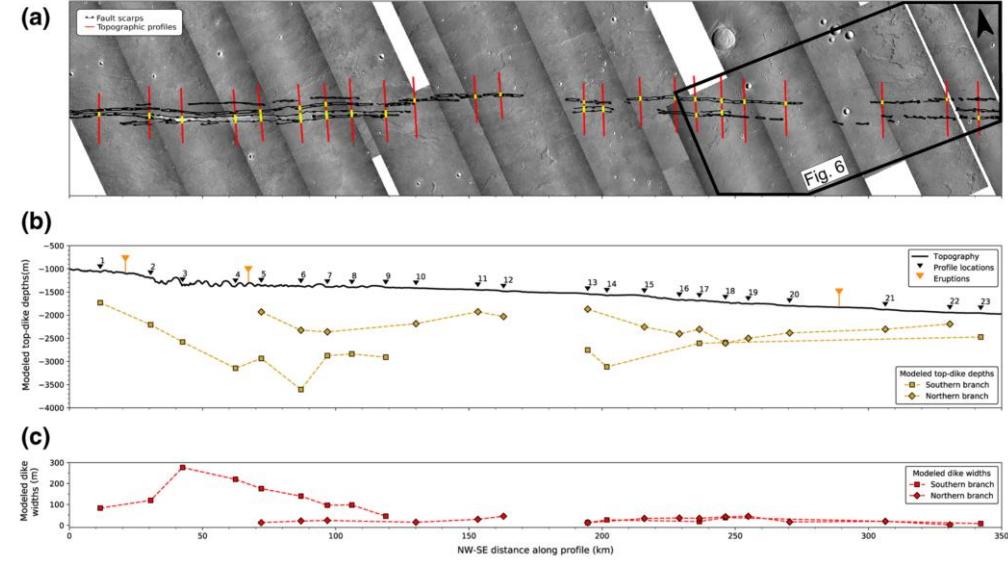
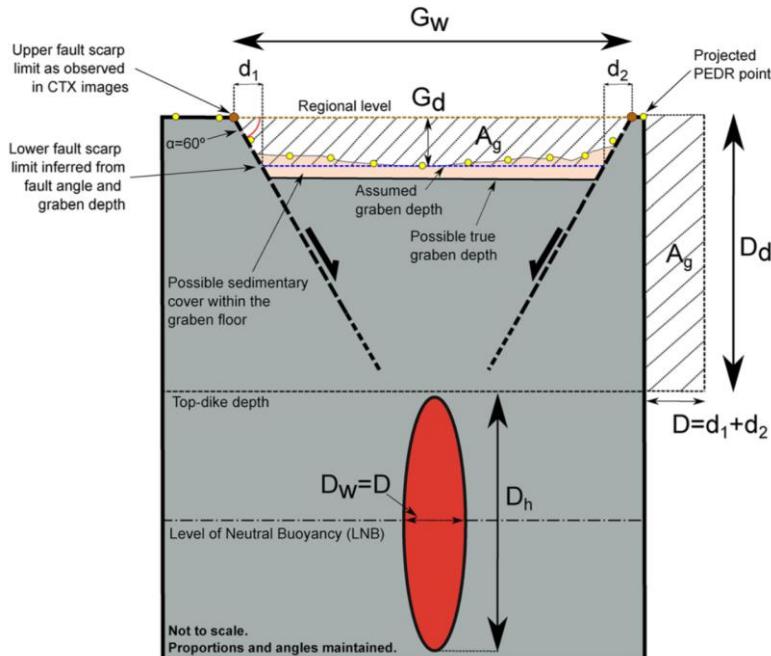
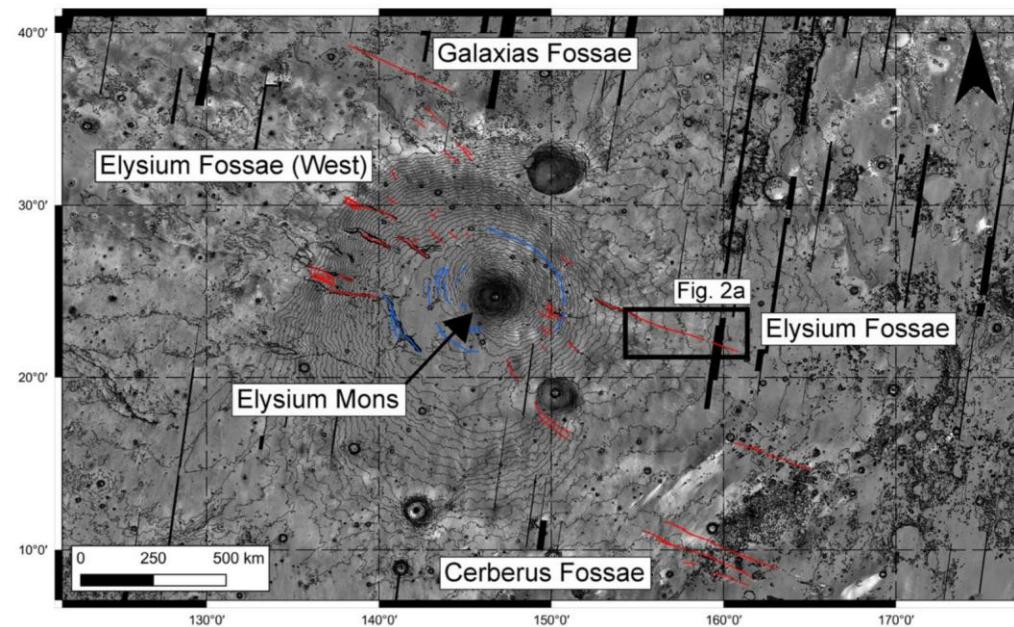
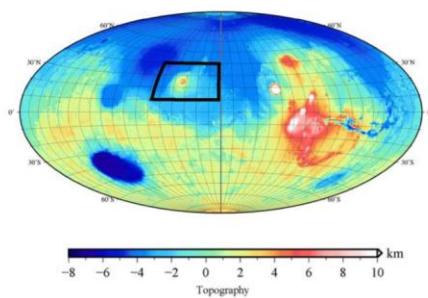


(Banerdt et al., 2020)

Localización de la prodedencia de los dos mayores terremotos marcianos registrados hasta la fecha, provenientes de la región conocida como Cerberus, donde se observan dos depresiones limitadas por fallas conocidas como Fosas Cerbero.

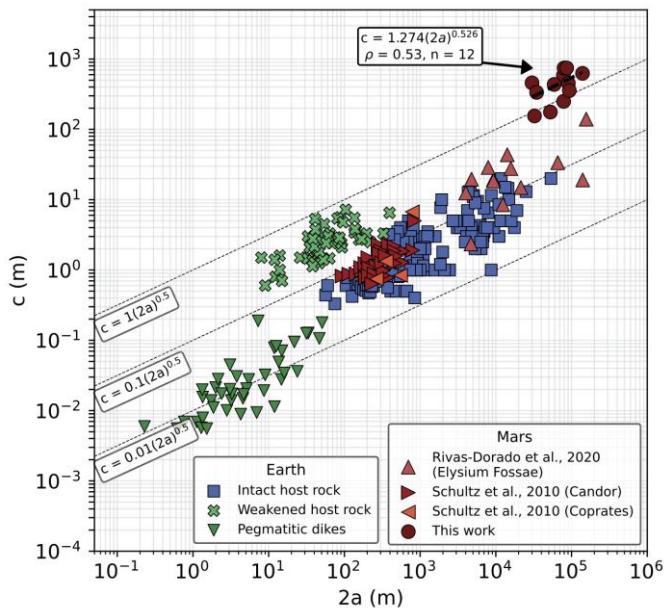
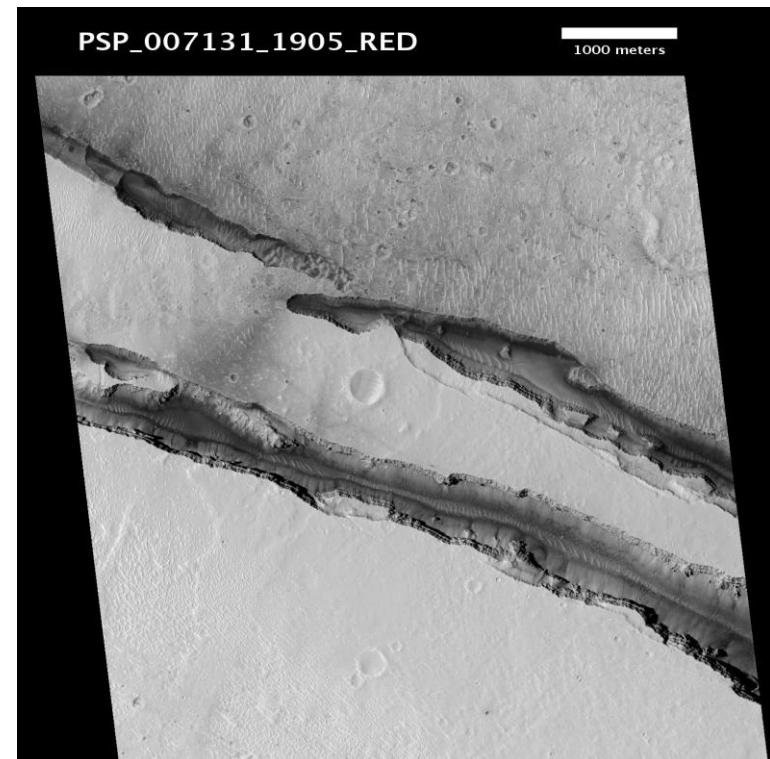
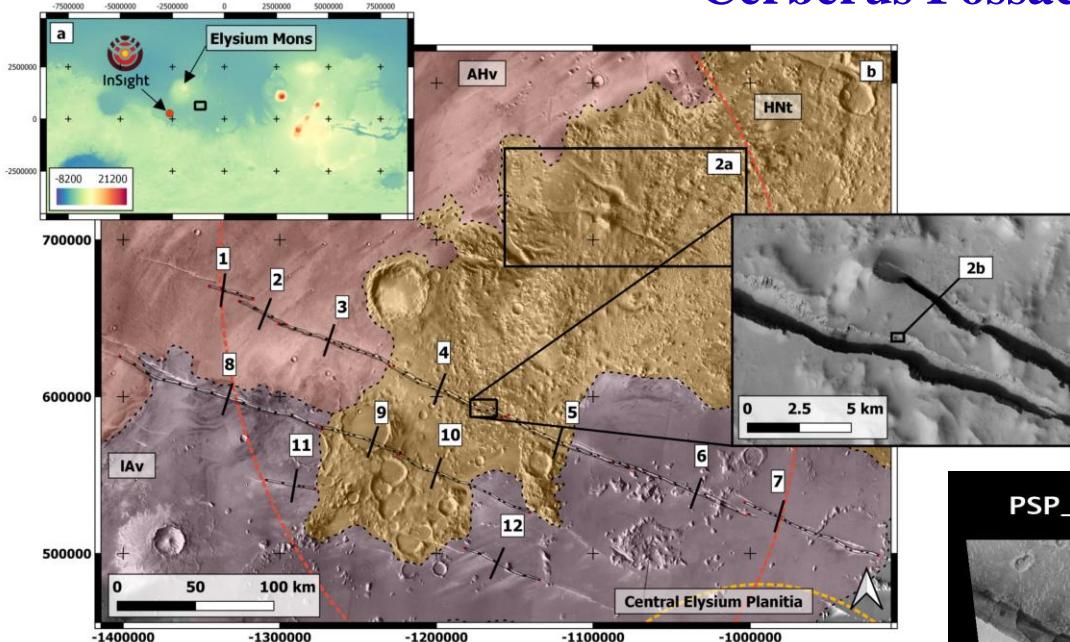
(Giardini et al.,
2020)





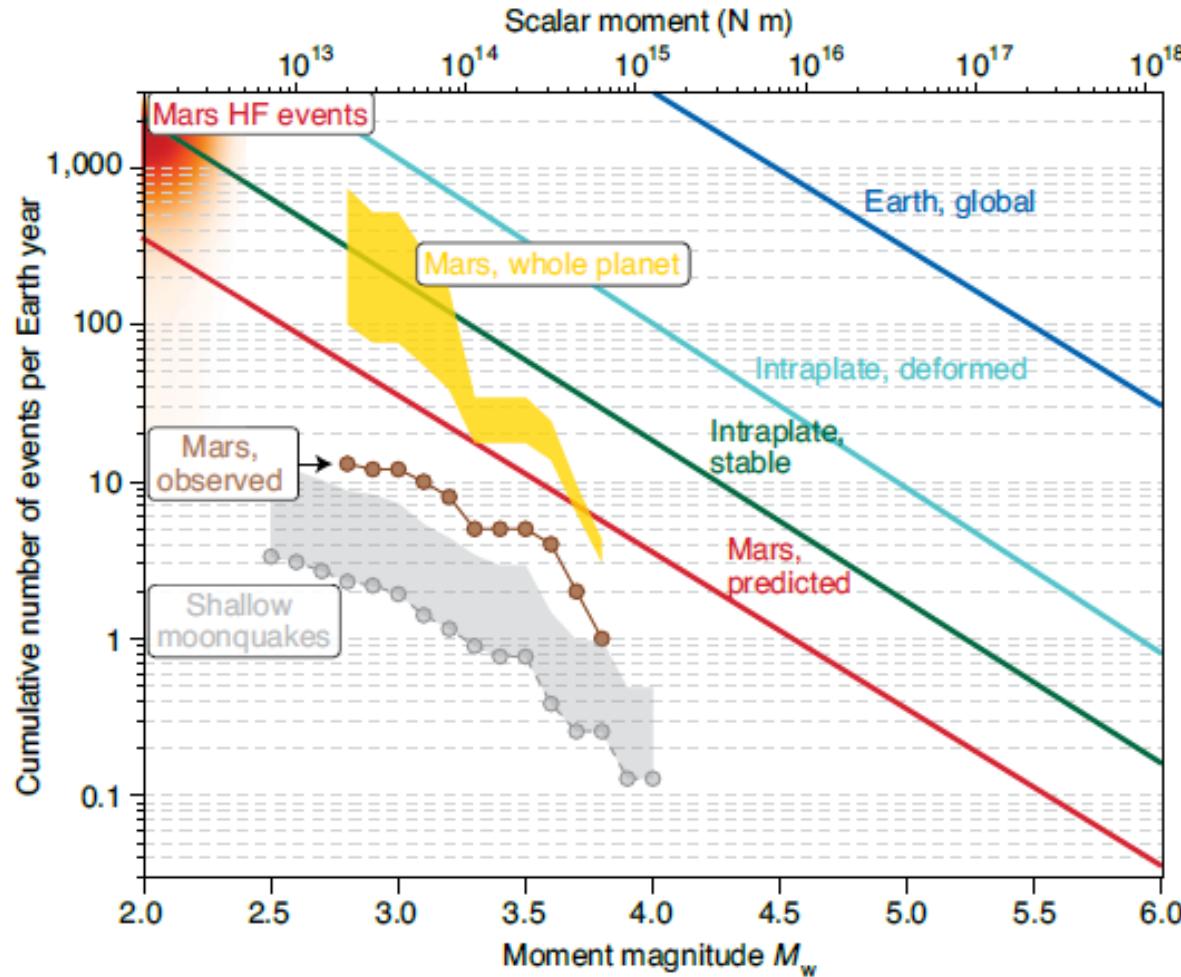
Rivas Dorado et al. (2020)

Cerberus Fossae



(Rivas Dorado et al., 2020)

(Banerdt et al., 2020)



Nivel de sismicidad de Marte comparado con el de la Tierra y la Luna. La extrapolación de los resultados de Insighth al planeta completo se podría acercar al de las zonas intraplaca estables de la Tierra.

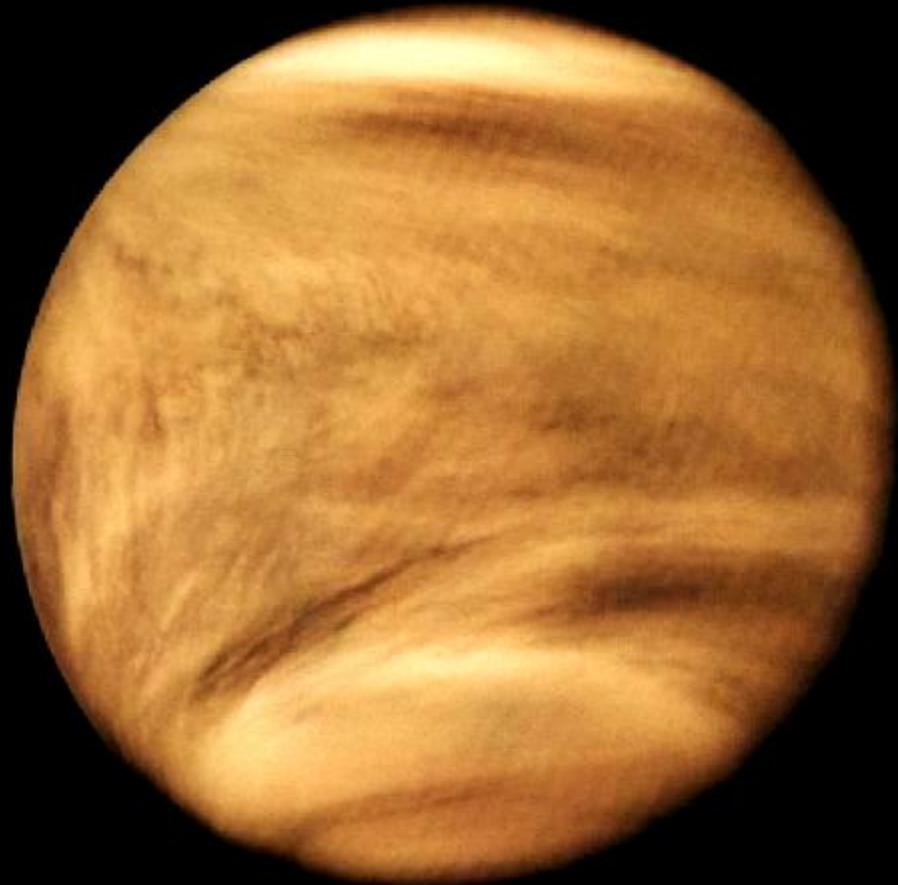
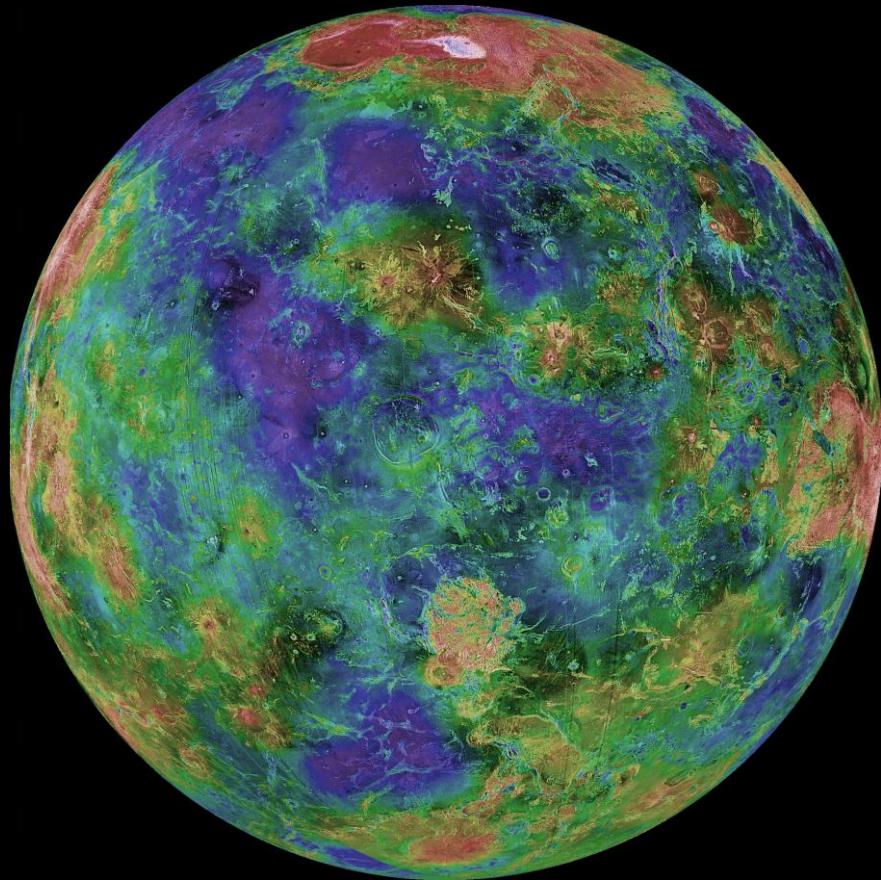
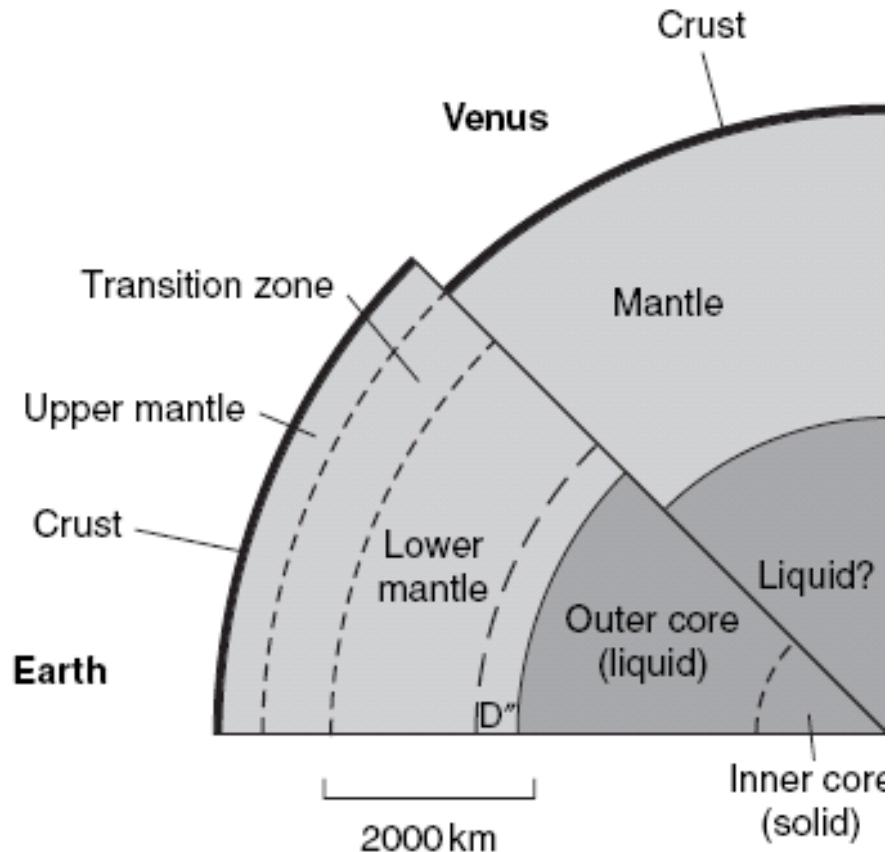
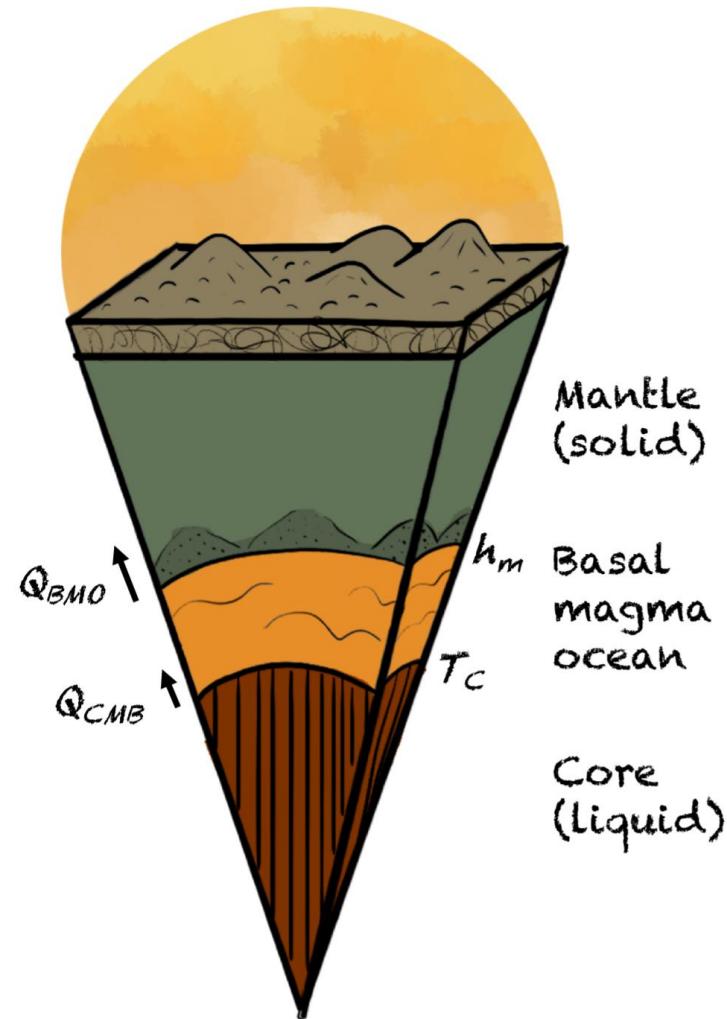
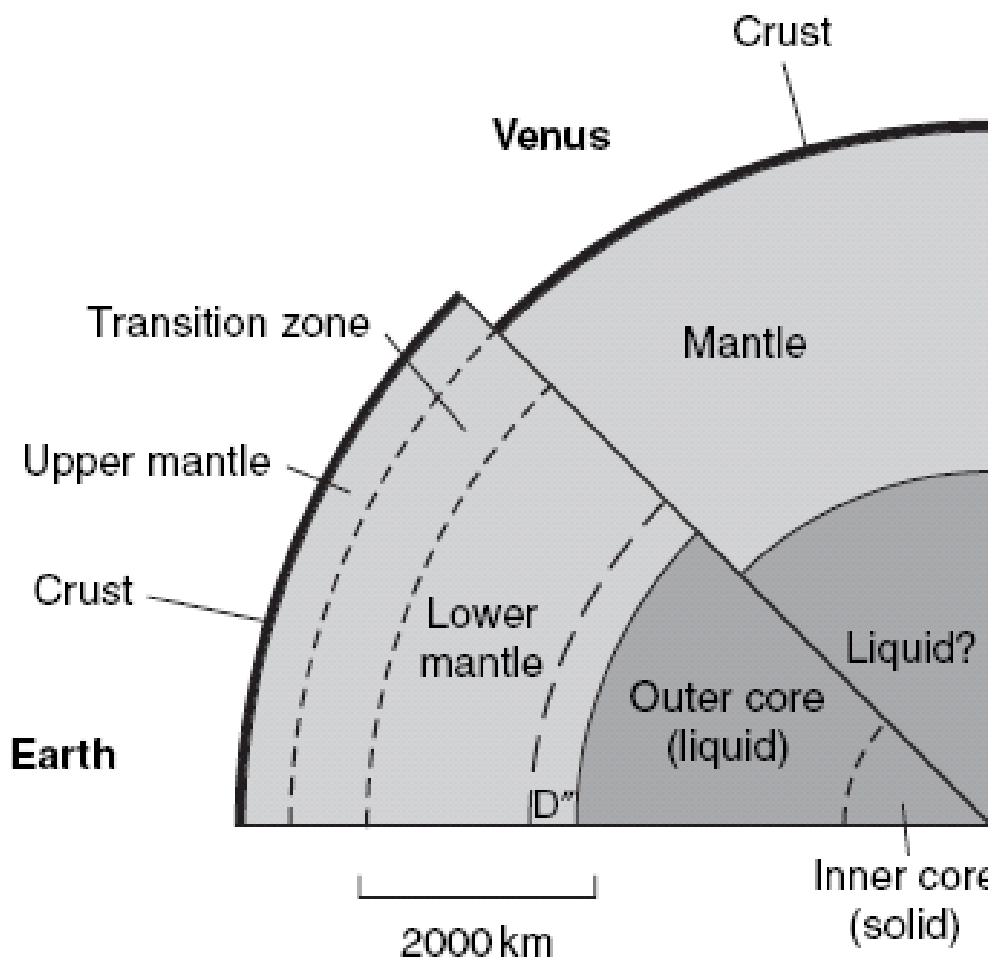


Imagen obtenida por la sonda Pioneer Venus en 1979



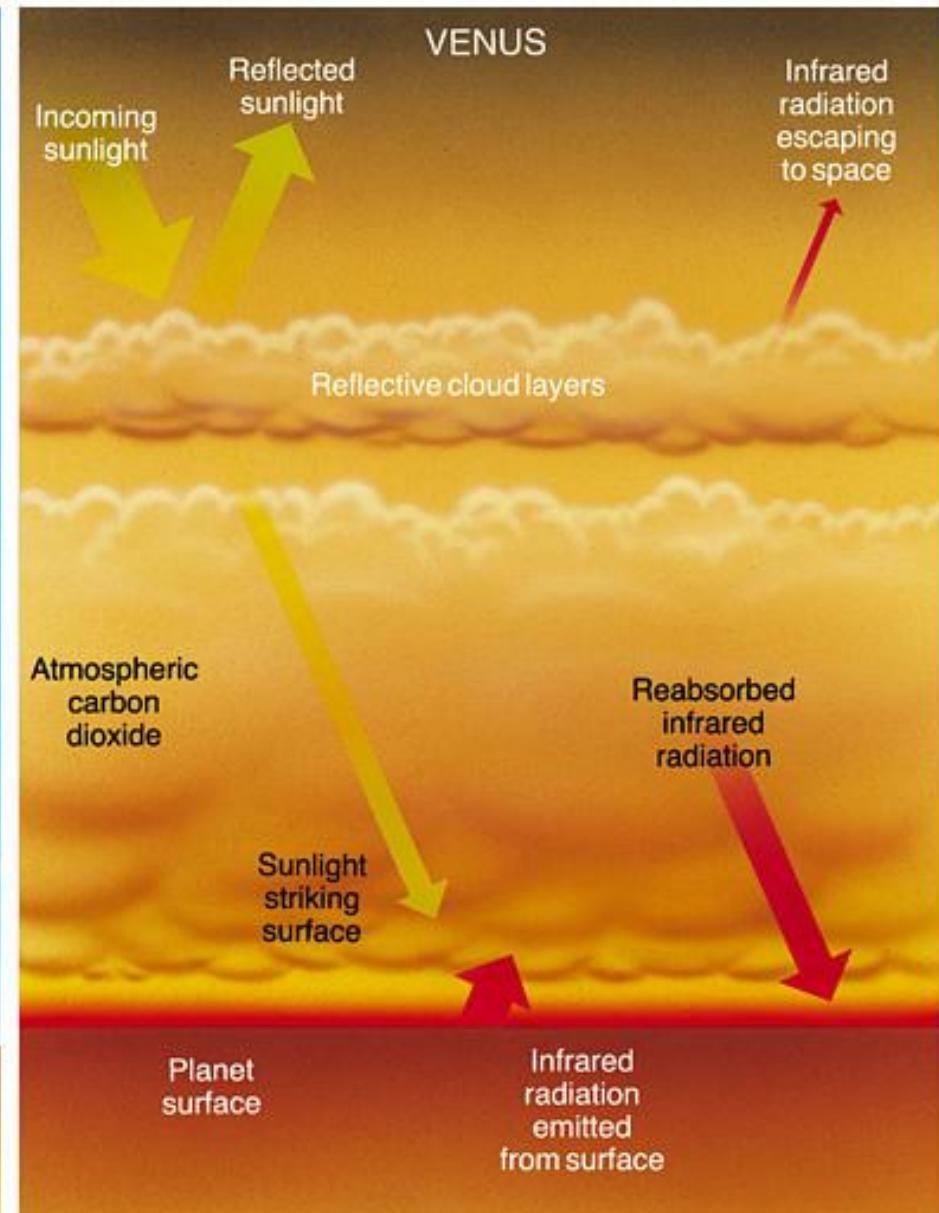
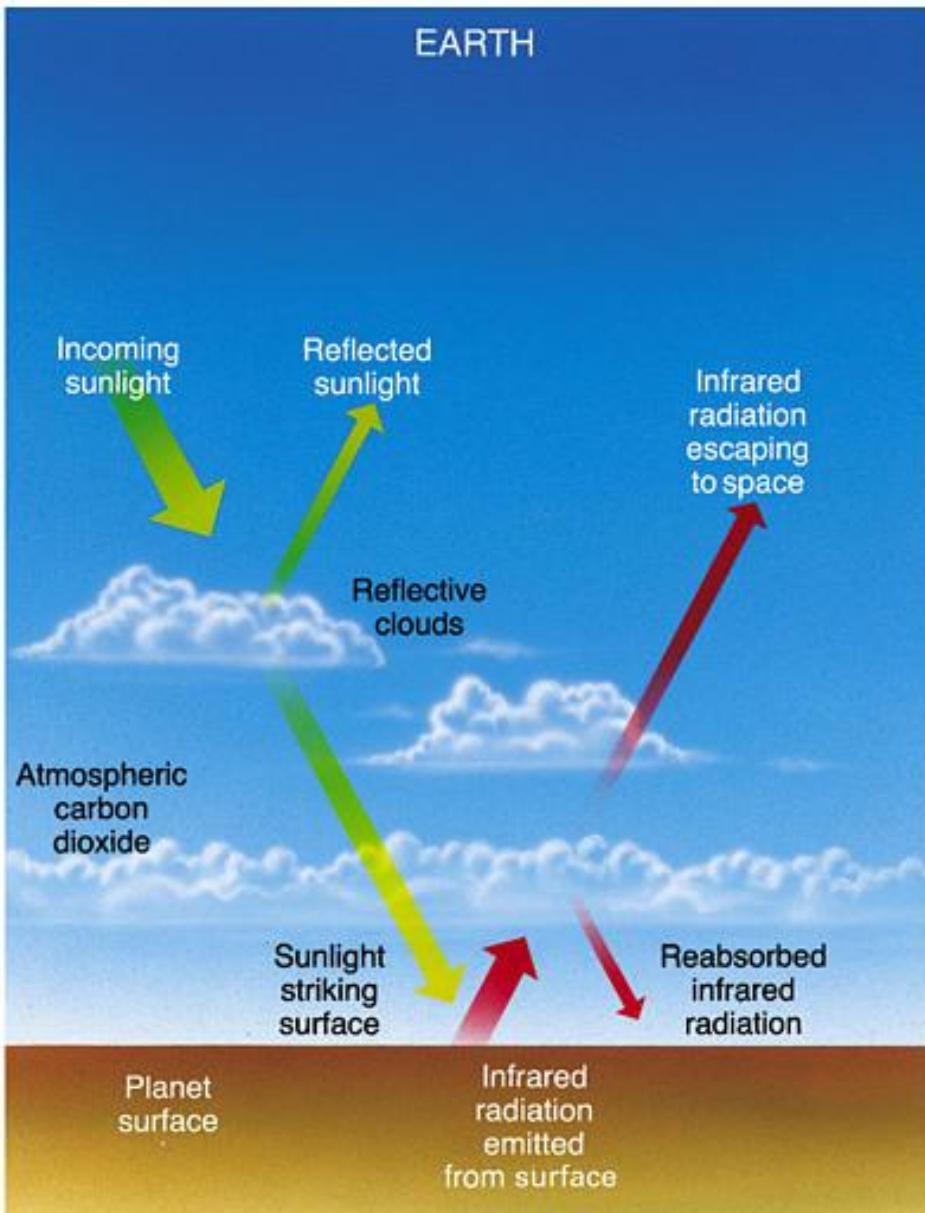
Proyección esférica de las imágenes de radar más la topografía obtenidas por la sonda Magallanes entre 1990-1994



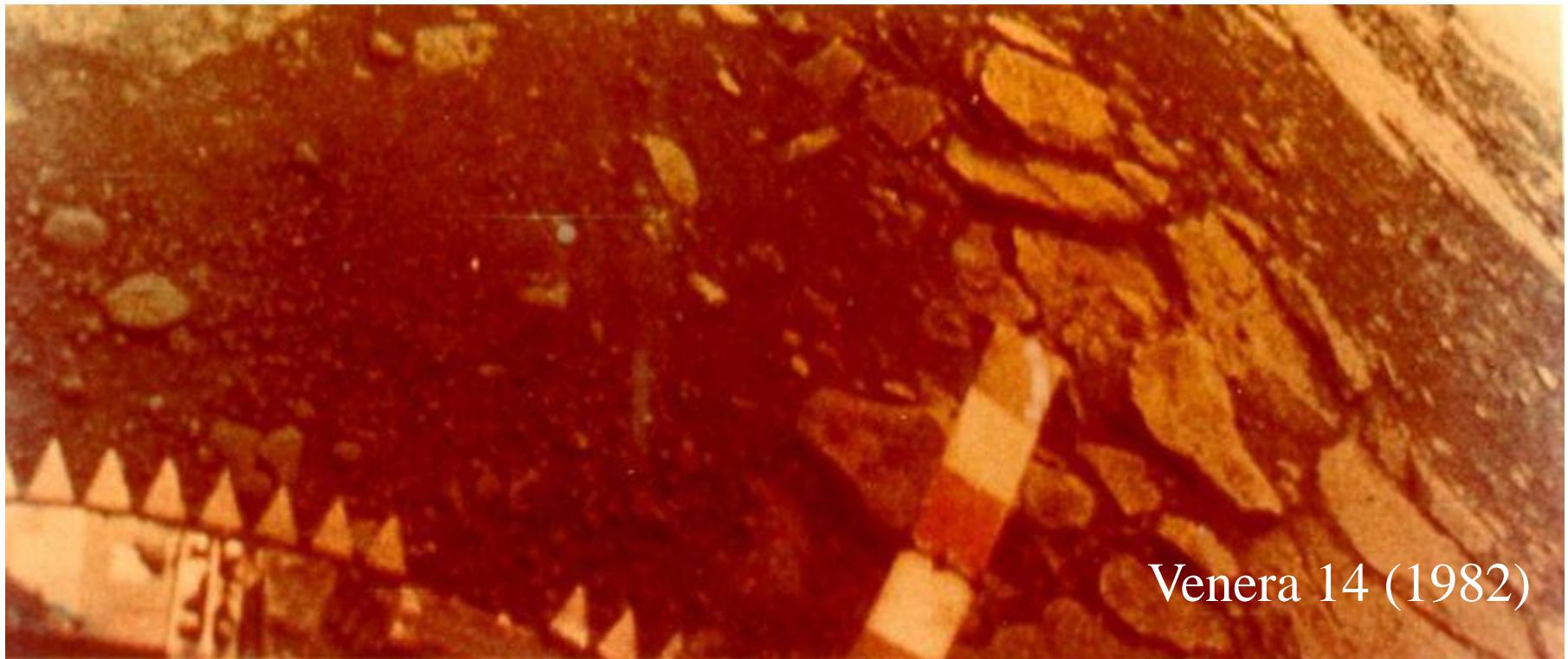


O'Rourke et al. (2020)

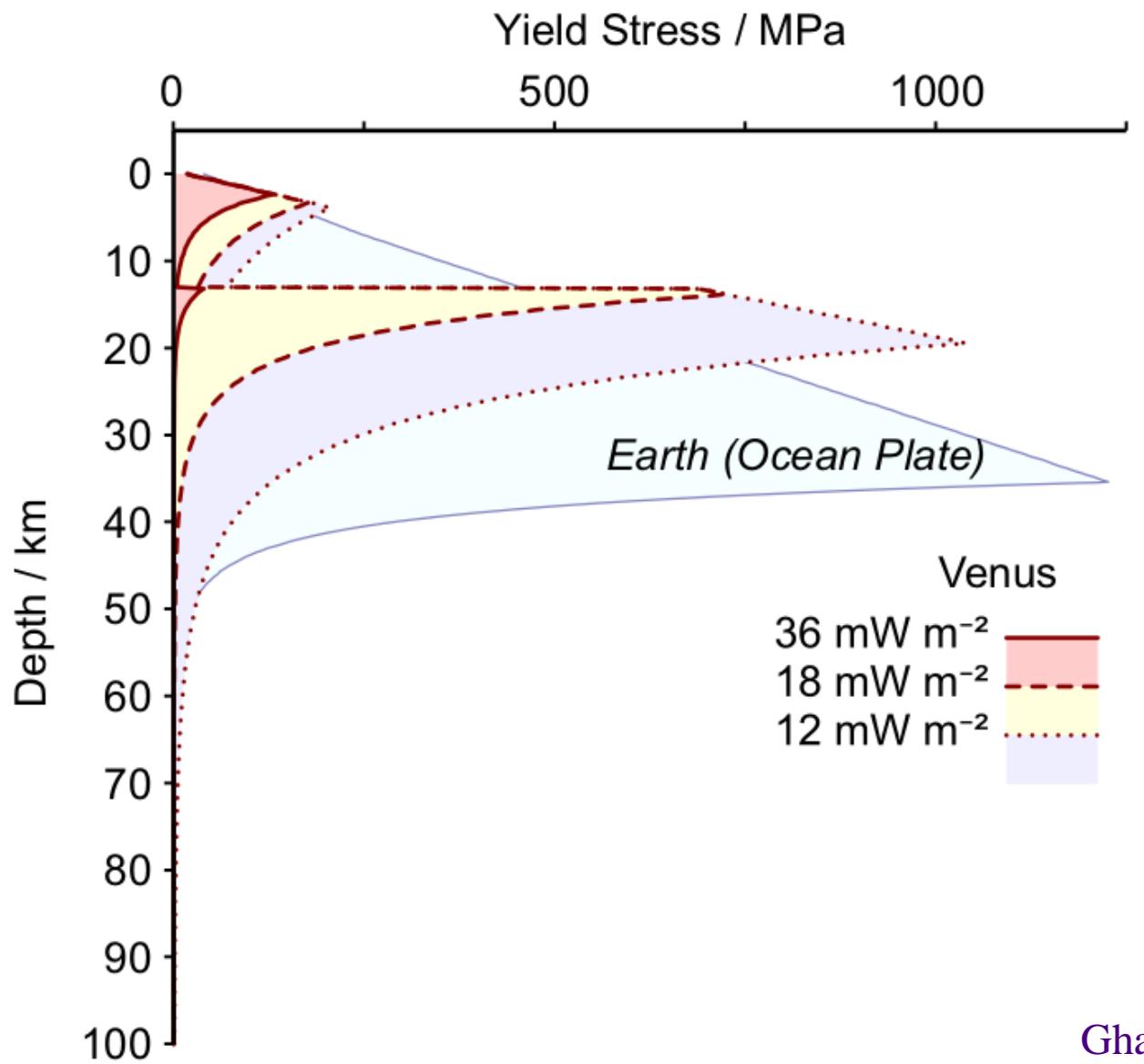
Efecto invernadero



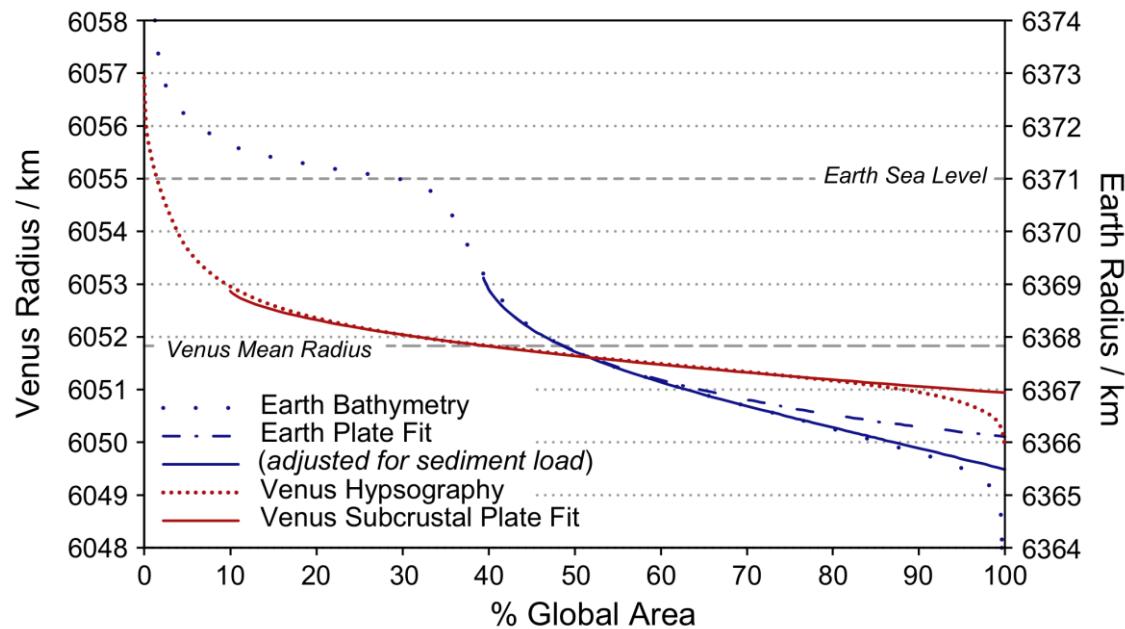
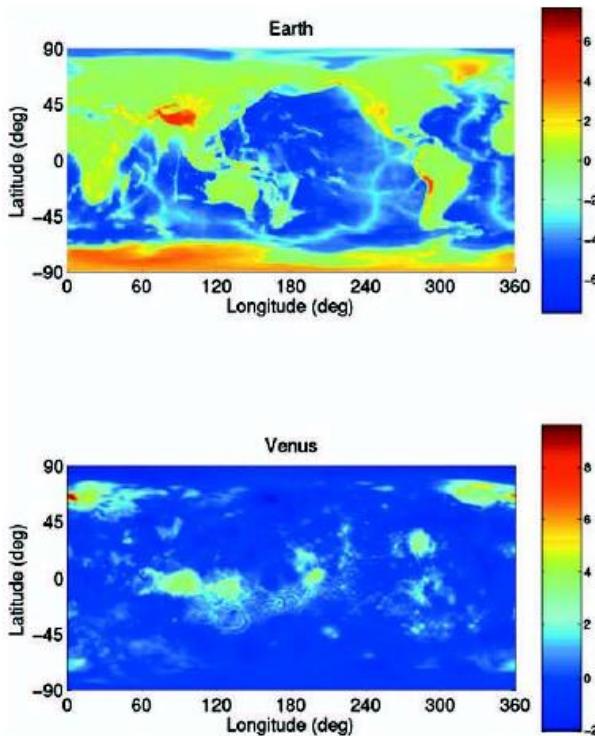
Superficie de Venus



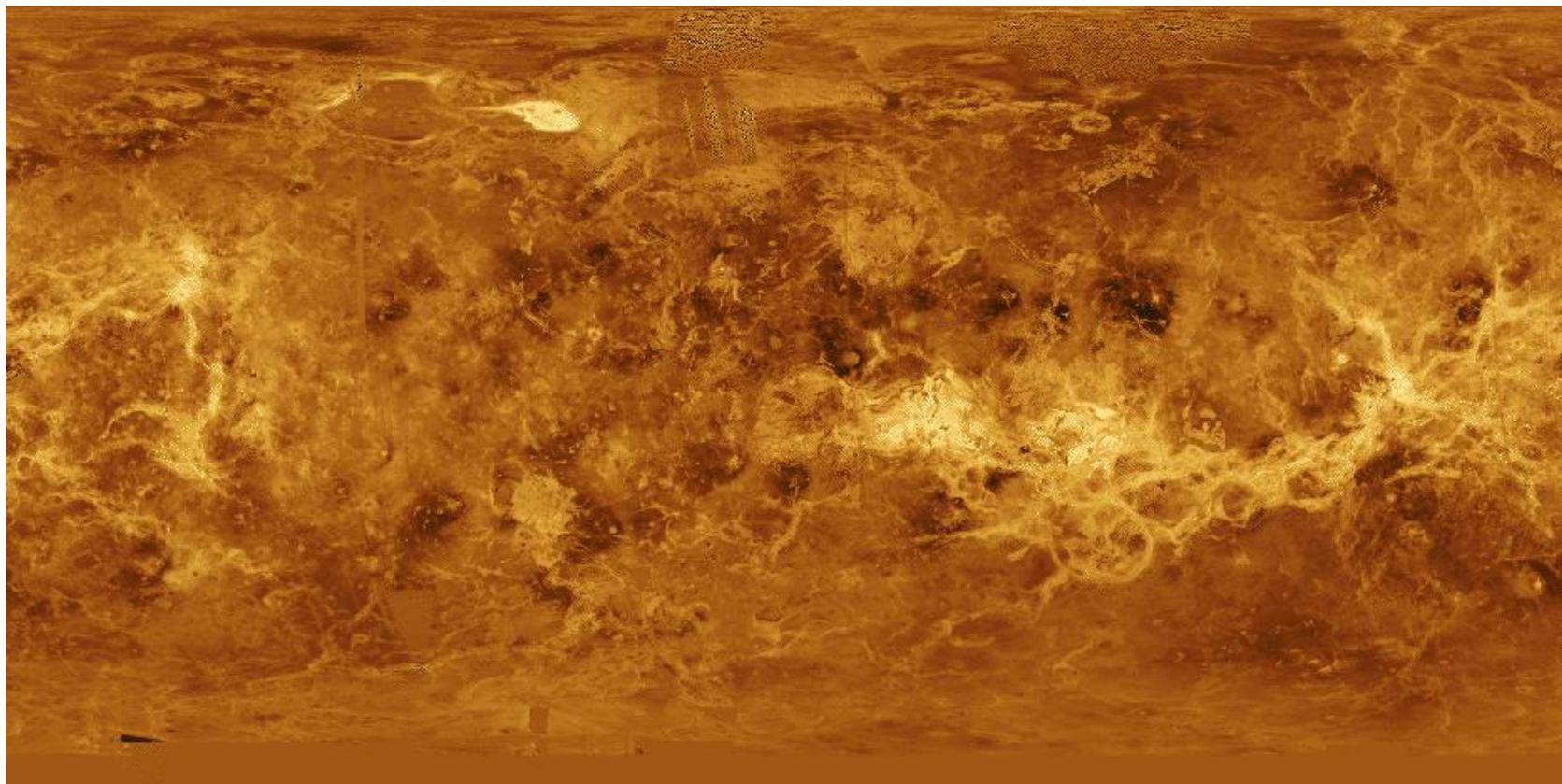
- Condiciones en superficie: $T=477^{\circ}\text{C}$, $P=90$ atm
- Ausencia de $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ escasa erosión



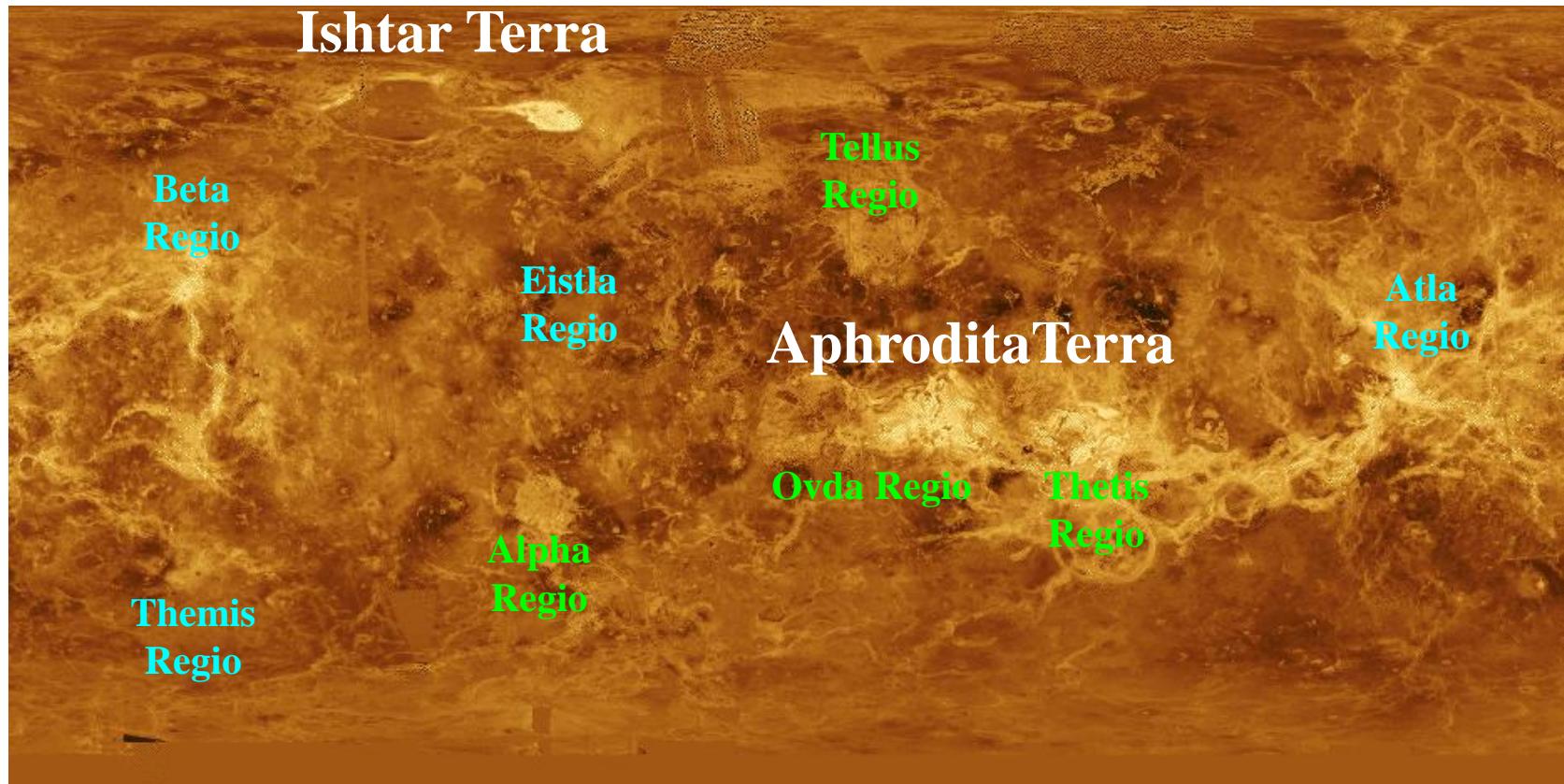
Hipsometría comparada



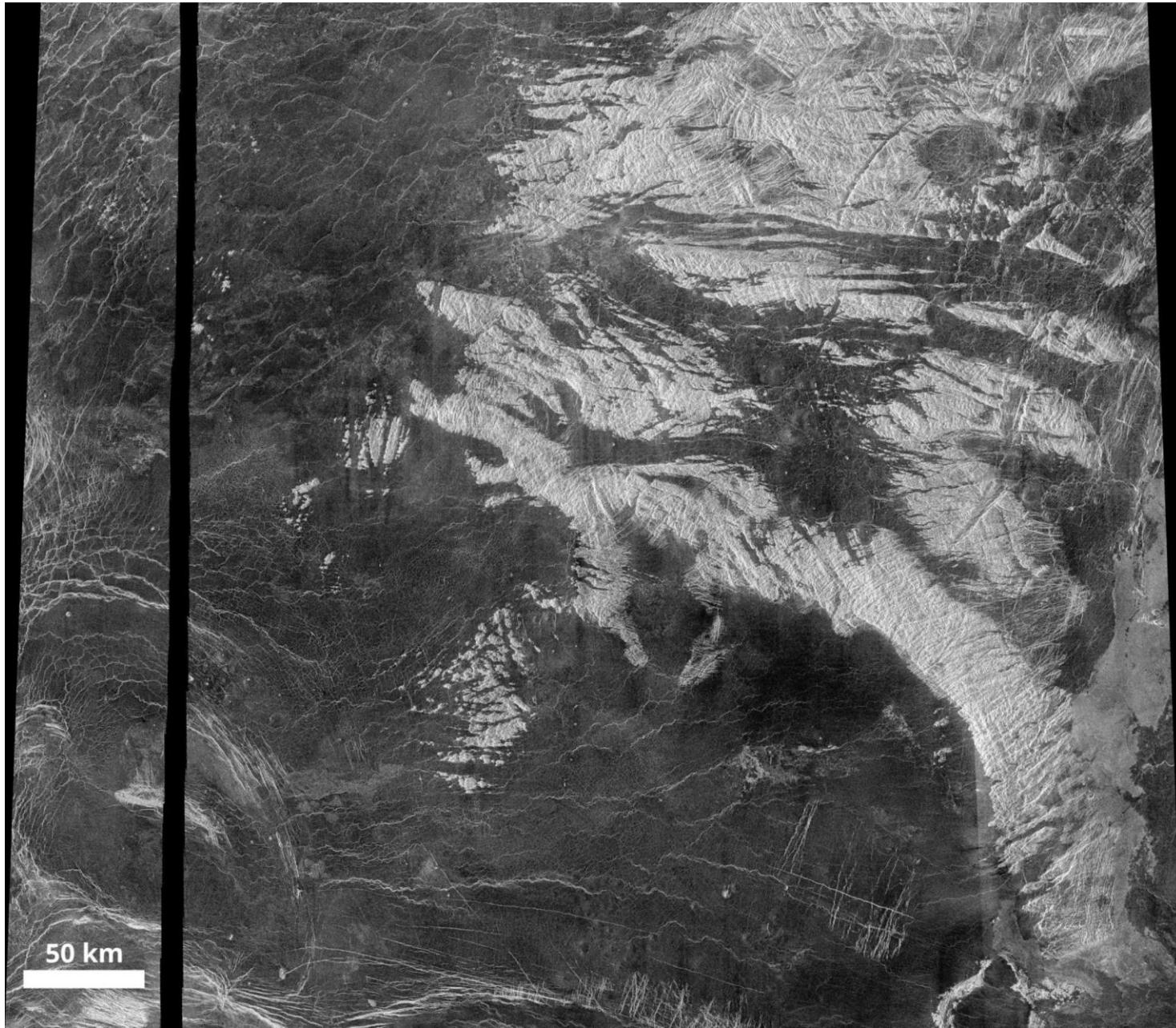
Mapa de Radar de la superficie de Venus



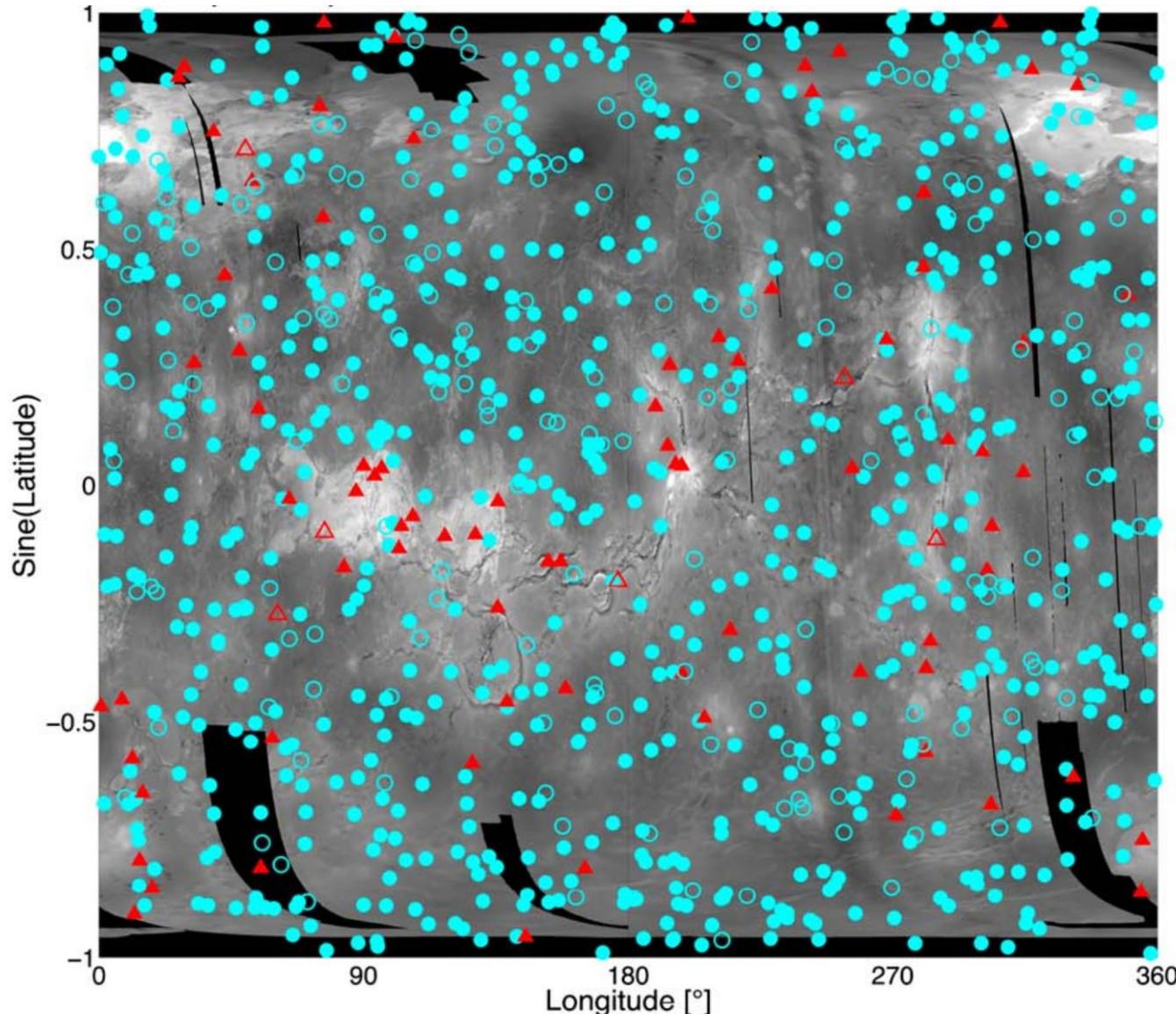
Mapa de Radar de la superficie de Venus



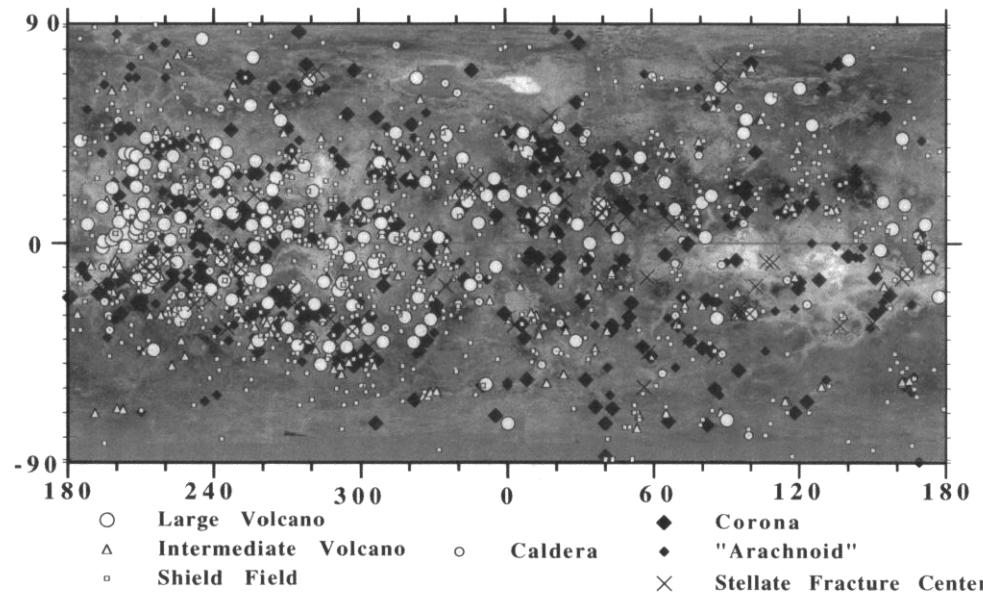
Principales unidades geológicas en Venus



Distribución global de cráteres

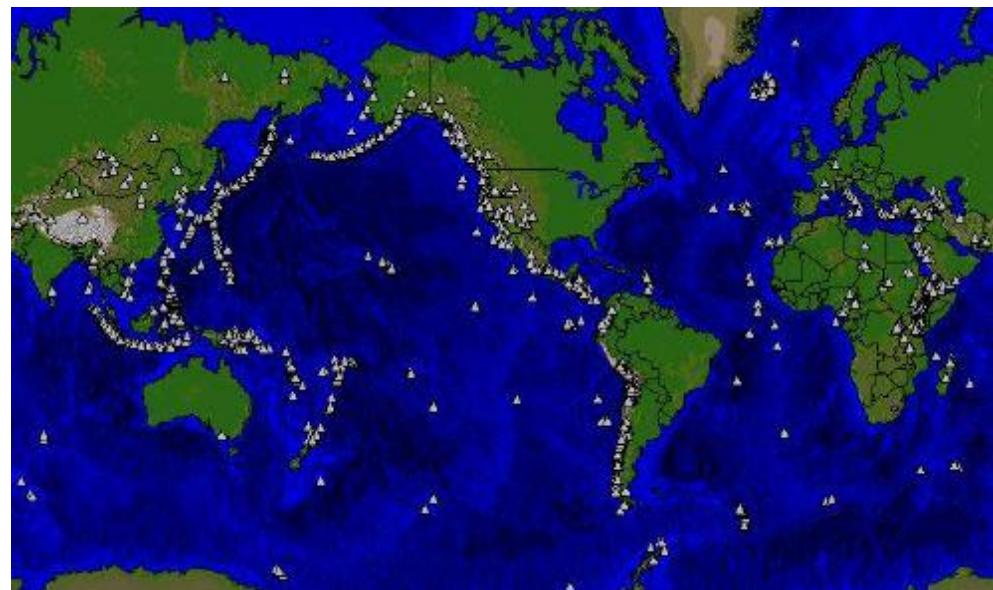


Edad mediante contejo de cráteres entre 300-750 Ma

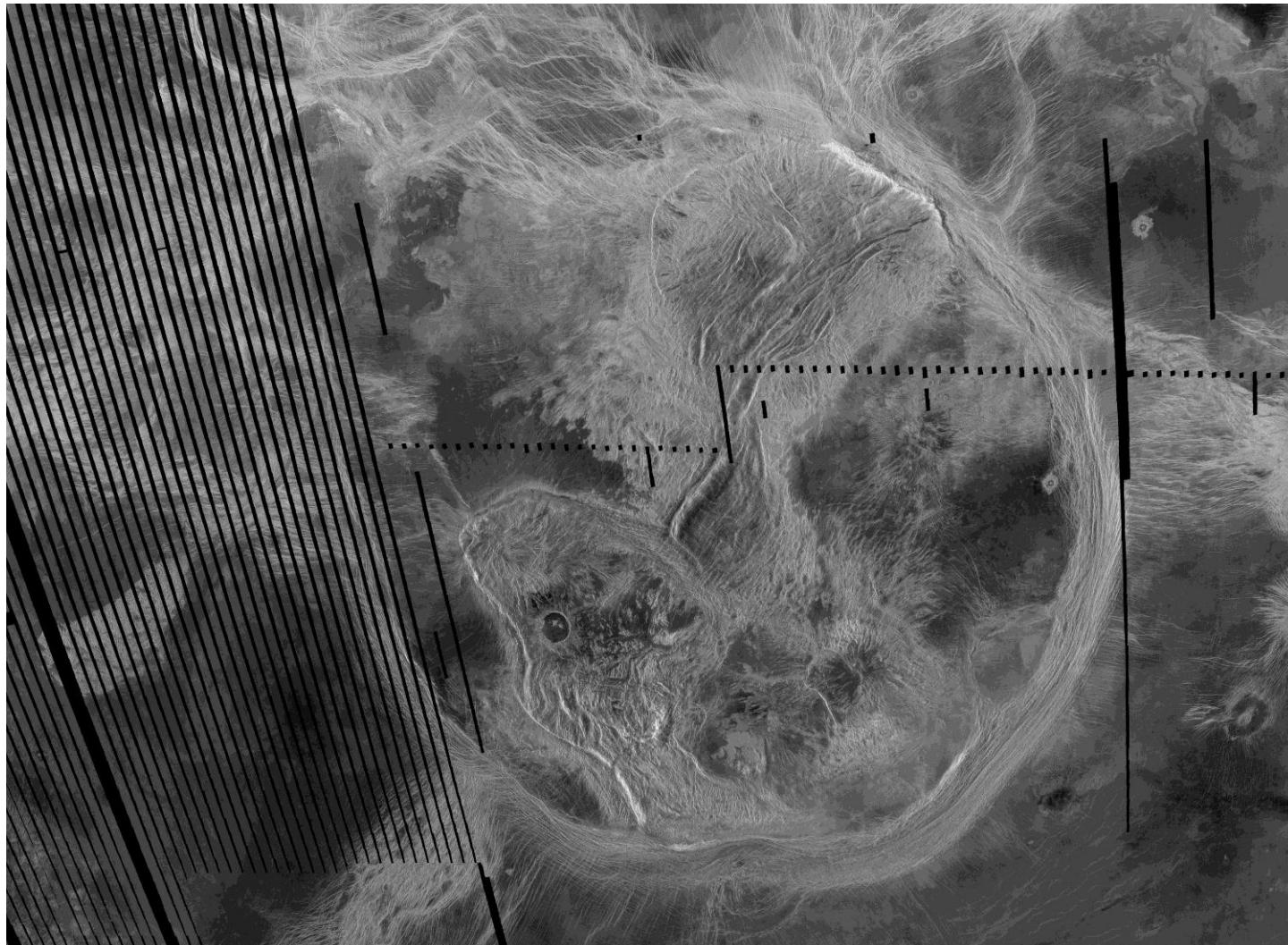


Volcanes en Venus

Volcanes en la tierra

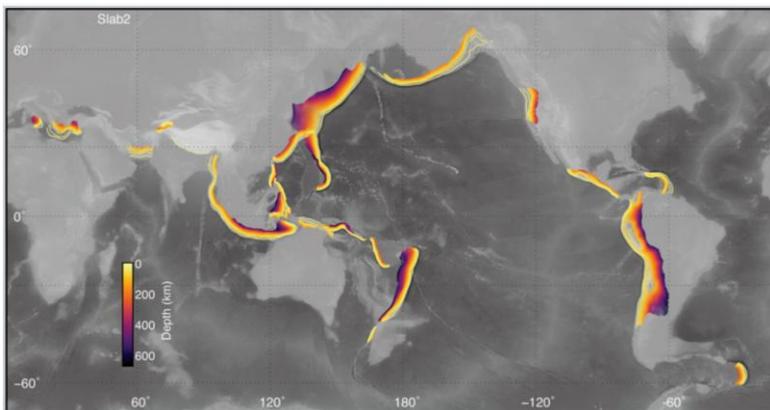
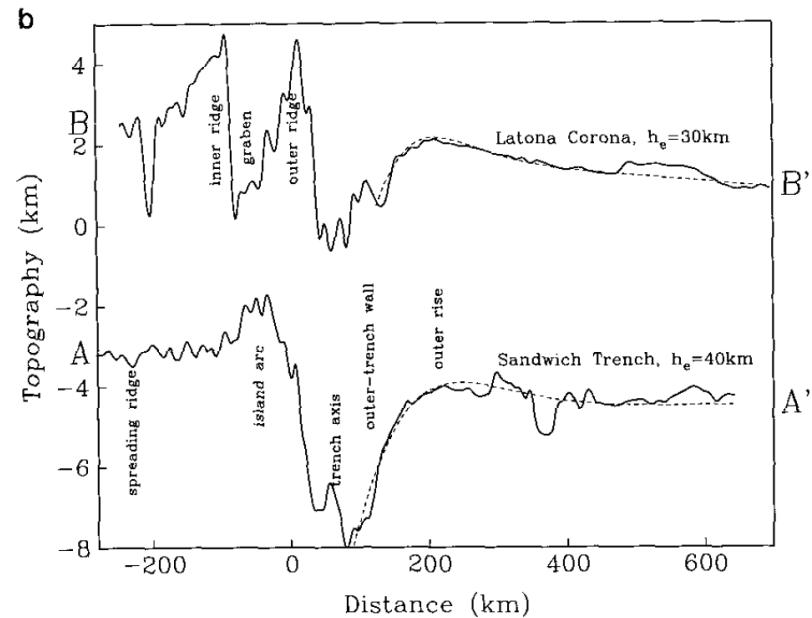
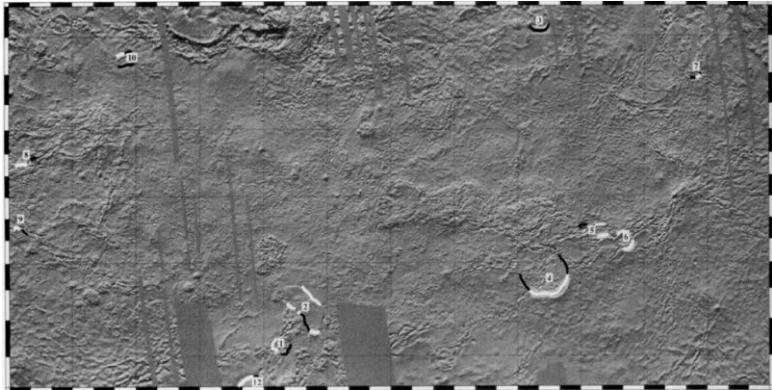


¿Está la litosfera de Venus fragmentada?

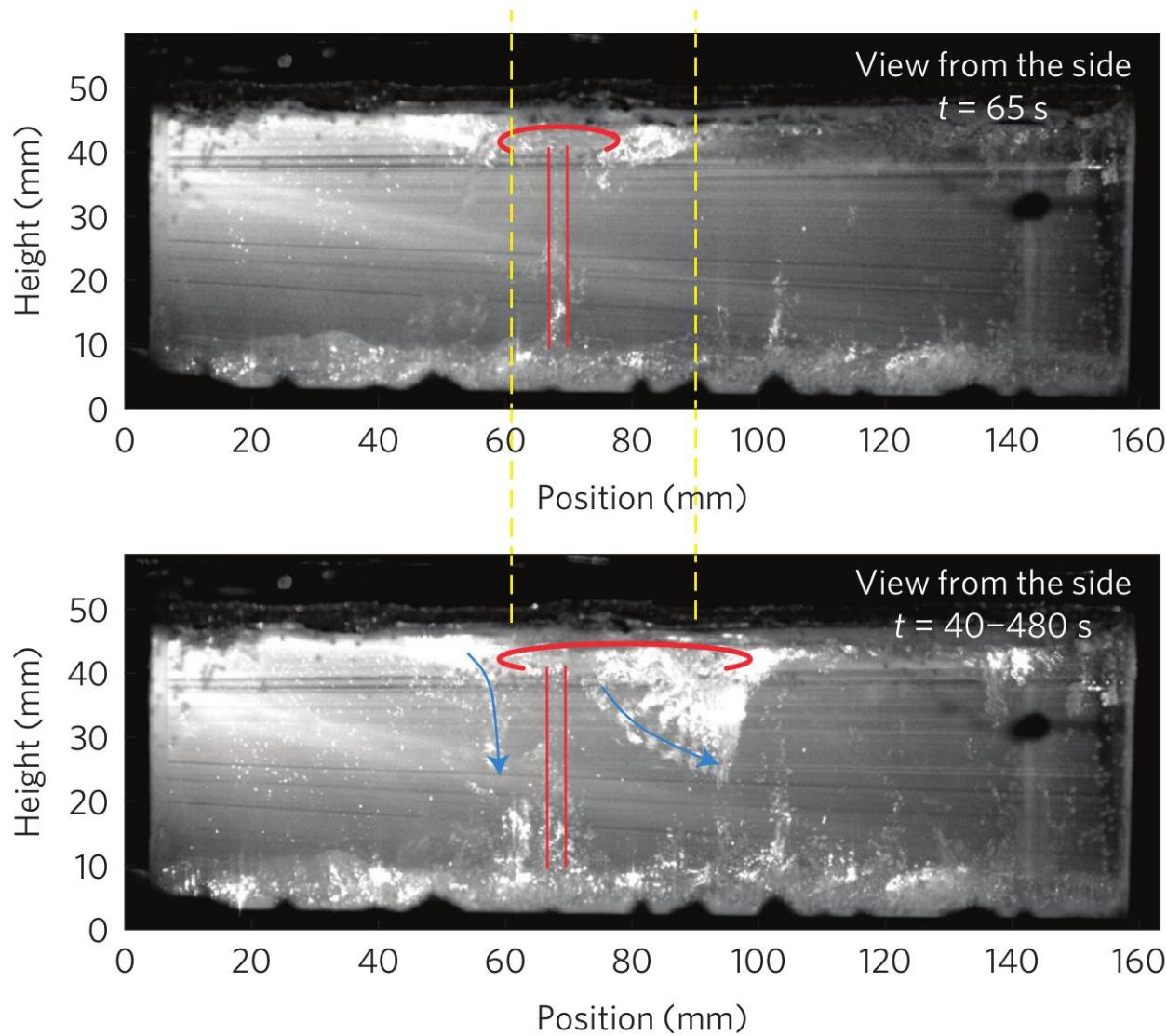


Artemis Chasma

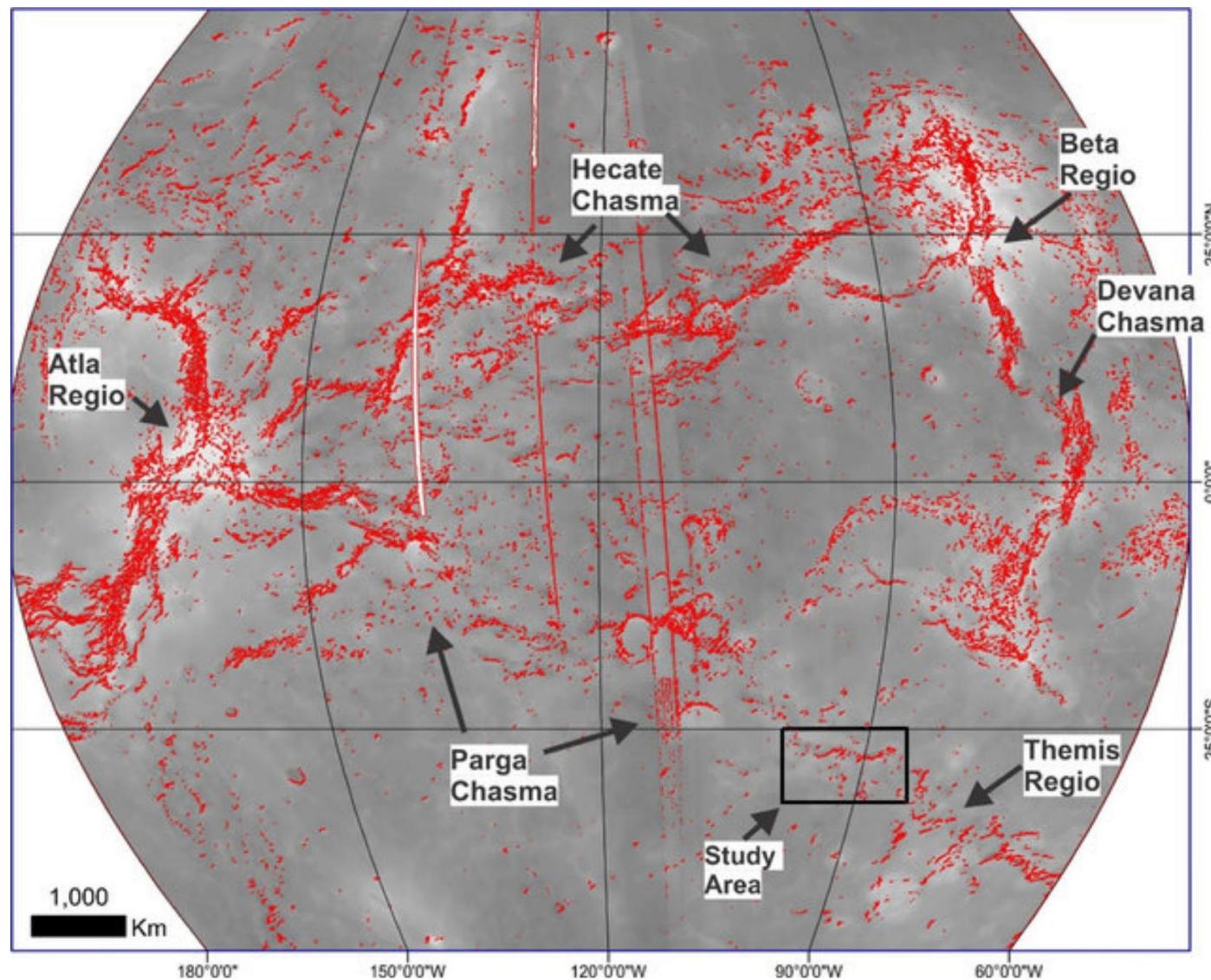
¿Hay zonas de subducción similares a arcos isla?



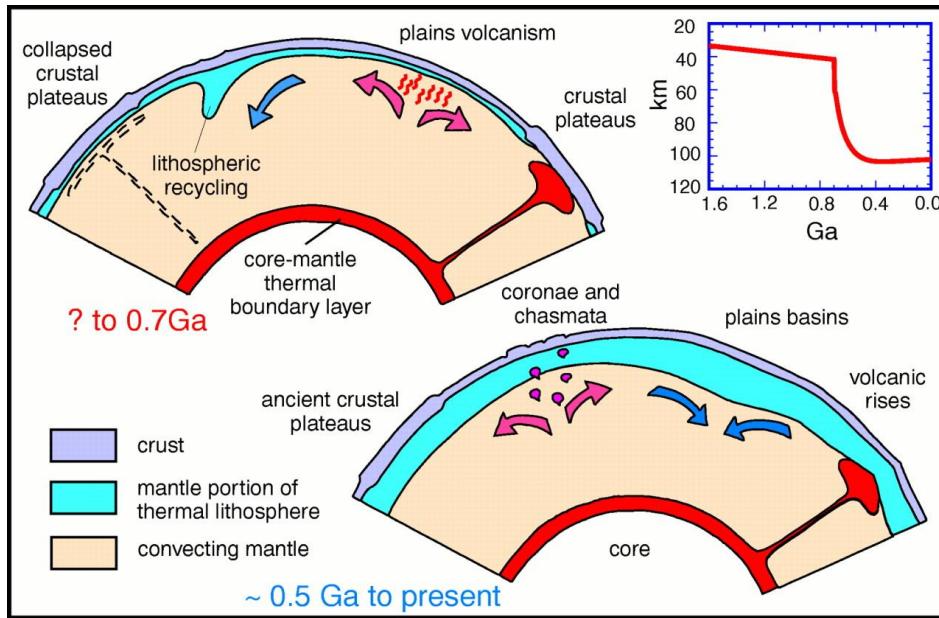
Schubert y Sandwell (1995)



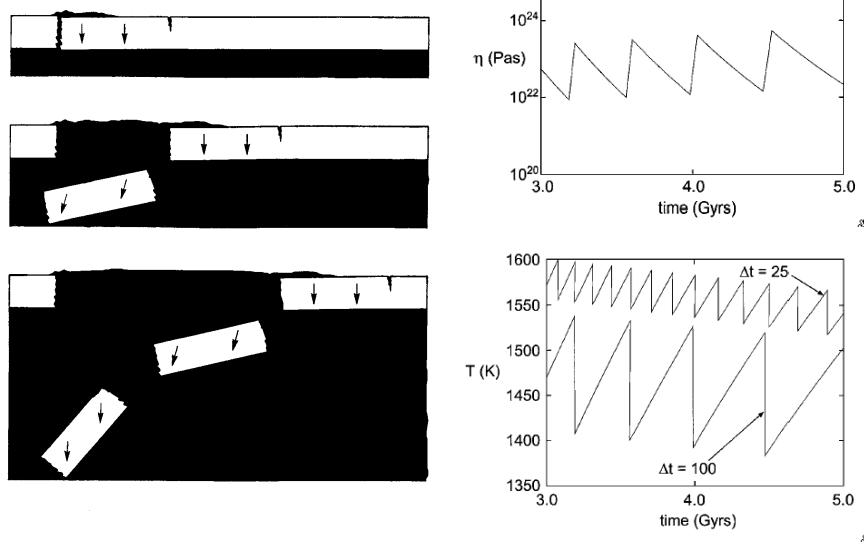
Davaille et al. (2017)



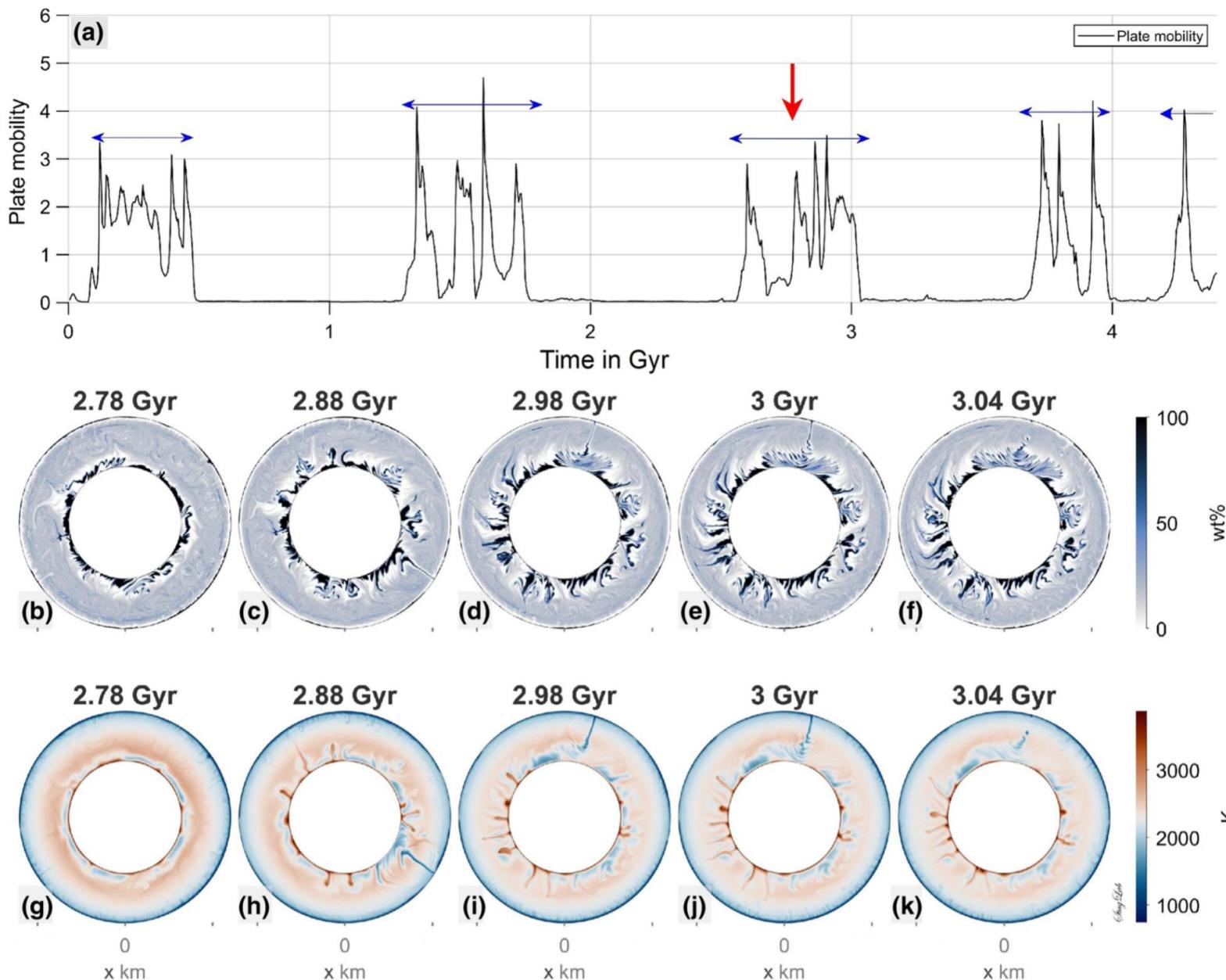
¿Cómo pierde Venus el calor interno?



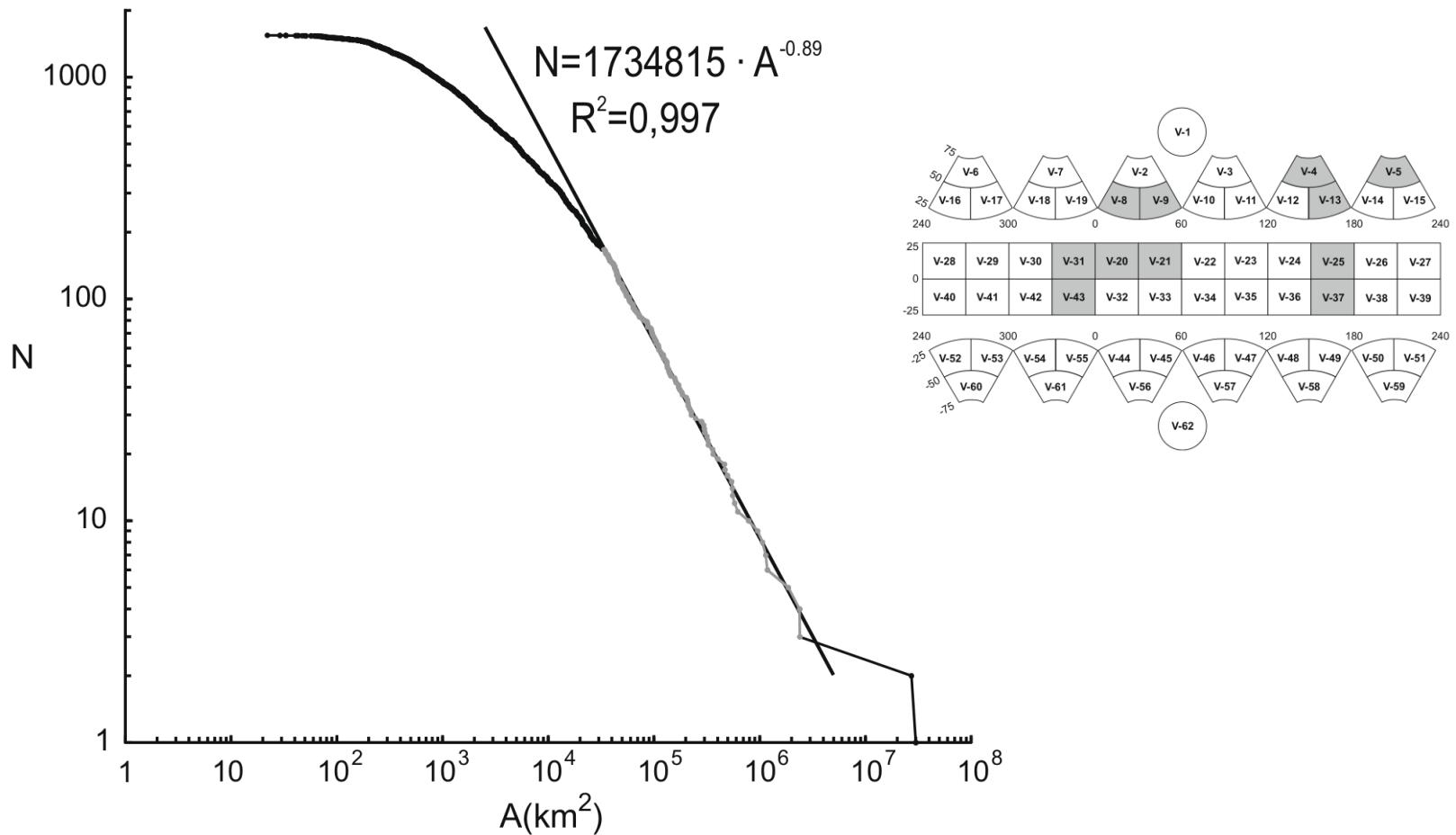
Phillips y Hansen (1998)



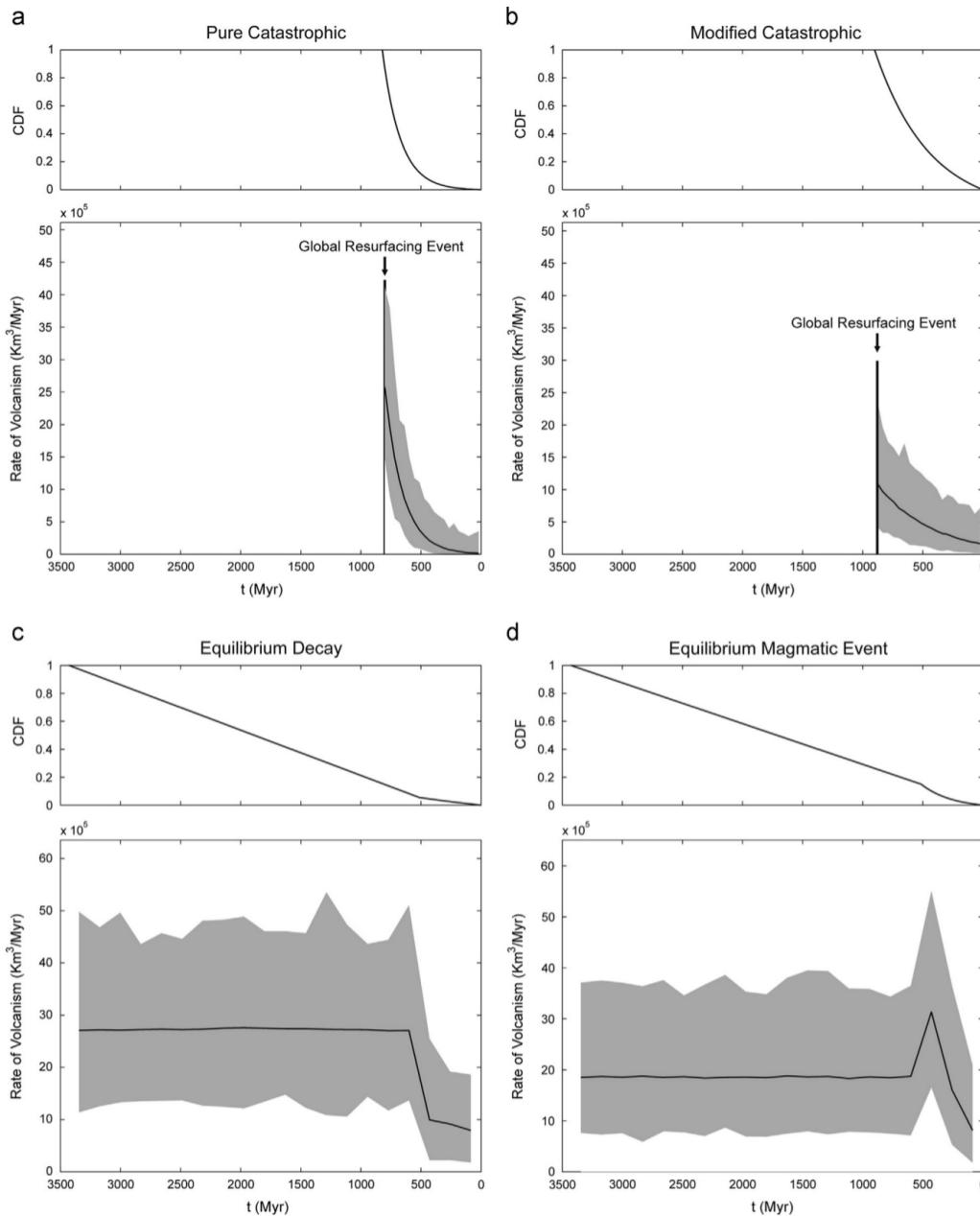
Turcotte (1993, 1995, 1996)

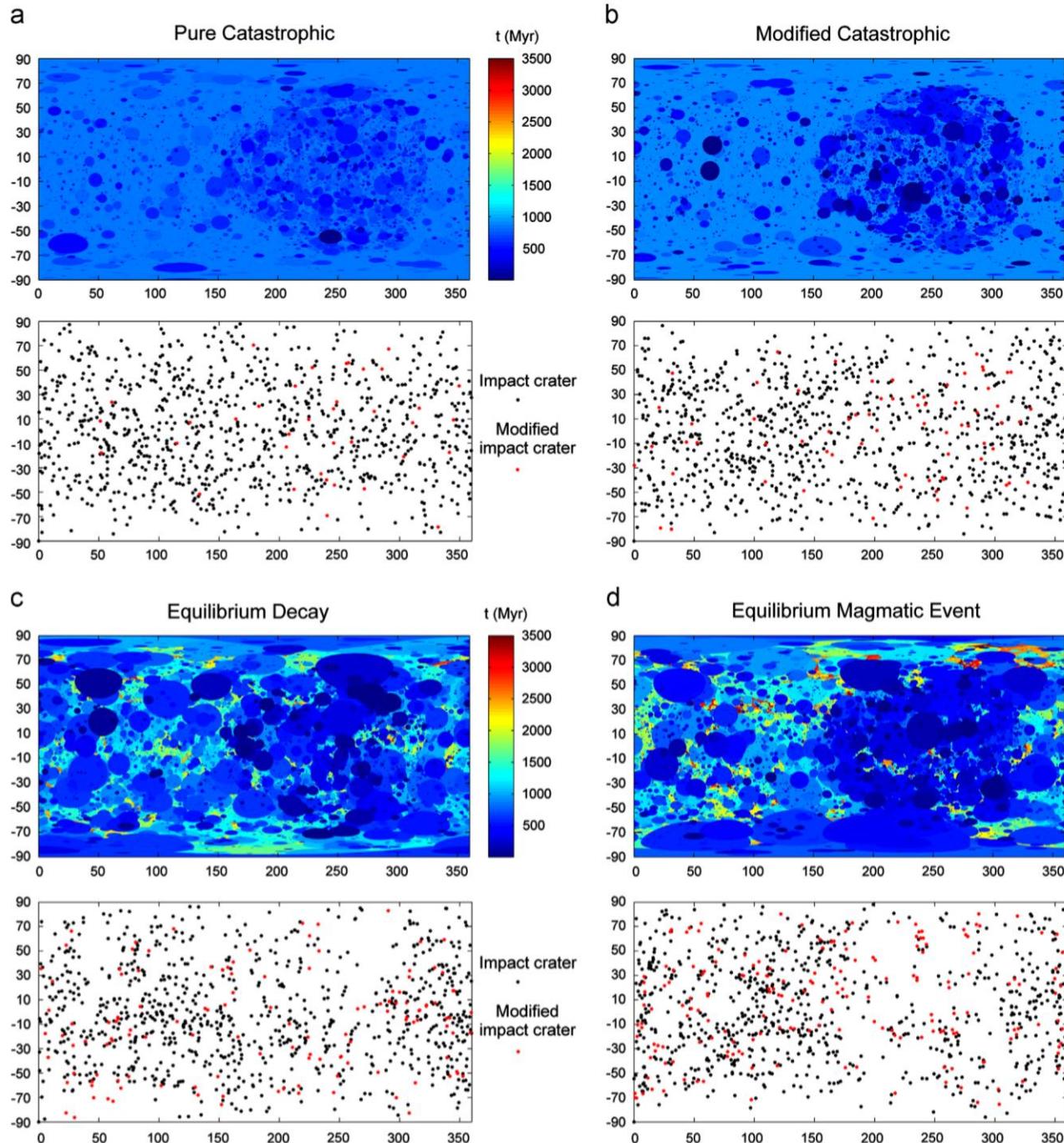


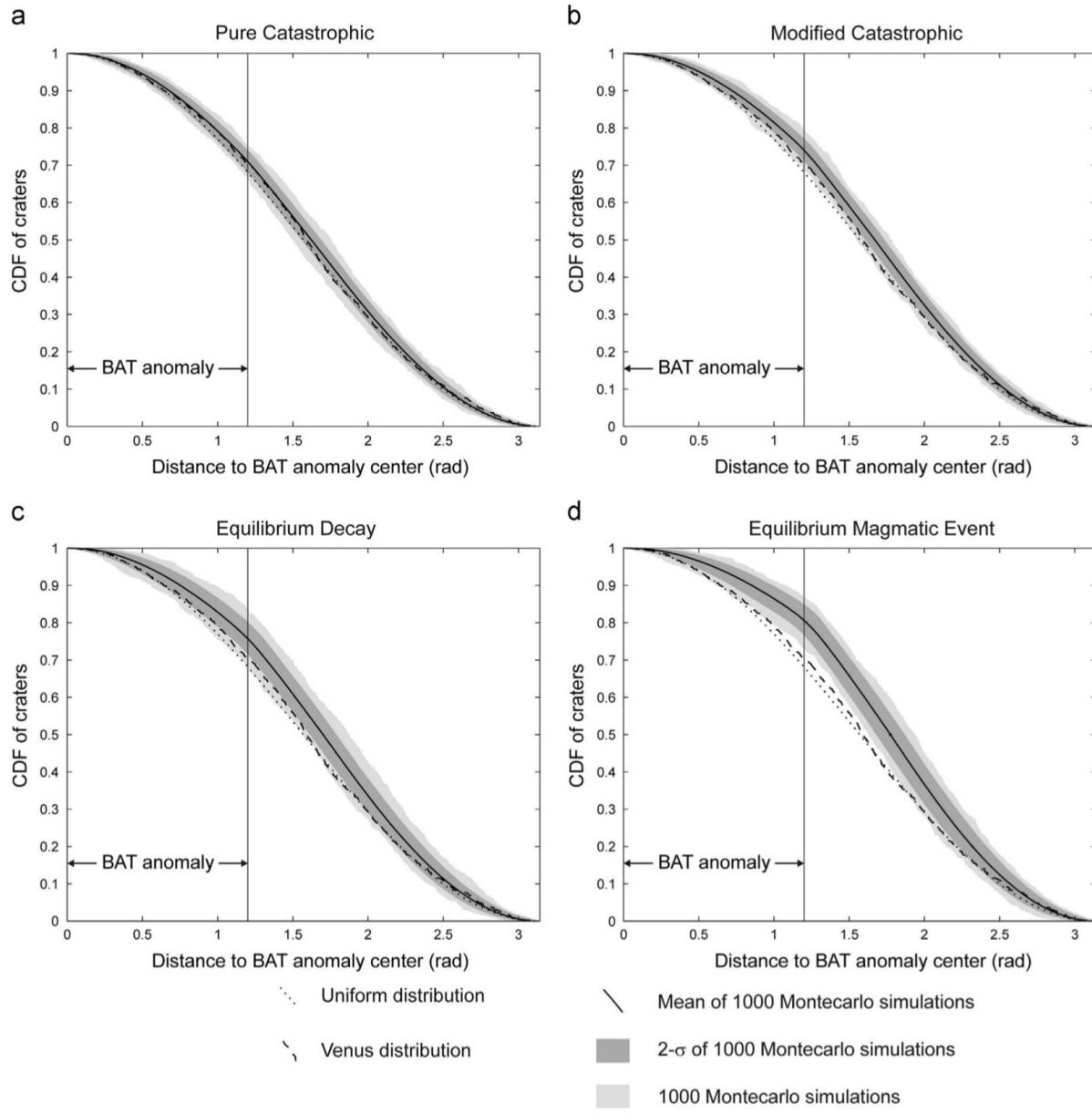
¿Qué ocurrió hace 300-750 Ma?



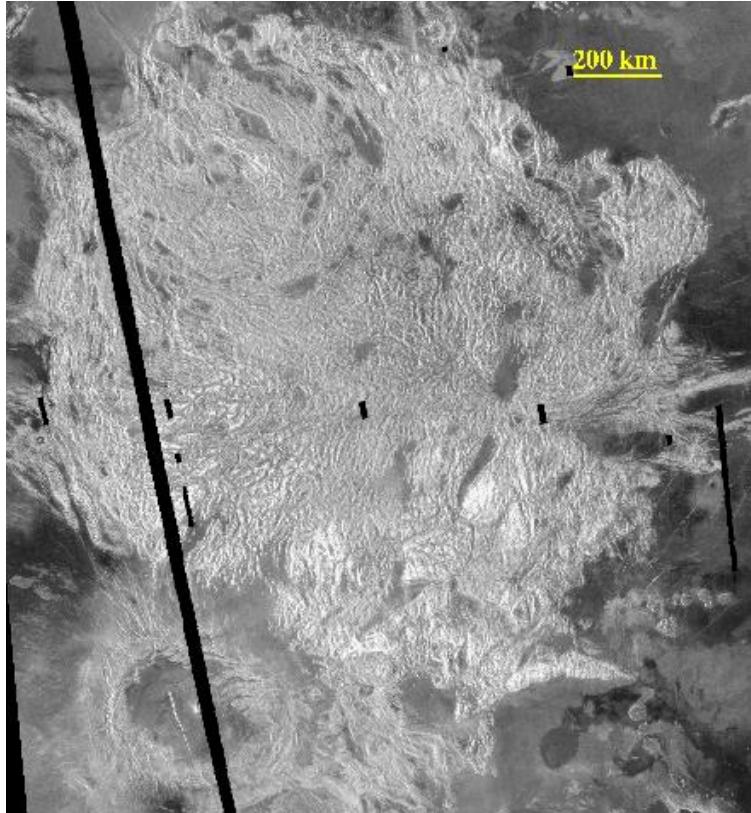
Romeo y Turcotte (2010)







Plateaus corticales y terrenos de tessera

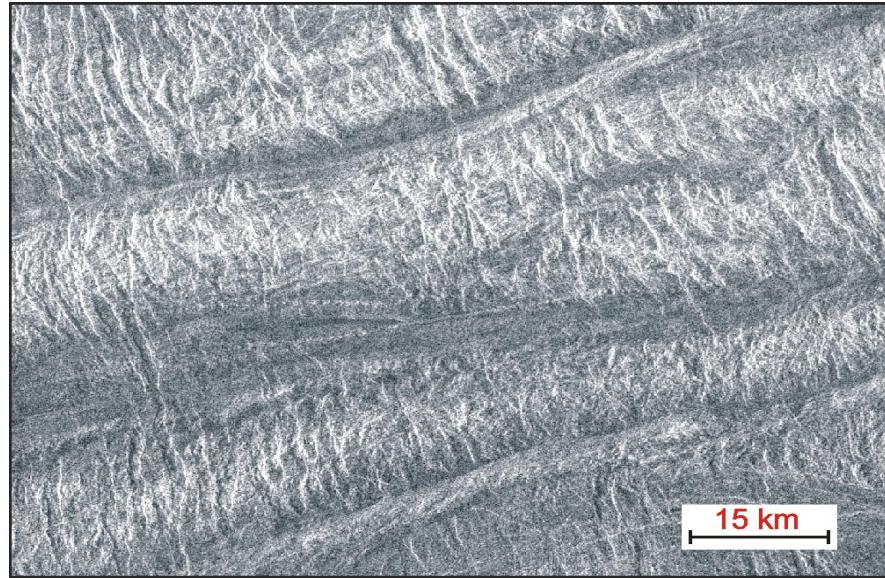


Alpha regio

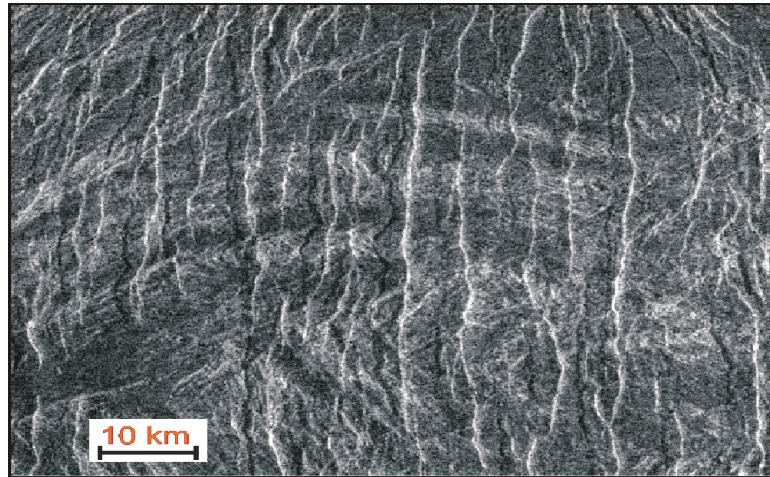


Ovda regio

Estructuras tectónicas en terrenos de tesseras



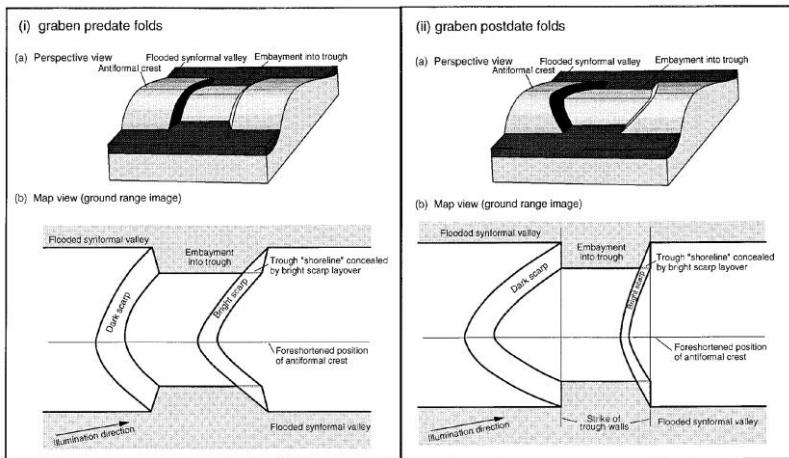
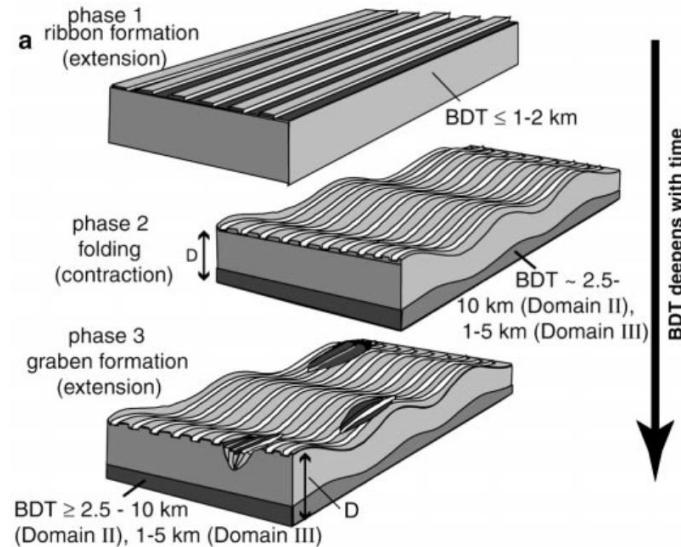
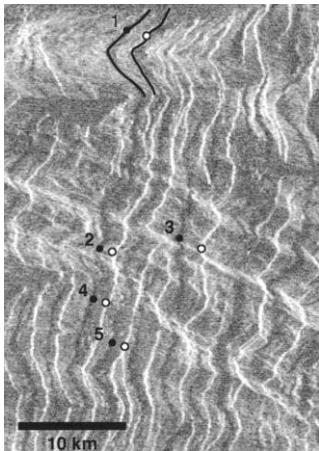
Pliegues



Graben

Evolución tectónica de los terrenos de tessera

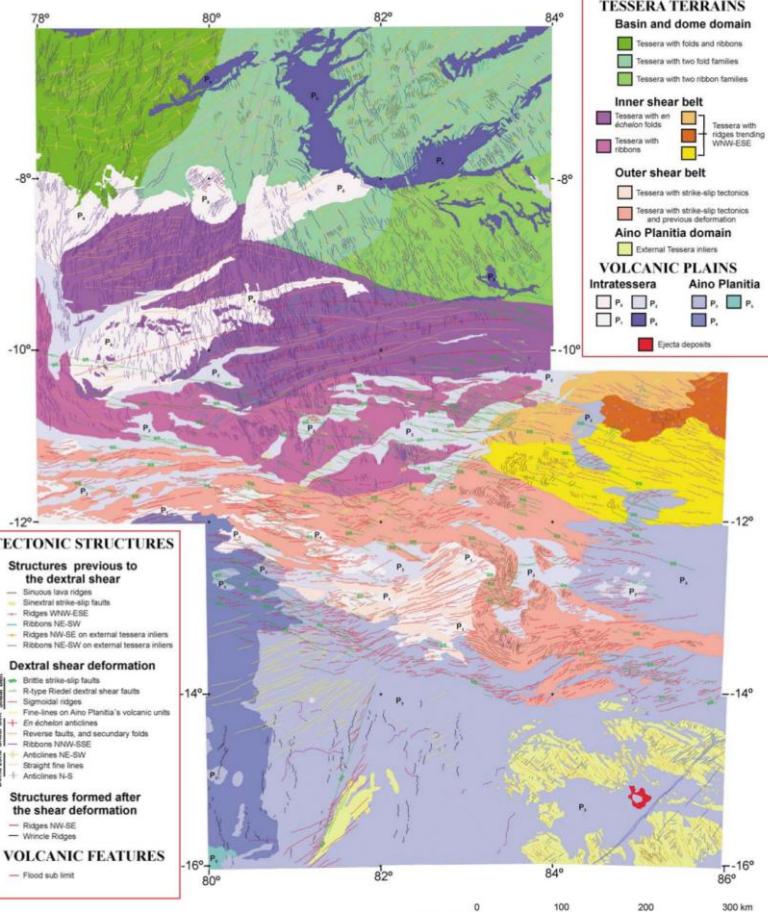
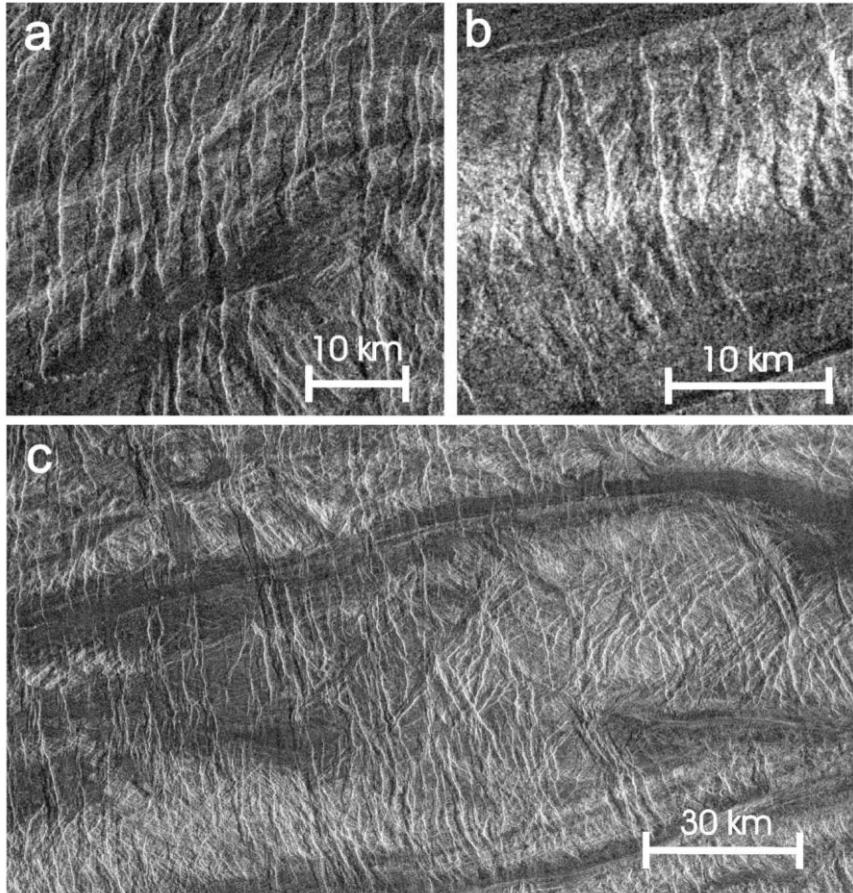
Fortuna Tessera



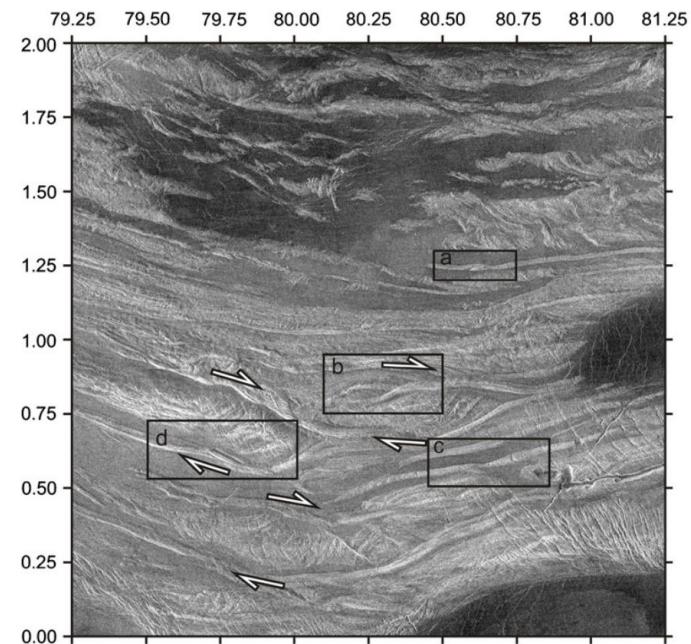
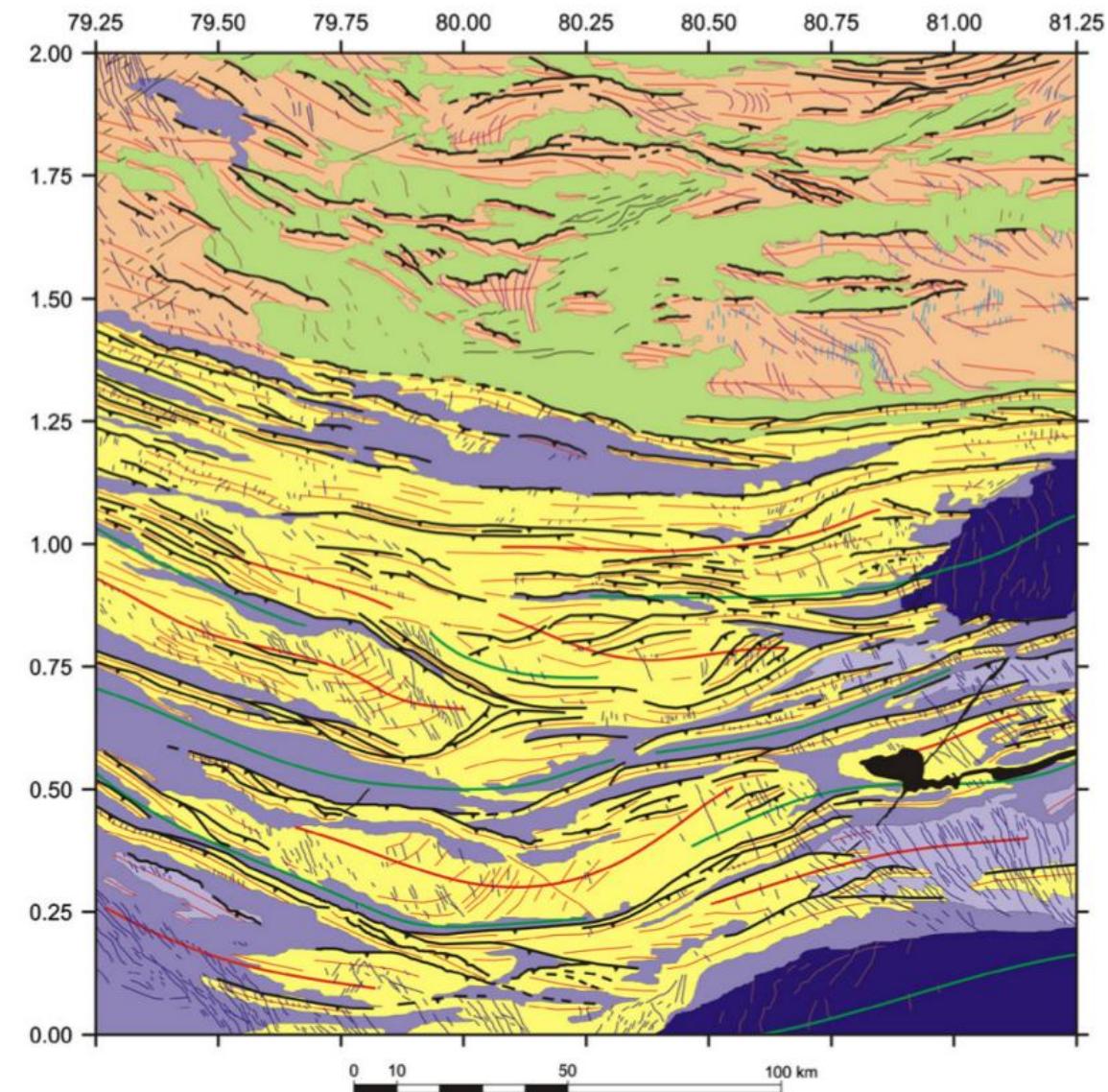
Ghent y Hansen (1999)

Hansen y Willis (1998)

Ovda Regio

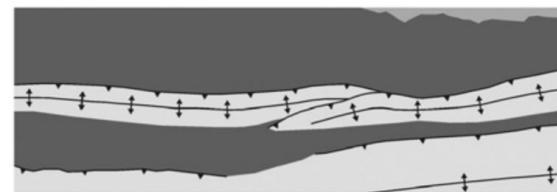


Romeo et al. (2005)

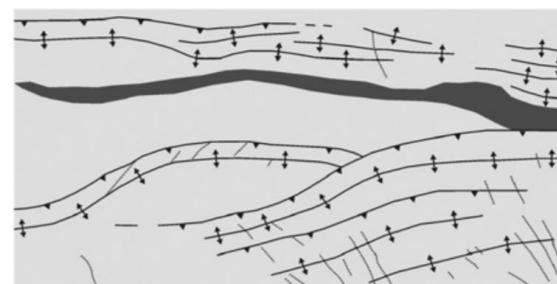
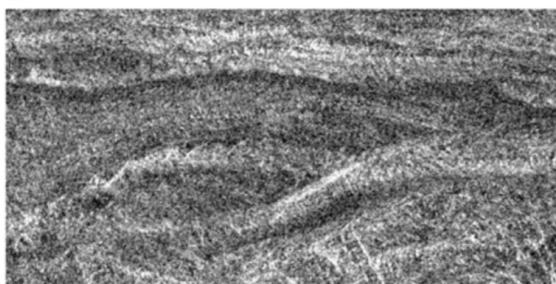


EXTERNAL UNITS		STRUCTURES
P _a	Bright terrain	Thrusts
P _b	Dark volcanic unit	Anticlines
		Lava ridges
		Wrinkle ridges
		NNW-SSE Graben
		N-S Fine graben
		ENE-WSW Graben
		Topographic ridge
		Topographic valley
		Collapse pits (lava filled)

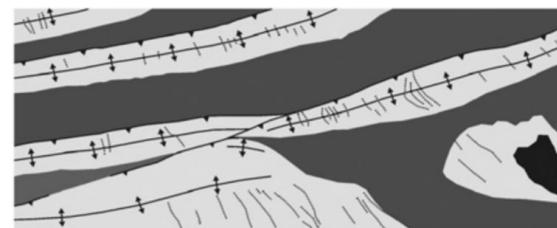
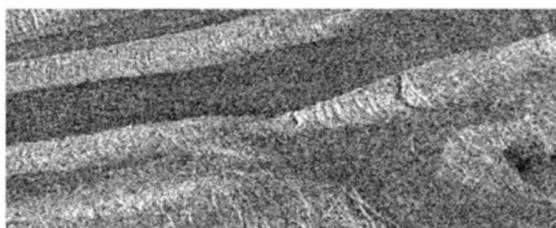
a



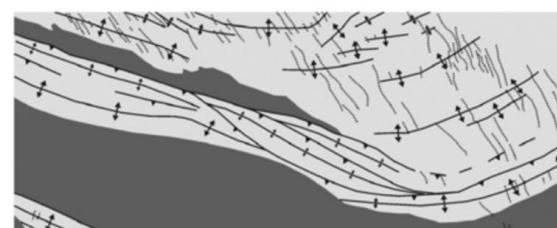
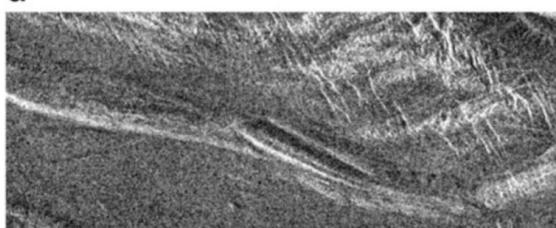
b



c



d

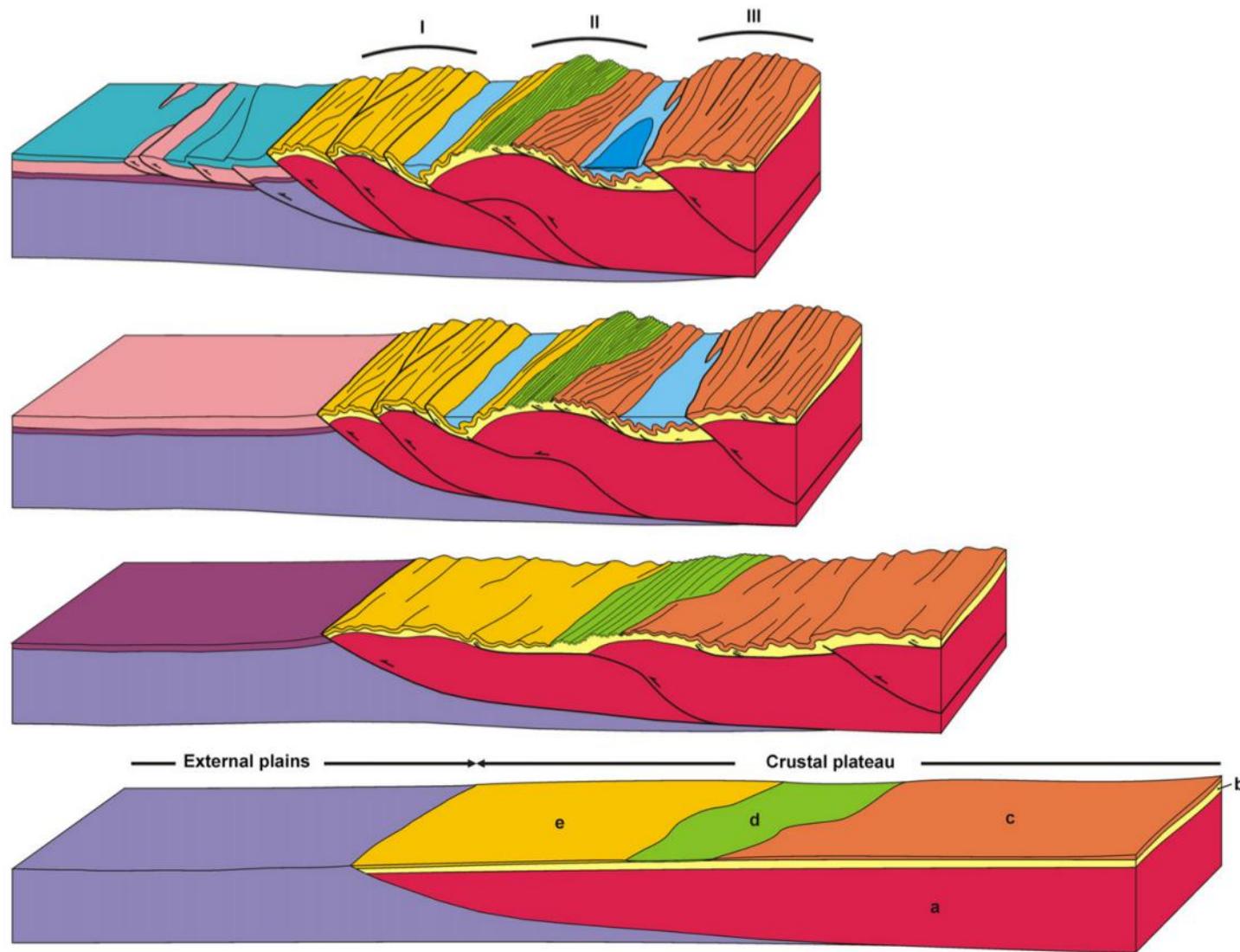


↖ thrust fault

↗ anticline

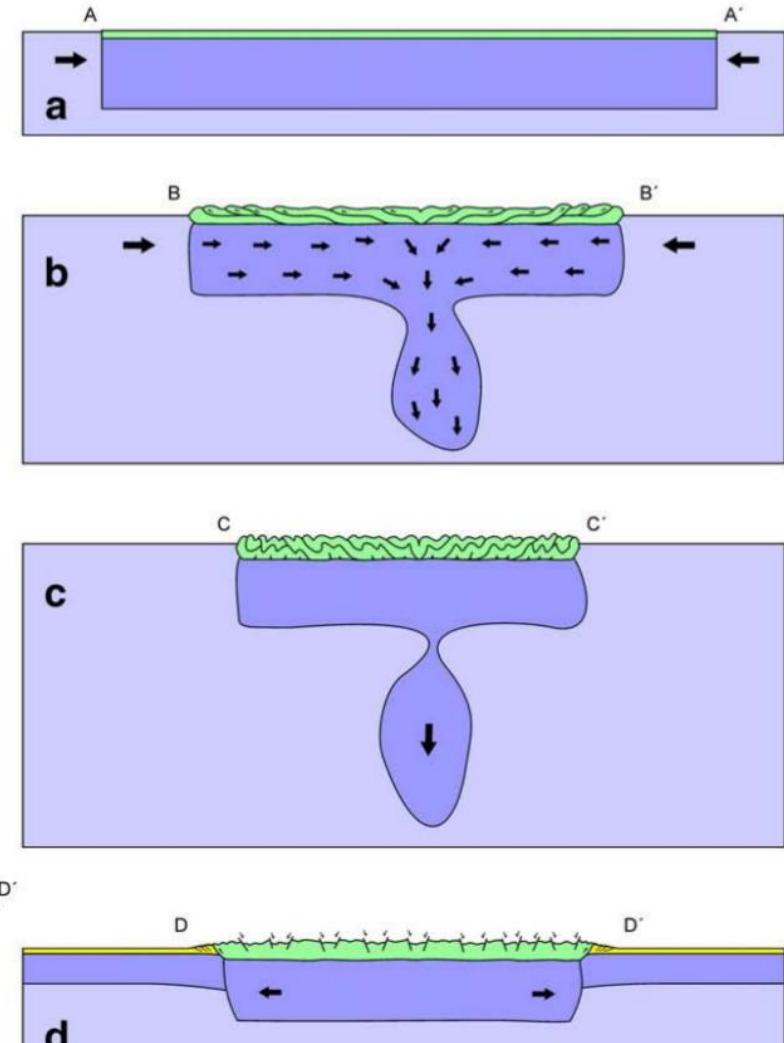
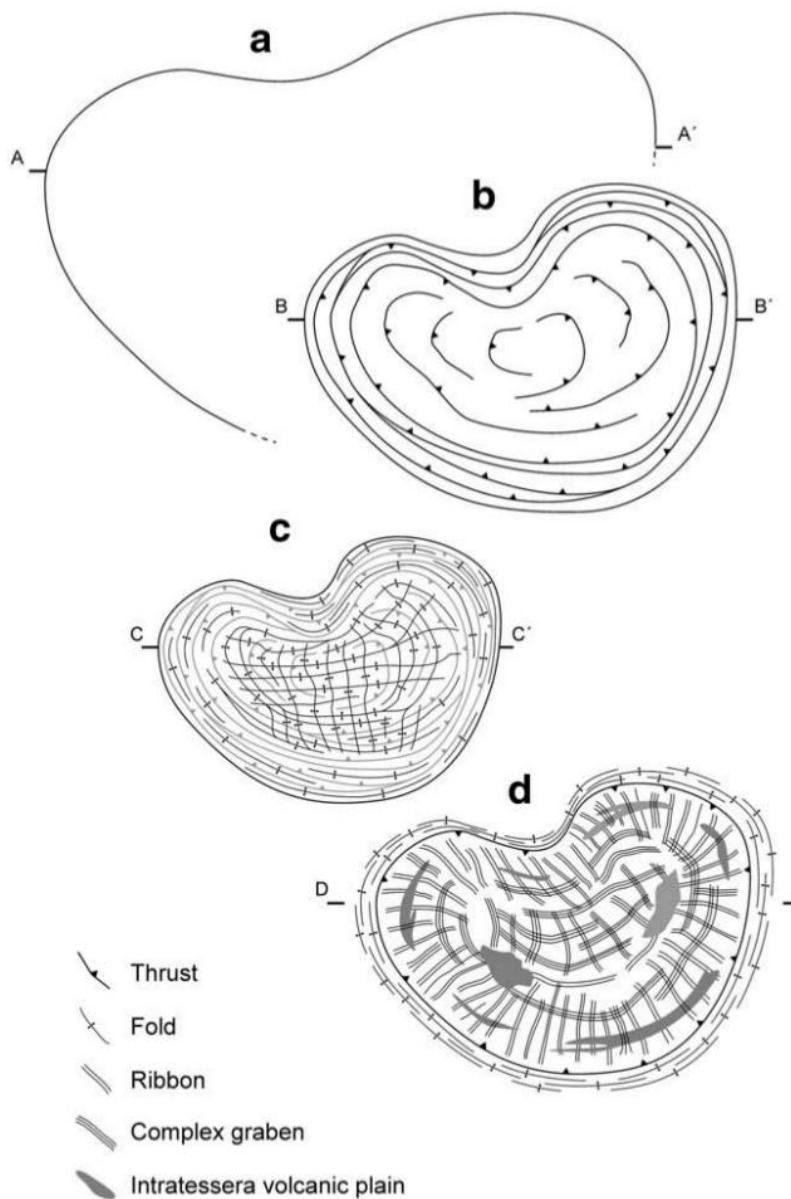
↙ graben

Romeo y Capote (2011)



Romeo y Capote (2011)

¿Y si se trata de continentes?

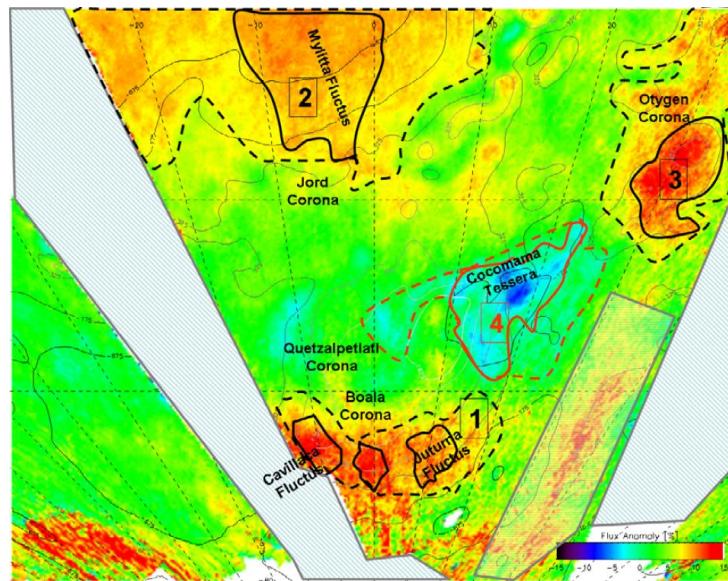


Continental crust

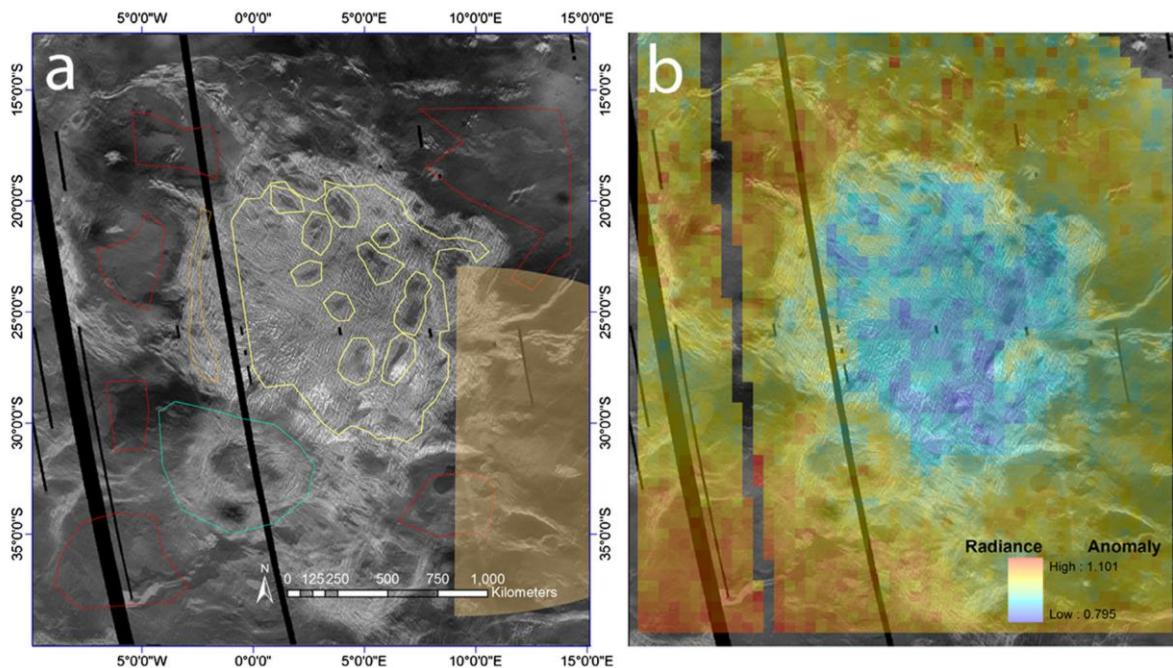
Lithospheric mantle

Basaltic crust

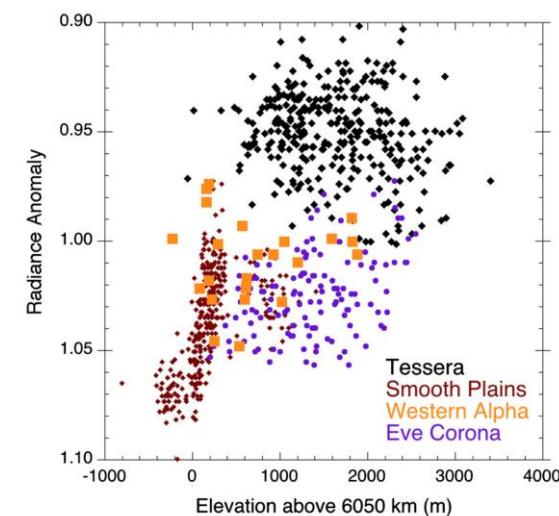
Hot mantle

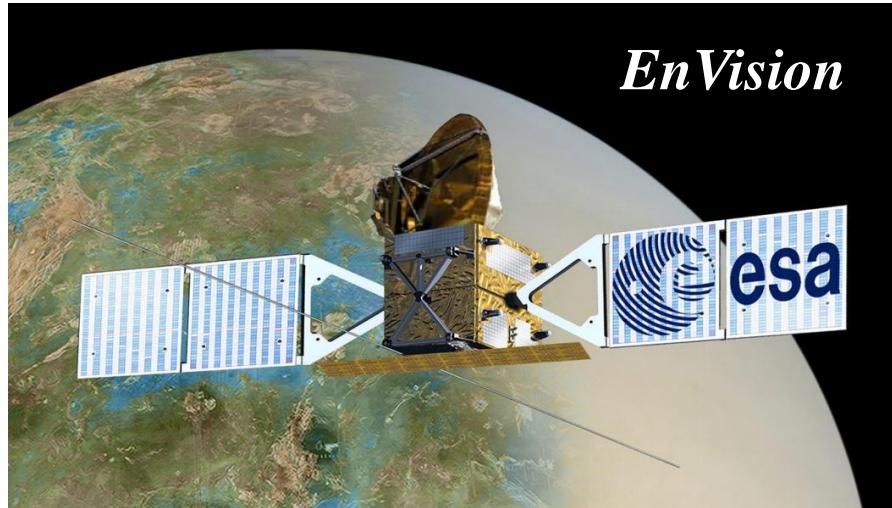


Helbert et al. (2008)



Gilmore et al. (2015)





EnVision

