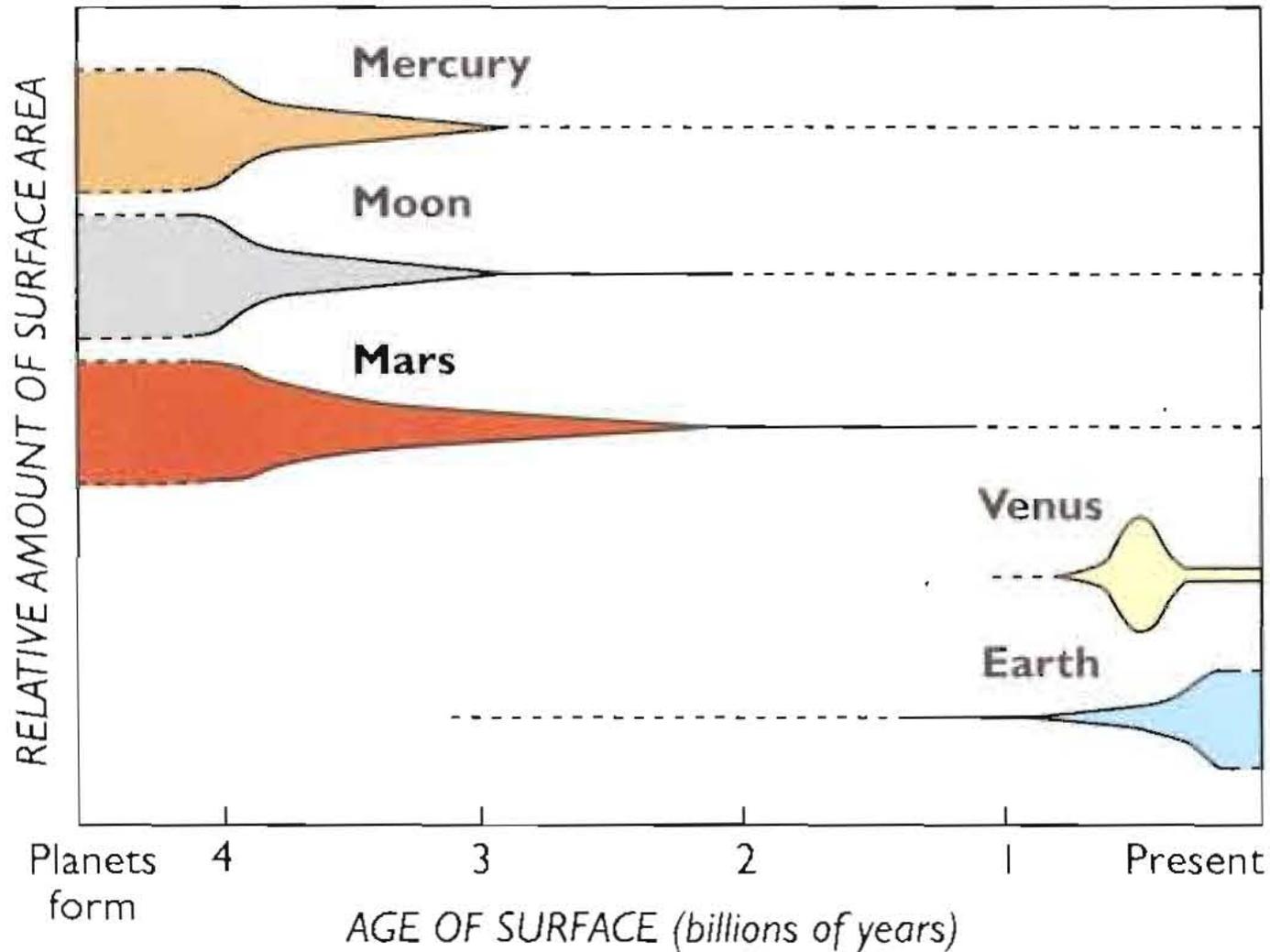


Superficies planetarias - Impactos



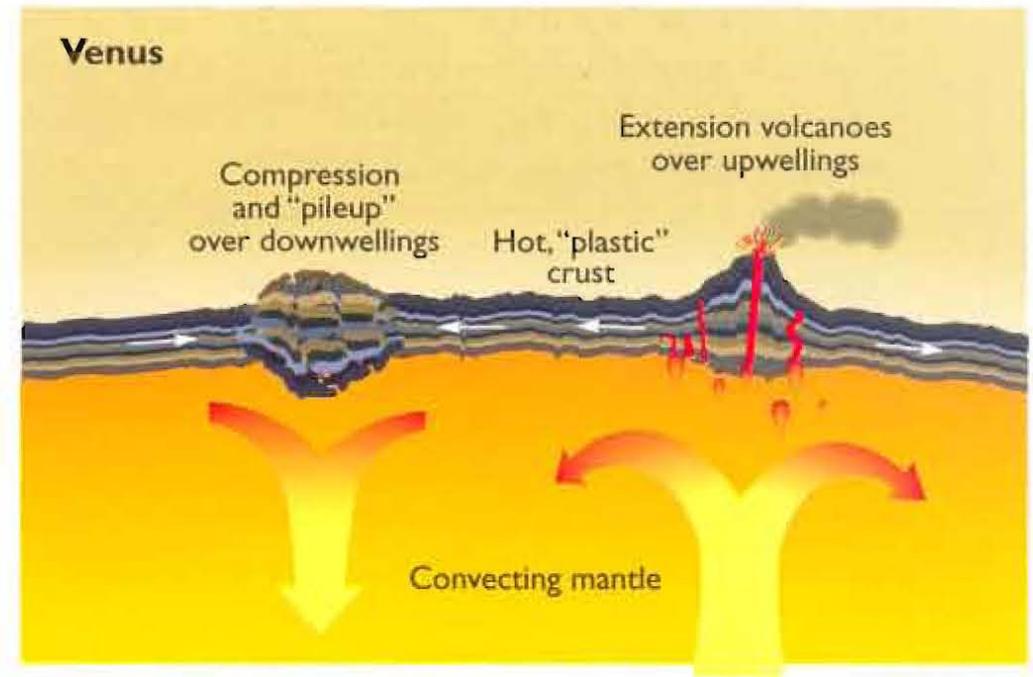
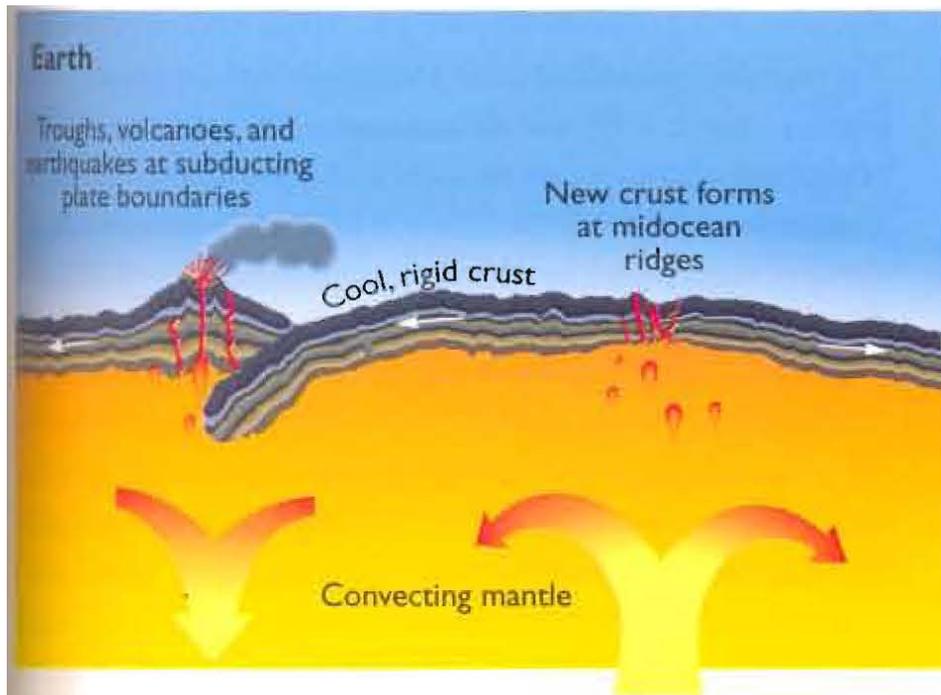
- * Agentes de cambio de una superficie: Erosión fluvial y eólica, craterización, vulcanismo.
- * Actividad volcánica en el sistema solar.
- * Cráteres de impacto. Poblaciones de potenciales proyectiles.
- * Comparación de diferentes superficies planetarias que revelan distintos grados de renovación.
- * Frecuencia de impactos de objetos extraterrestres con la Tierra.
- * Observaciones recientes de impactos. Bóolidos. Meteoritos.
- * Impactos y extinciones masivas.
- * El origen del agua terrestre.

¿Cuán primordial es una superficie planetaria?



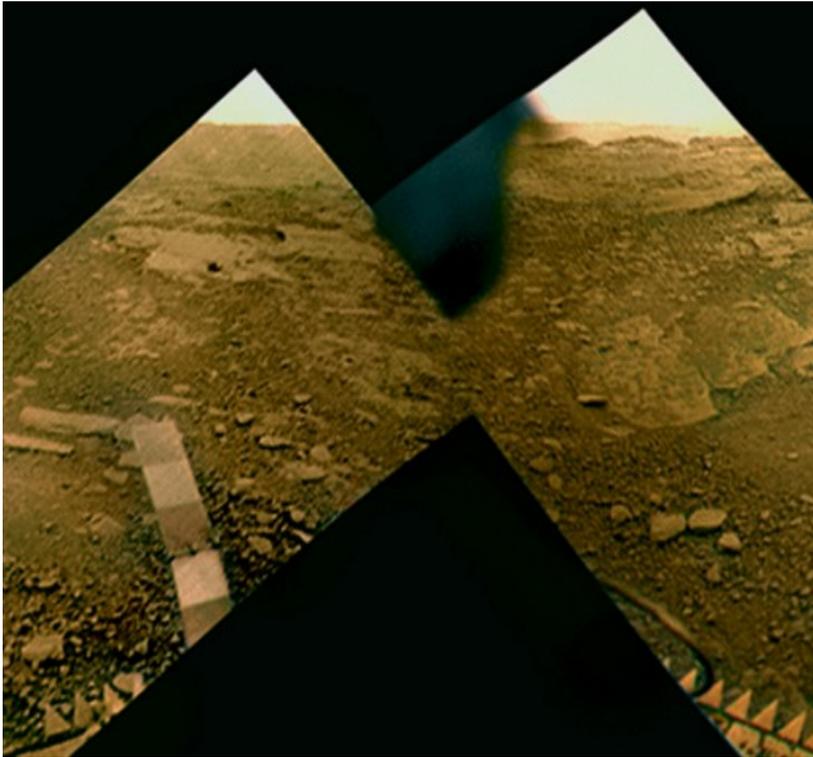
* Agentes de cambio: (1) Vulcanismo; (2) Erosión fluvial y eólica; (3) Tectonismo; (4) Craterización.

Vulcanismo: Comparación de volcanes en la Tierra con los de Venus y Marte

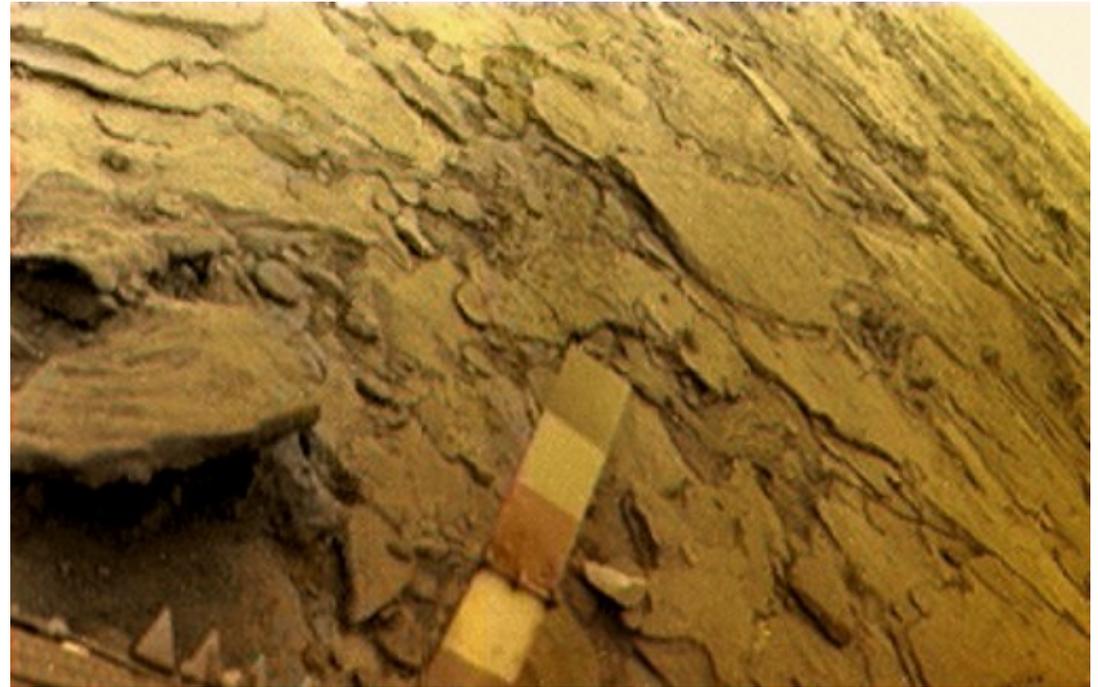


- * La corteza terrestre está dividida en placas. En zonas de subducción, en donde una placa se monta sobre otra, el basalto fundido asciende y emerge en erupciones (volcanes).
- * En Venus no hay placas, tiene una única corteza rígida. No hay movimientos laterales como en la Tierra. Puede ocurrir ya sea apilamiento de corteza sobre zonas convectivas descendientes, o apilamiento de magma caliente en zonas de corteza delgada que fractura y emana, acumulándose en enormes volcanes.

Superficie de Venus desde las naves soviéticas *Venera 13* y *Venera 14*



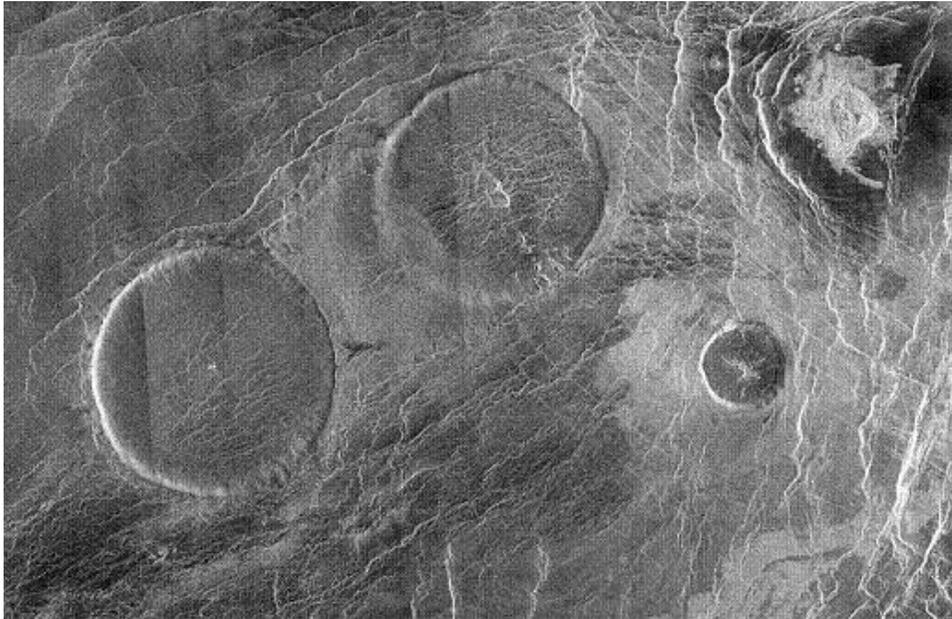
Superficie de Venus vista desde la *Venera 13*



Superficie de Venus vista desde la *Venera 14*

Se destaca la gran cantidad de rocas de aspecto de fragmentos de placas, de composición similar al basalto terrestre, desperdigadas en la superficie.

Volcanes en Venus



Volcanes de Venus en forma de panqueque de unos 65 km de diámetro. Se observa también un cráter de impacto (arriba derecha). El 80% de la superficie de Venus comprende planicies volcánicas.



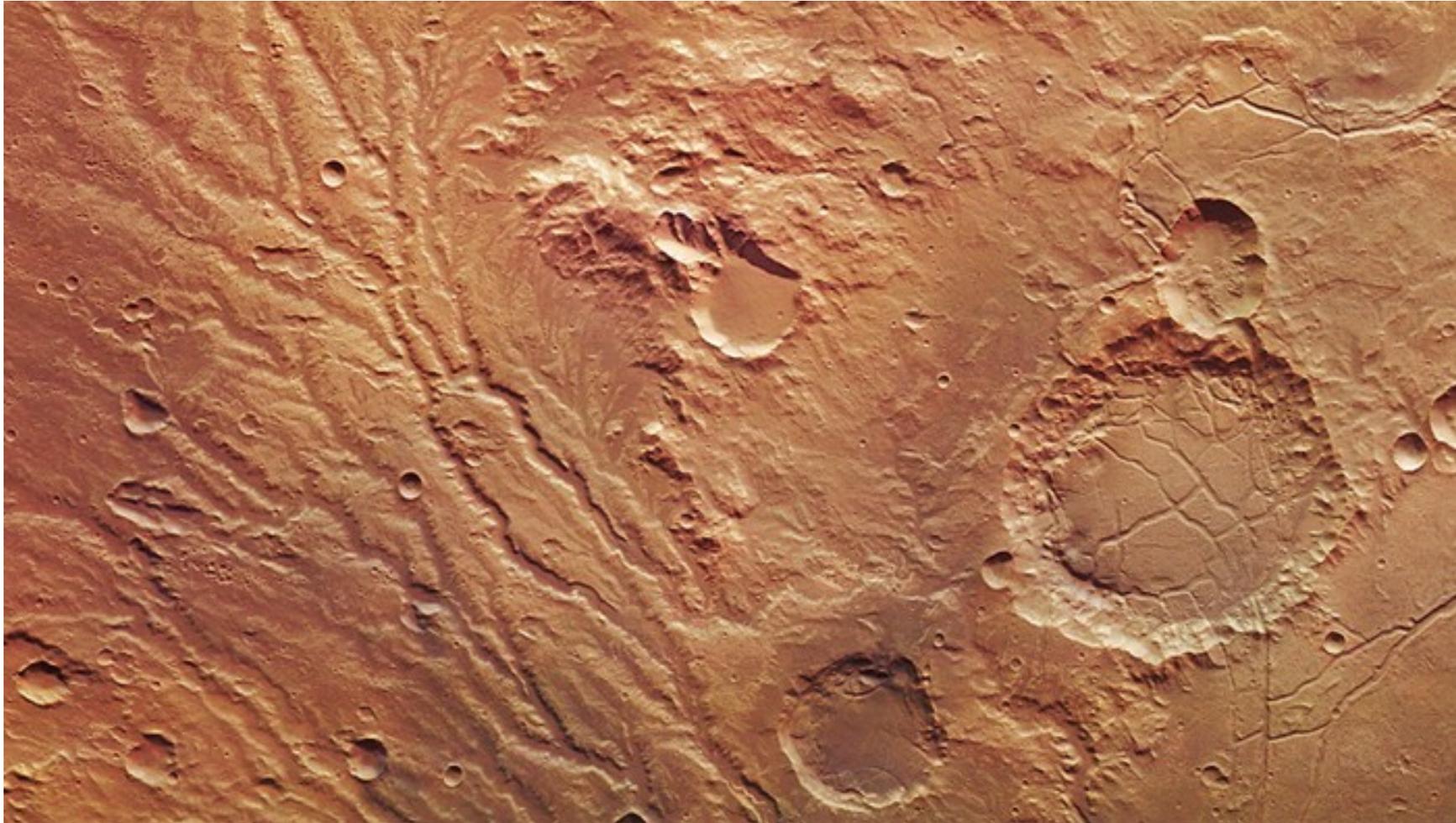
El enorme volcán Maat Mons de 8 km de altura (imagen de radar tomada desde la sonda espacial Magallanes).

Volcanes en Marte



El volcán más grande de Marte (y del sistema solar), Olympus Mons, de 25 km de altura. Es unas 100 veces más masivo que el más grande en la Tierra (Mauna Loa, Hawaii). El enorme tamaño es debido probablemente a la ausencia de tectónica de placas en Marte, lo cual permite al volcán acumular magma por un largo período sentado sobre la misma fuente de magma.

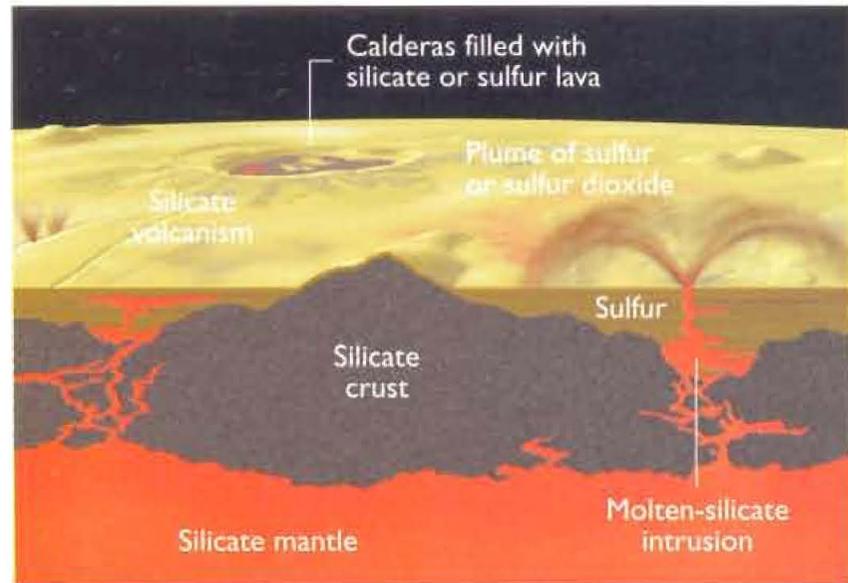
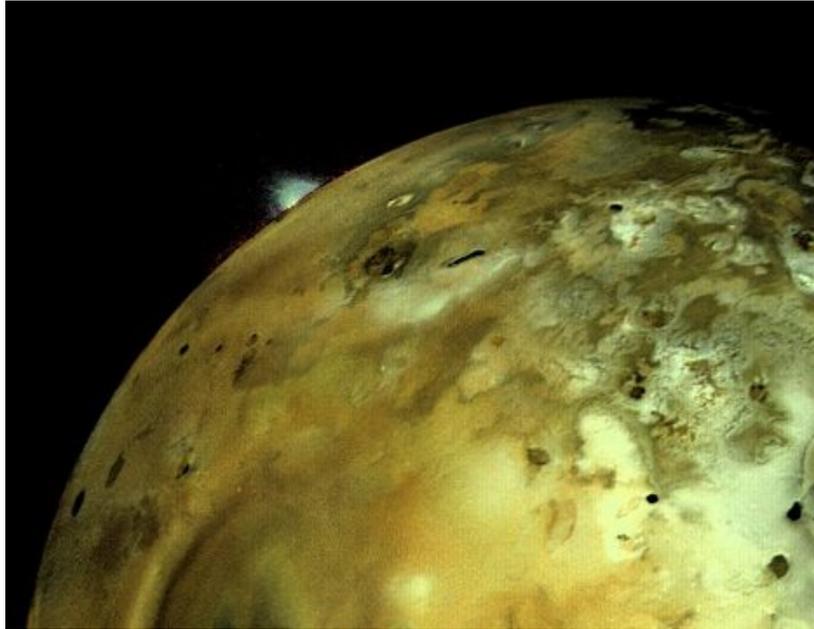
Erosión fluvial en Marte



Además de vulcanismo, la superficie de Marte muestra claras huellas de erosión fluvial que sugiere un pasado donde el agua líquida fluyó sobre su superficie con ríos, lagos y mares.

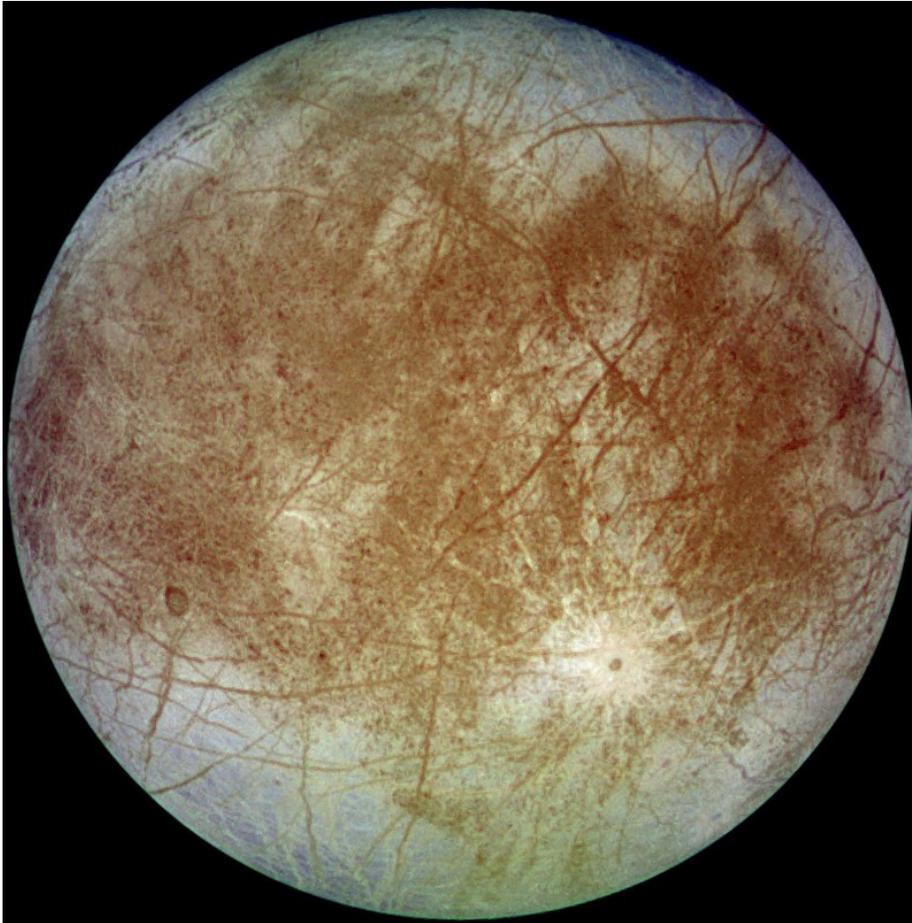
Volcanes en Io

* El primer lugar fuera de la Tierra donde se observaron erupciones volcánicas.

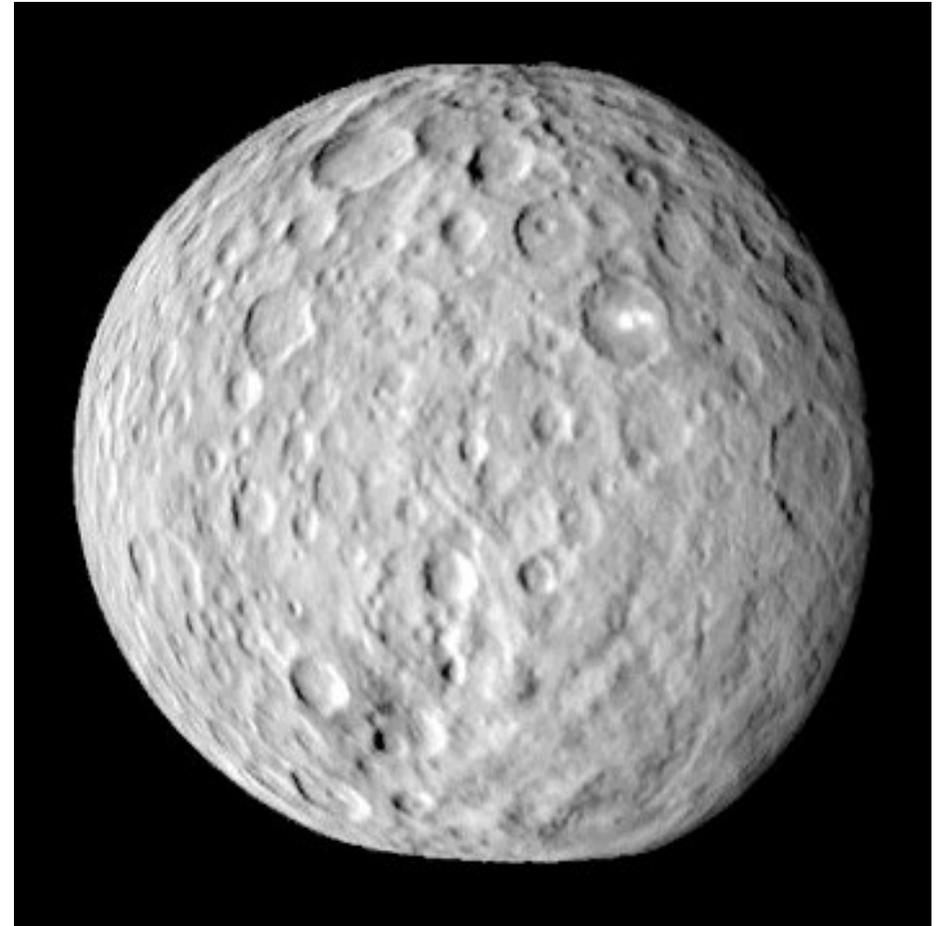


En contraste con la Tierra, el volcanismo de Io es mayormente de azufre. Temperaturas de lava: 700 a 1800 K. Asociadas a los volcanes se observan plumas de azufre o SO_2 . La fuente de energía interior responsable de tan extenso volcanismo es provista por la fricción del material interno debido a las mareas de Júpiter y las perturbaciones del vecino Europa que fuerza una pequeña excentricidad en la órbita de Io.

Superficies primordiales y rejuvenecidas



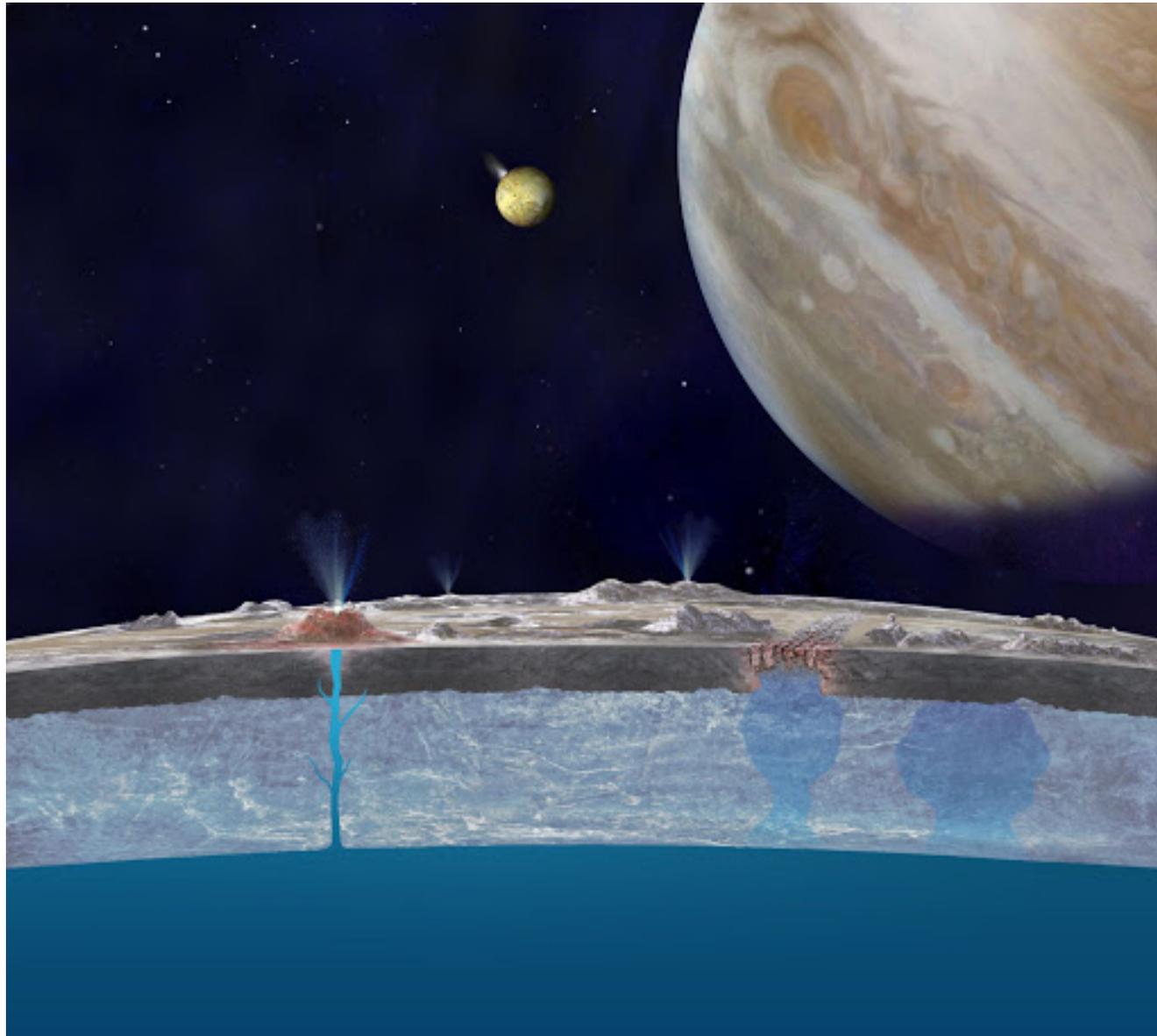
Europa



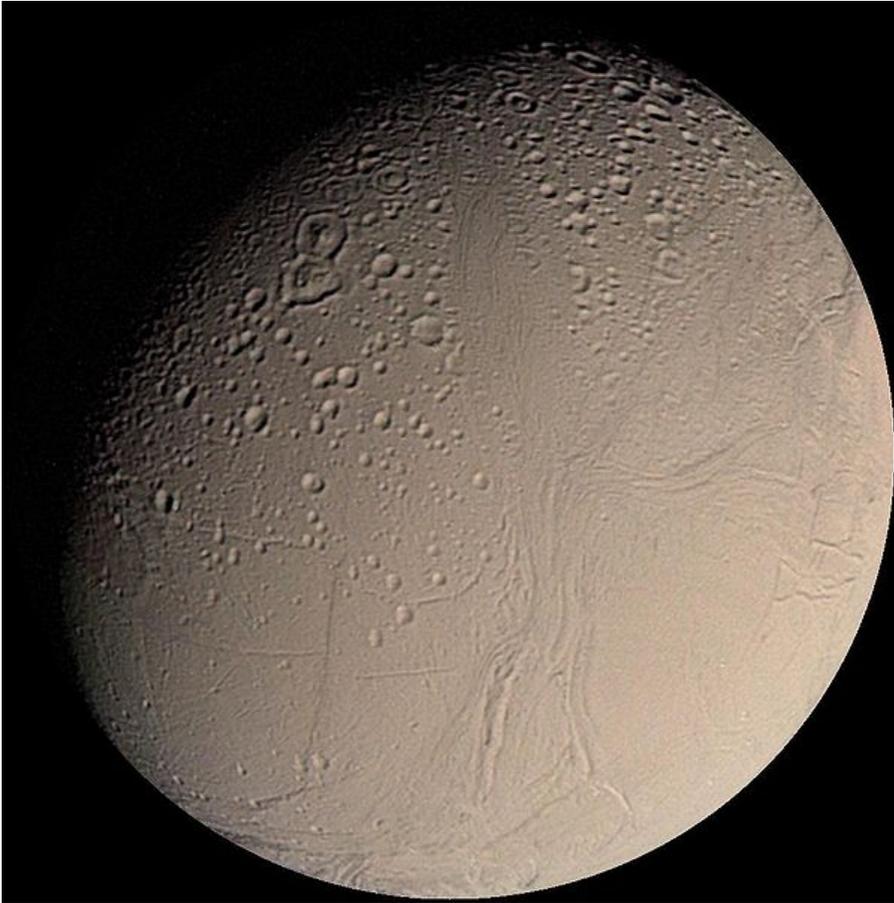
Ceres

Las superficies rejuvenecidas aparecen lisas desde la distancia, en cambio las superficies muy antiguas o primordiales están muy craterizadas.

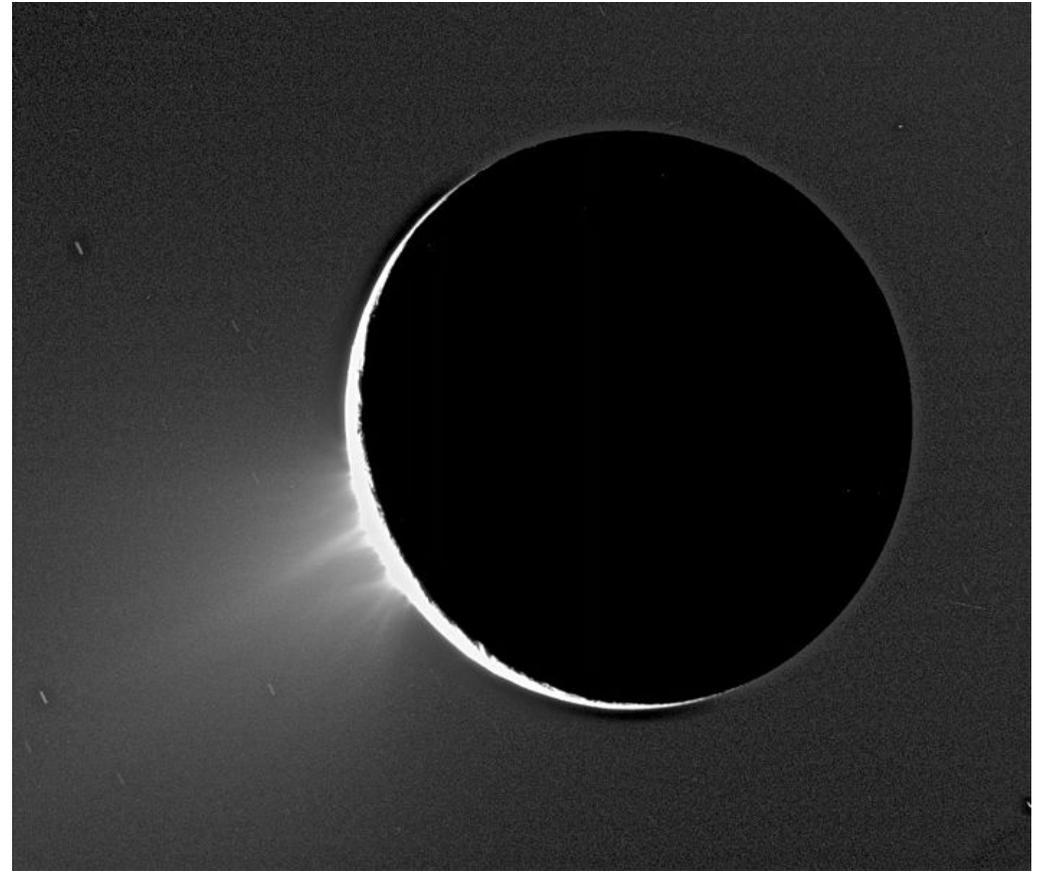
Criovolcanismo en Europa



Criovolcanismo en Encelado

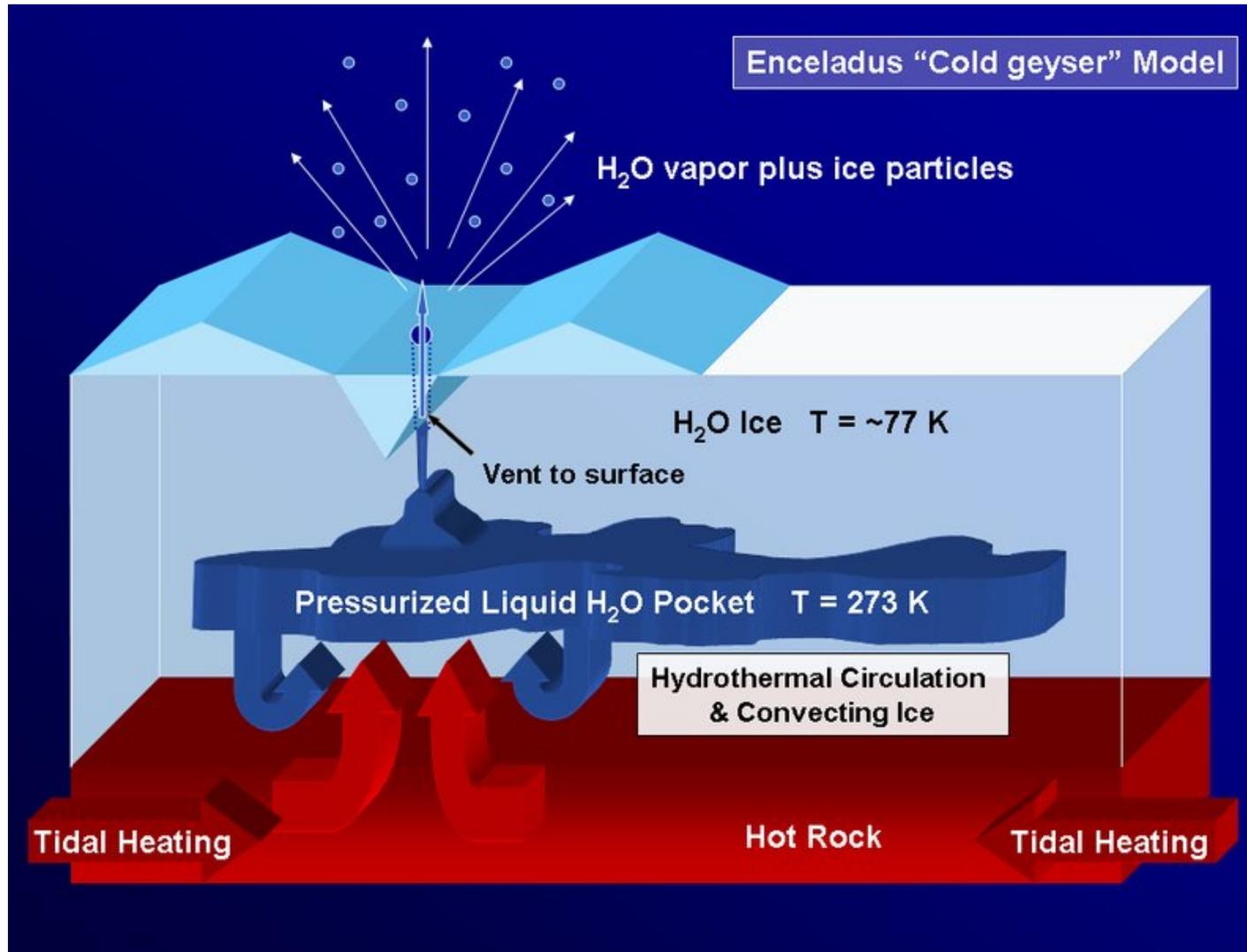


El satélite de Saturno Encelado muestra una superficie joven con pocos cráteres y extensas grietas debidas a procesos tectónicos.



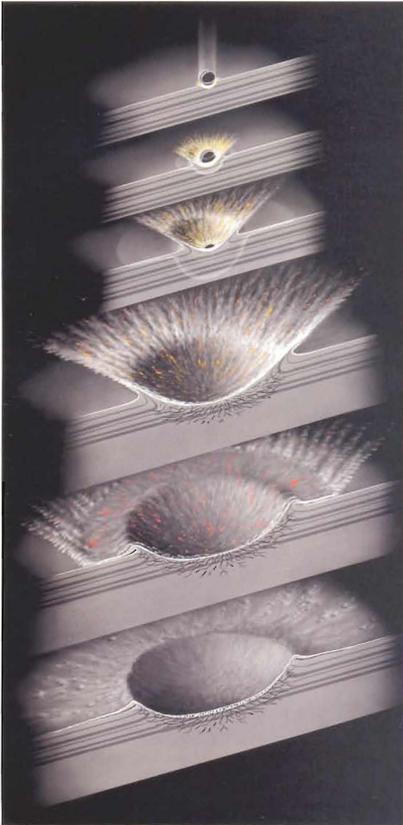
Observación de erupciones de vapor de agua y partículas de hielo observadas por la sonda espacial Cassini. Se detectaron también hidrocarburos (propano, etano, acetileno).

Posible explicación del criovolcanismo en Encelado

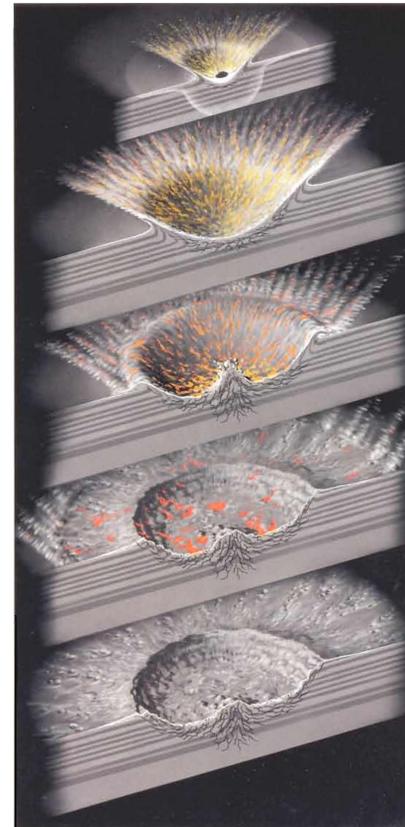


La fuente de energía que provoca esta actividad puede ser el decaimiento de isótopos radioactivos contenidos en las rocas y las fuerzas de marea de Saturno.

Cráteres de impacto: Proceso de formación



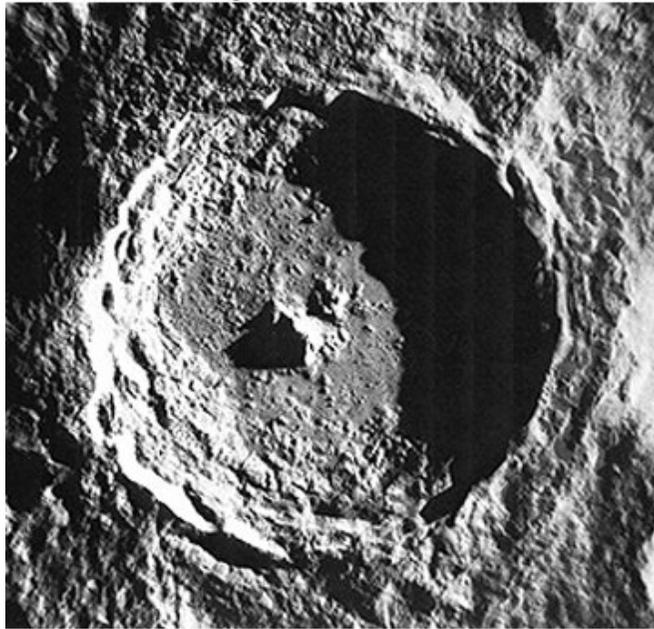
Producción de un cráter pequeño:
Una onda compresiva se expande radialmente alrededor del impacto. El material que queda atrás de la onda de choque es eyectado.



Producción de un cráter grande (diámetro $\gtrsim 3 - 4$ km): El material de las paredes internas del cráter se desploma hacia adentro convergiendo hacia el centro donde se acumula en un pico.

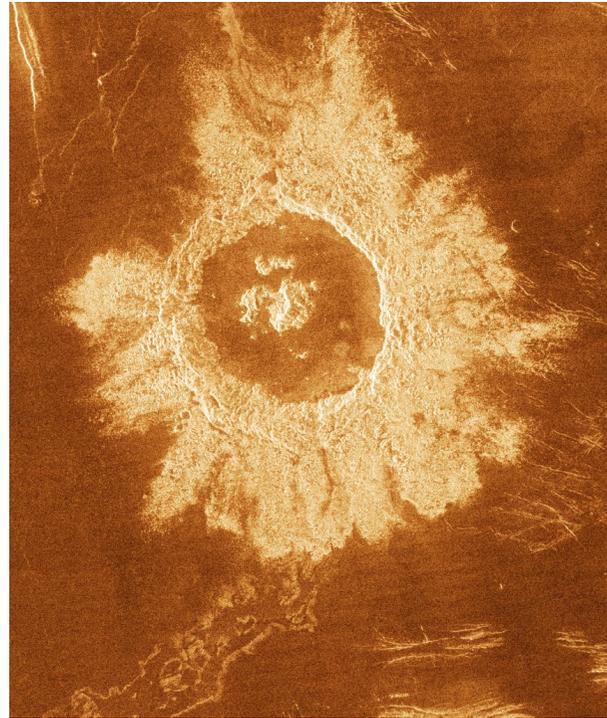
Grandes cráteres de impacto en el sistema solar

Tycho Crater



(NASA Lunar Orbiter image V-125M.)

Cráter Tycho en la Luna de 85 km de diámetro (fotografía: *Orbiter 5*).



Cráter Danilova en Venus de 48 km de diámetro. Se puede ver el material eyectado alrededor del cráter como más brillante, lo que indica su rugosidad en observaciones de radar. La asimetría del material eyectado se debe a la trayectoria oblicua del impactor.

Cráteres de impacto en la Tierra

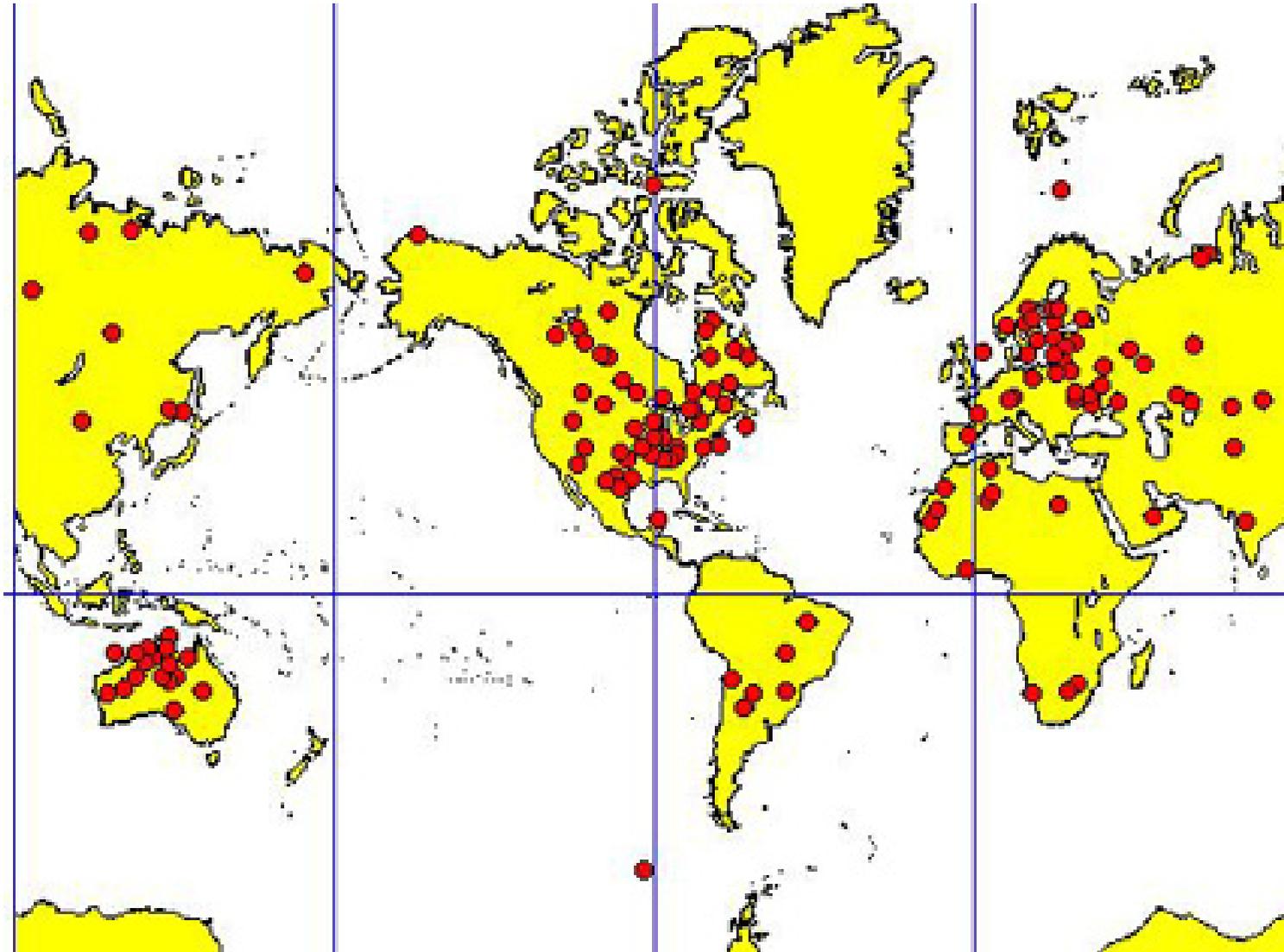


Cráter en Arizona de 1,2 km de diámetro. Antigüedad: \simeq 50.000 años.



Cráter Manicouagan en Quebec, Canada, de unos 70 km de diámetro. Antigüedad: \simeq 210 millones de años.

Vista global de los cráteres de impacto identificados en la Tierra



¿Cuán frecuentes son los impactos en la Tierra y en el resto del sistema solar?



El bólido que detonó en el aire sobre Tunguska, Rusia, en 1908, derribó e incendió árboles en un área de 30 km de radio. La energía liberada luego de la desintegración se estimó en 10-100 megatonnes (500-5000 bombas atómicas de Hiroshima).



Las manchas marrones marcan las zonas de impacto de los fragmentos del cometa Shoemaker-Levy 9 con Júpiter en 1994.

Observación de meteoros y recolección de meteoritos



Bólido espectacular observado en Oklahoma, EEUU, en 2008



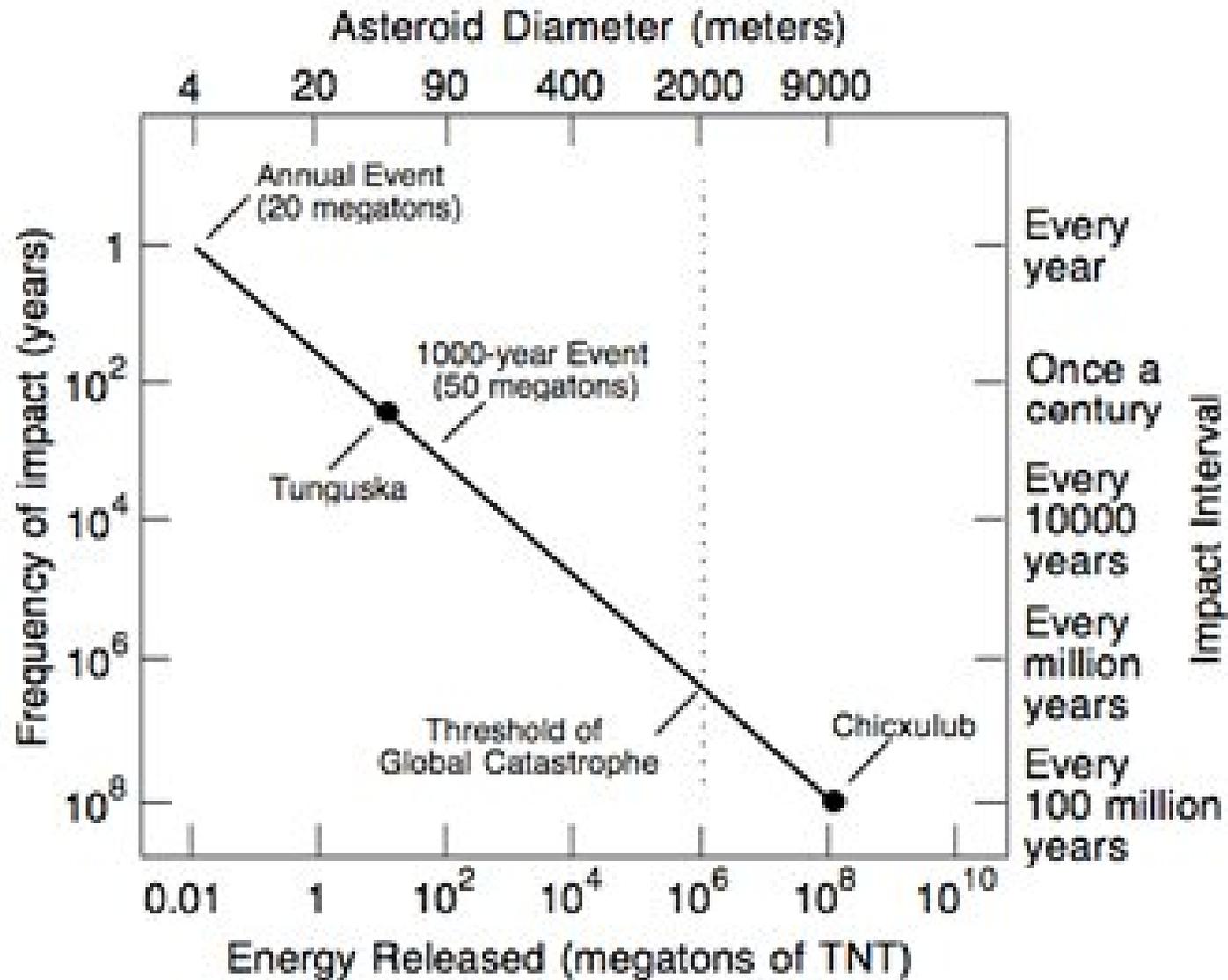
Meteorito hallado en Chubut, Argentina.
Tipo metálico, masa = 114 kg

Meteoros: El caso de Chelyabinsk

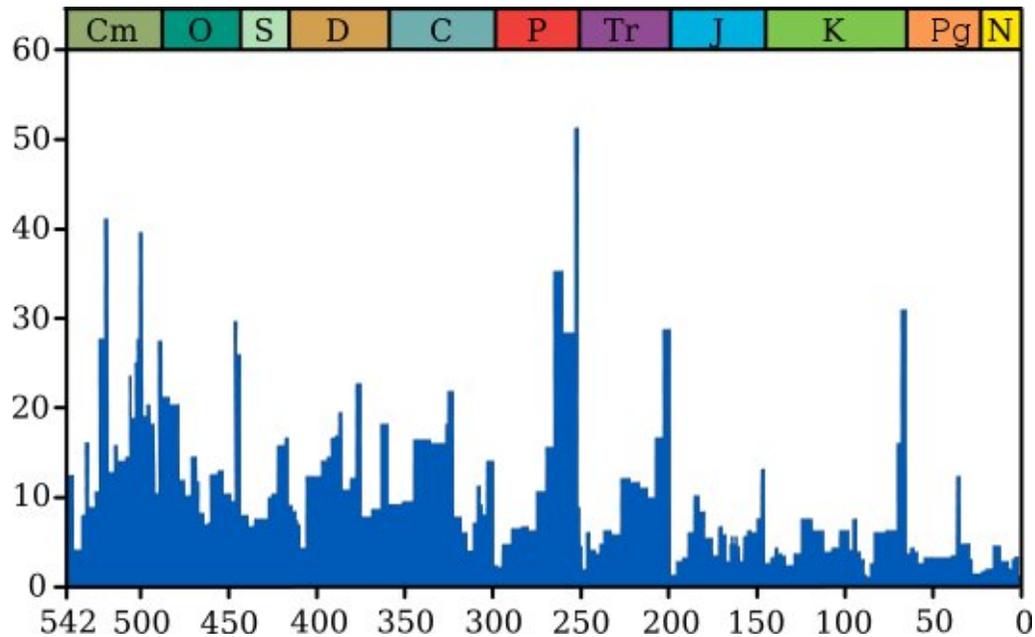


El bólido de Chelyabinsk tenía un radio ~ 20 m. Cayó en esa localidad rusa el 15 de febrero de 2013. Se estimó una velocidad de 19.16 ± 0.15 km/s. Entró en la atmósfera en una trayectoria casi rasante que lo llevó a explotar a una altura estimada de 29.7 km

Frecuencia de impactos en la Tierra



Extinciones biológicas masivas. La gran extinción en el límite del Cretácico y el Terciario (K/T)



Intensidad de la extinción marina a través del tiempo, medida en porcentaje de géneros animales marinos que se extinguieron en un intervalo de tiempo dado.

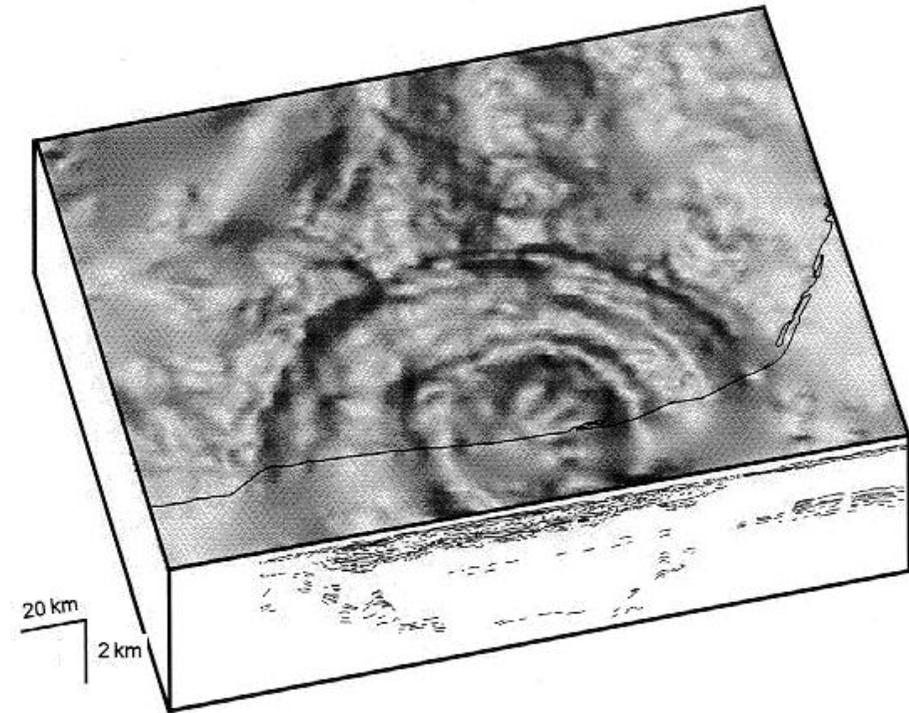


Capa de piedra caliza de una barranca de Wyoming (EEUU), correspondiente al límite K/T que muestra una concentración de iridio 1000 veces mayor que las capas adyacentes.

Evidencia de que la extinción K/T fue debida al choque de un asteroide o cometa: El cráter de Chicxulub



Concepción artística de un impacto sobre el mar

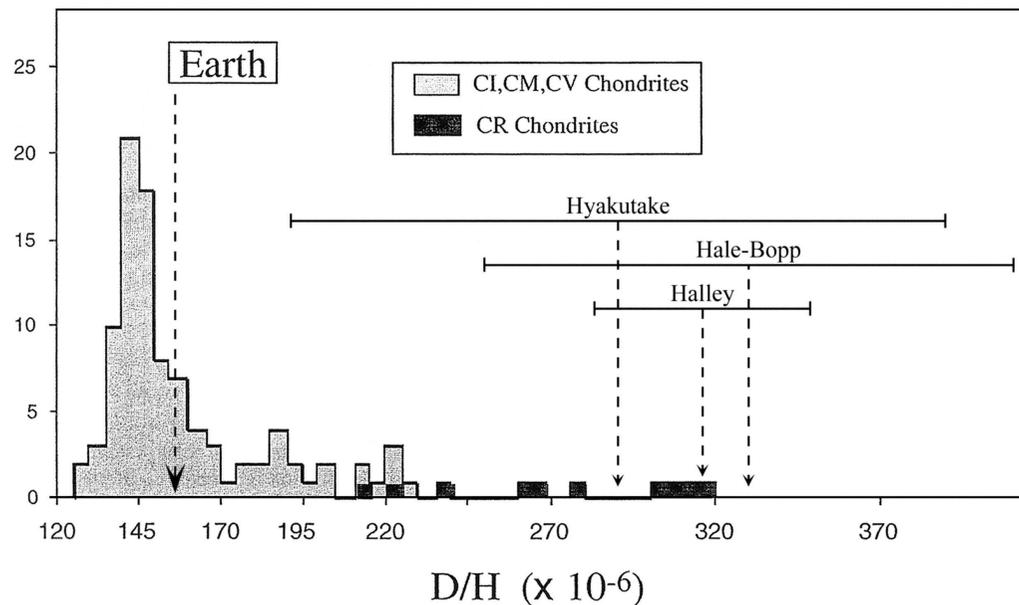


El cráter de Chicxulub, península de Yucatán, México. Diámetro: \simeq 180 km.

Consecuencias globales: Inyección de vapor de agua en la atmósfera y consecuente aumento de la temperatura por efecto de invernadero, evaporación de agua oceánica, liberación de CO_2 , formación de óxidos de nitrógeno, lluvia ácida, incendios globales (inferido por el hallazgo de ceniza volcánica en el estrato límite entre K/T).

El origen del agua terrestre

* La Tierra se formó en una región cercana al Sol a partir de la acumulación de objetos ricos en silicatos y hierro, pero carentes de agua (que no pudo condensar debido a las altas temperaturas en la zona de formación de la Tierra). Entonces: ¿de dónde surgió el agua terrestre?



- * Primera opción: los cometas. Problema: el cociente isotópico D/H determinado en 3 cometas es diferente que el de los océanos terrestres por un factor ~ 2 .
- * Segunda opción: asteroides del cinturón externo (ricos en agua). El cociente D/H en algunos meteoritos parece concordar mejor con el de los océanos terrestres.

EJERCICIO 13

El bólido de Chelyabinsk que cayó en Rusia en 2013 tenía un radio de 20 m y una velocidad de 19 km/s. Calcule la cantidad de energía que liberó al explotar en la atmósfera y compárela con la energía de la bomba atómica de Hiroshima ($E_H = 15$ kiloton). La altura a la que explotó hace pensar que el bólido estaba constituido por un material poroso de una densidad $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$.

Dato: 1 kiloton = $4,18 \times 10^{19}$ erg