

# **Gedínámica Planetaria**

## **¿Cómo funcionan los planetas por dentro?**

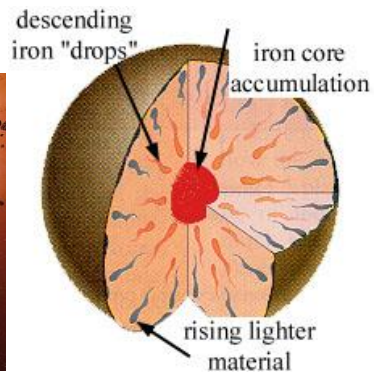


**I. Romeo**

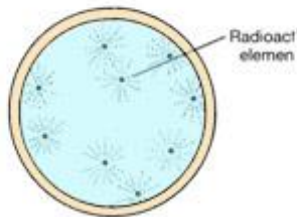
# Fuentes de calor en un cuerpo planetario



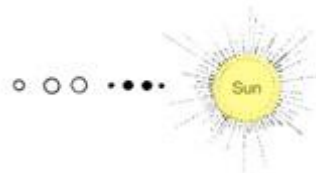
**Accretionary heating**



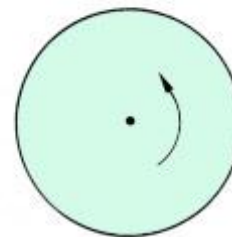
**Core formation**



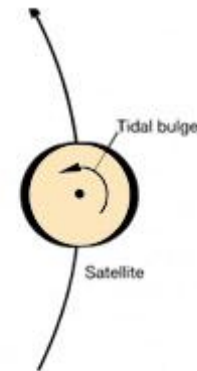
**Radiogenic heating**



**Solar energy**

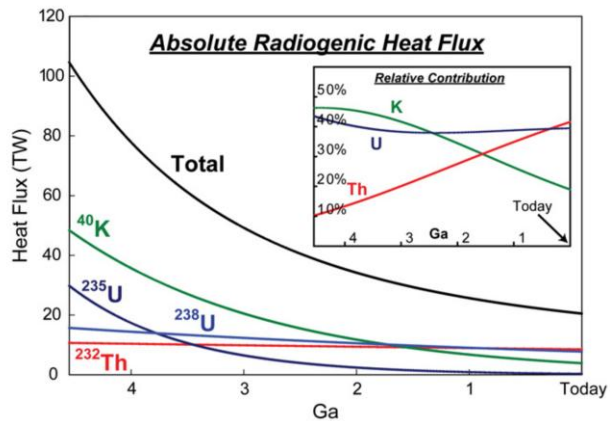


**Primary planet**

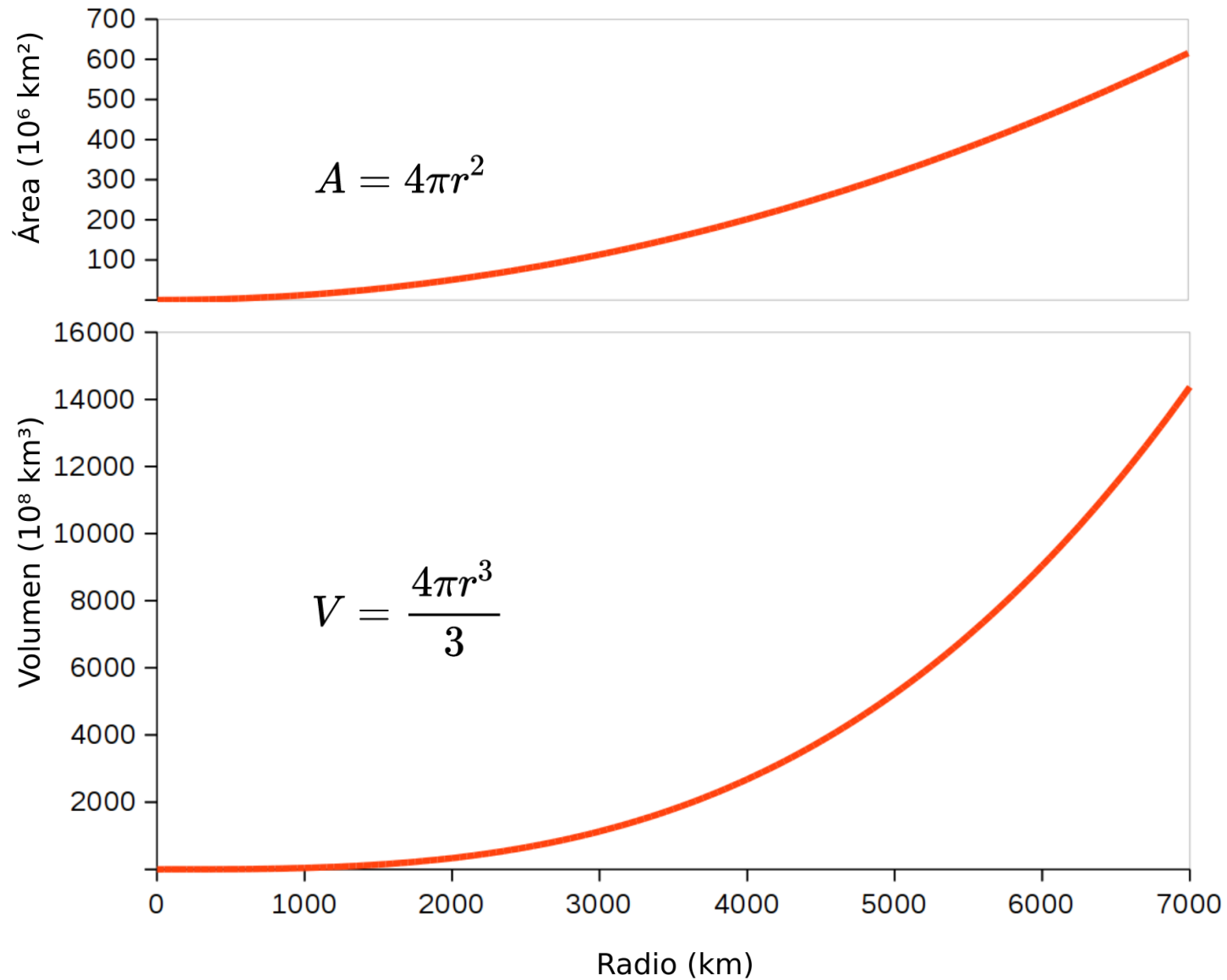


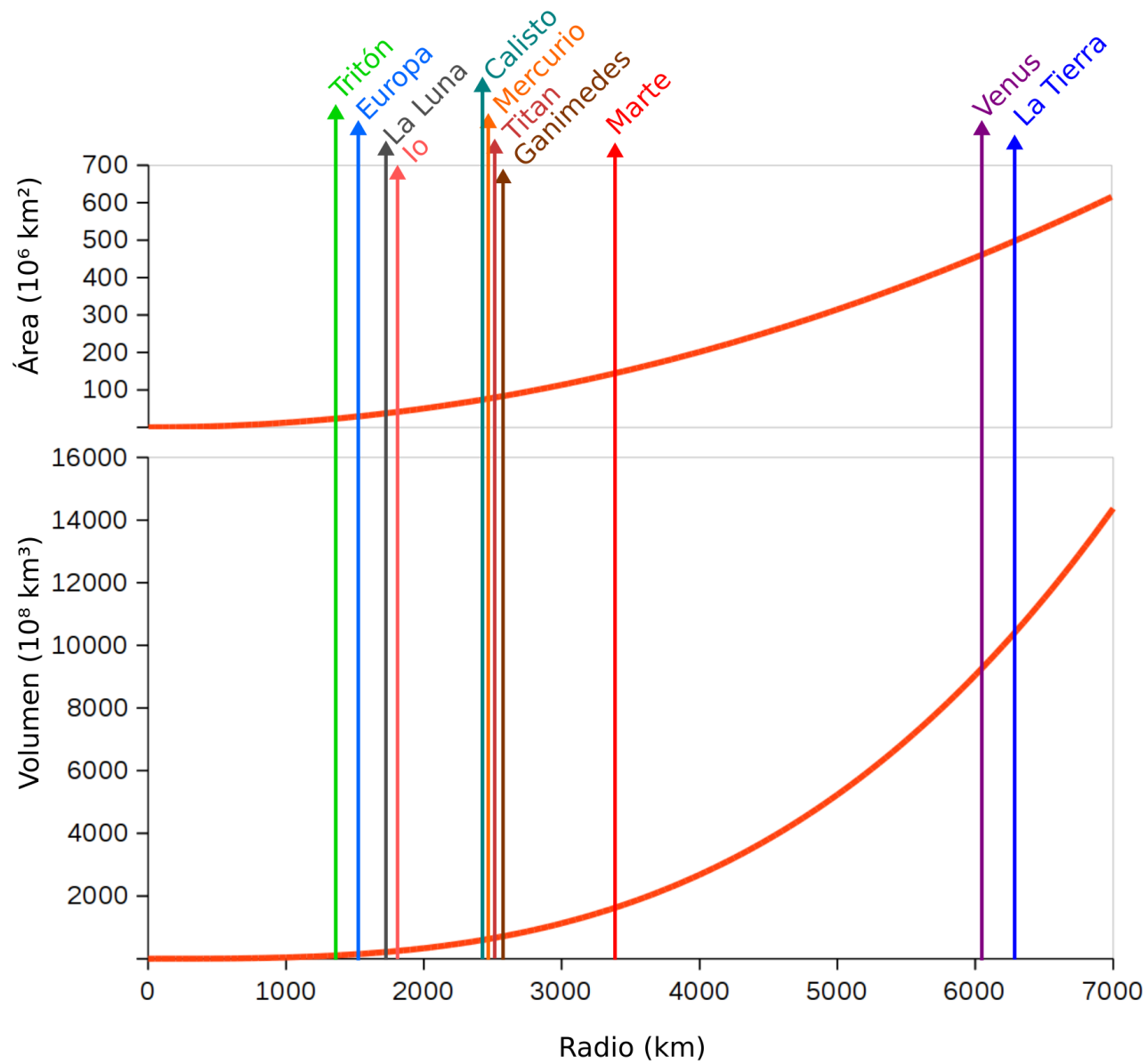
**Satellite**

**Tidal heating**

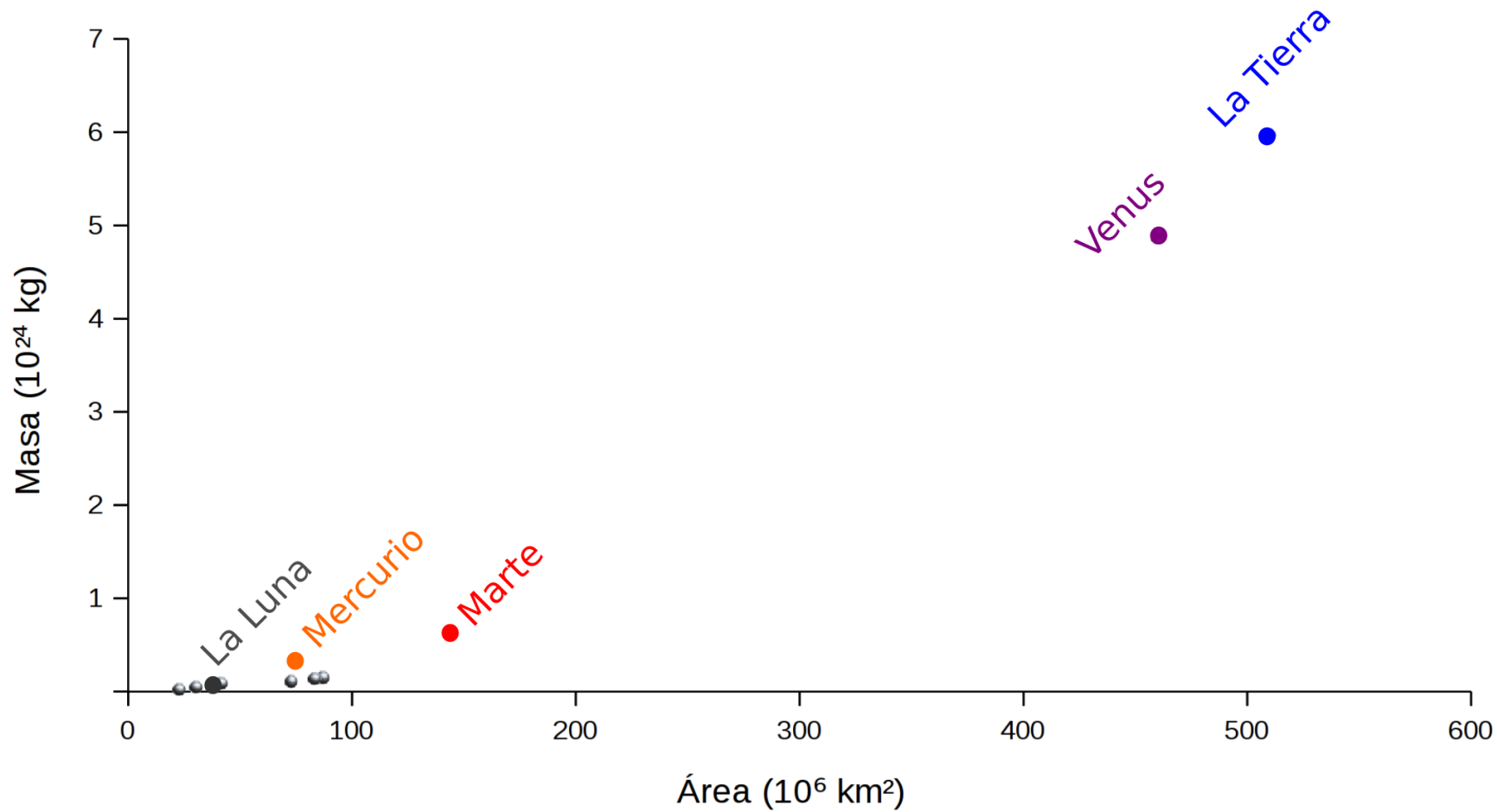


# Consideraciones geométricas

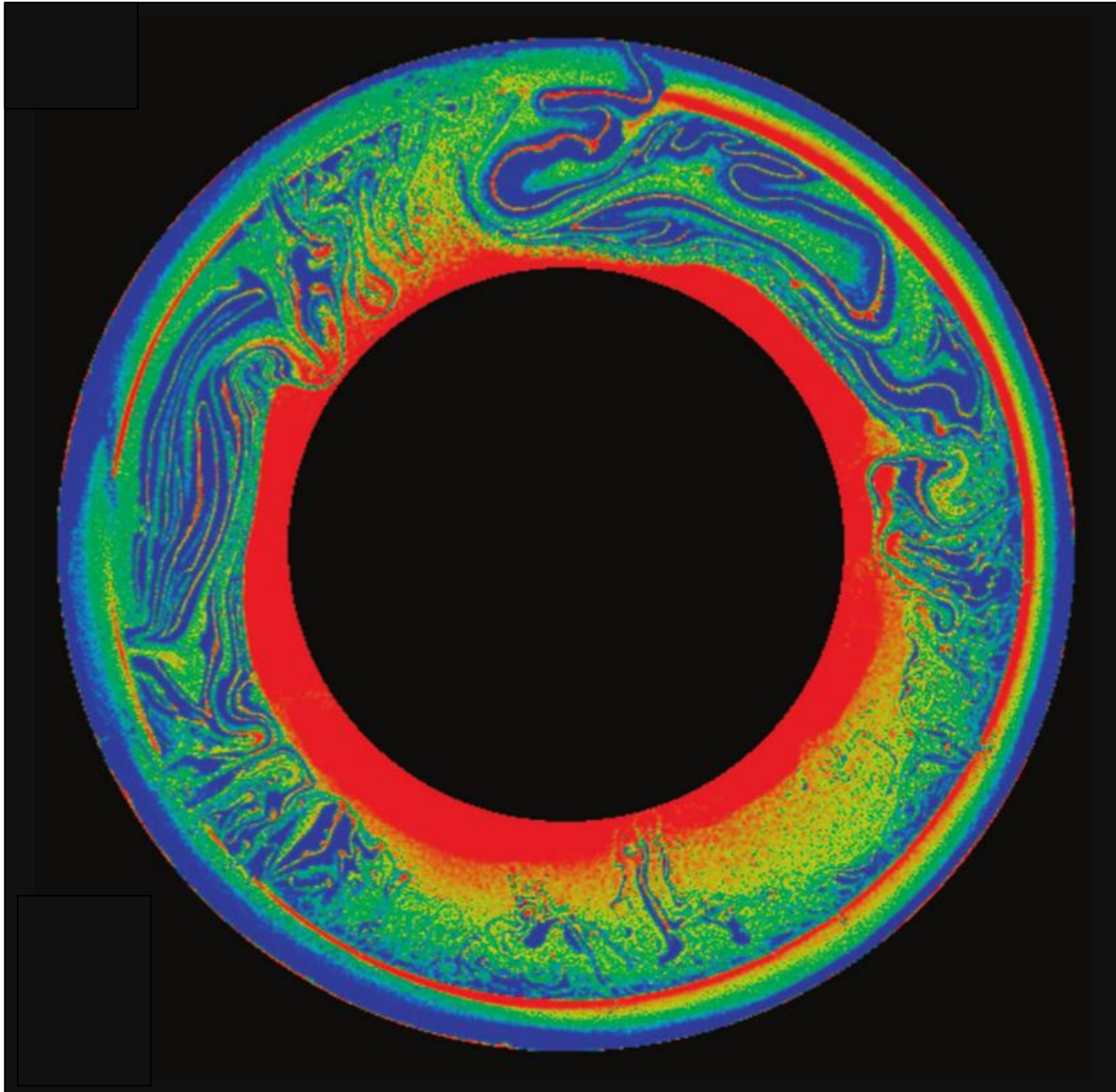


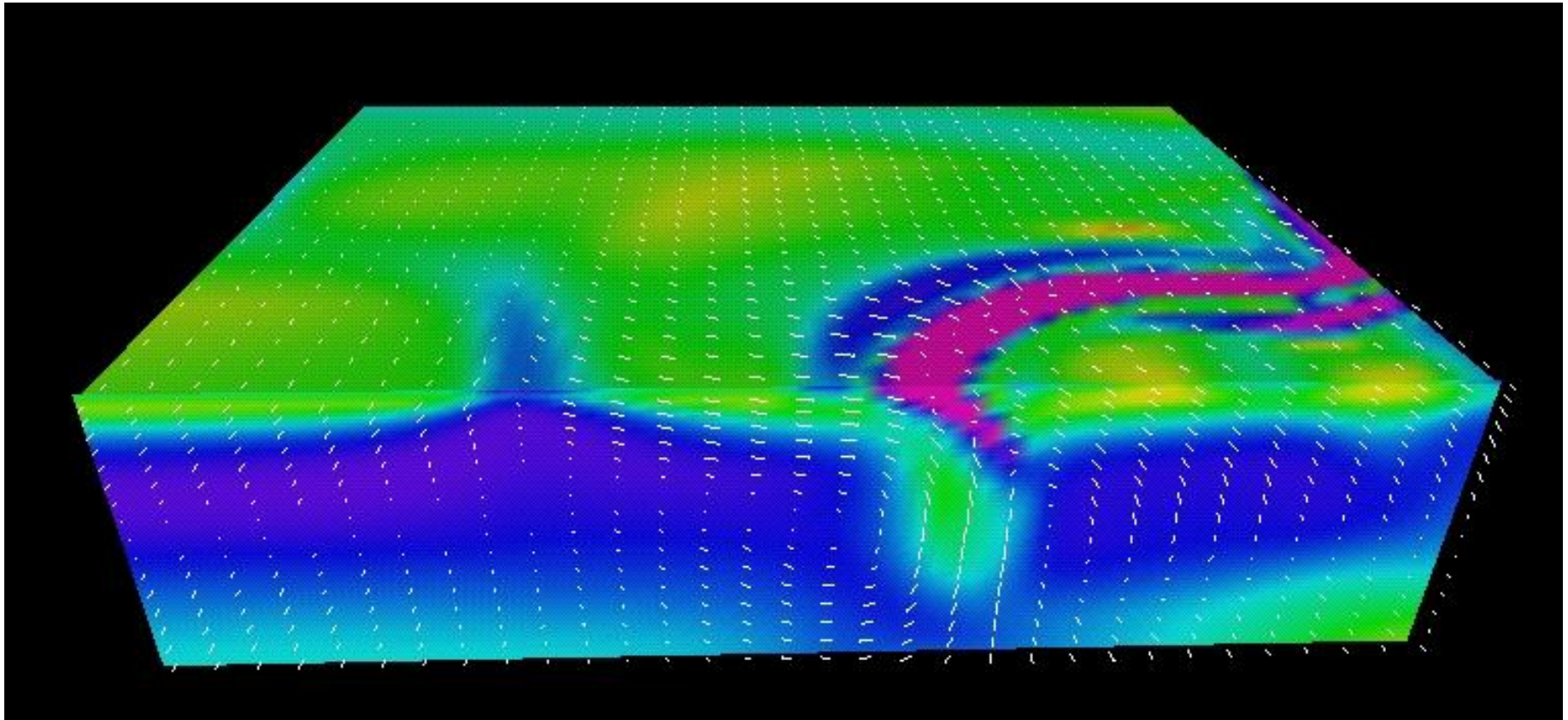






## Manto terrestre en convección





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:

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

$\alpha_v$  = coeficiente de expansión térmica

$\rho$  = densidad

$g$  = aceleración de la gravedad

$b$  = Espesor de la capa

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura entre el techo y la base de la capa

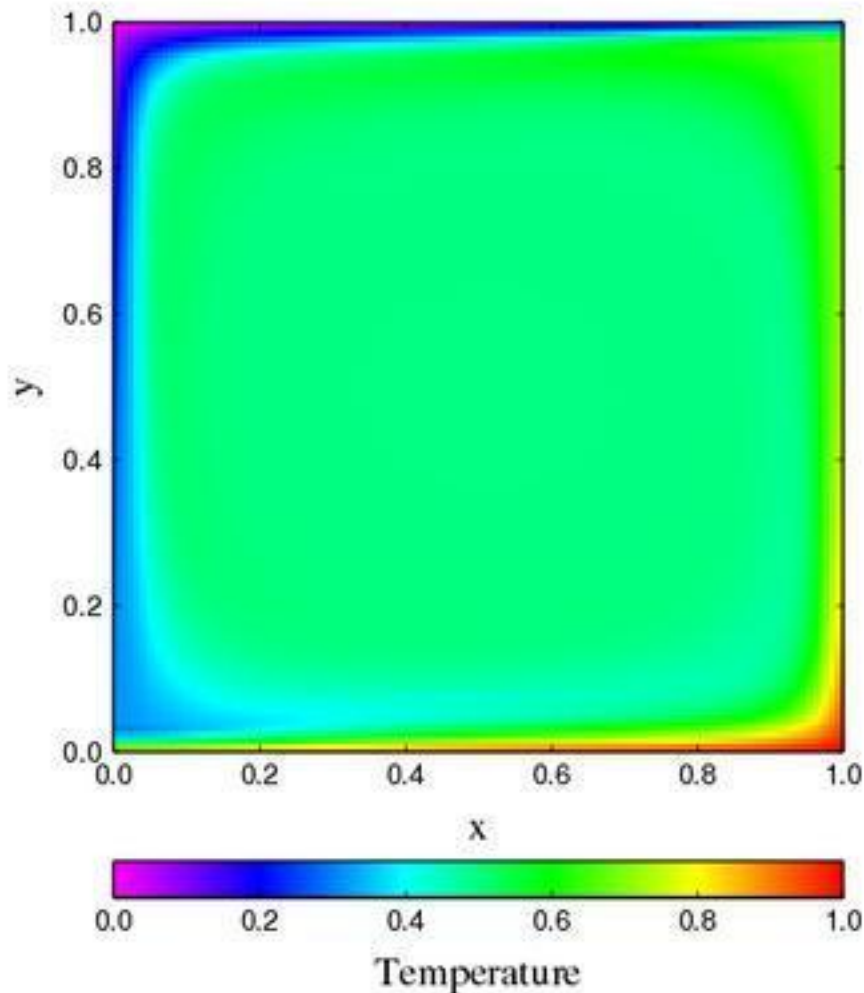
$\kappa$  = Coeficiente de difusión térmica

$\eta$  = Viscosidad

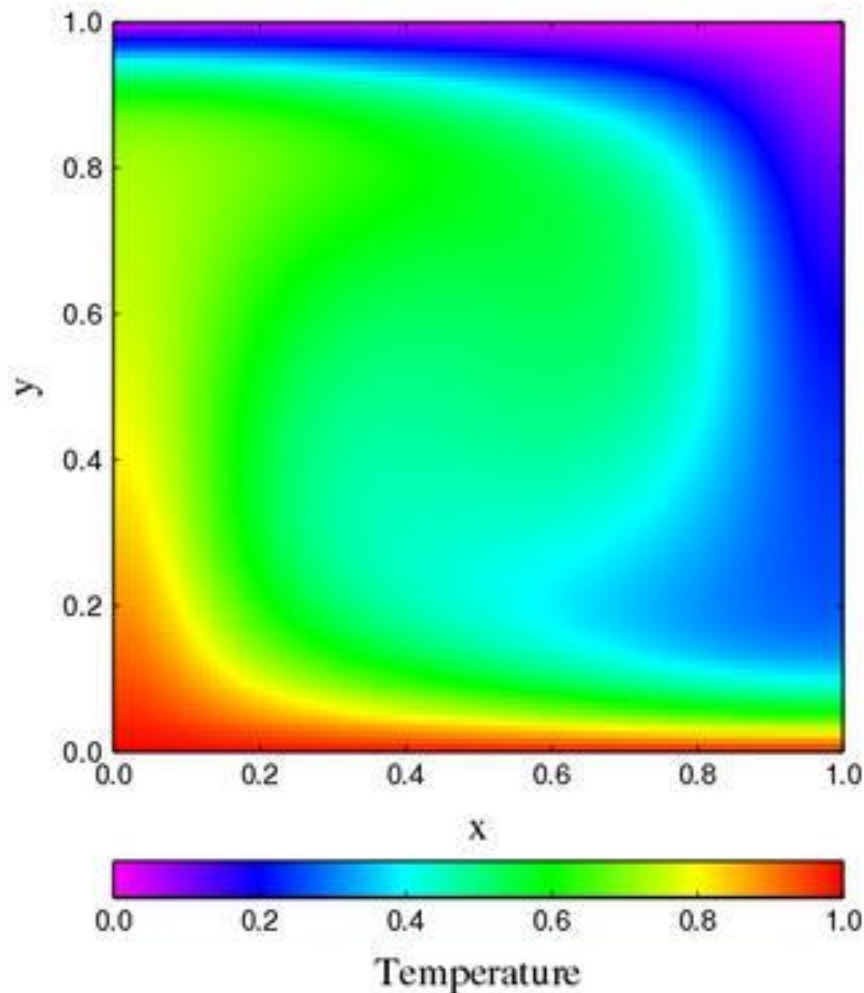
## Convección en una capa casi isoviscosa:

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

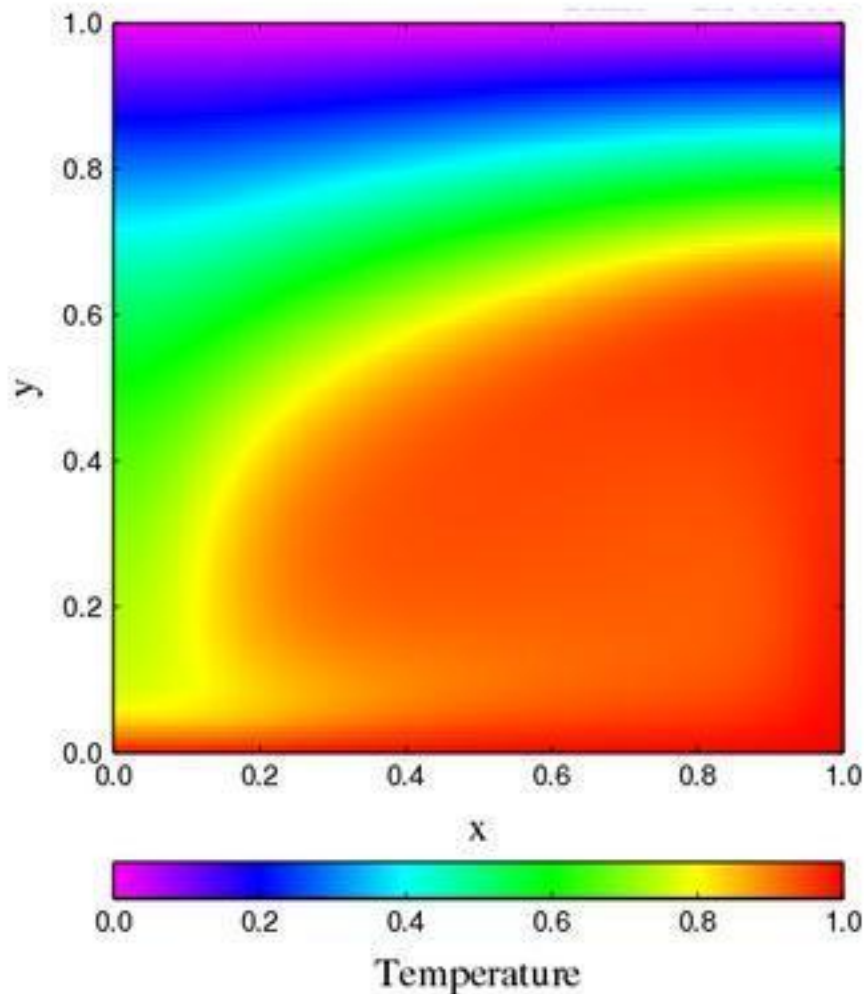


Convección en una capa con un contraste moderado de viscosidades:  
Se general capas límites claras a techo y base de la capa en convección.  
La capa límite superior (litosfera) participa en la convección.  
Se tendría reciclaje de la litosfera y tectónica de placas.



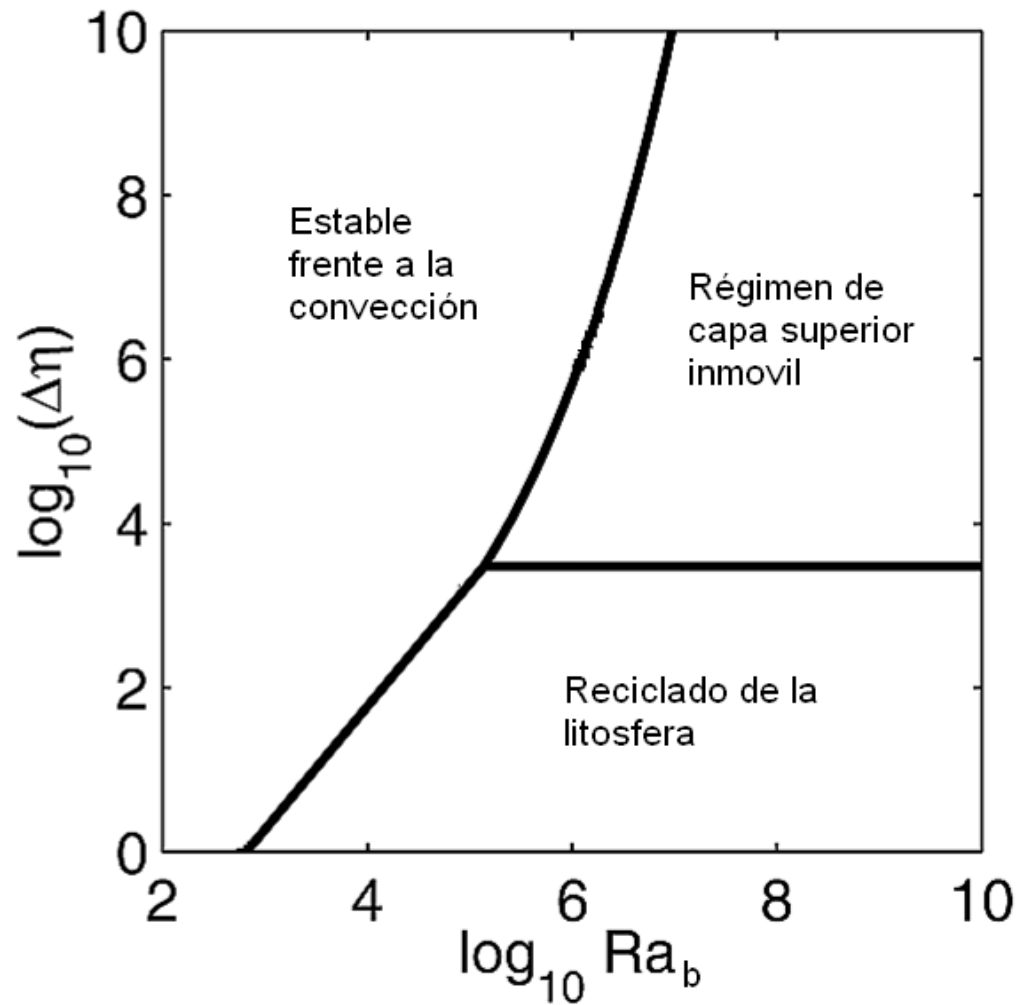


Convección en una capa con fuerte contraste de viscosidades: Se genera una capa límite superior muy gruesa e inmóvil que no participa en la convección.  
No hay tectónica de placas

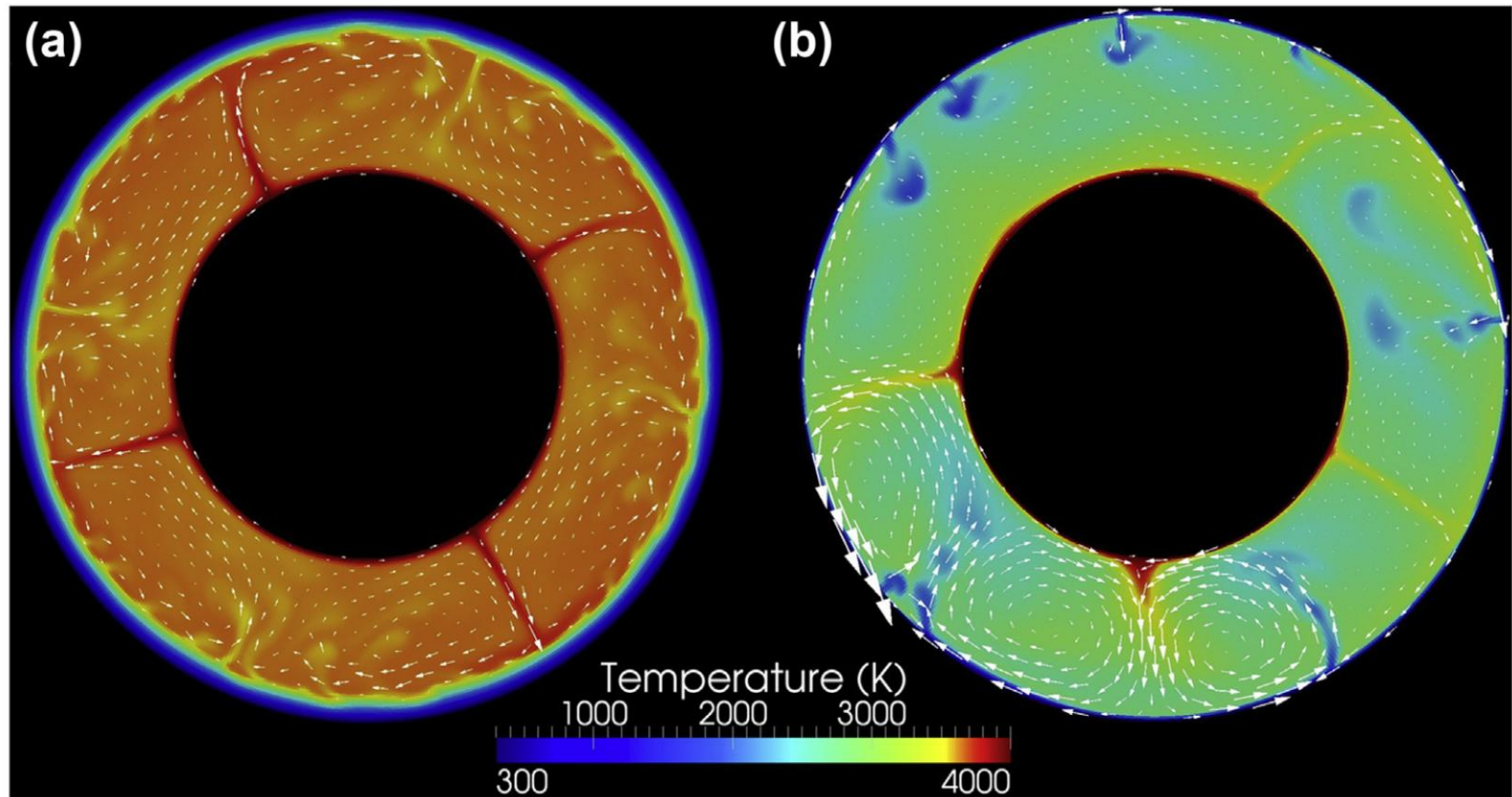




Así, el contraste de viscosidades a través del manto determina como se comporta un planeta deberíamos obtener su posición en el diagrama.

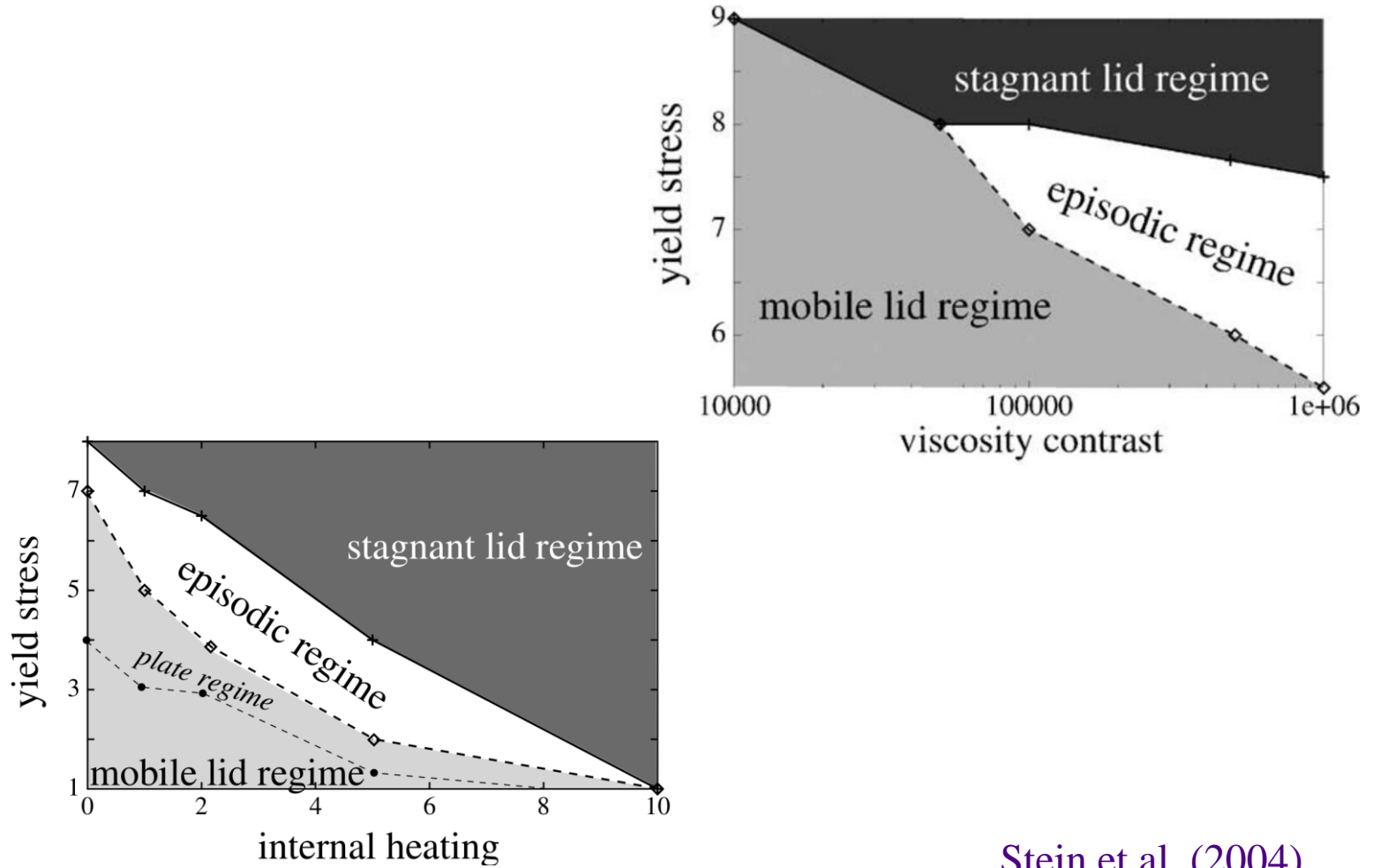


## Regímenes convectivos



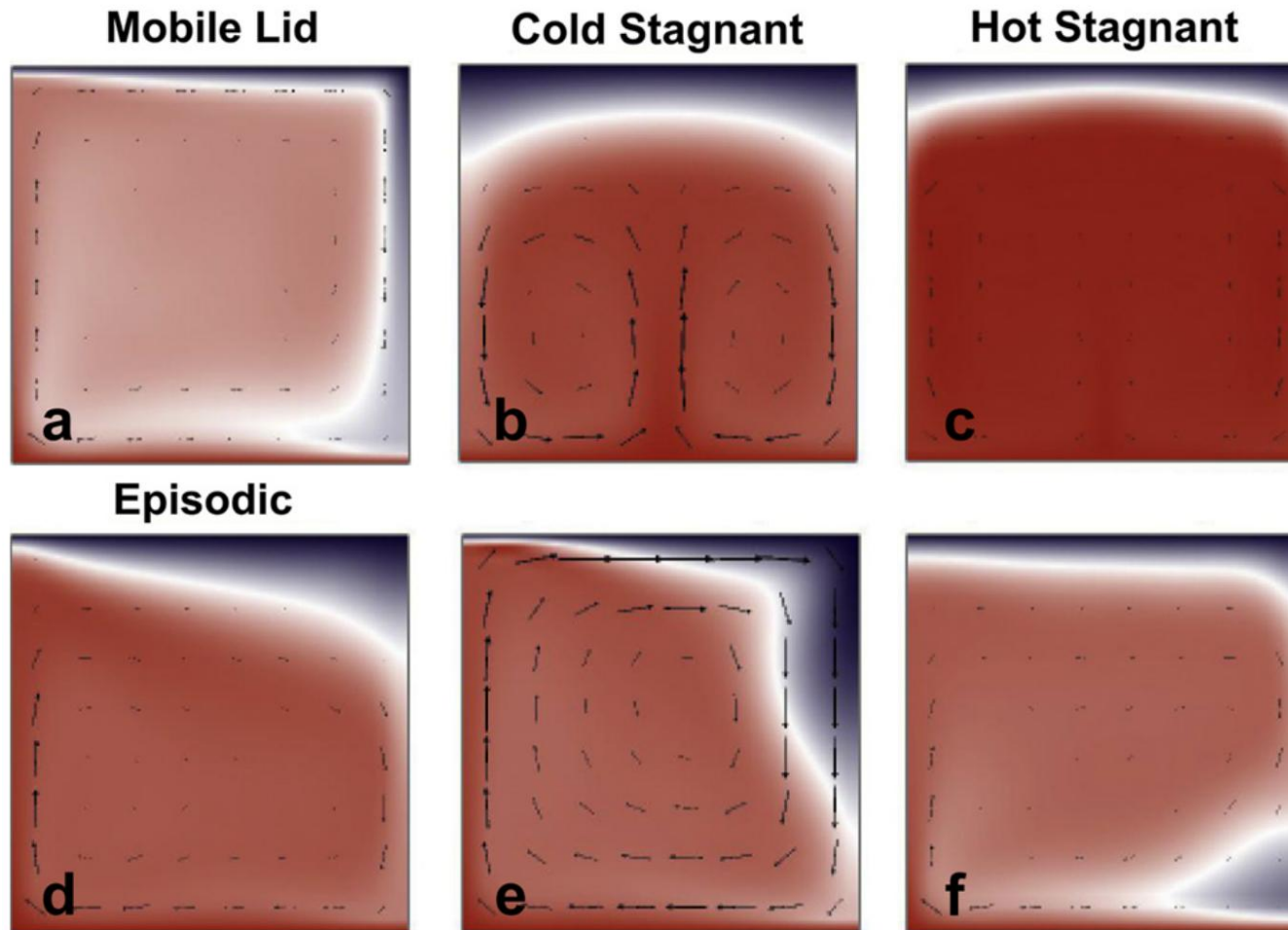
Tosi et al. (2014)

# Regímenes convectivos

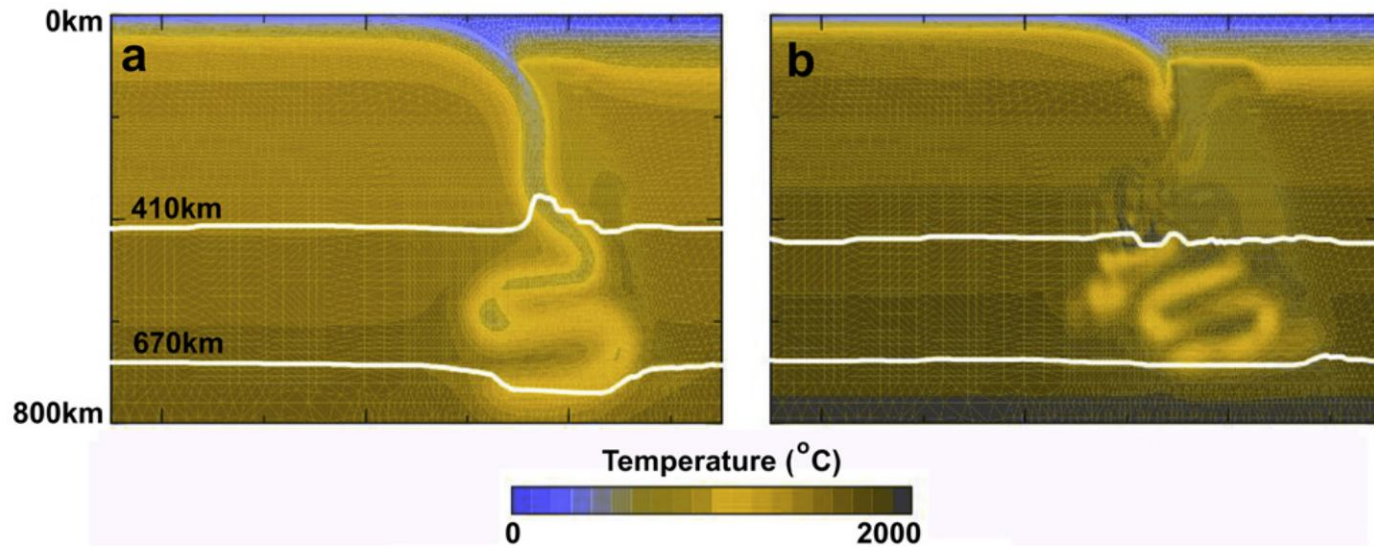


Stein et al. (2004)

# Regímenes convectivos



# Debilidad en las placas litosféricas calientes



Moyen y van Hunen (2012)



# Marte



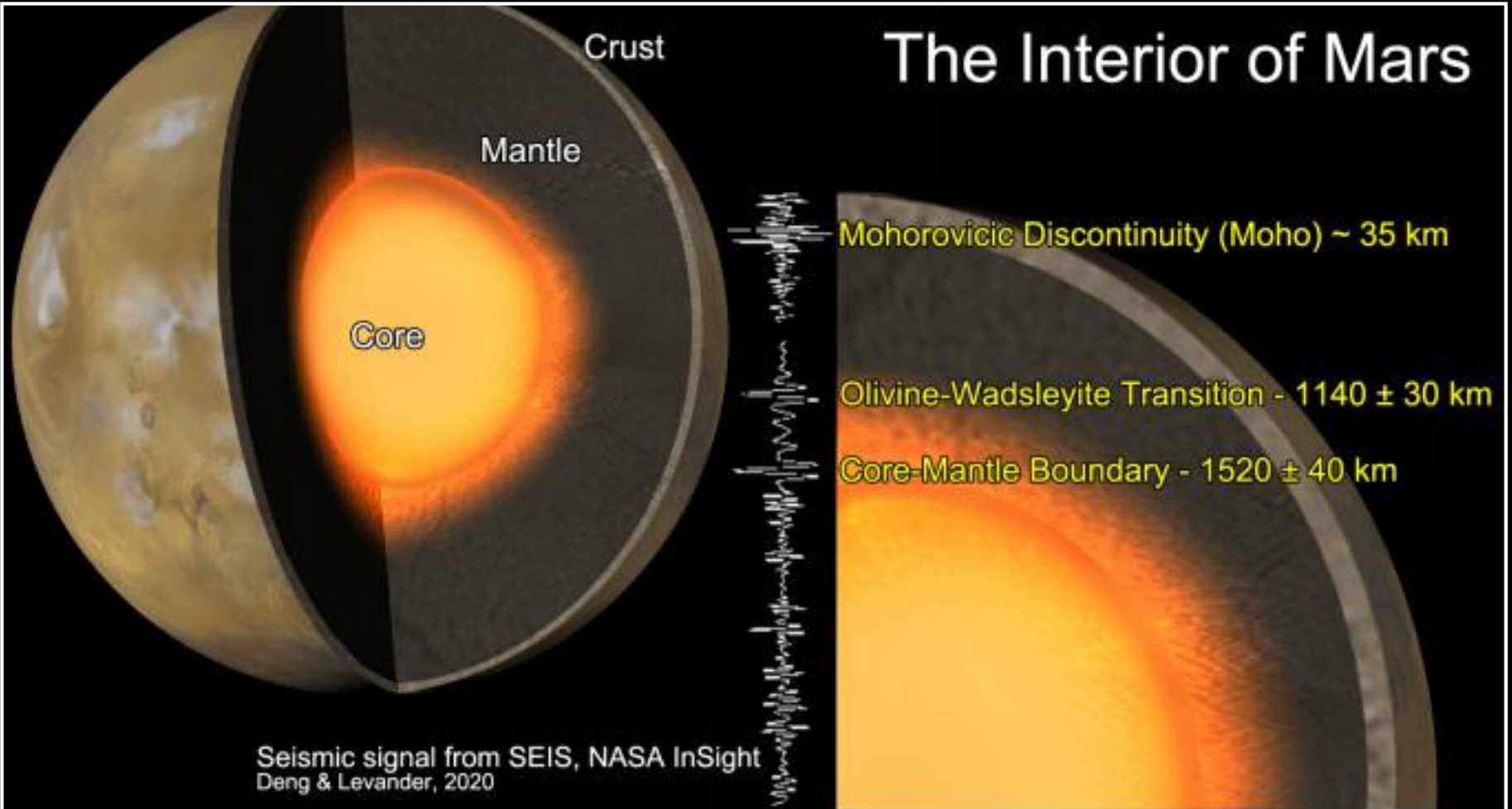
Colinas Columbia, Cráter Gusev



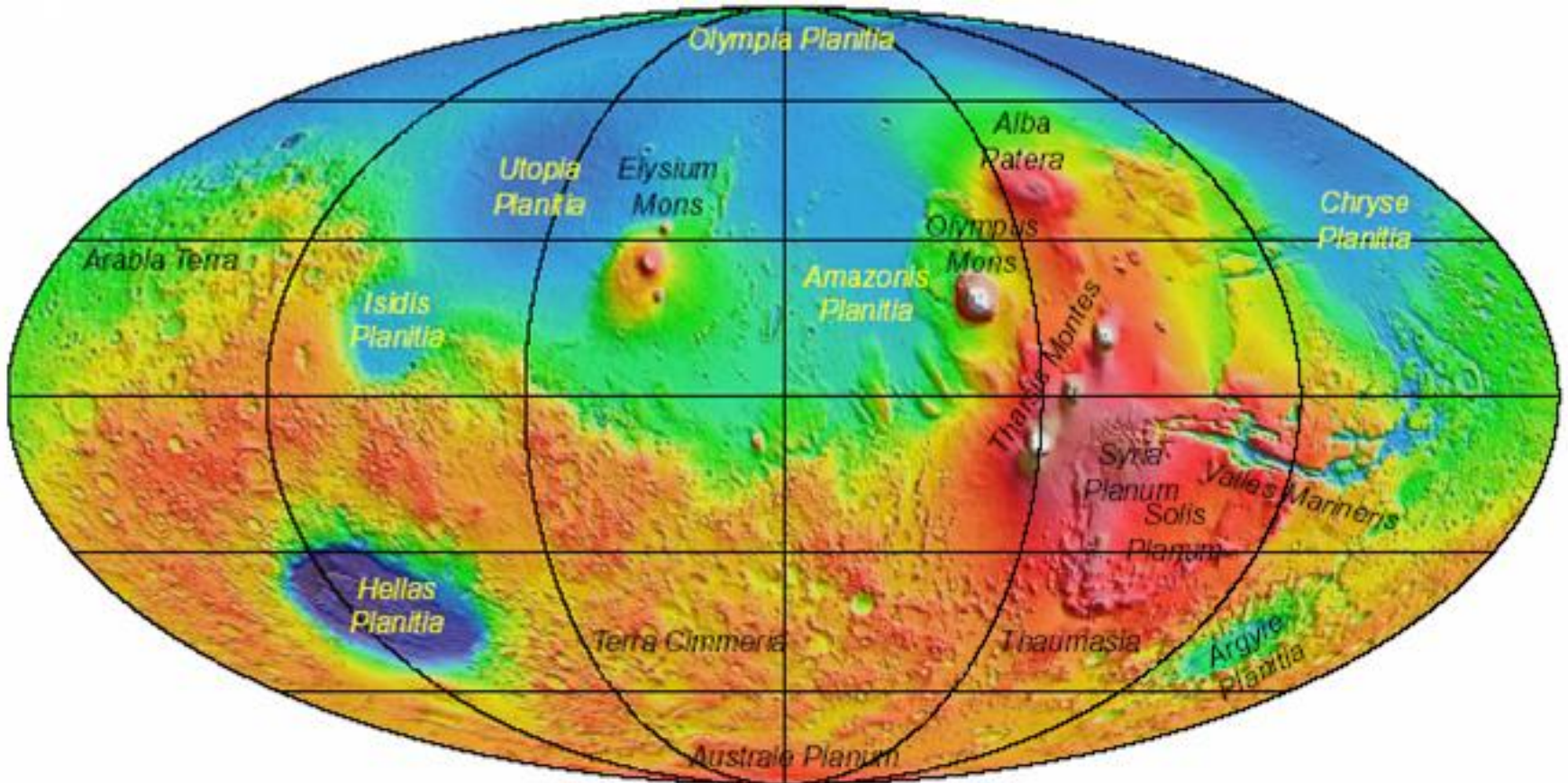
La Tierra y Marte a escala. Aunque Marte es mucho más pequeño, el tamaño de sus estructuras tectónicas rivaliza con el de la Tierra. En se aprecia el Valles Marineris, que puede compararse con las dimensiones del Mar Rojo o el Golfo de Aden.



# The Interior of Mars

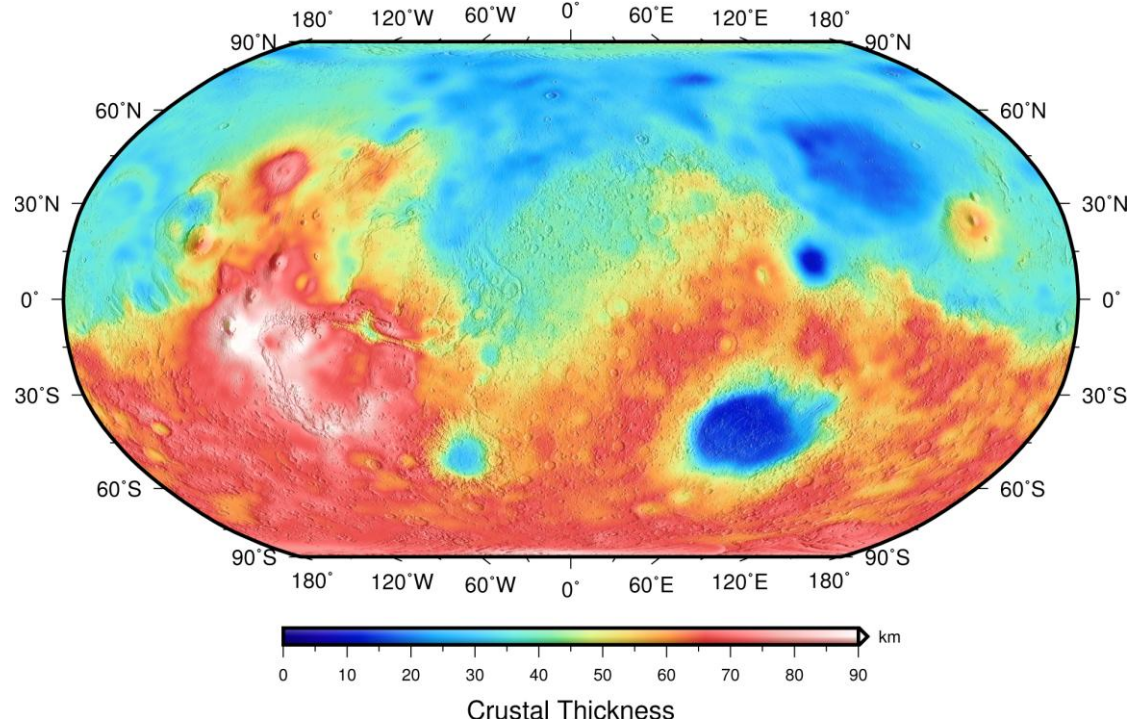


## Topografía de Marte (Smith et al., 1999, 2001)



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.

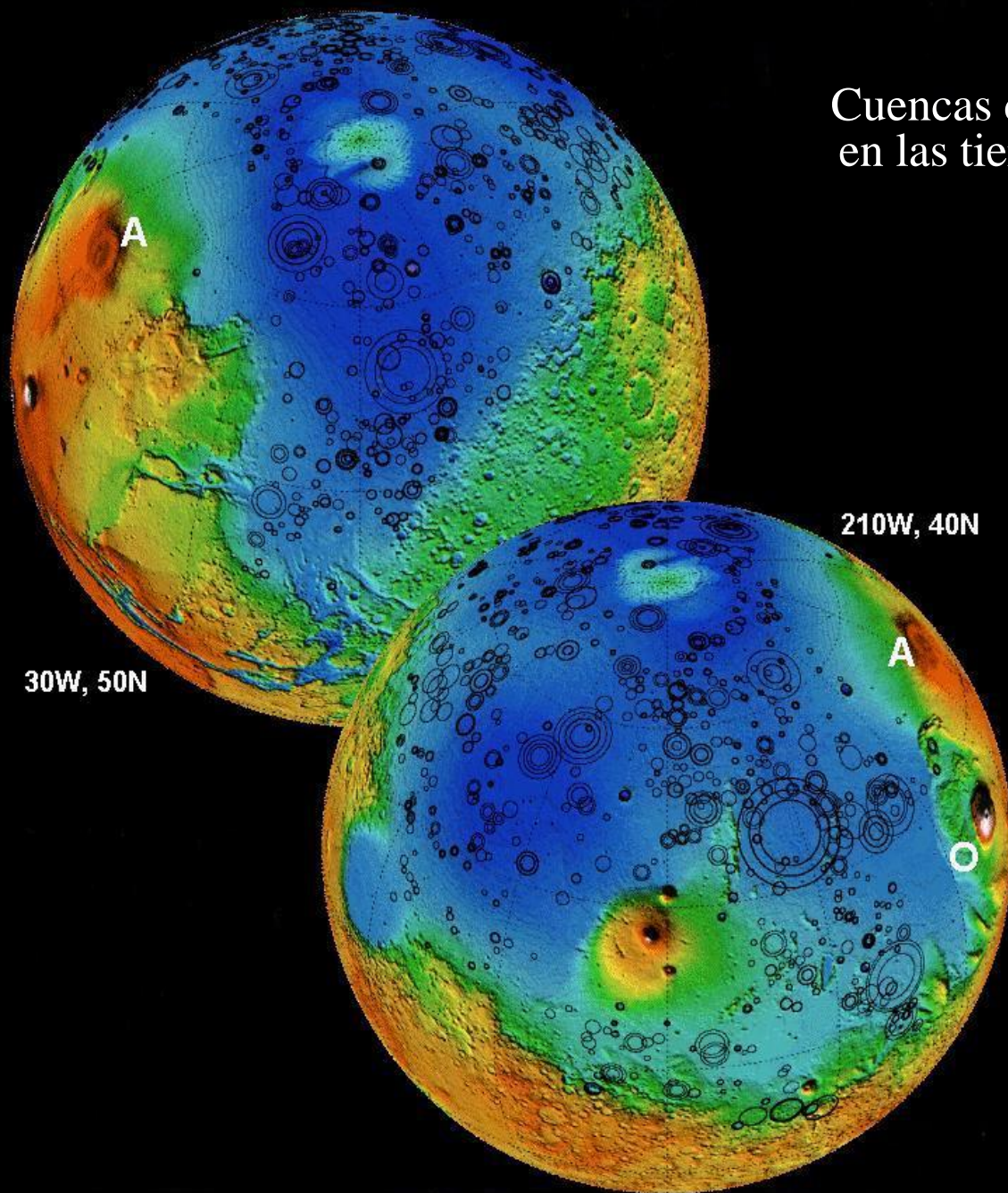
(Parro et al., 2017)



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.

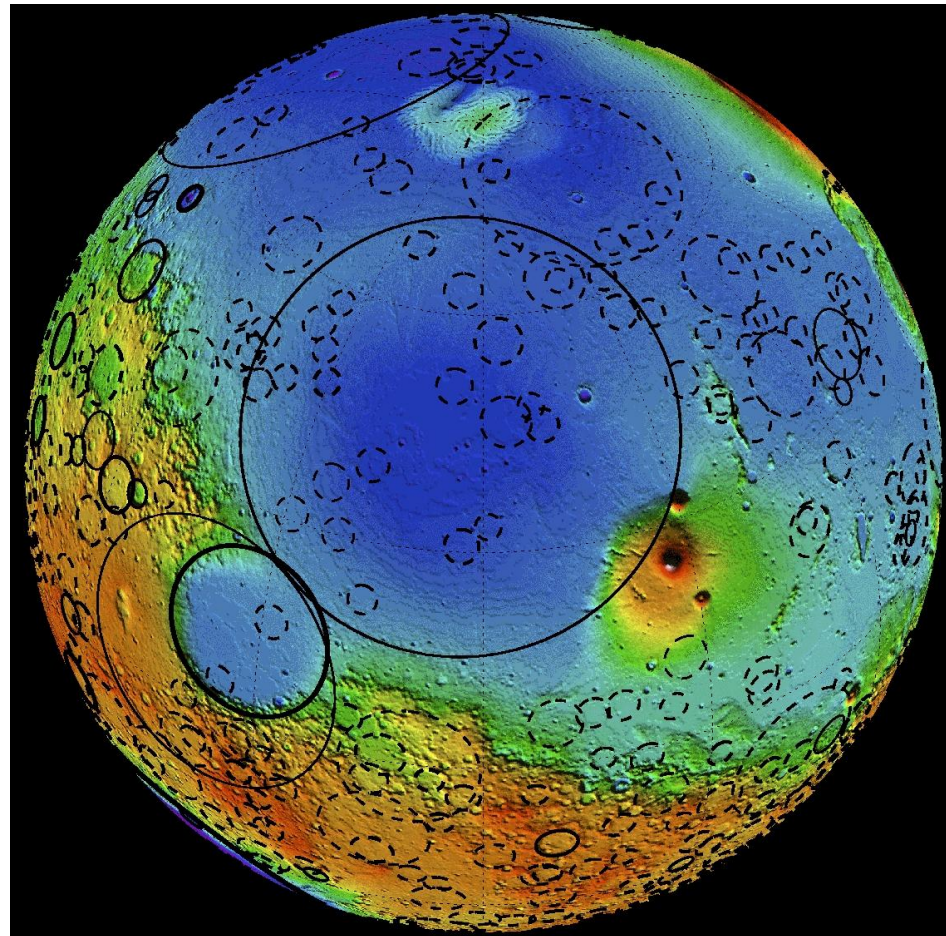
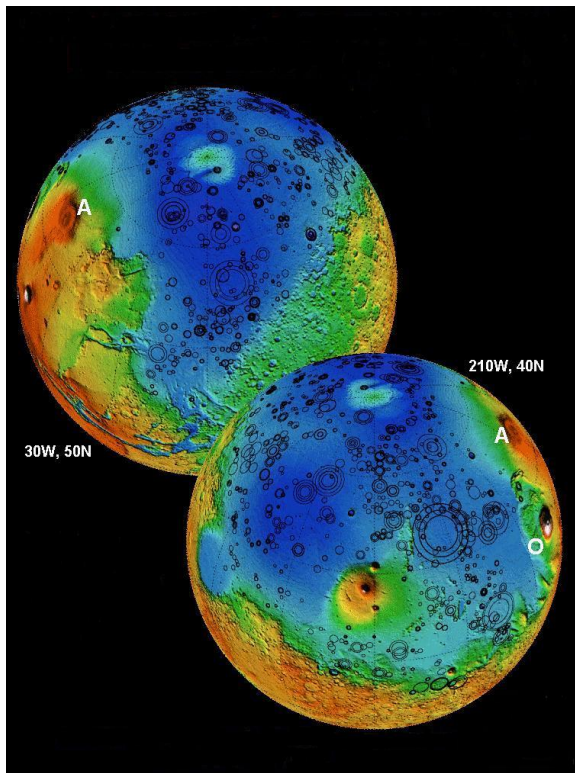


# Cuencas de impacto enterradas en las tierras altas del norte de Marte



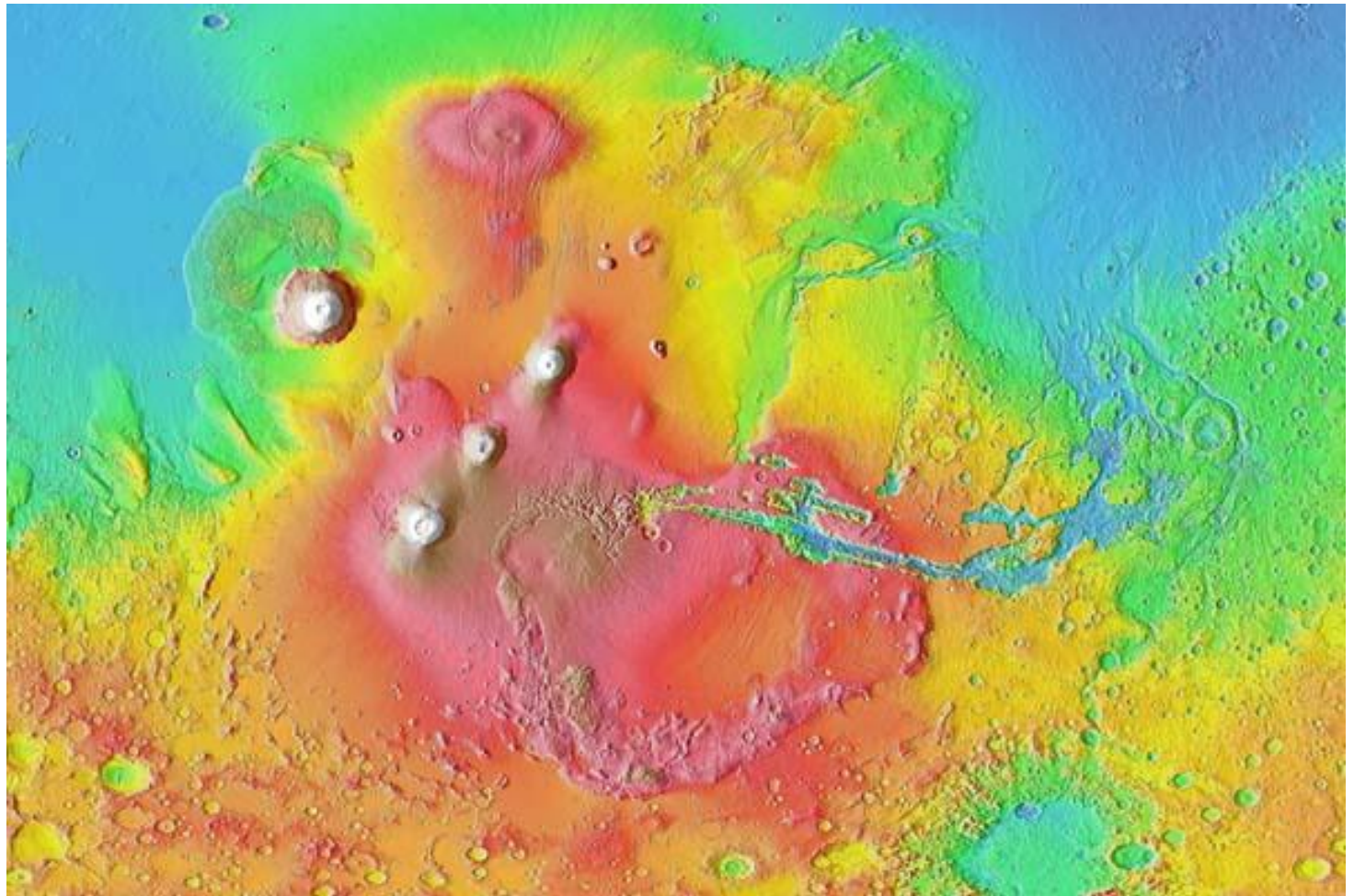
(Frey et al., 2002)

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.

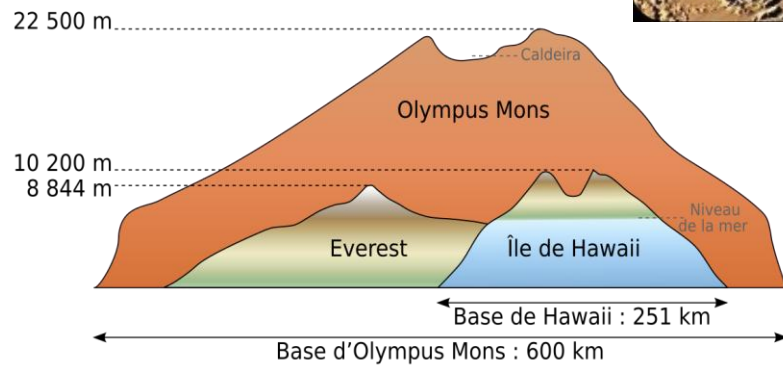
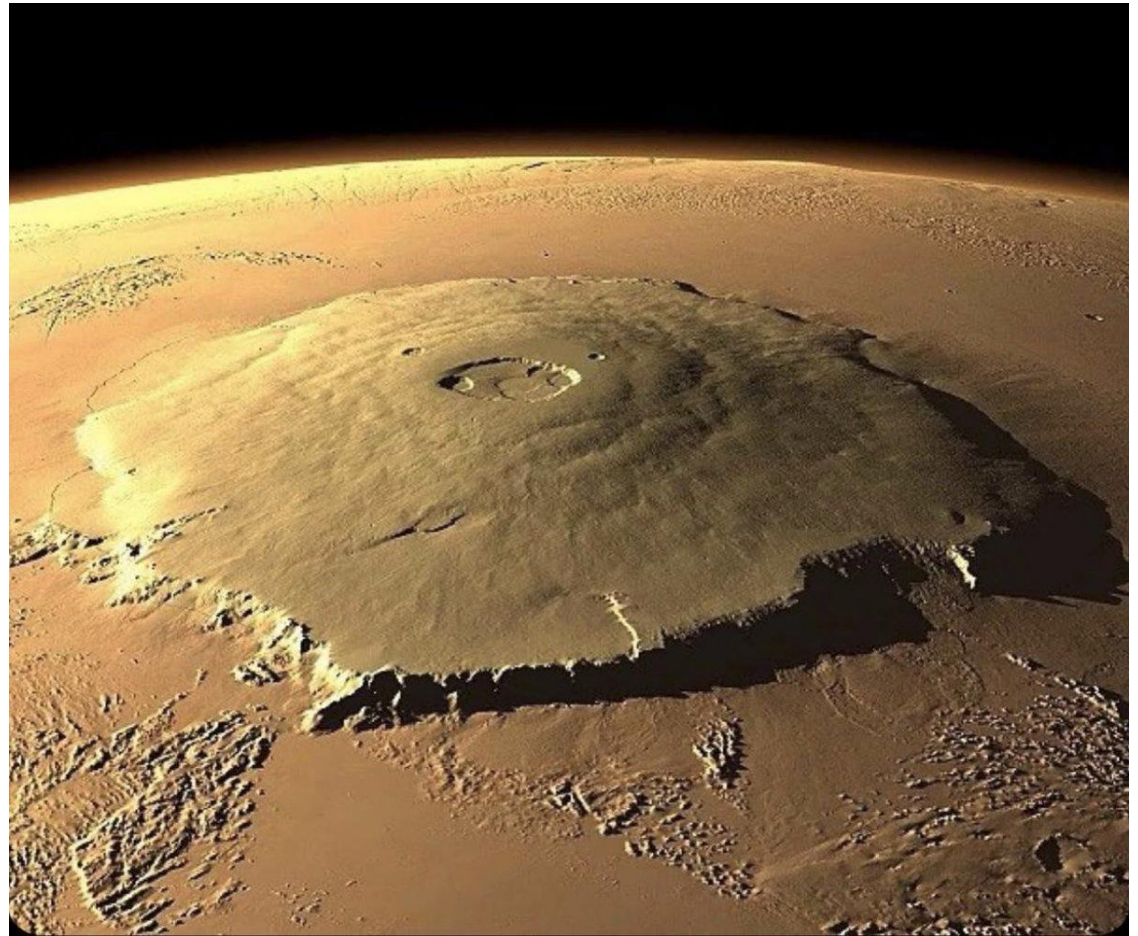




## Región de Tharsis



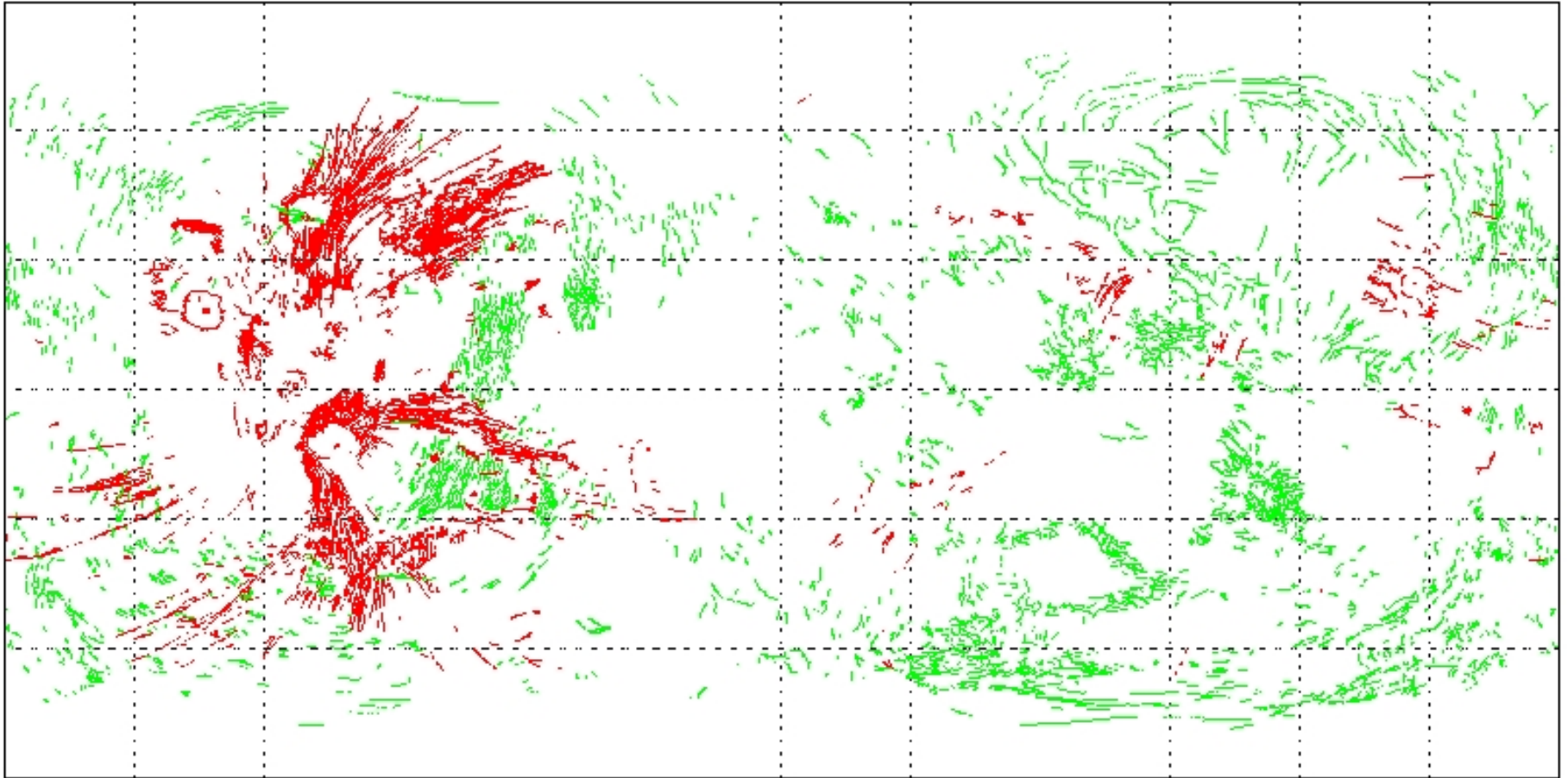
Tharsis contiene alguna de las mayores estructuras tectónicas (como el Valles Marineris o la “cordillera” de Thaumasia) y volcánicas (como el Olympus Mons o los Montes de Tharsis) de Marte.



Volcán Olympus Mons, Marte

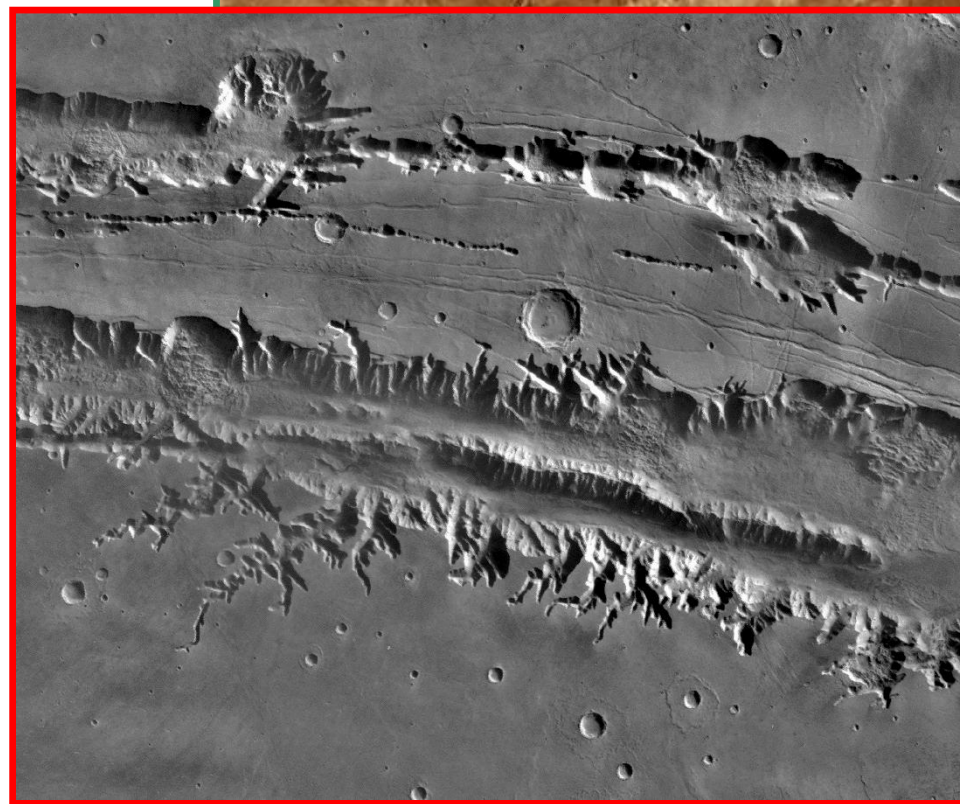
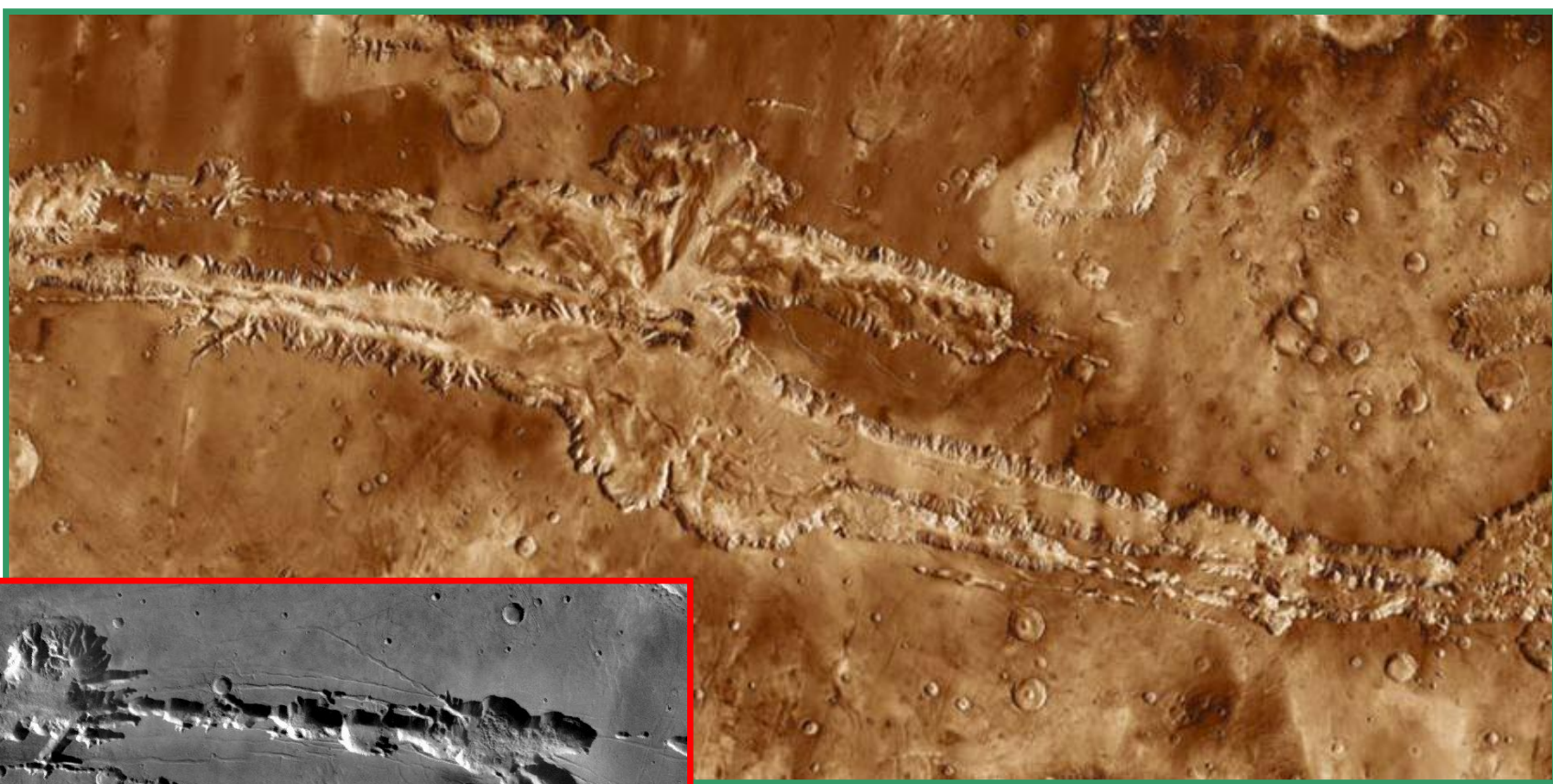


## Tectónica en Marte



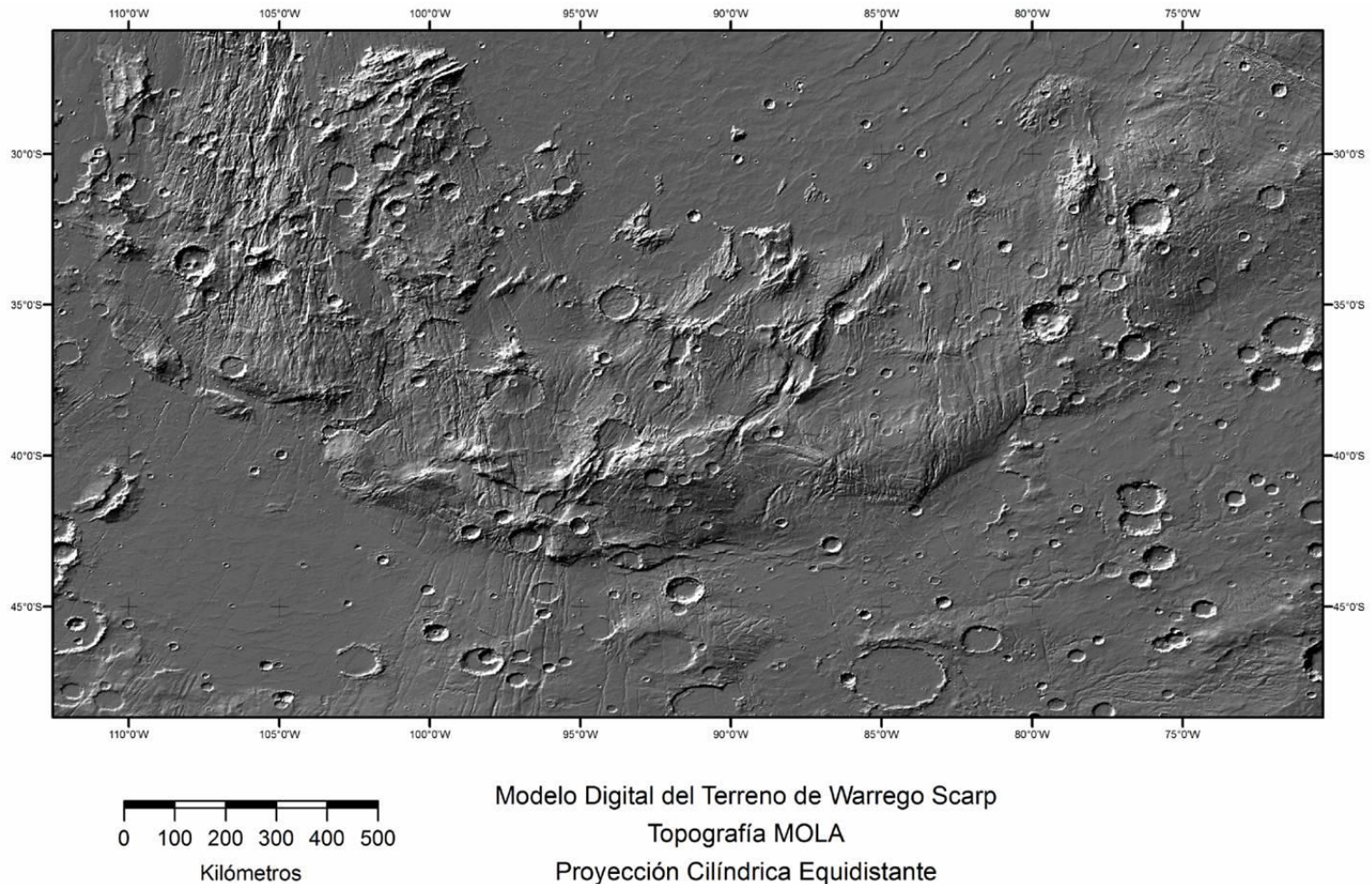
Estructuras extensionales (rojo)

Estructuras compresivas (verde)



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

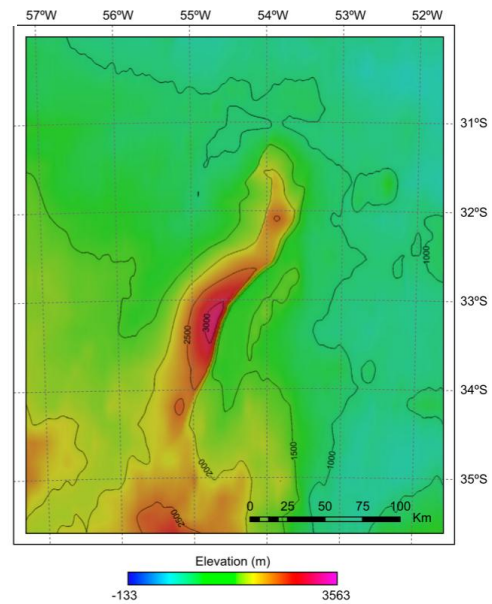
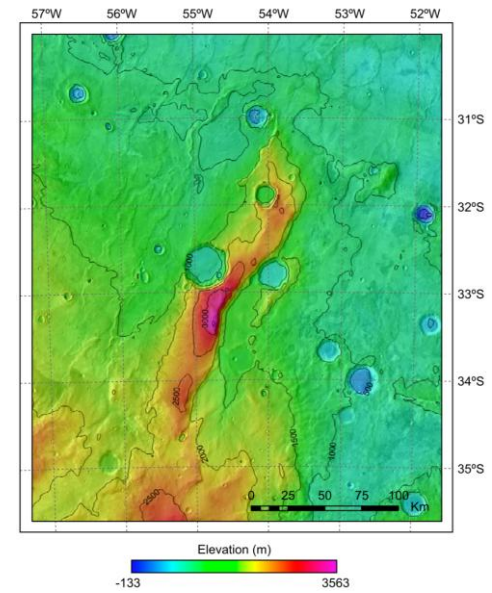
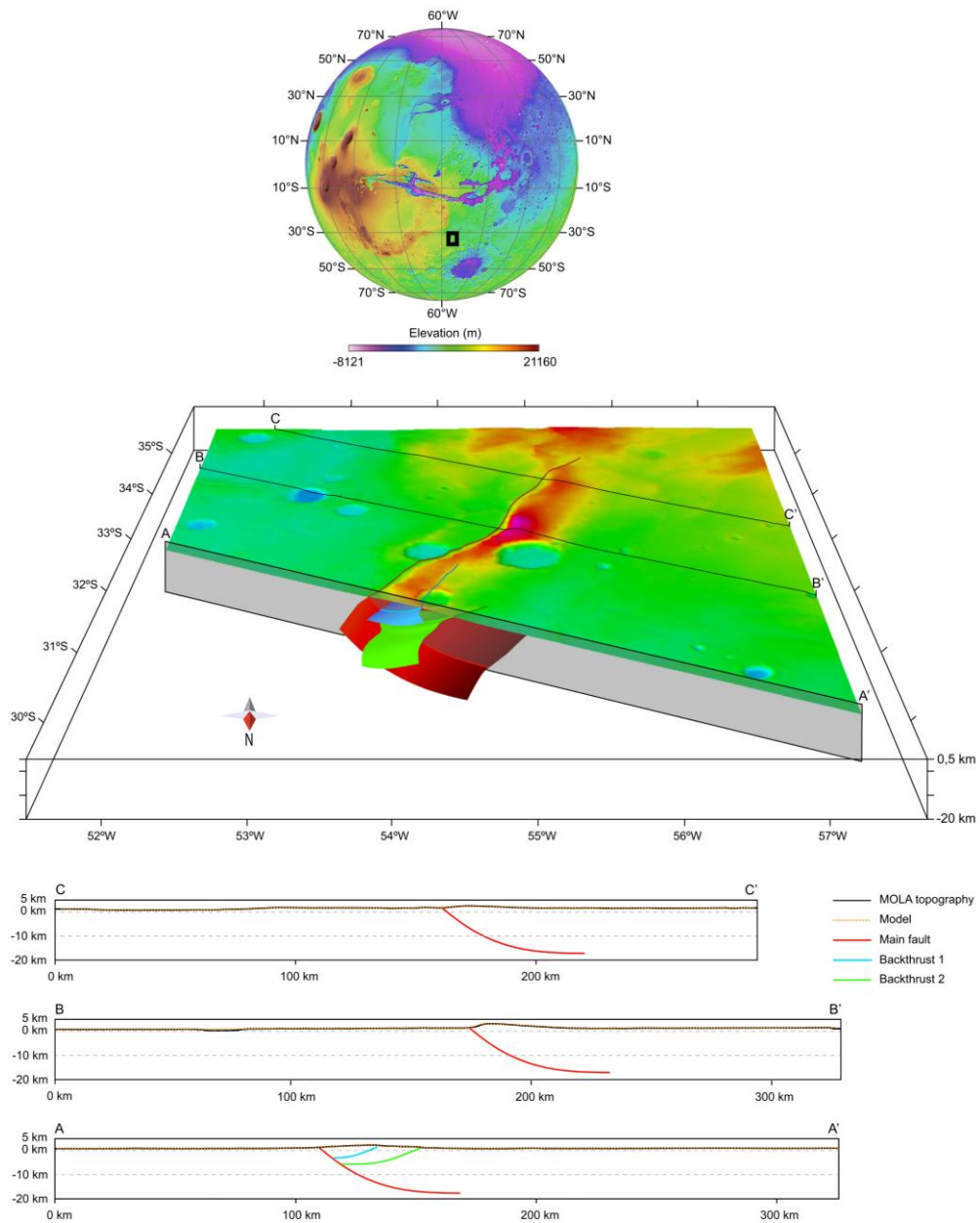




“Cordillera” de Thaumasia, de hasta 4 km de altura sobre el nivel medio (en la zona de Warrego). Los procesos que la originaron no se comprenden bien. Su borde sur se encuentra señalado por un frente de grandes fallas inversas, y es cortado a su través por la fosas Coracis, que han sido interpretadas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

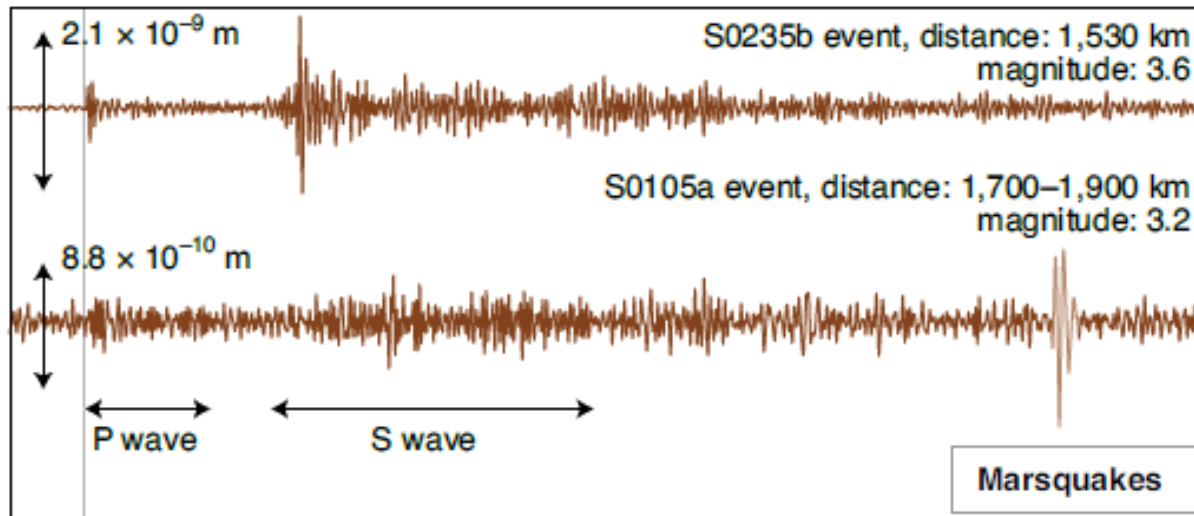


Entre las estructuras compresivas Marte también presenta grandes fallas inversas como Amenthes Rupes





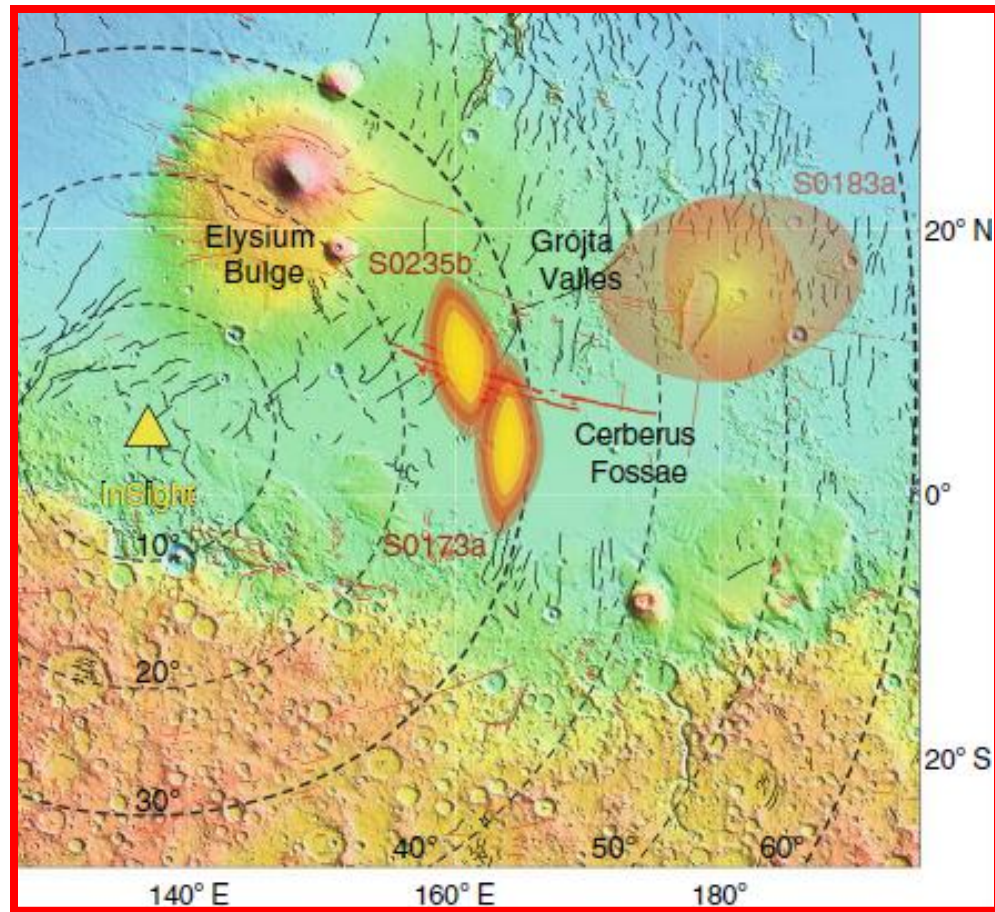
La misión de la NASA InSight ha puesto recientemente un sismógrafo sobre la superficie de Marte, y ya ha obtenido las primeras señales de terremotos marcianos, que indican que este planeta preserva alguna actividad en la actualidad (las grandes estructuras tectónicas son muy antiguas).



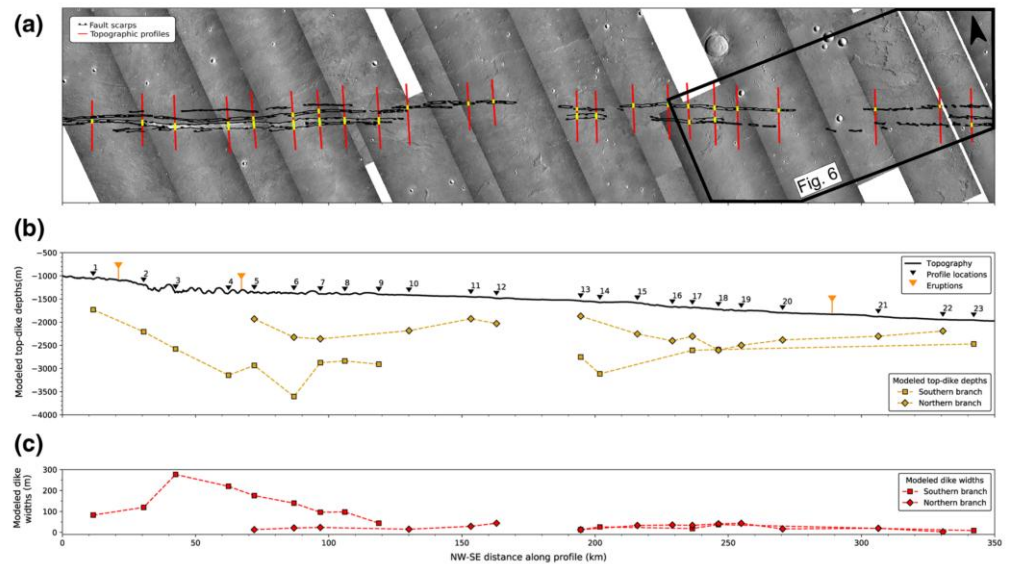
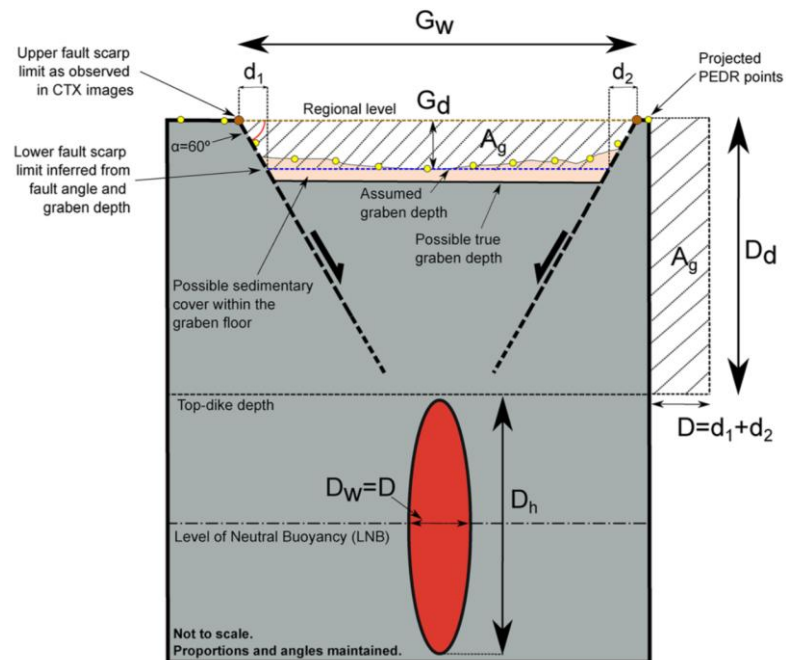
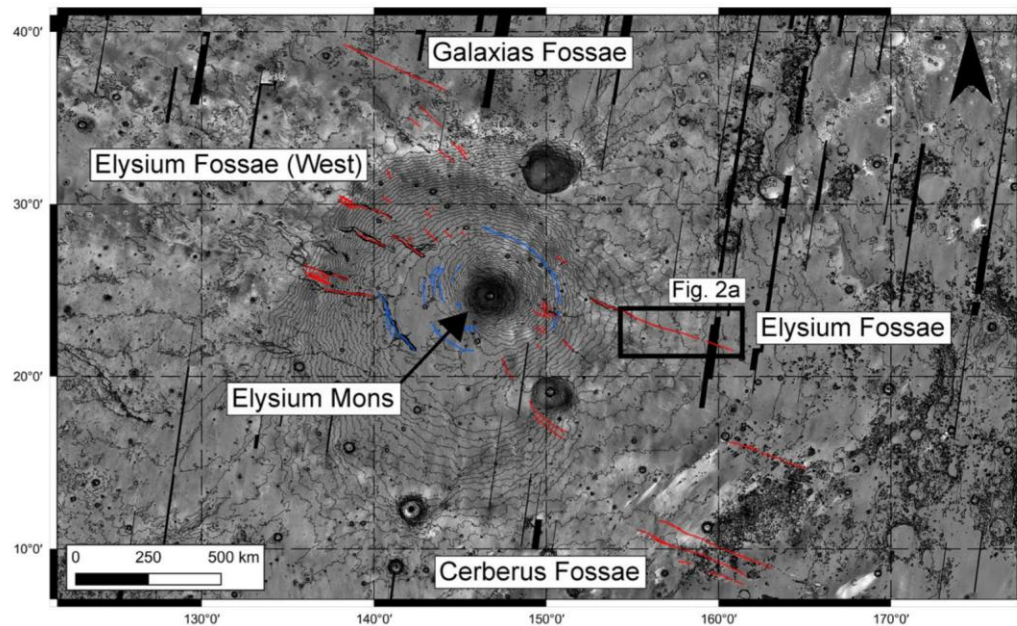
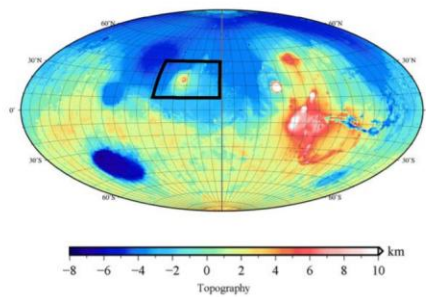
(Banerdt et al., 2020)

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)

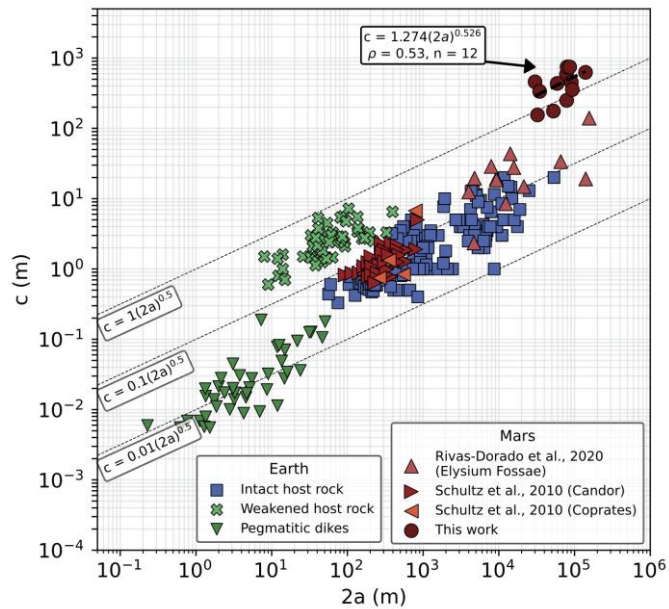
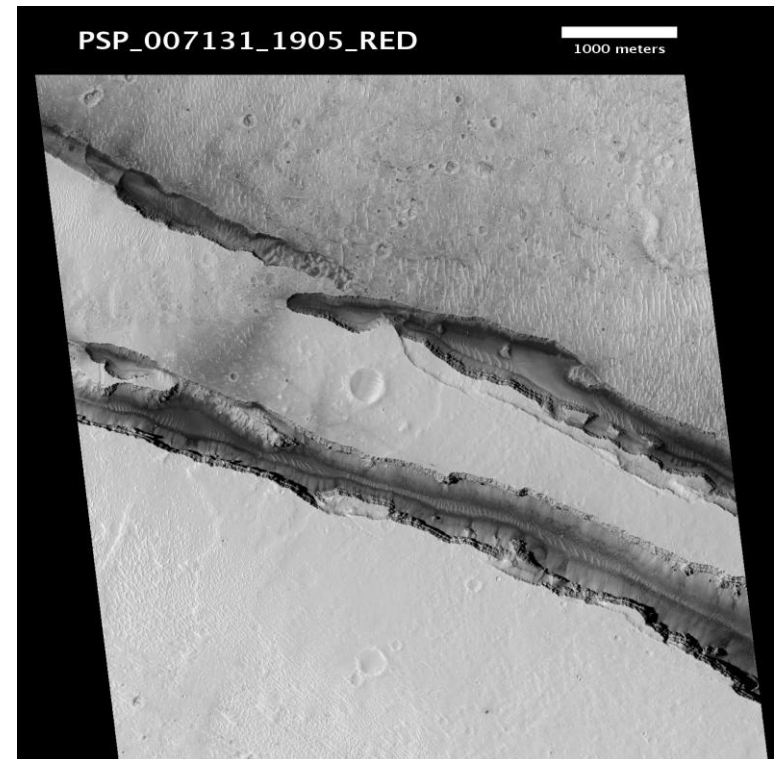
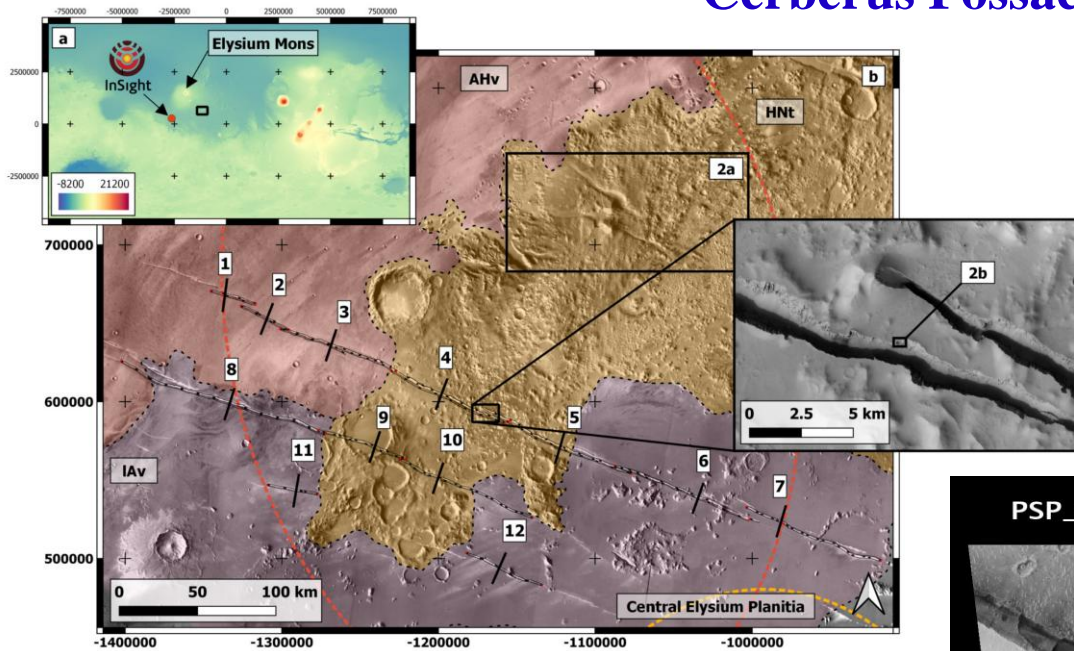






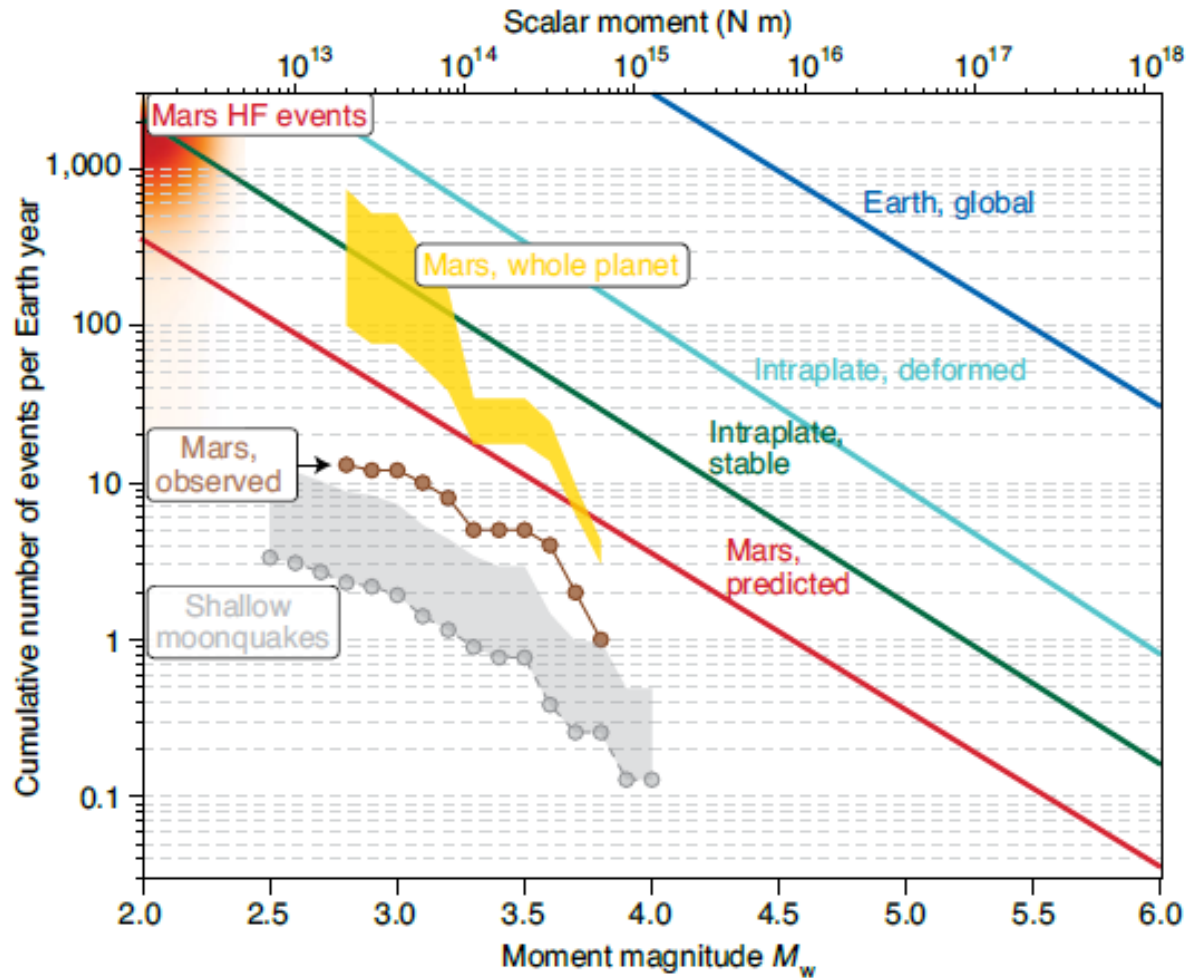
Rivas Dorado et al. (2020)

# 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 Insignth al planeta completo se podría acercar al de las zonas intraplaca estables de la Tierra.



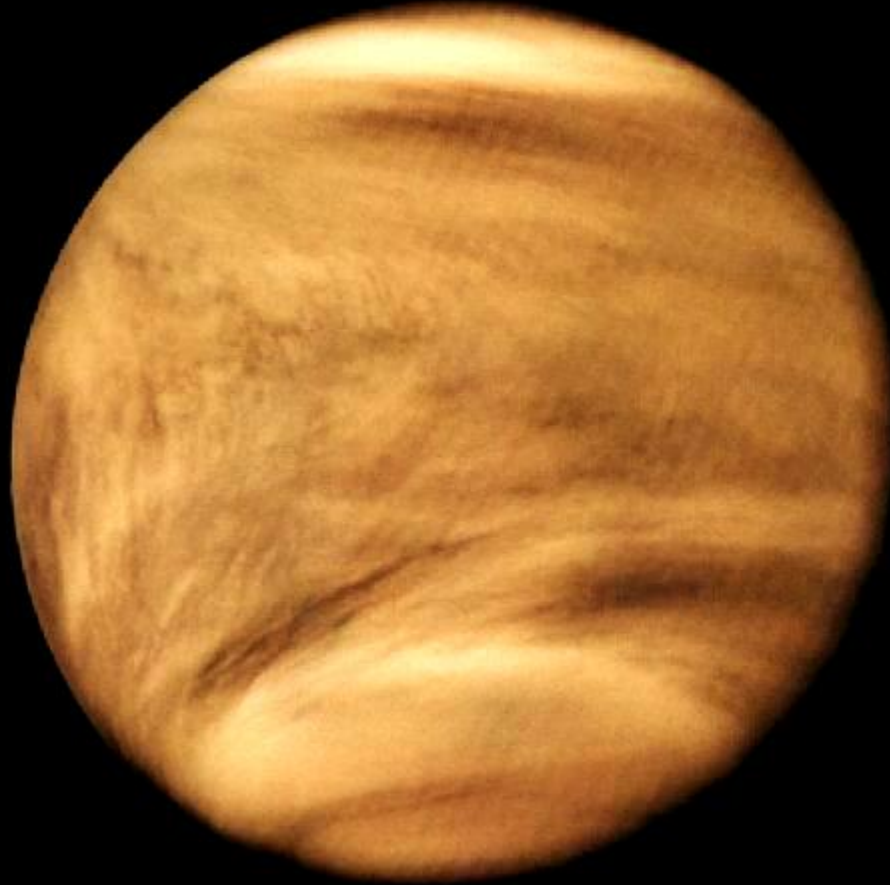
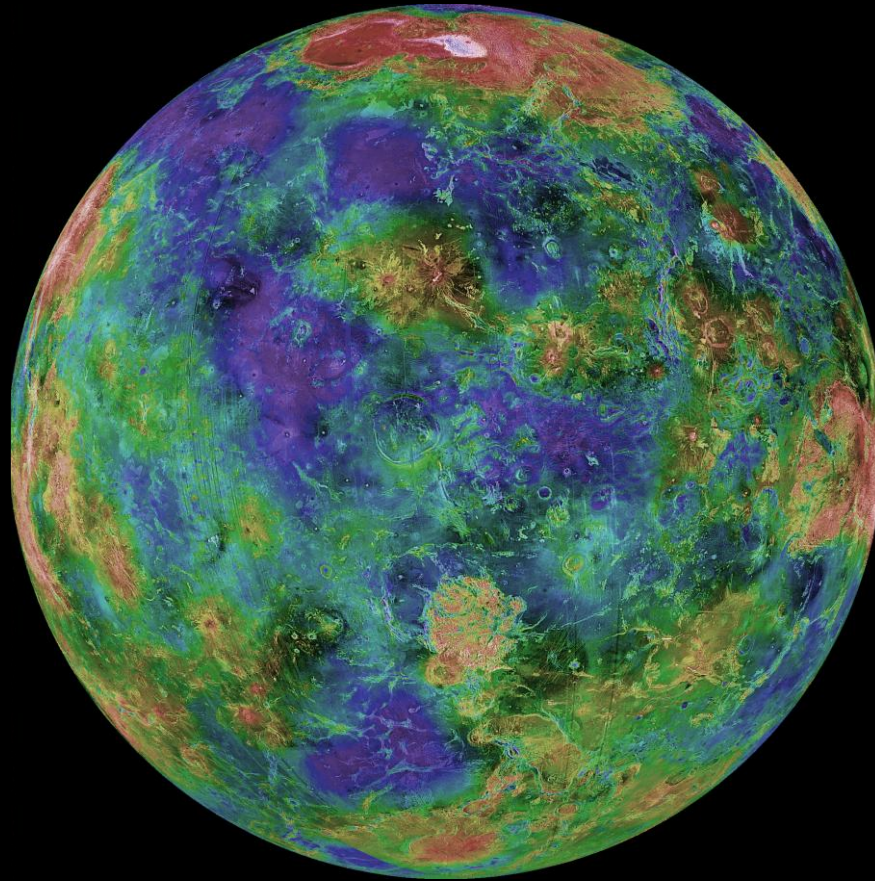
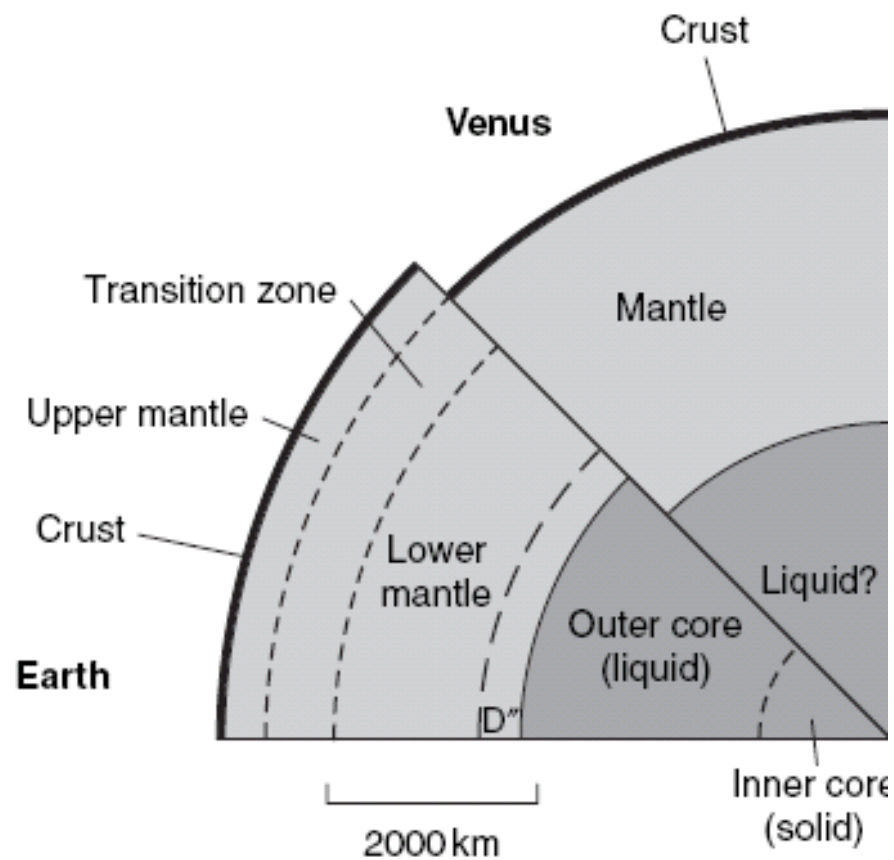


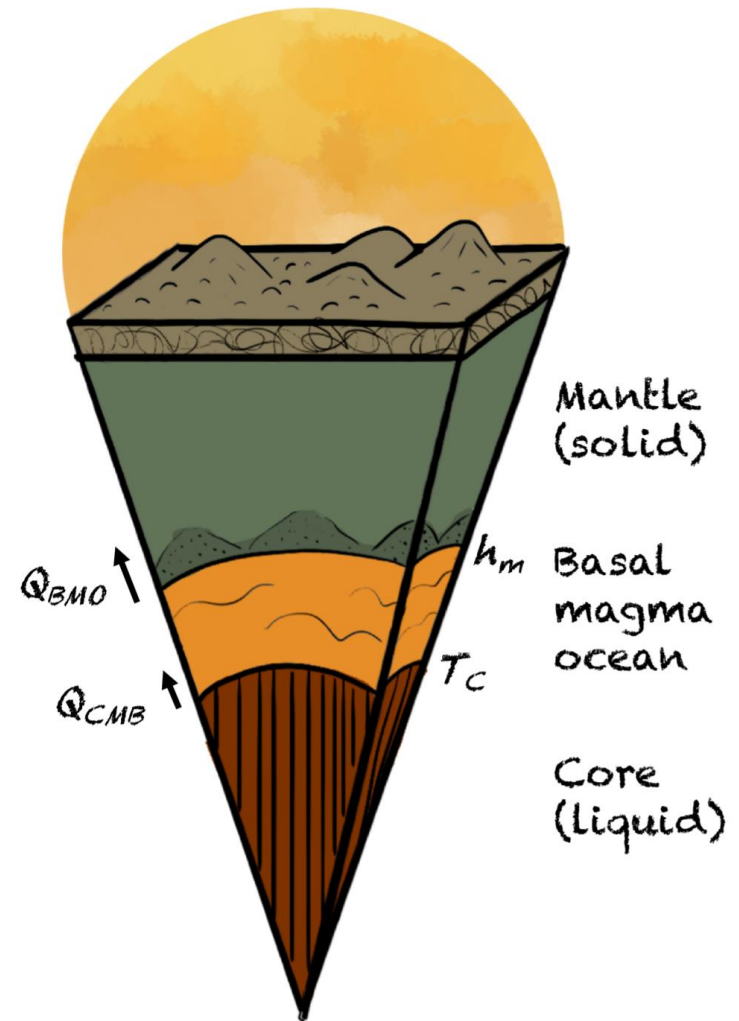
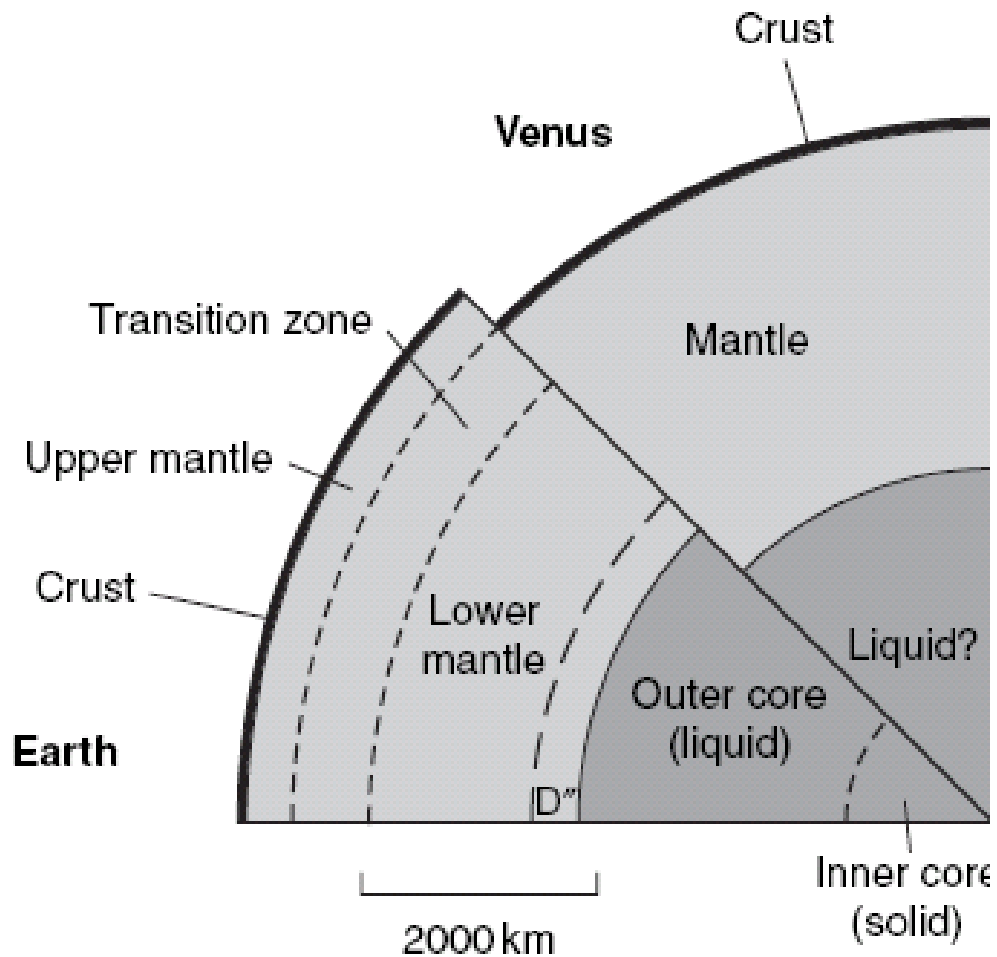
Imagen obtenida por la sonda Pioneer Venus en 1979



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

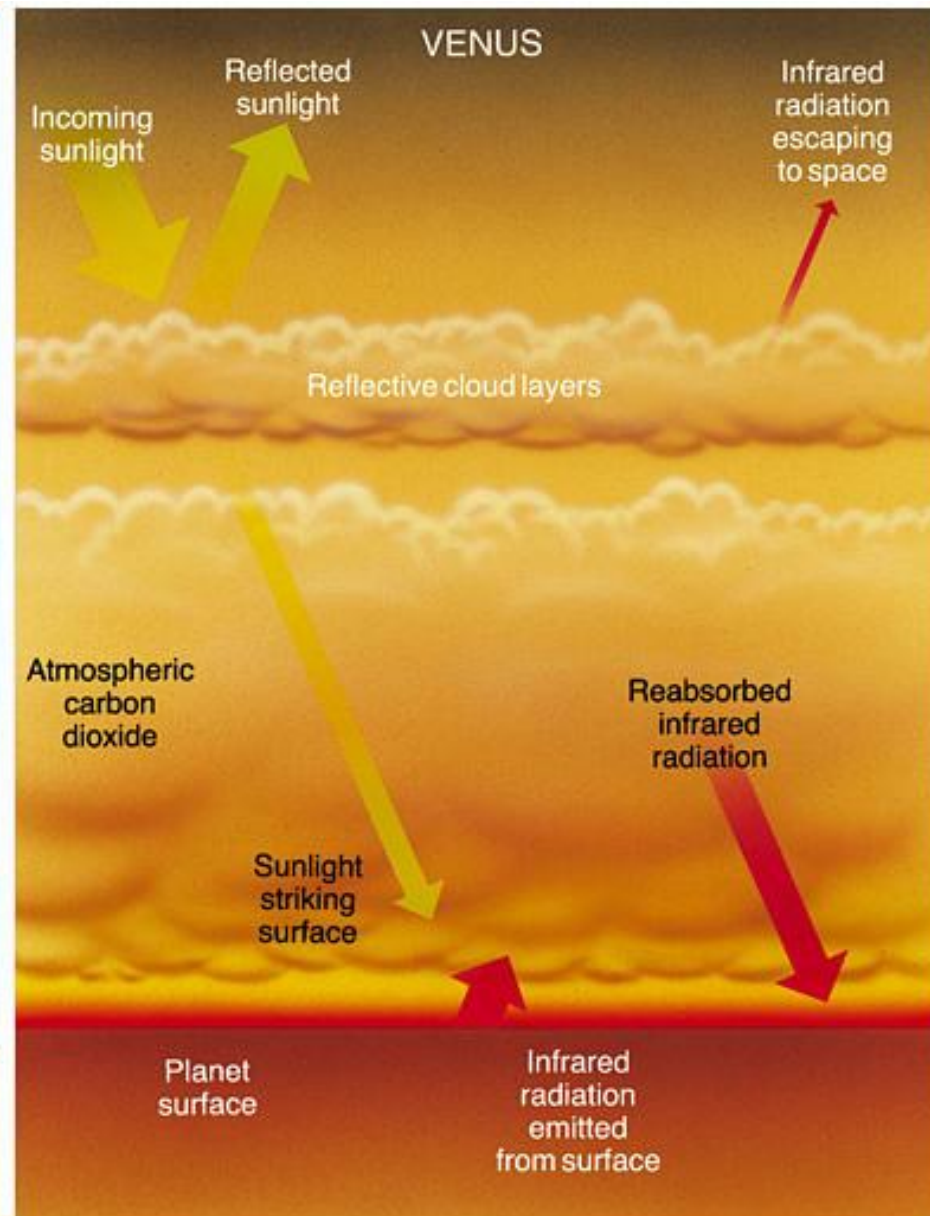
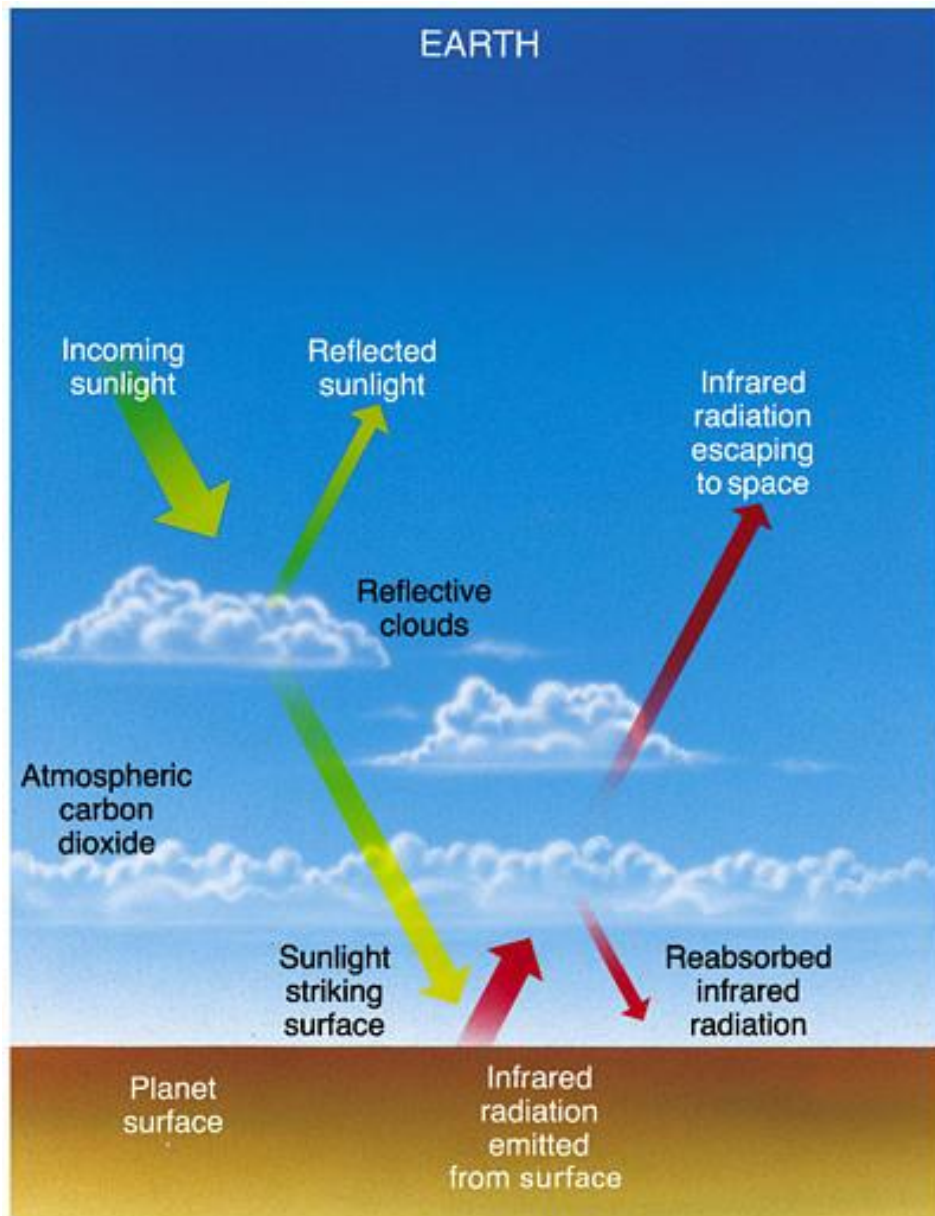




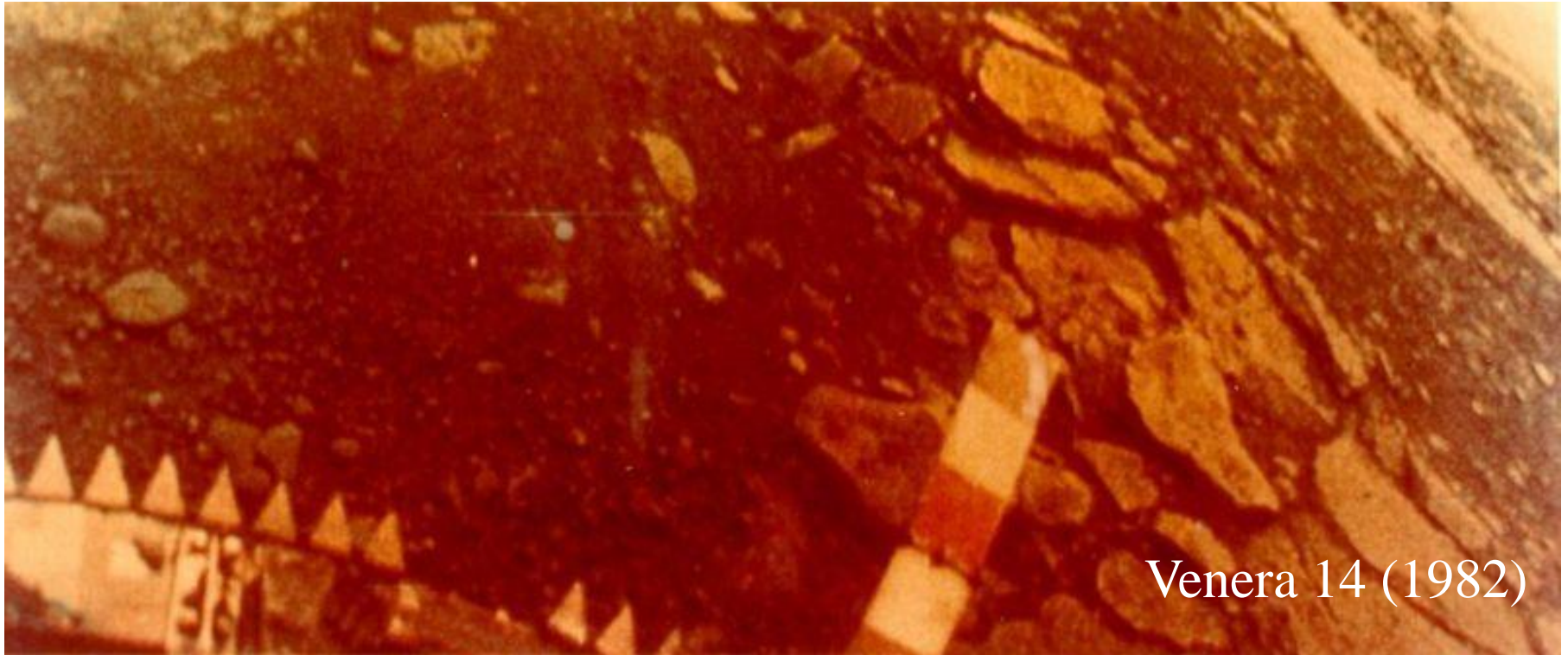


O'Rourke et al. (2020)

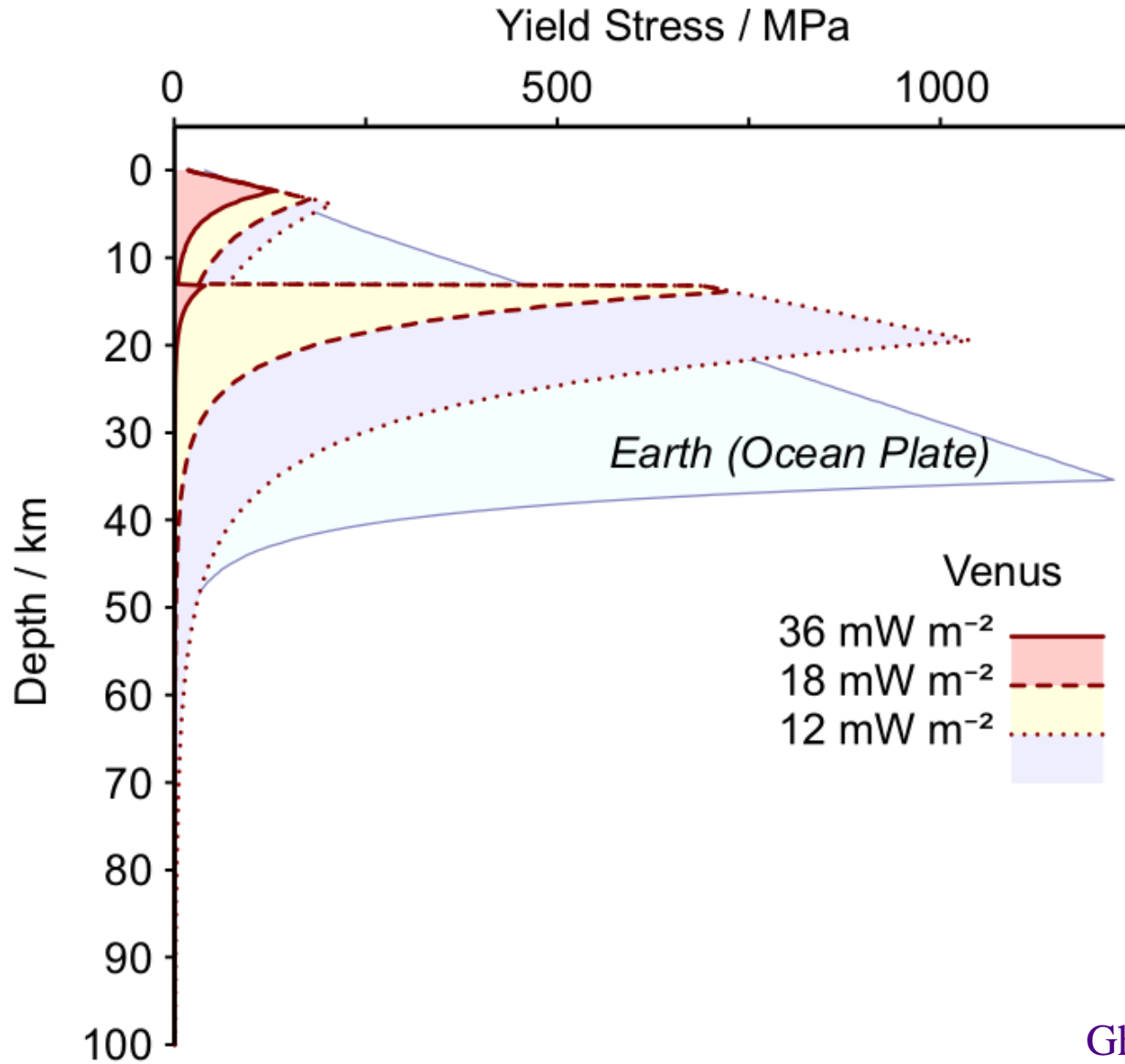
# Efecto invernadero



## Superficie de Venus

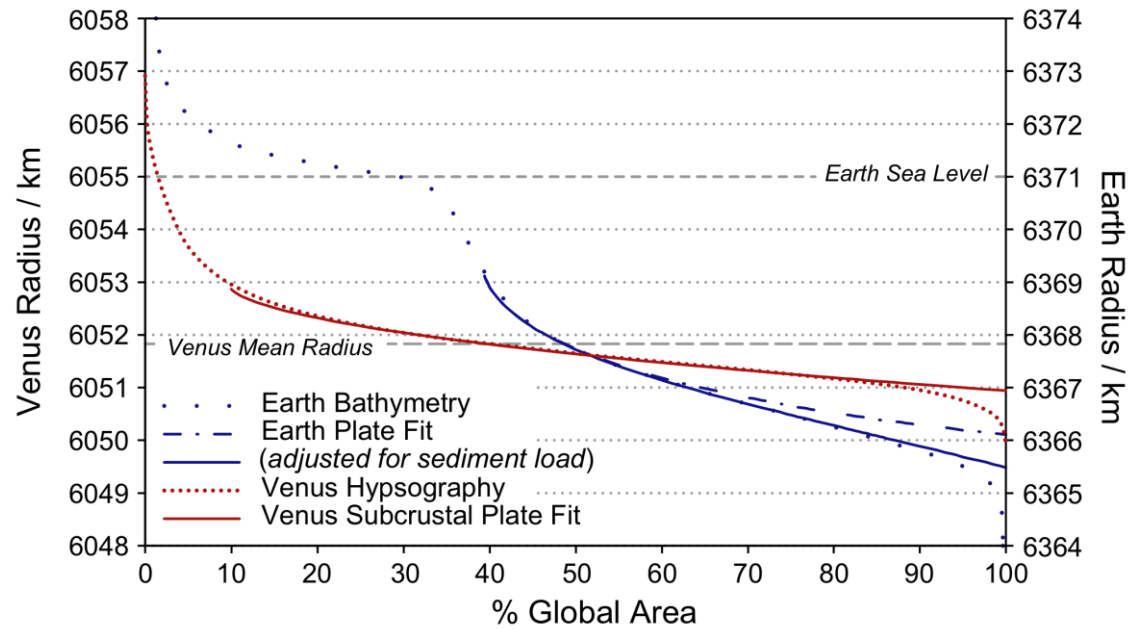
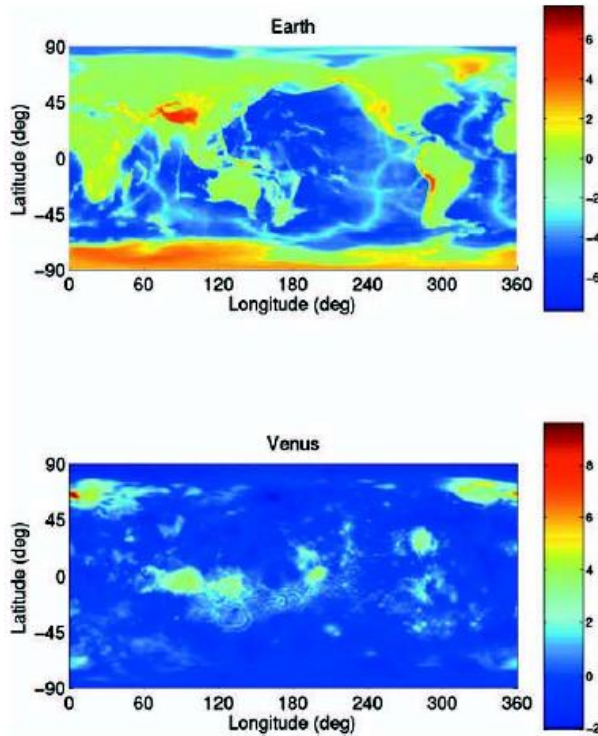


- Condiciones en superficie:  $T=477^{\circ}\text{C}$ ,  $P=90\text{ atm}$
- Ausencia de  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$  escasa erosión

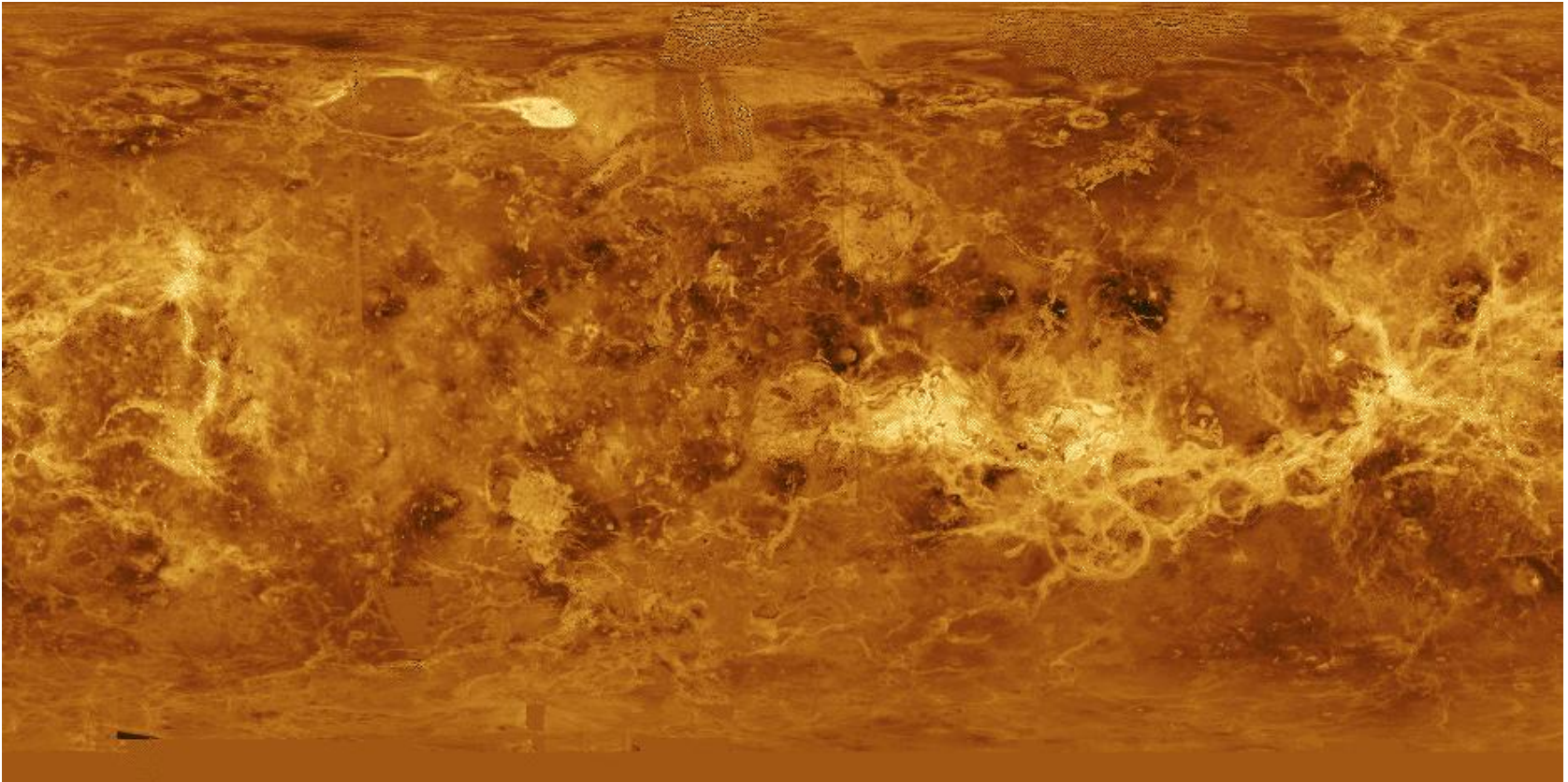




# Hipsometría comparada

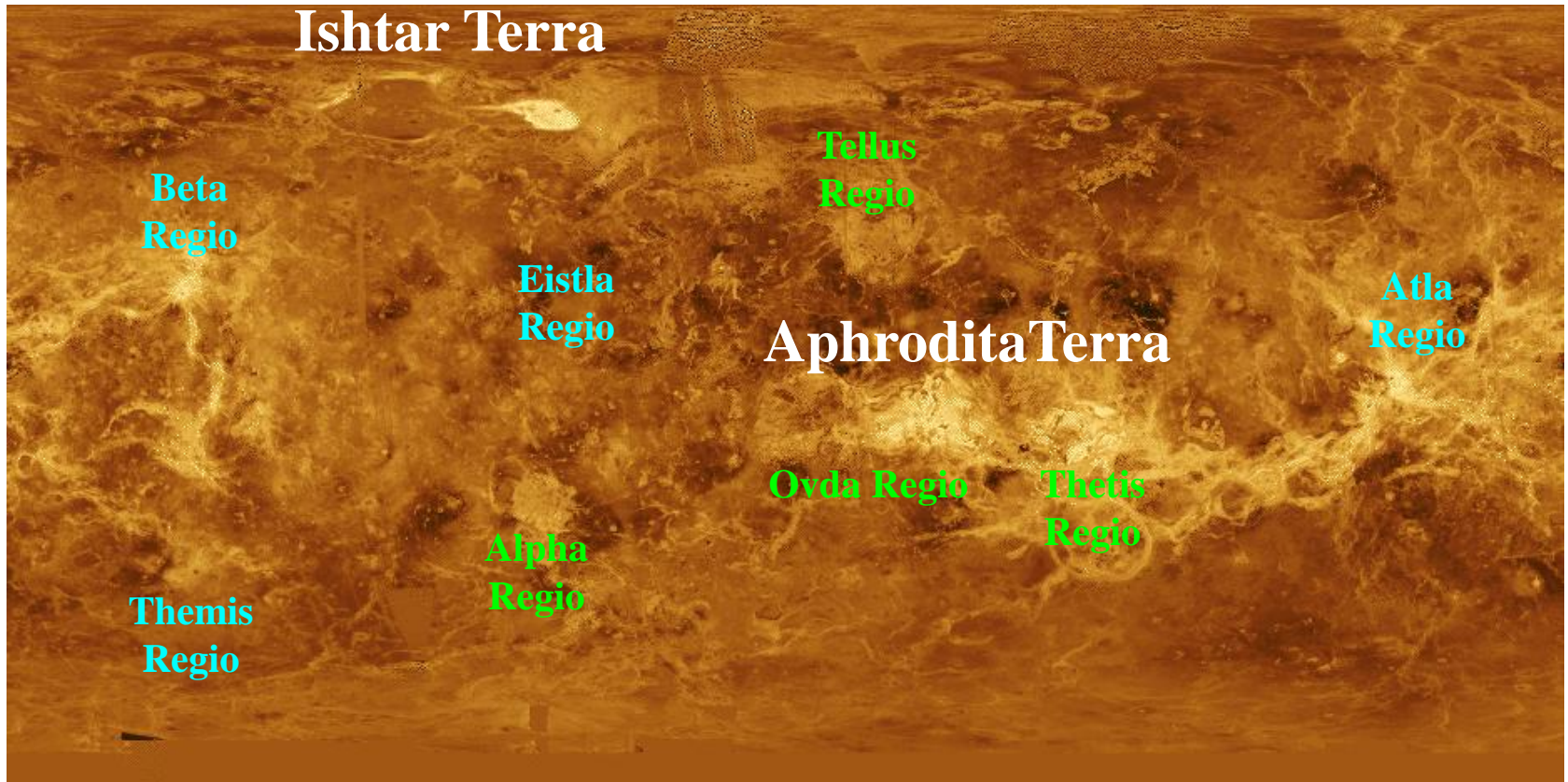


## Mapa de Radar de la superficie de Venus



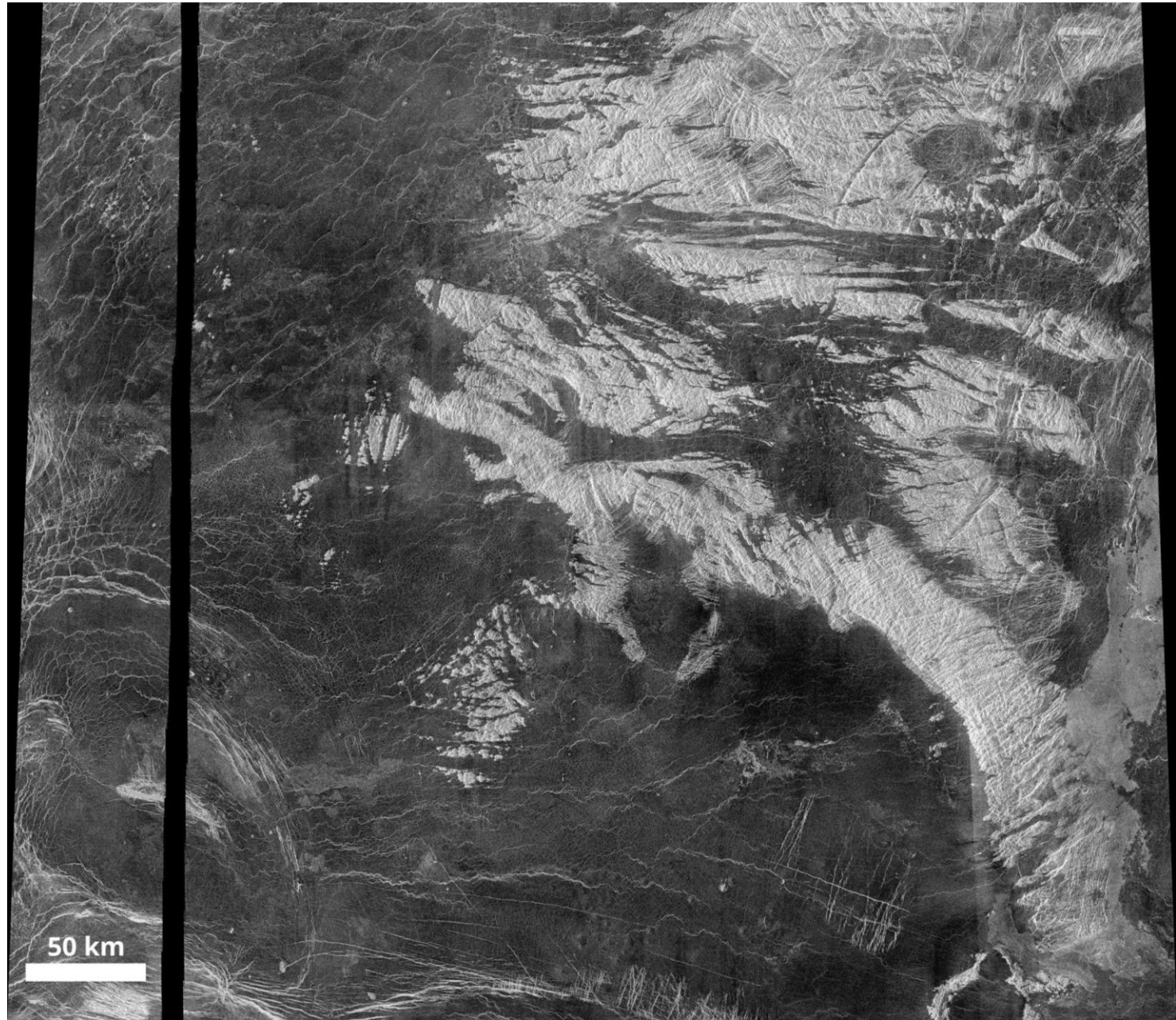


# Mapa de Radar de la superficie de Venus



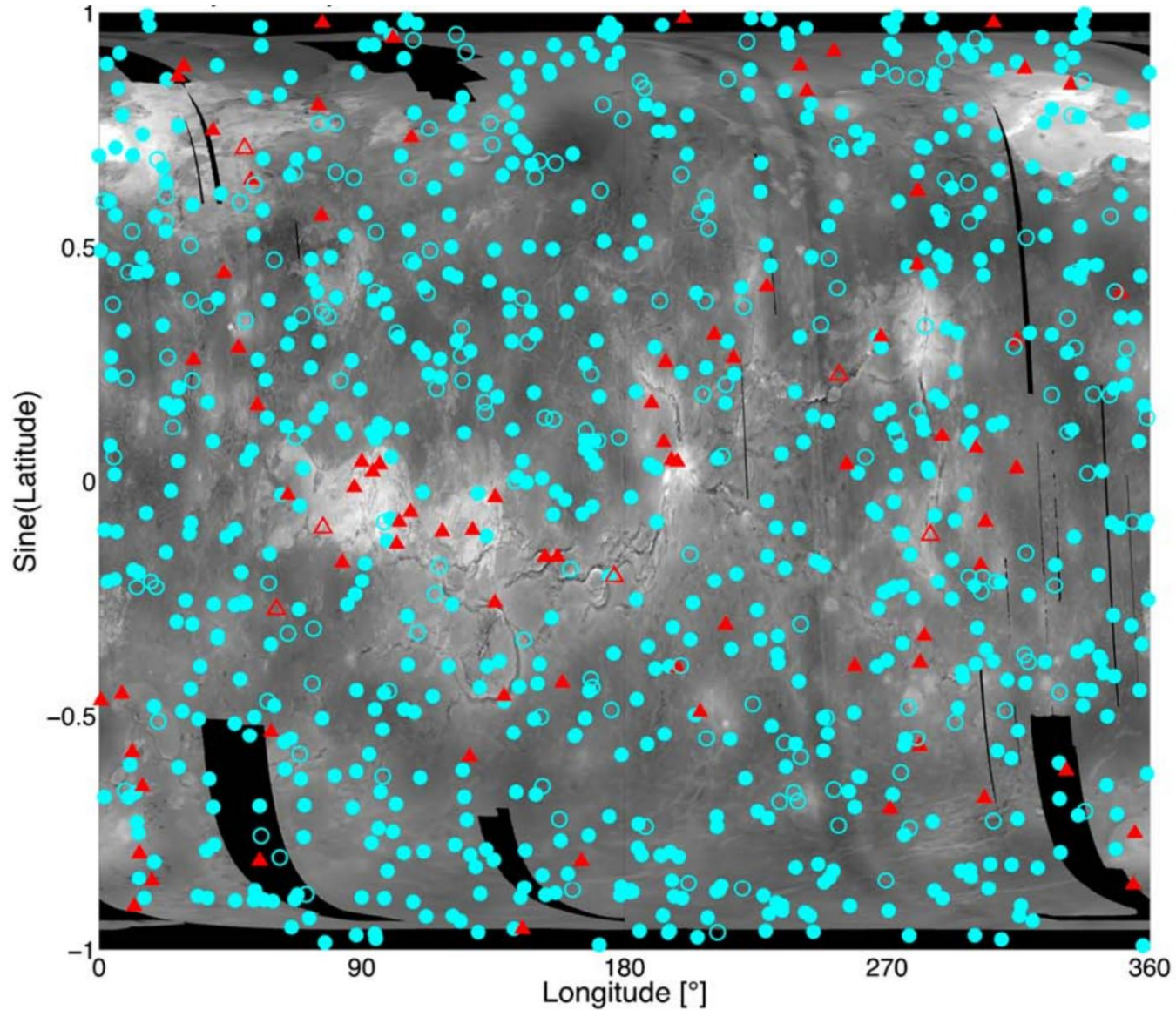


# Principales unidades geológicas en Venus

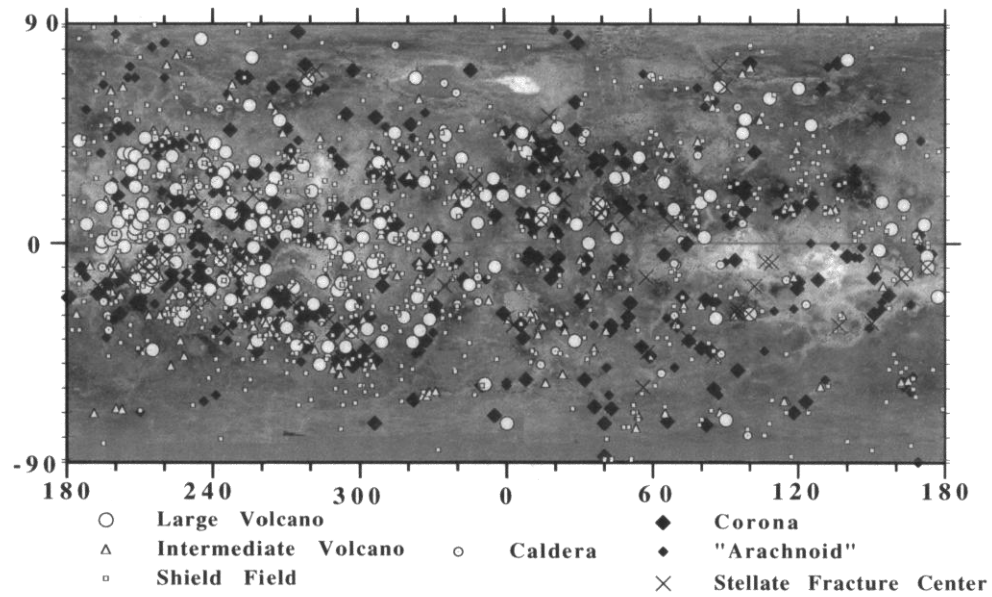




# Distribución global de cráteres

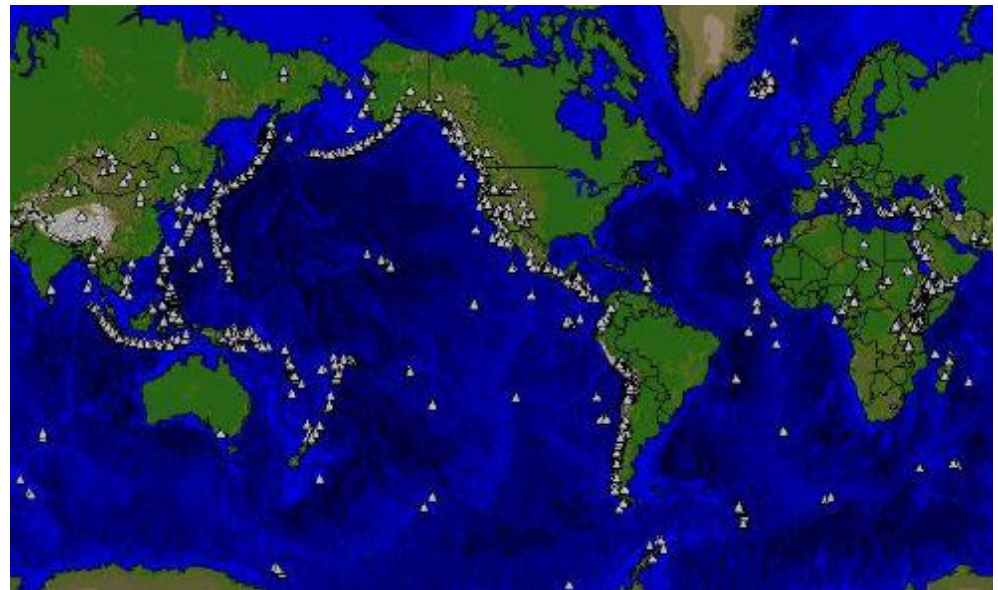


Edad mediante conteo de cráteres entre 300-750 Ma



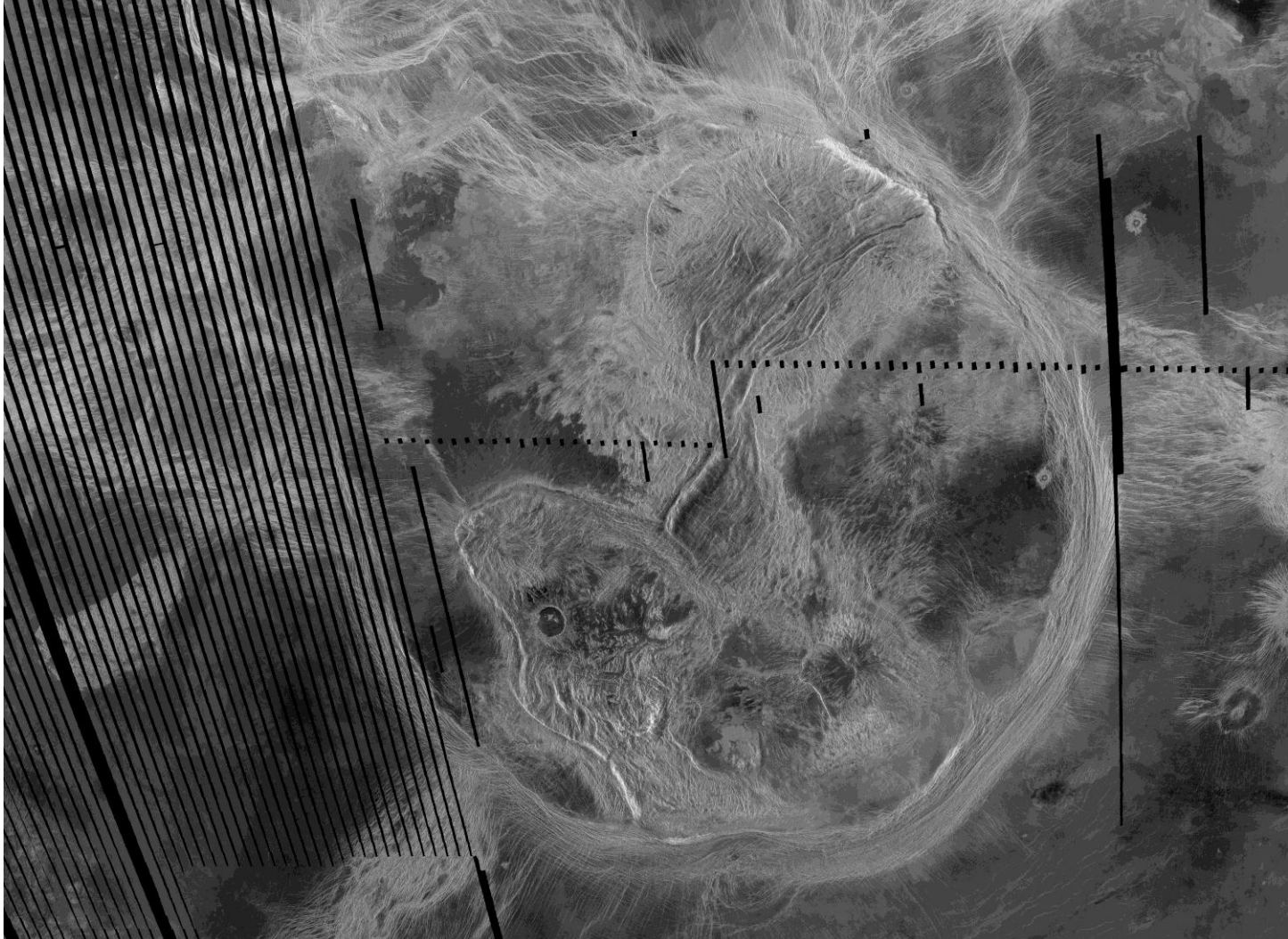
## Volcanes en Venus

## Volcanes en la tierra



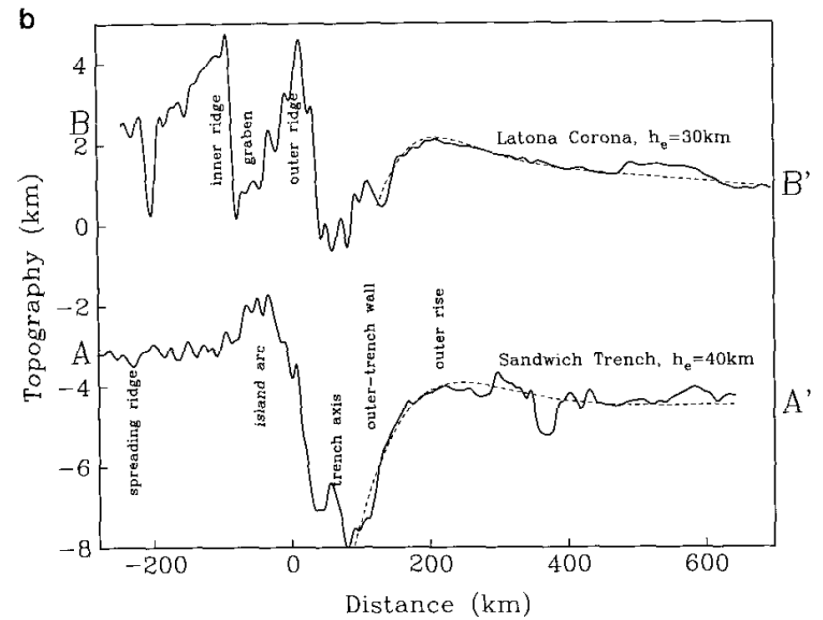
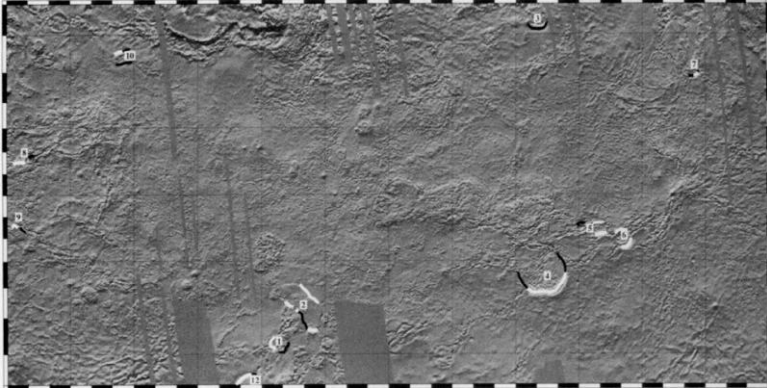


¿Está la litosfera de Venus fragmentada?

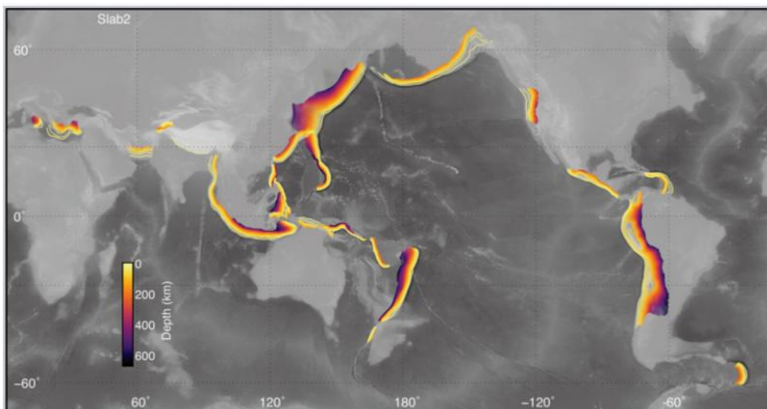


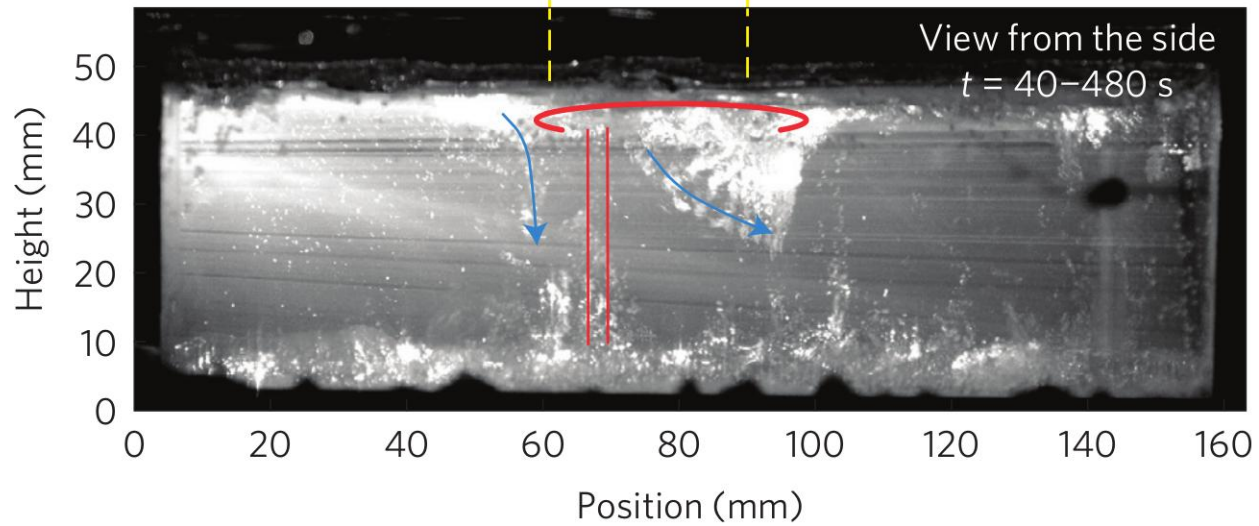
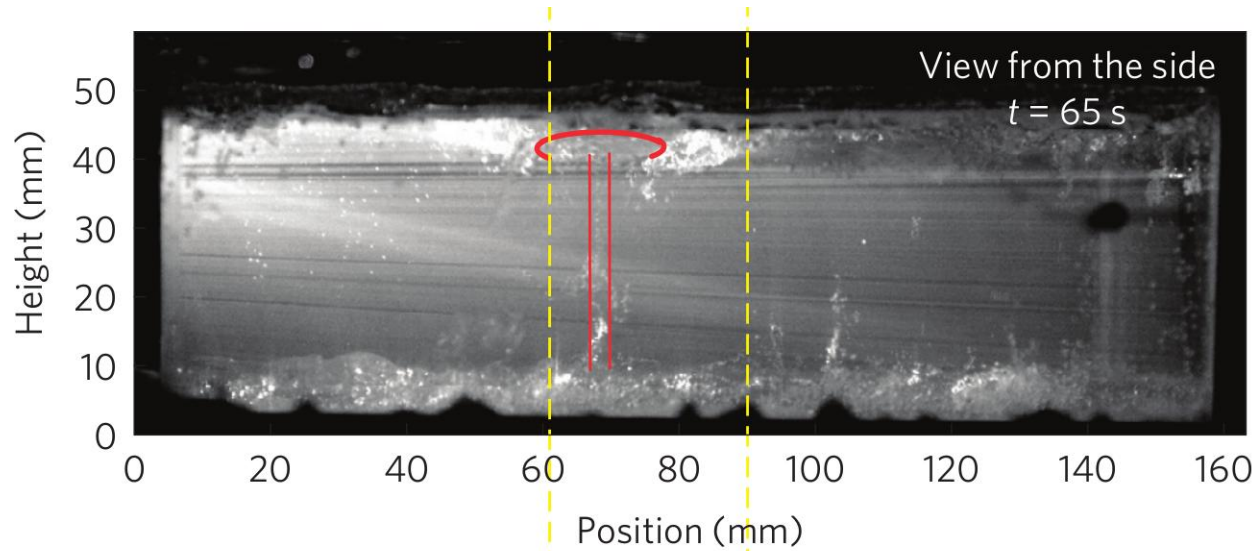
**Artemis Chasma**

## ¿Hay zonas de subducción similares a arcos isla?



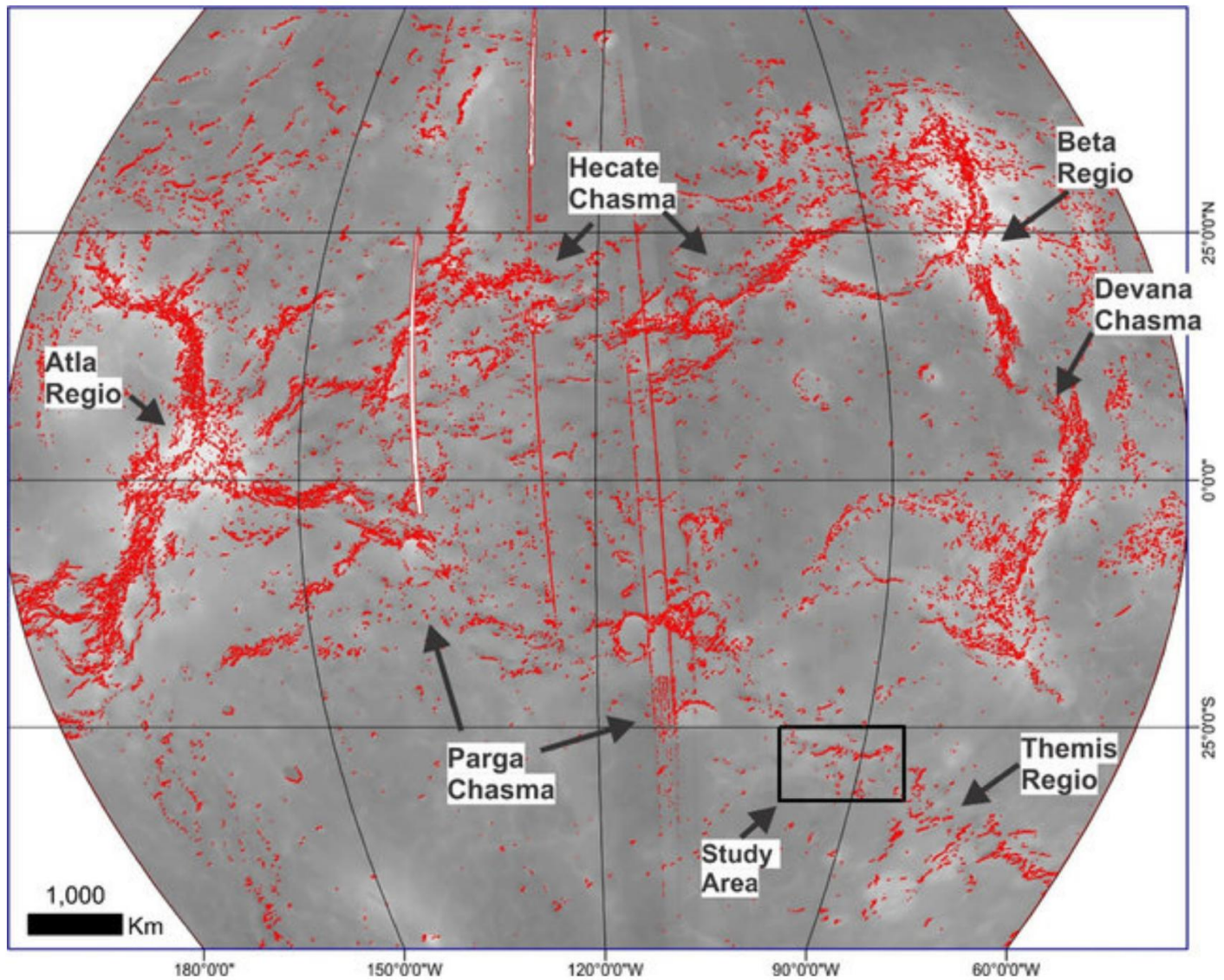
Schubert y Sandwell (1995)





Davaille et al. (2017)

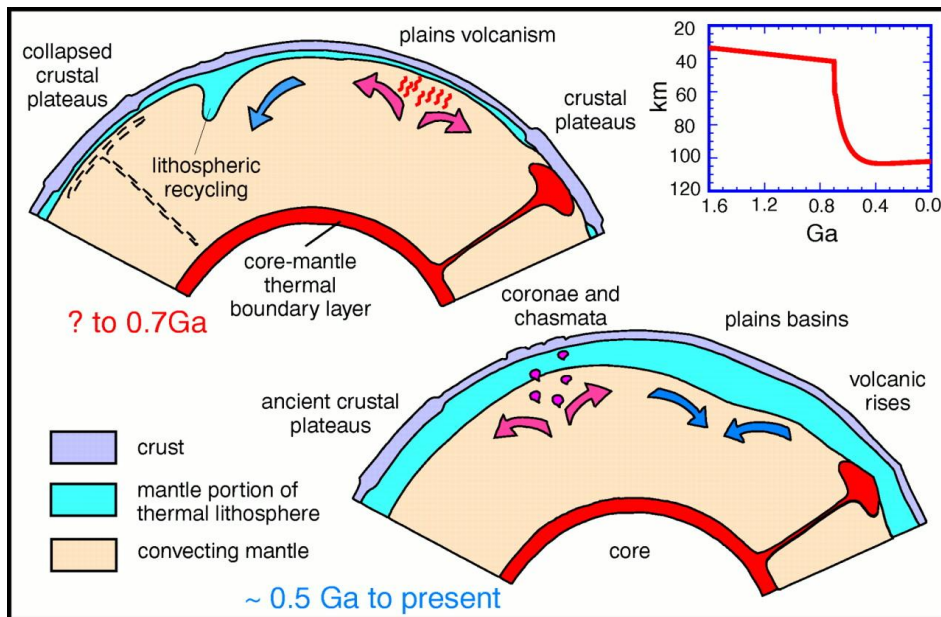




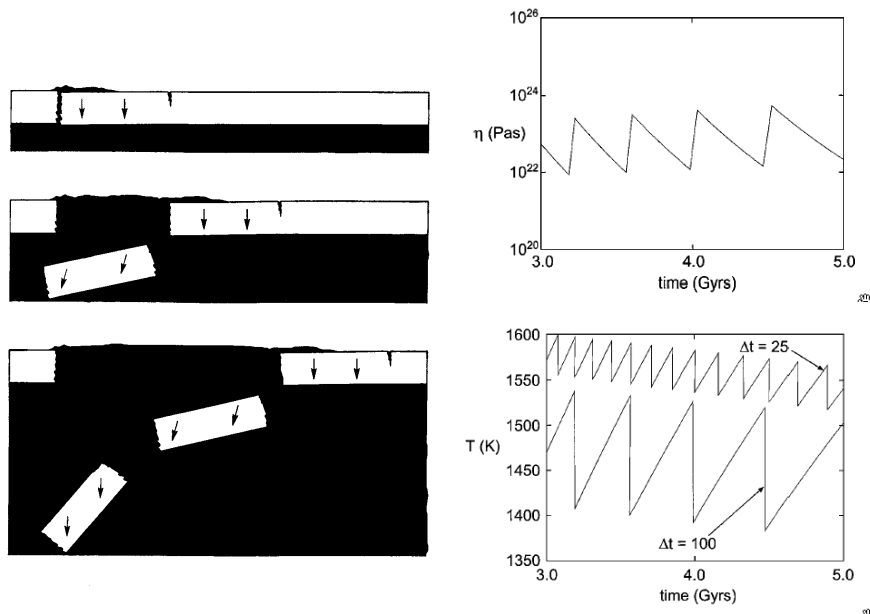
Graff et al. (2018)



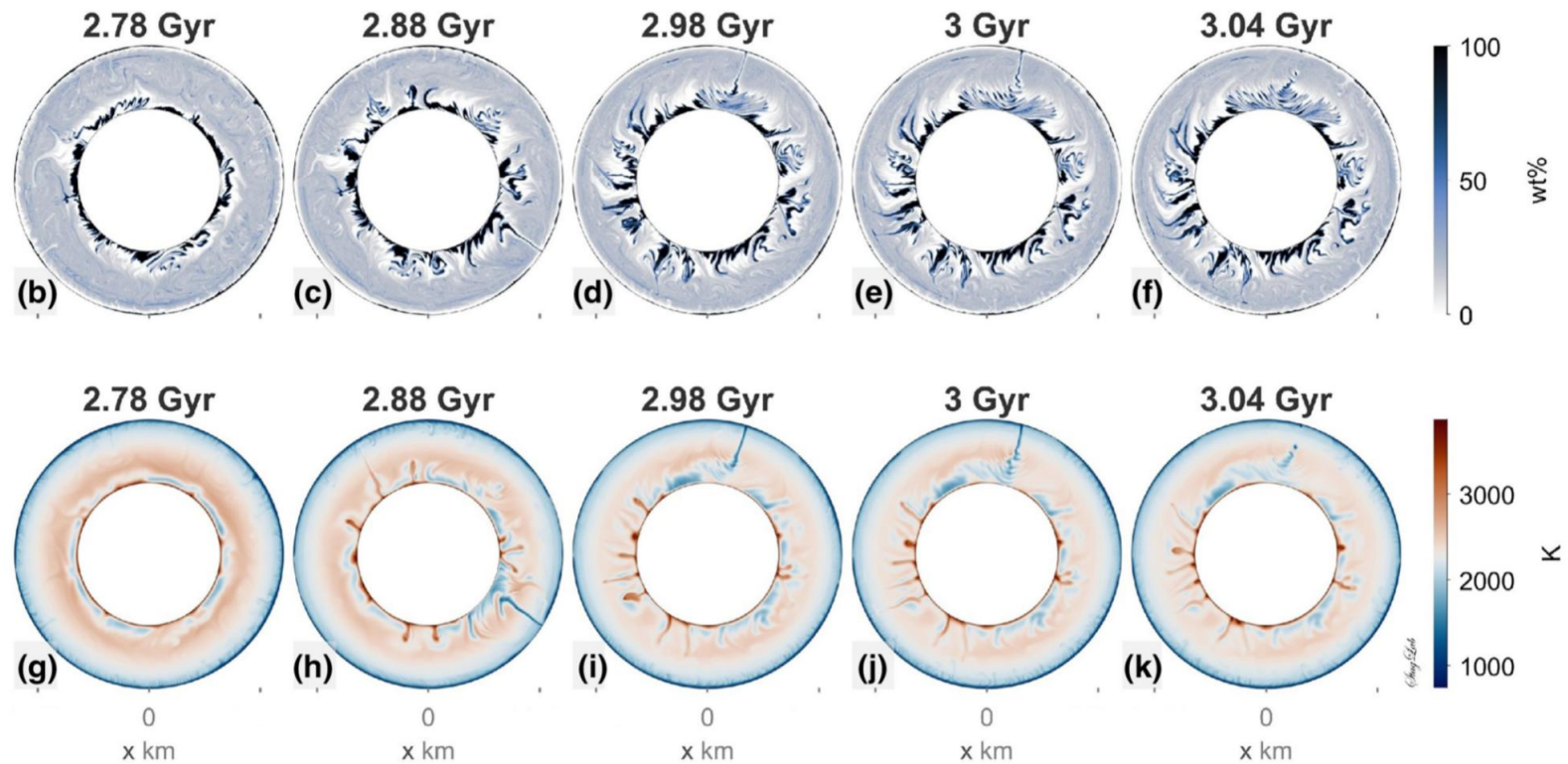
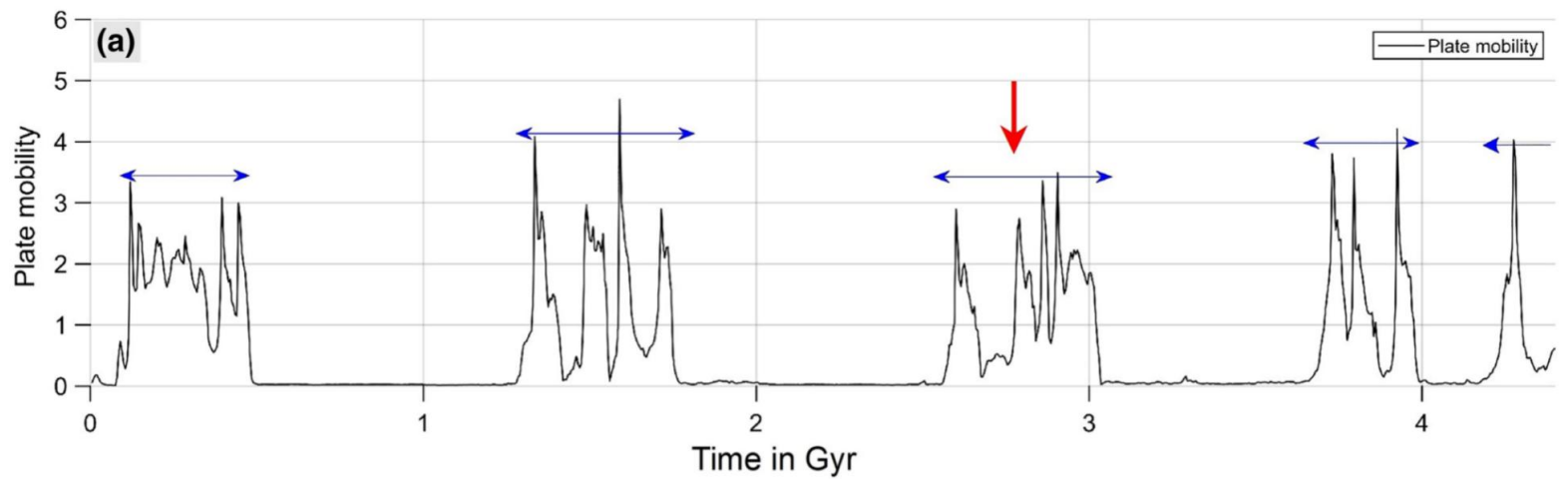
**¿Cómo pierde Venus el  
calor interno?**



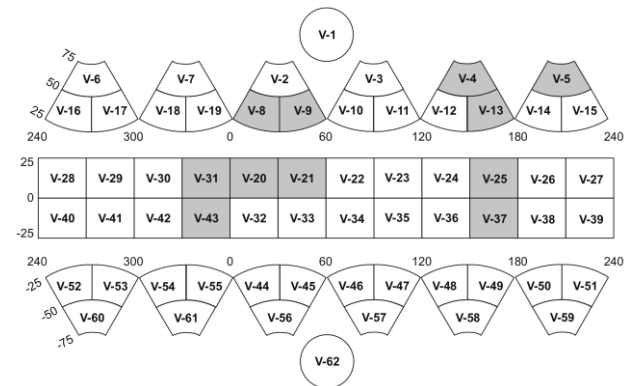
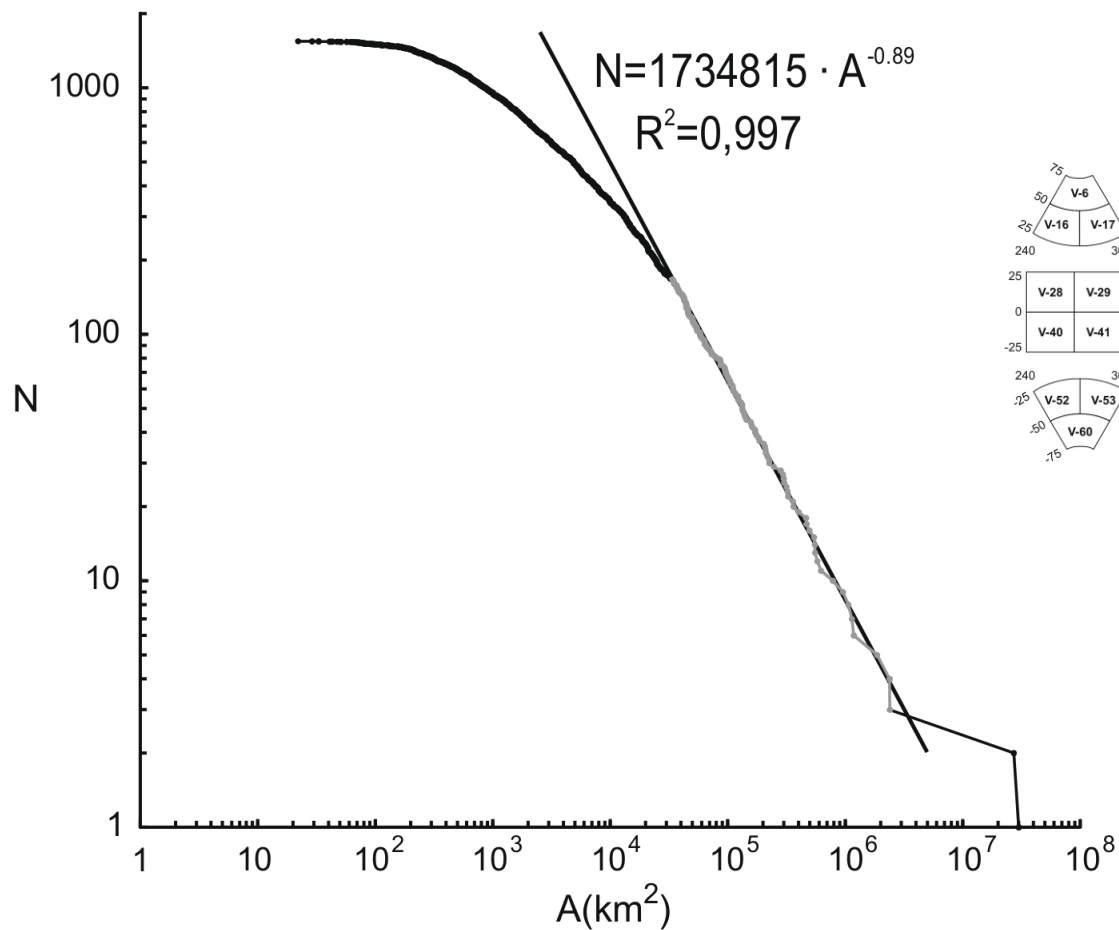
Phillips y Hansen (1998)



Turcotte (1993, 1995, 1996)

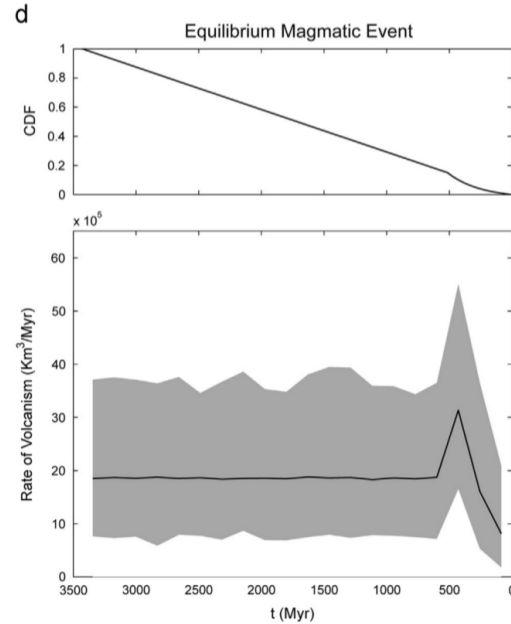
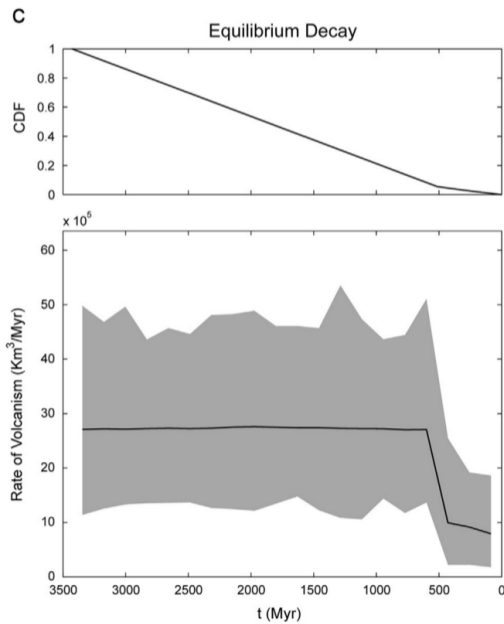
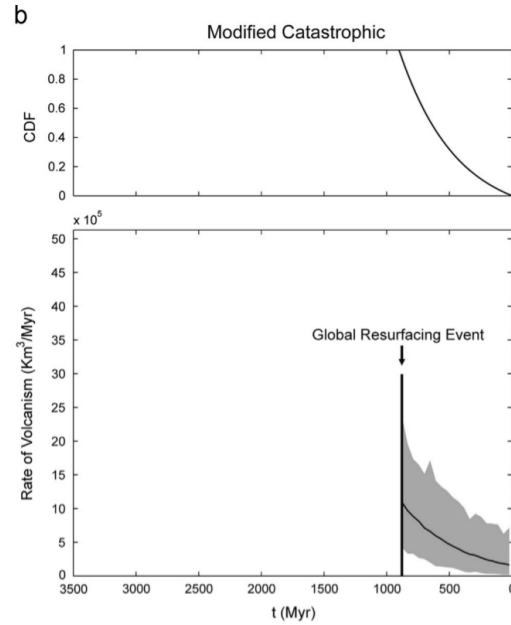
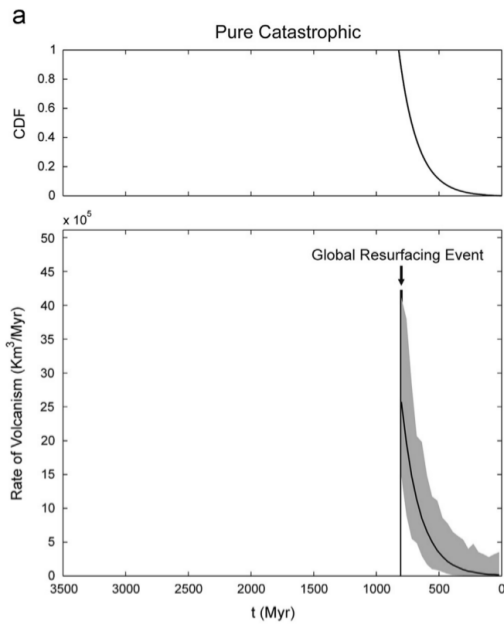


## ¿Qué ocurrió hace 300-750 Ma?

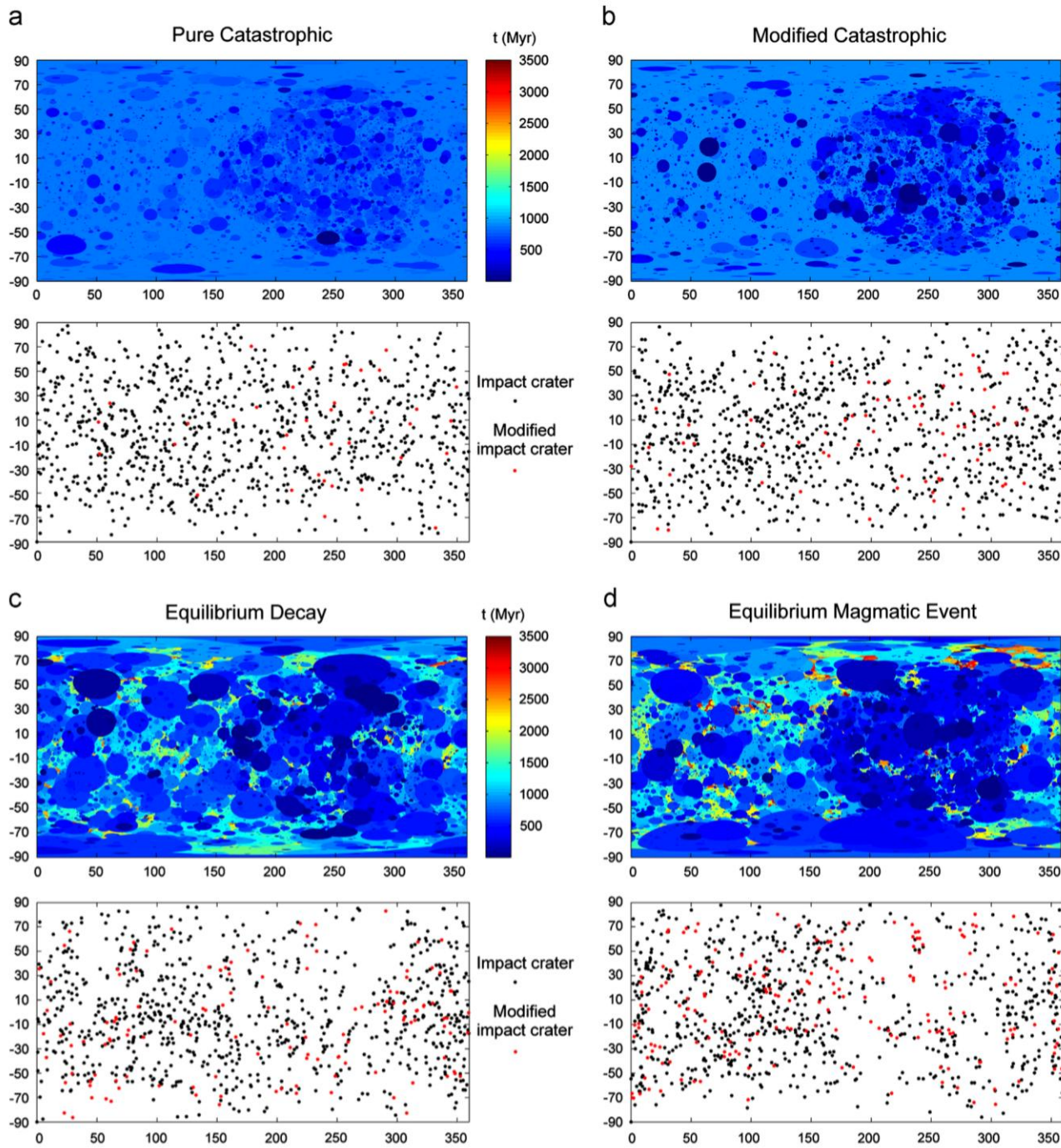


Romeo y Turcotte (2010)

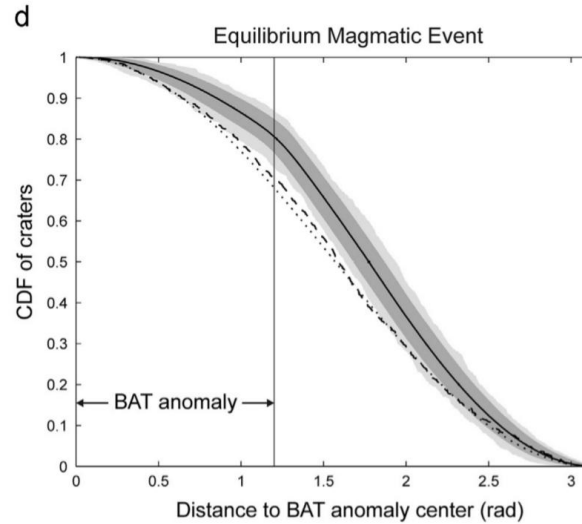
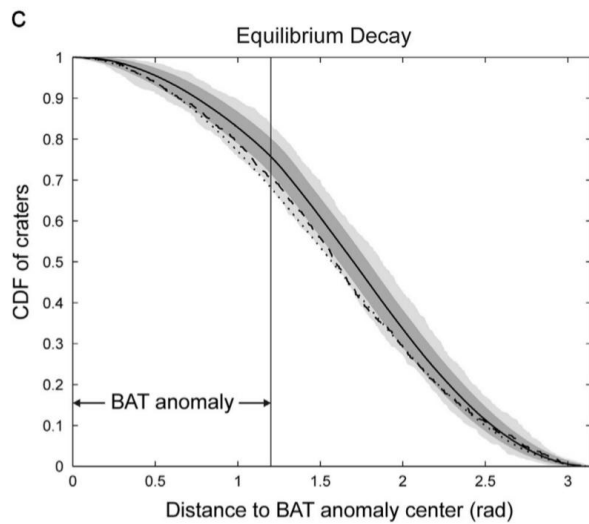
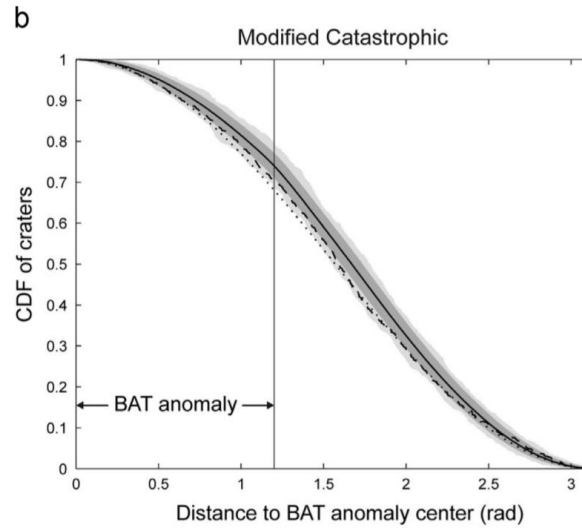
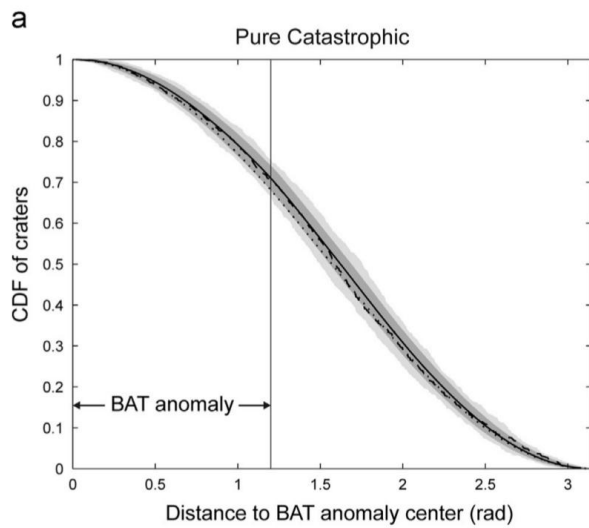




Romeo (2013)



Romeo (2013)

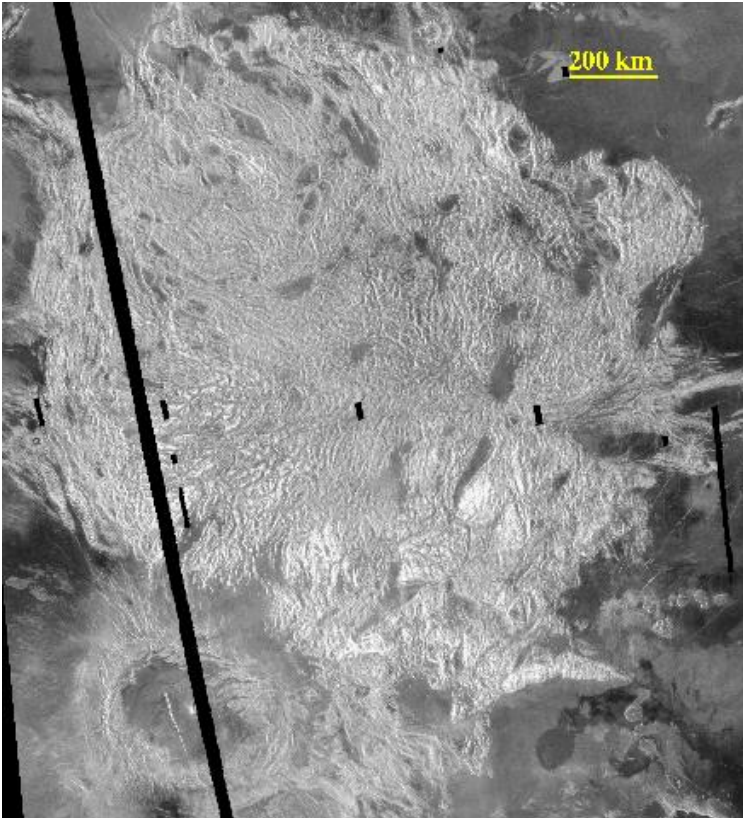


..... Uniform distribution  
 - - - Venus distribution

— Mean of 1000 Montecarlo simulations  
 ■ 2- $\sigma$  of 1000 Montecarlo simulations  
 ■ 1000 Montecarlo simulations

Romeo (2013)

## Plateaus corticales y terrenos de tessera



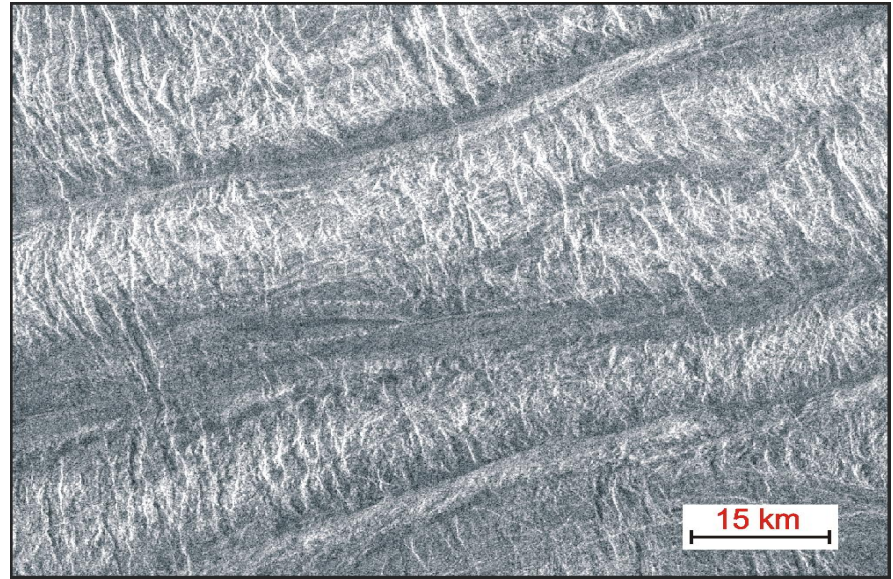
Alpha regio



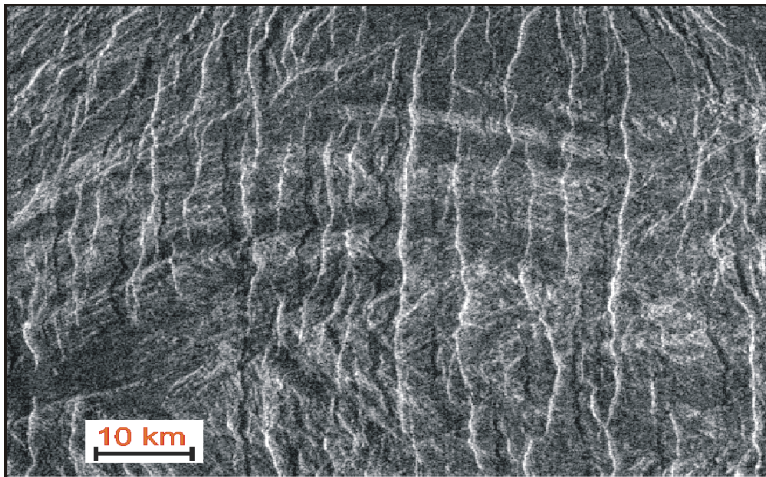
Ovda regio



# Estructuras tectónicas en terrenos de tesseras



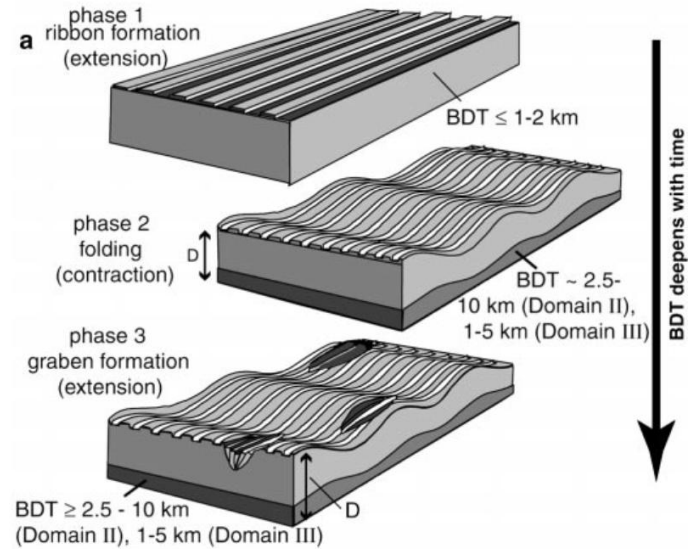
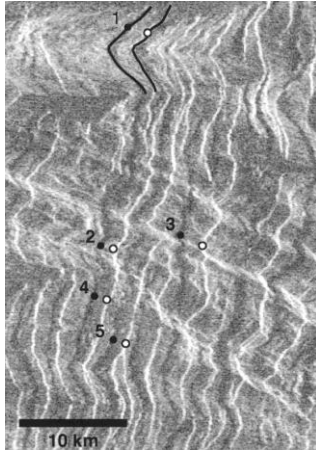
**Pliegues**



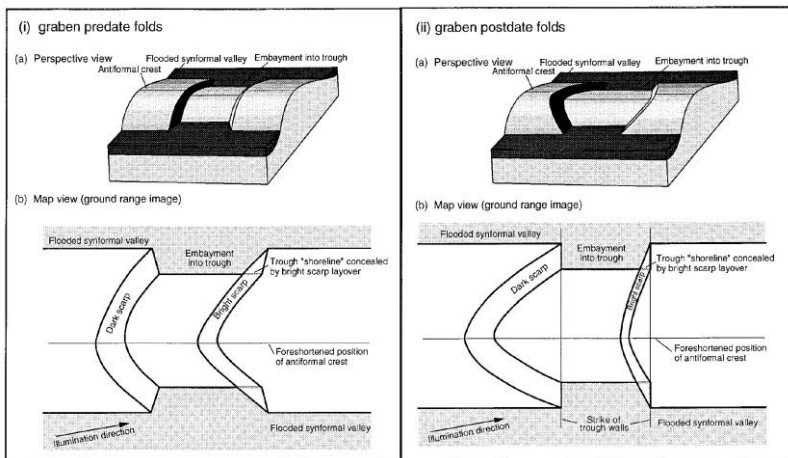
**Graben**

# Evolución tectónica de los terrenos de tessera

## Fortuna Tessera



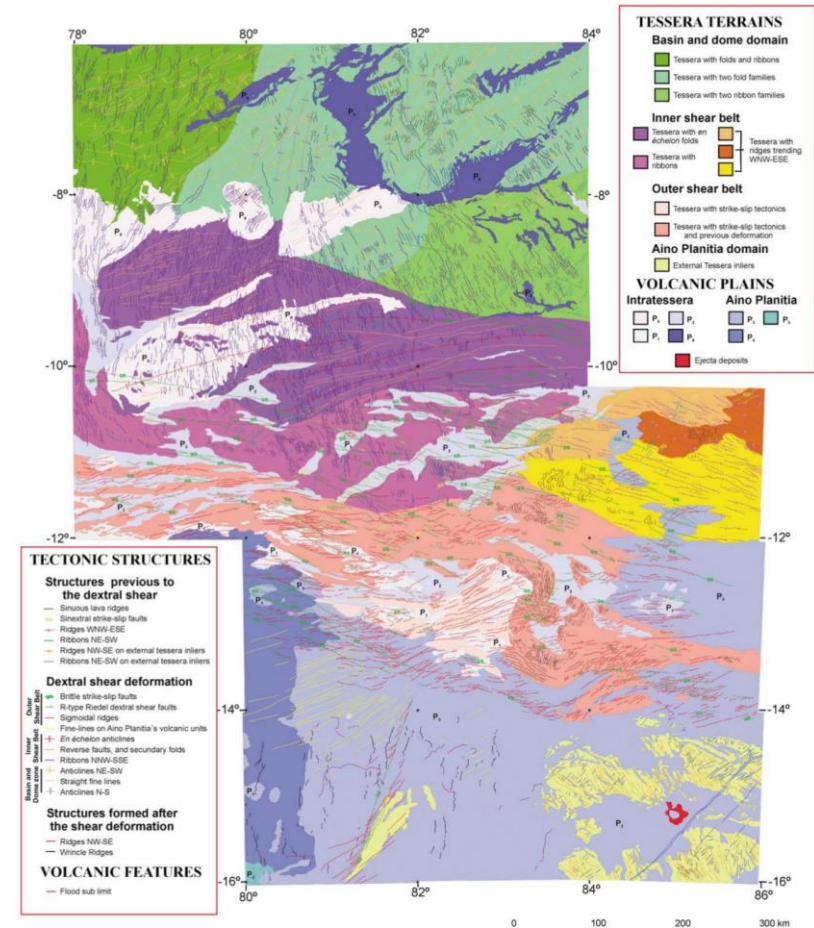
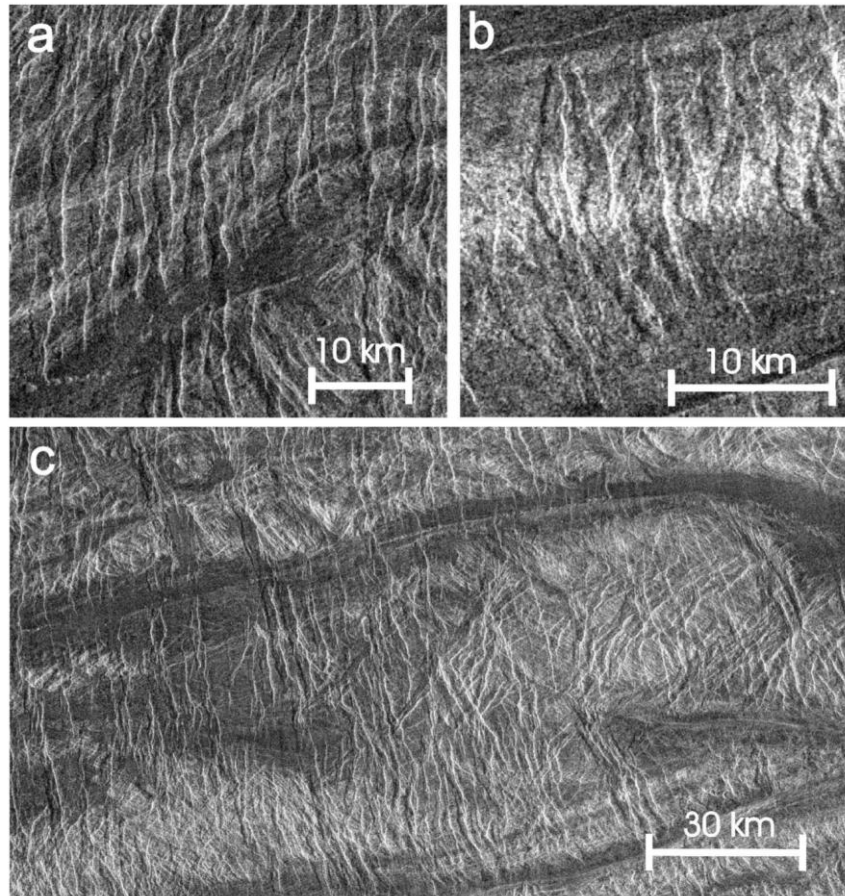
Ghent y Hansen (1999)



Hansen y Willis (1998)

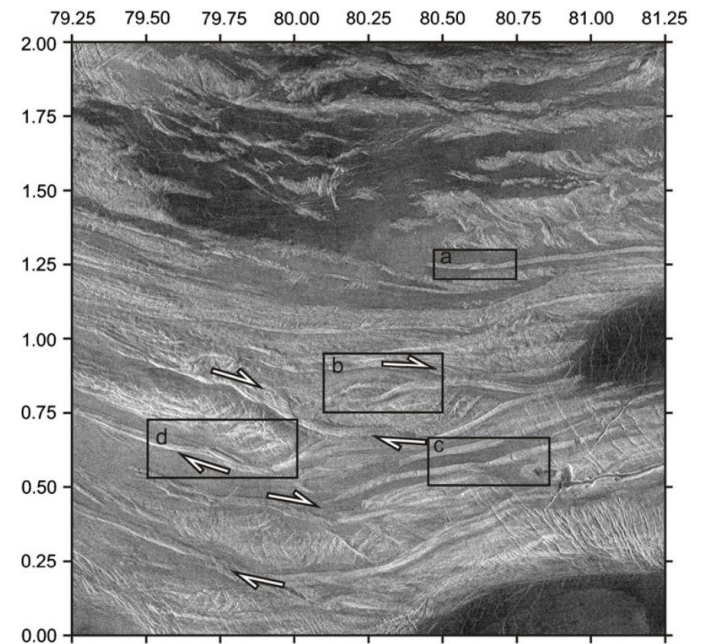
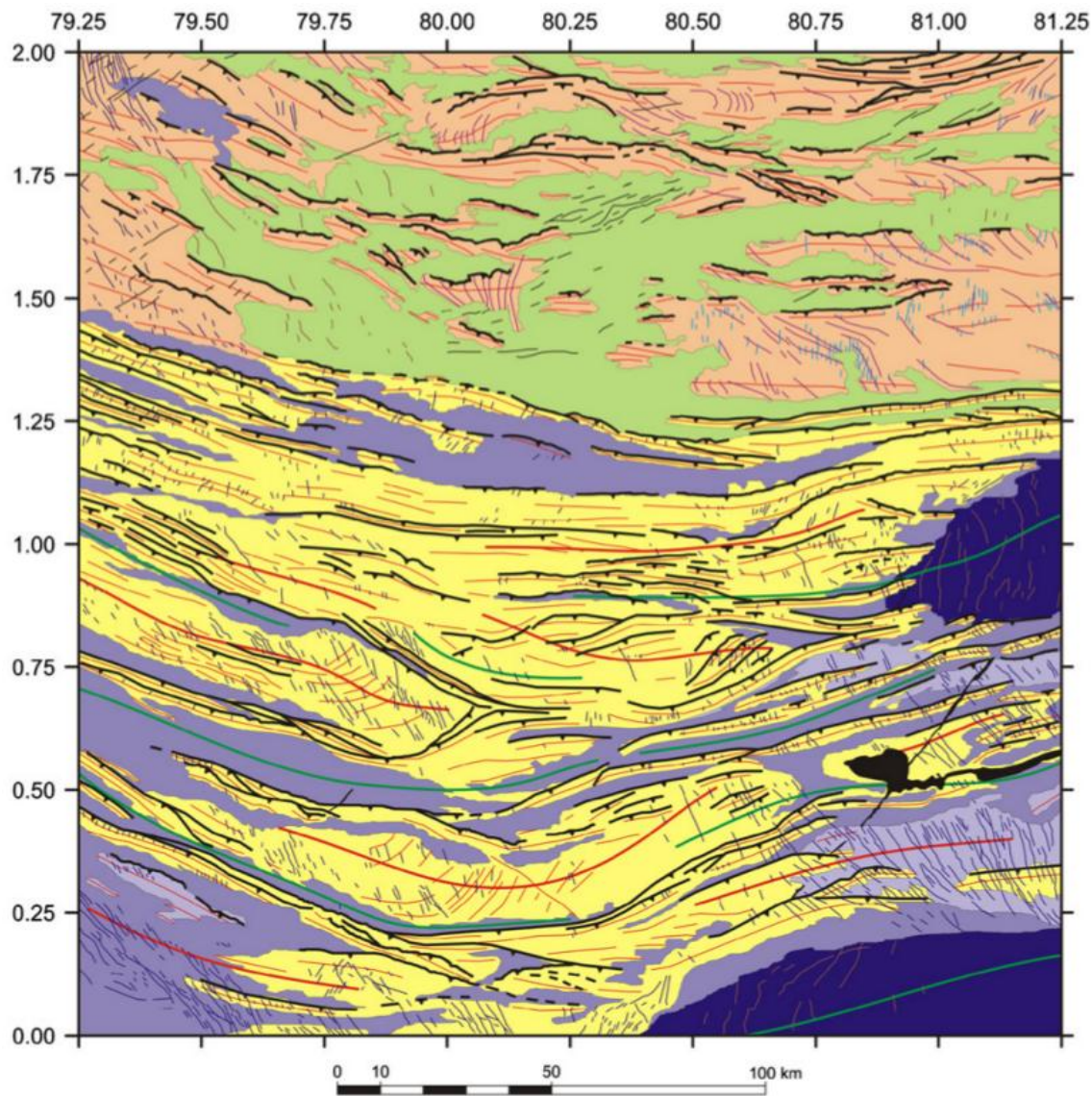


# Ovda Regio

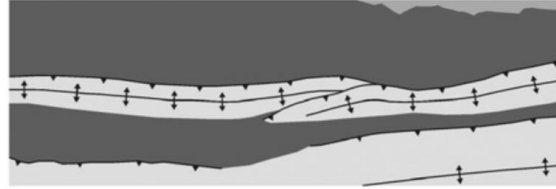
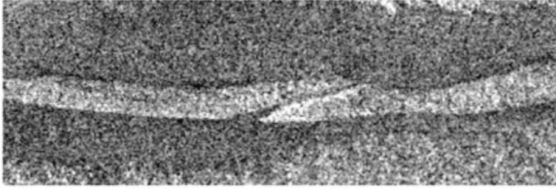


Romeo et al. (2005)

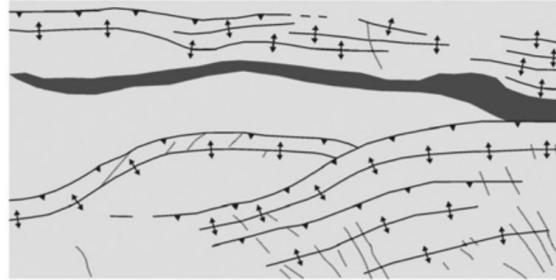
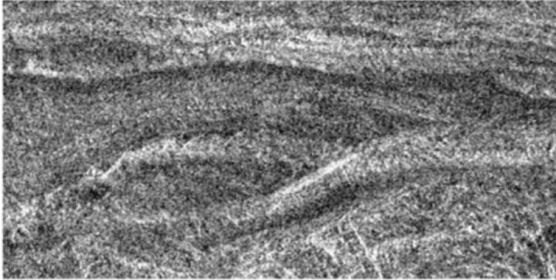




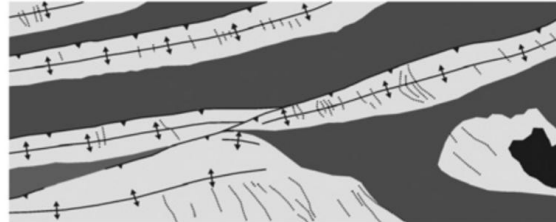
a



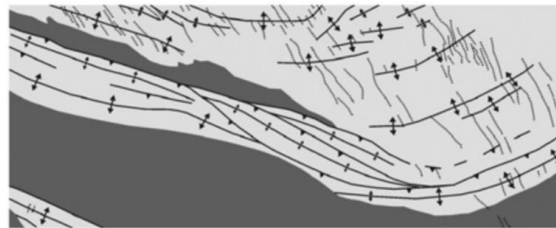
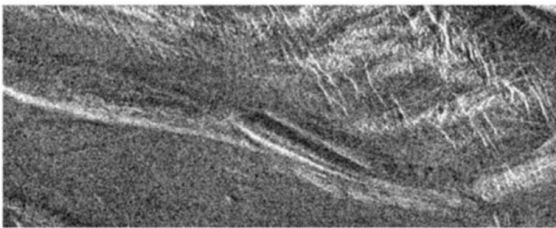
b



c



d

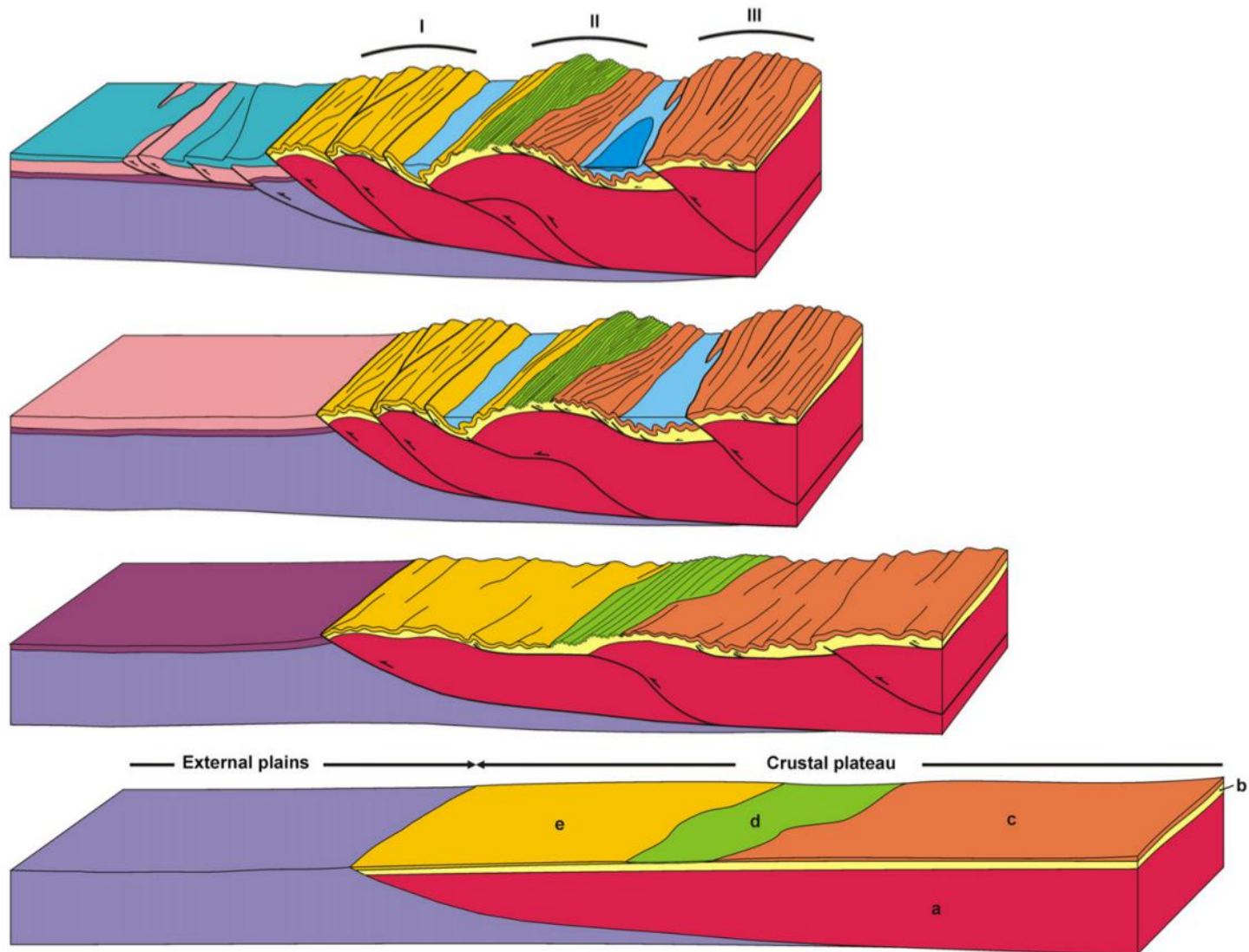


↙ thrust fault

⋈ anticline

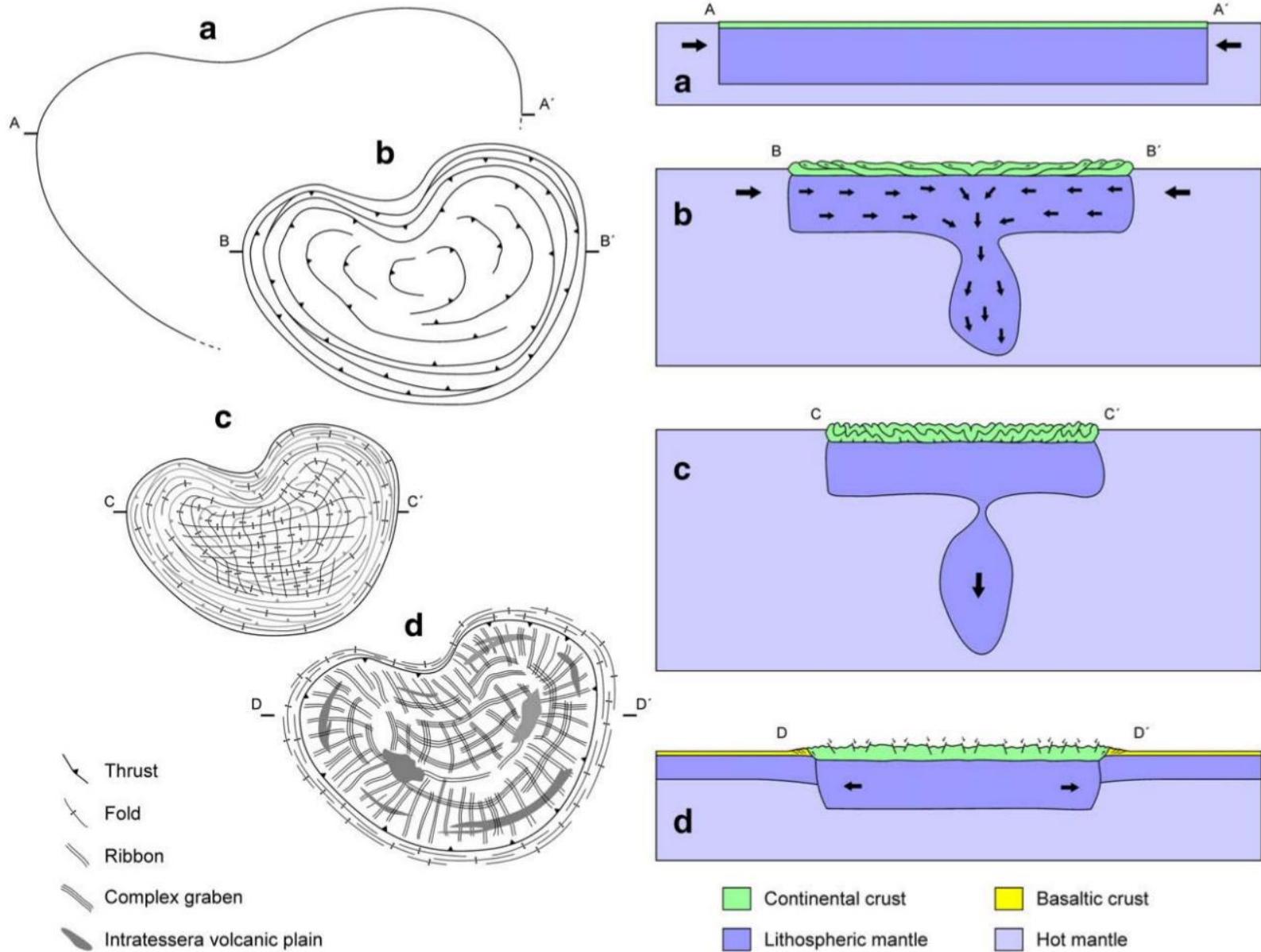
|| graben

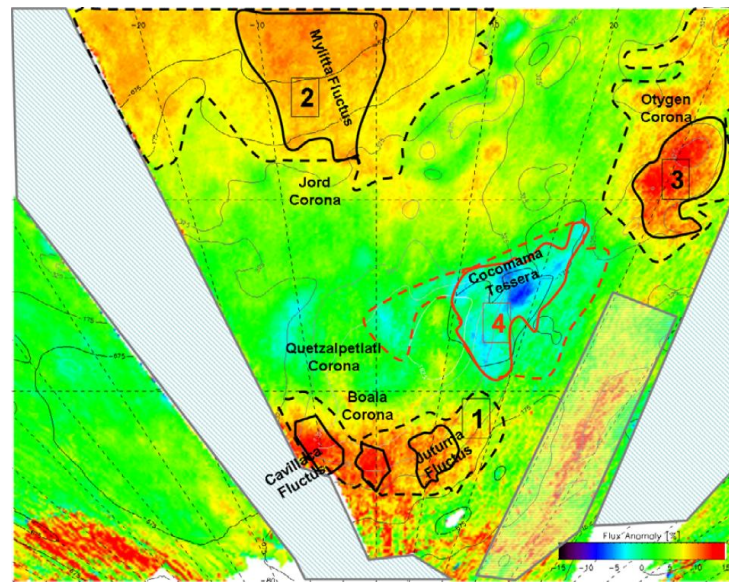




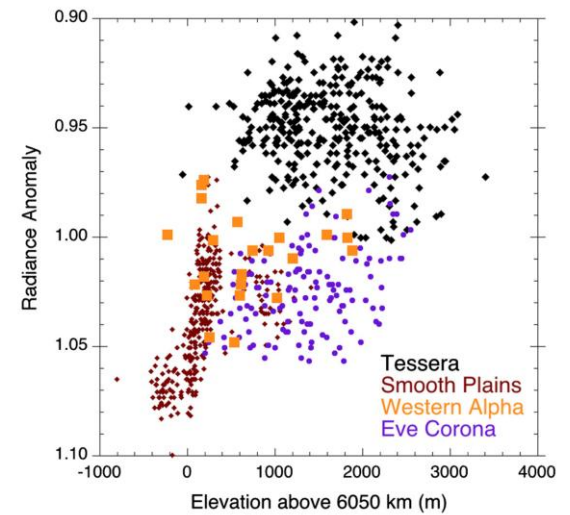
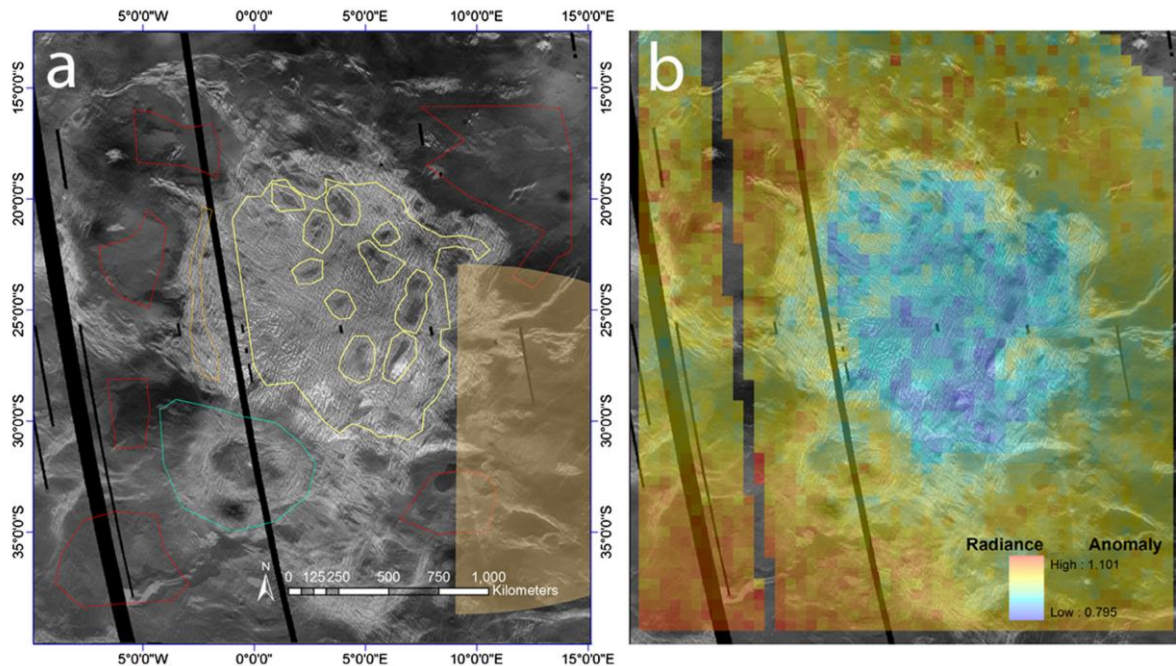


# ¿Y si se trata de continentes?





Helbert et al. (2008)



Gilmore et al. (2015)



