

# Astrofísica del Sistema Solar

Efectos de la Evolución Colisional:  
Rubble-piles  
(densidades y porosidad)

# Introducción

El proceso colisional en un sistema planetario produce diferentes efectos sobre los objetos que forman las diferentes poblaciones:

- Familias de asteroides.
- **Rubble-piles.**
- Craterización.
- Formación de regolitos.
- Tasas de rotación.

# Rubble-Piles

- “pilas de escombros” o “montones de escombros”.
- son objetos que han recibido una colisión que fragmenta pero no logra dispersar al objeto.
- al reagruparse incrementan su volumen y disminuye la densidad media.
- pueden existir rubble-piles primordiales.
- la idea se remonta a Jeffreys (1947) y Öpik (1950) y fue retomada por Chapman (1978) y Weismann (1986).
- Richardson et al. (2002) proponen una clasificación para estos objetos.

# Rubble-Piles

- se considera a estos objetos como uno de los extremos entre cuerpos poco (rubble-piles) y muy consolidados (monolíticos).
- La clasificación se realiza considerando al menos dos parámetros adimensionales:

- porosidad:

$$\text{porosity} = 1 - \frac{\text{sum of component volumes}}{\text{bulk volume}} = \frac{\text{sum of void space}}{\text{bulk volume}}$$

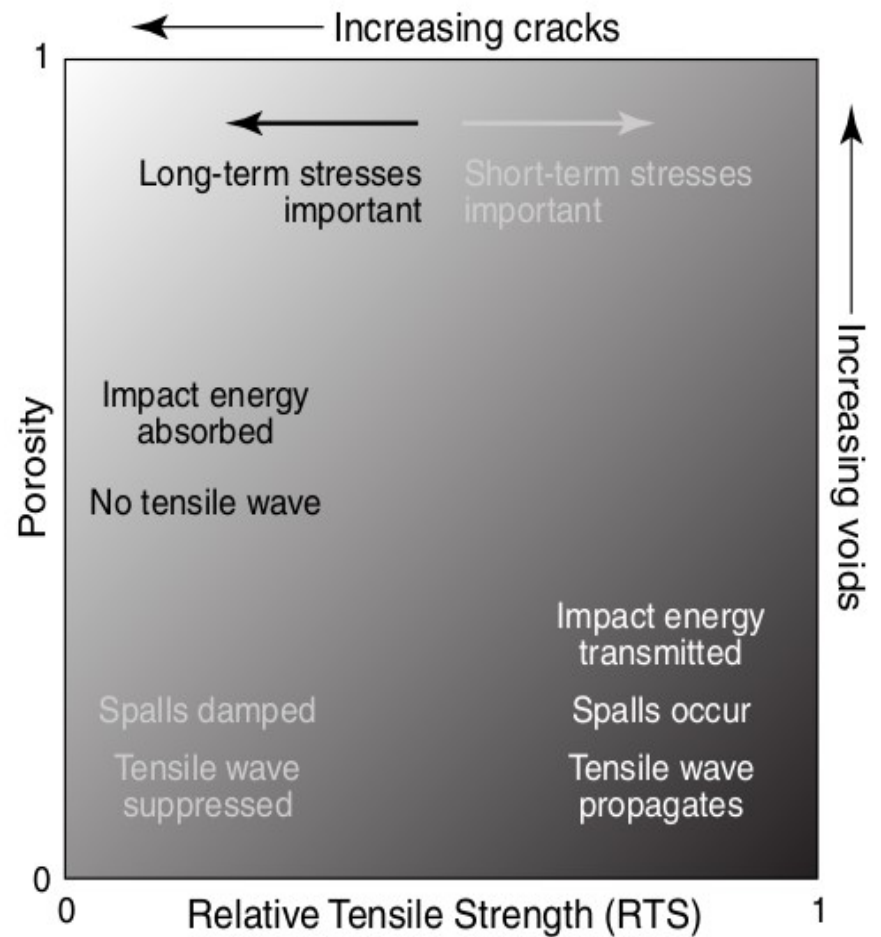
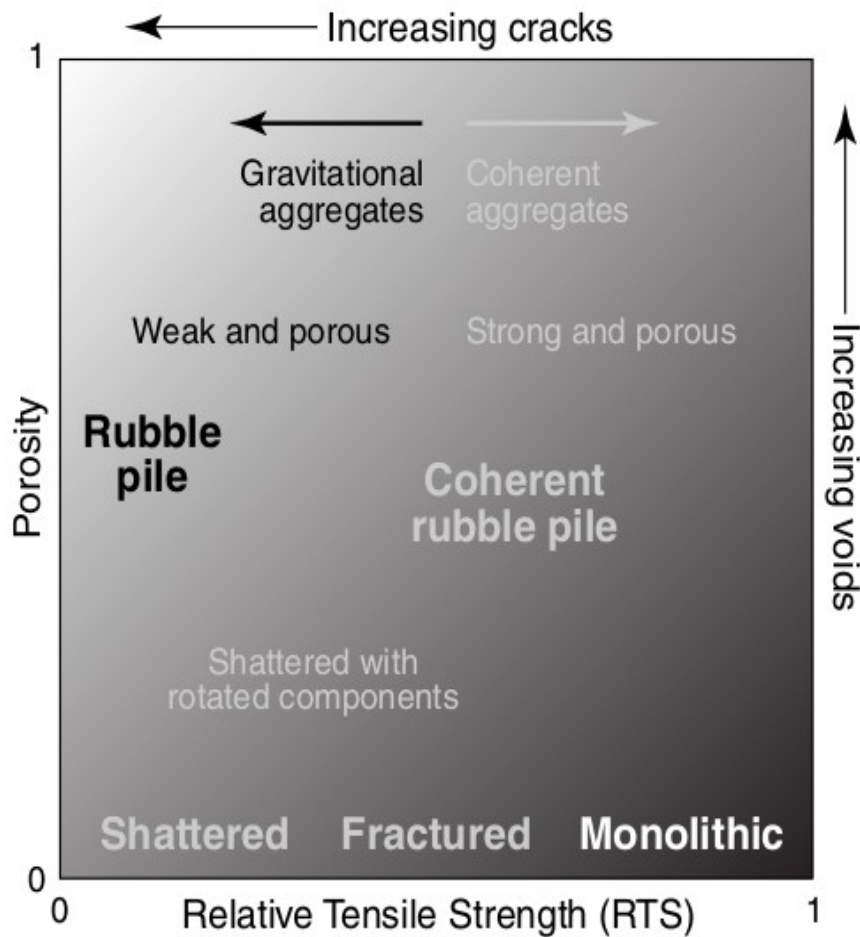
- resistencia a la tracción:

$$\text{RTS} = \frac{\text{tensile strength of object}}{\text{mean tensile strength of components}}$$

# Rubble-Piles

- con un aumento de la resistencia a la tracción:
  - indica poca reorientación de los fragmentos.
  - aumenta la resistencia a efectos tidales.
  - aumenta la resistencia a efectos por spinup.
  - aumentan la transmisión de ondas de presión.
- con un aumento de la porosidad:
  - indica un aumento de las regiones vacías internas.
  - indica el grado de desorganización interna.
  - incluso estructuras ordenadas poseen cierta porosidad.
  - esferas en ord. hexagonal: 0.26
  - esferas en ord. cúbico simple: 0.48

# Rubble-Piles



Richardson et al. (2002)

# Evidencias observacionales:

- dispersión por efectos tidales: D/Shoemaker-Levy 9, cadenas de cráteres y cráteres dobles.



# Evidencias observacionales:

- dispersión por efectos tidales: D/Shoemaker-Levy 9, cadenas de cráteres y cráteres dobles.





# Evidencias observacionales:

- rápida rotación ( $d < 200$  m; P de pocos minutos; monolíticos).
- límite tidal ( $d > 200$  m ;  $P > 2.2$  hr;  $\rho = 3$  g cm<sup>-3</sup>).
- objetos de muy baja densidad que implican baja porosidad (tipo C,  $\rho \sim 1.2 - 1.4$  g cm<sup>-3</sup>; tipo S,  $\rho \sim 2.6 - 2.7$  g cm<sup>-3</sup>).
- casi el 50% de los asteroides tienen cráteres gigantes (diámetro del orden del radio asteroidal).
- aparición de surcos (Phobos, pero aparecen en todos los asteroides con imágenes de alta resolución).
- formas irregulares y sistemas binarios.

# NEAR – Mathilde (59x47 km)



# Viking 1 – Phobos (27x22x18 km)



# Viking 1 – Phobos (27x22x18 km)

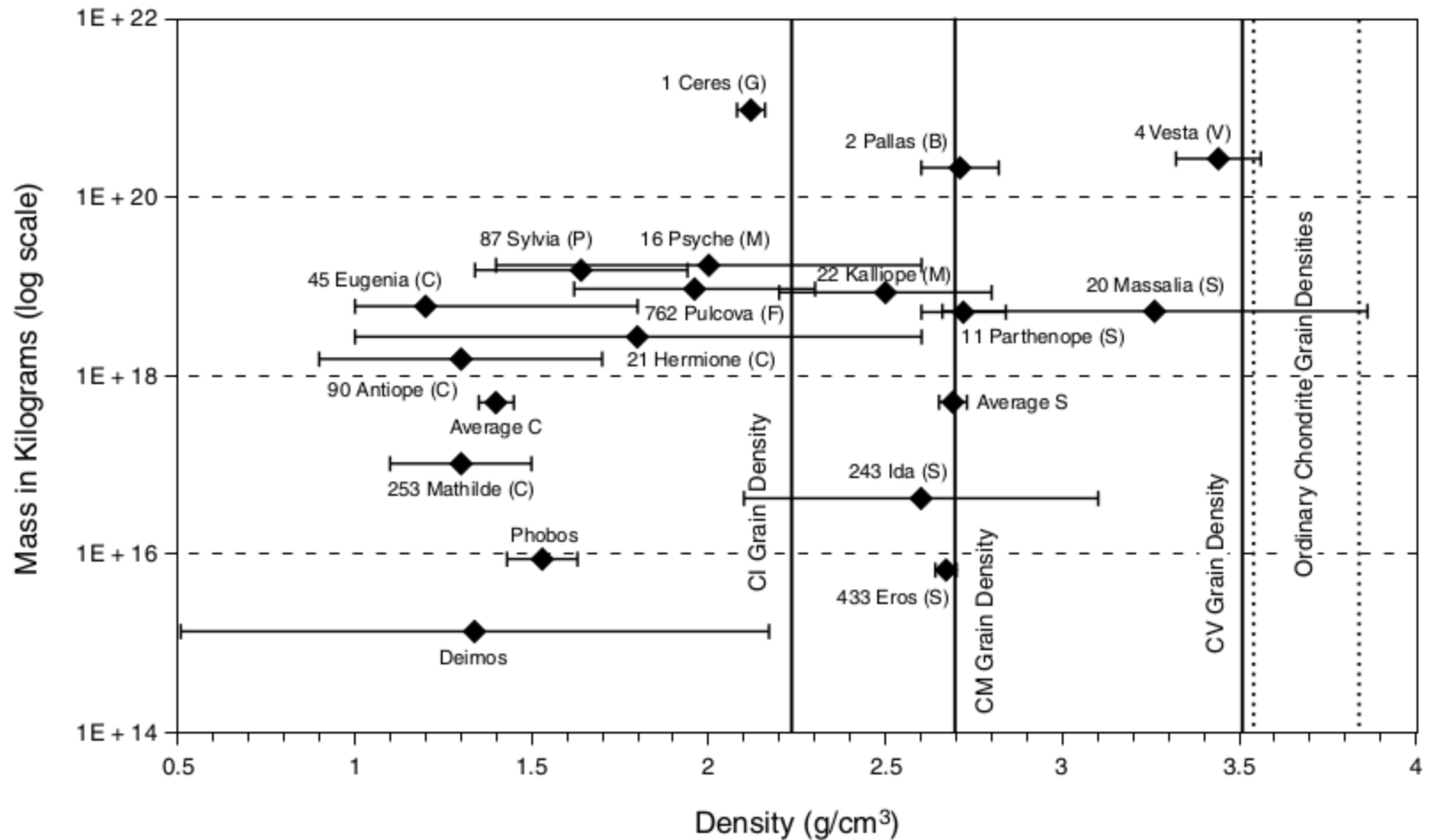


# Densidades y porosidad:

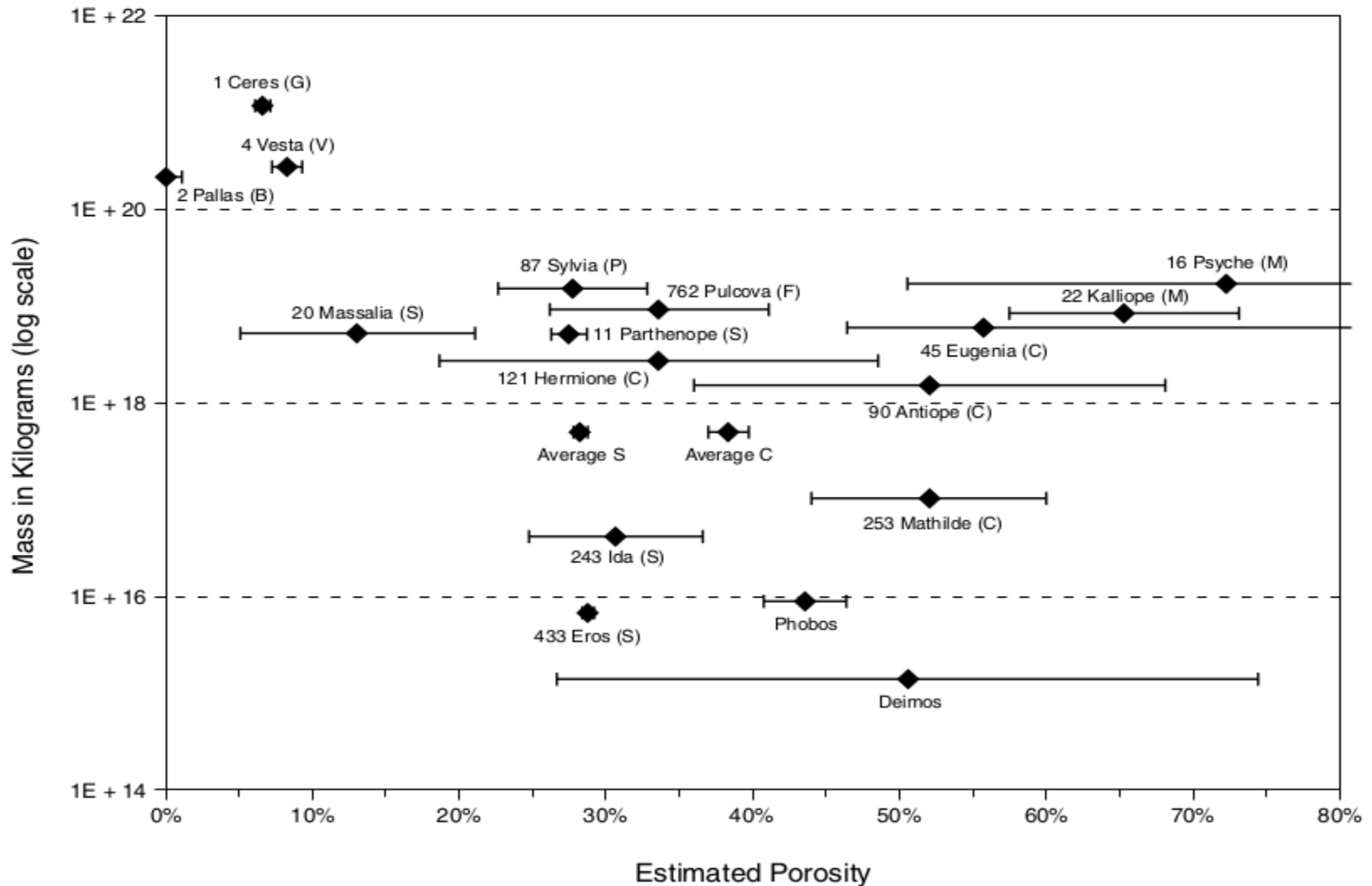
- la densidad media se calcula a partir de la masa y del volumen.
- la masa se determina por efectos gravitatorios.
- el volumen (diámetro) esta mal determinado.
- para la porosidad se asigna un tipo de meteorito según el espectro y se comparan las densidades (microporosidad!).

Meteorite Type	Grain Density	Average Bulk Density	Average Porosity
H ordinary chondrites	3.84	3.40	11.5%
L ordinary chondrites	3.75	3.34	10.8%
LL ordinary chondrites	3.56	3.19	10.4%
Achondrites	3.20	2.97	7.0%
CI carbonaceous chondrites	2.27	2.12	11%
CM carbonaceous chondrites	2.71	2.21	12%
CR carbonaceous chondrites	3.11	3.15	6%
CV carbonaceous chondrites	3.51	3.10	11%
CO carbonaceous chondrites	3.69	3.11	16%

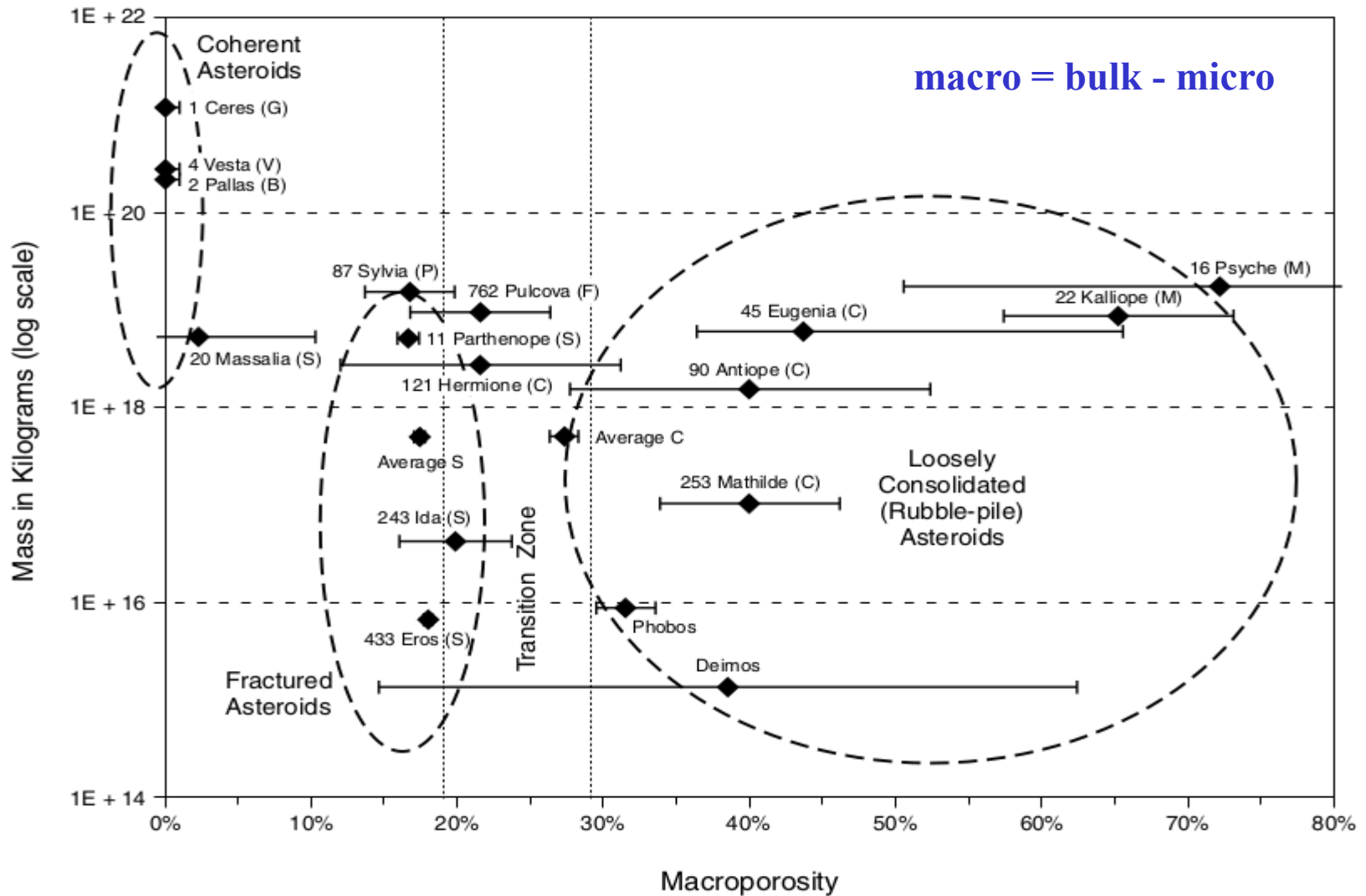
# Densidades y porosidad:



# Densidades y porosidad:



# Densidades y porosidad:

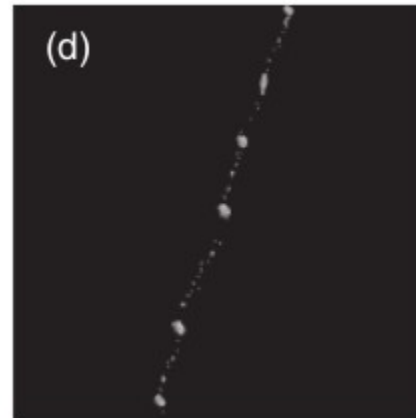
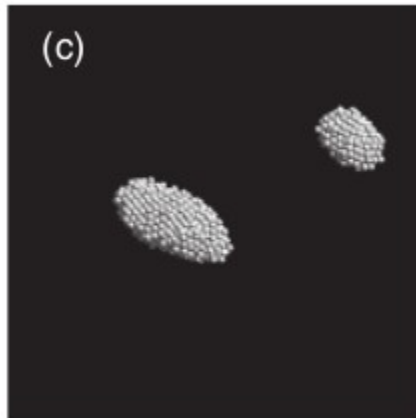
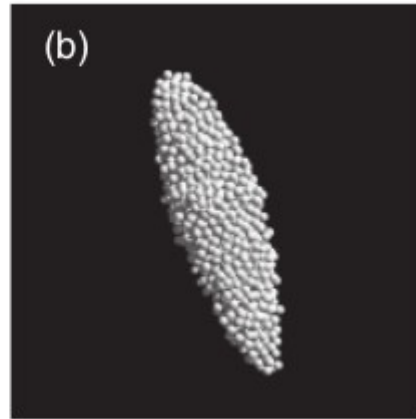
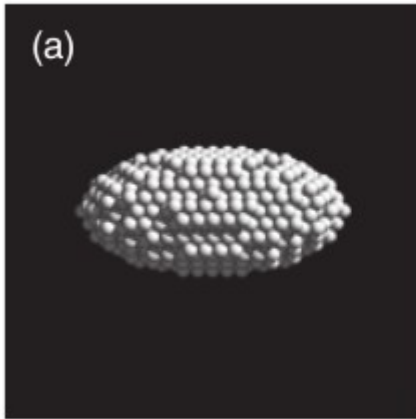




# Efectos de la porosidad en colisiones:

- la porosidad atenúa la tensión producida por la colisión.
- en materiales porosos con 10 veces menos resistencia a la tensión que el basalto requiere energías específicas comparables.
- en objetos porosos la propagación de shocks por formación de cráteres gigantes no afecta el material de cráteres cercanos.
- las colisiones modifican la porosidad del objeto.

# Simulación efecto tidal:

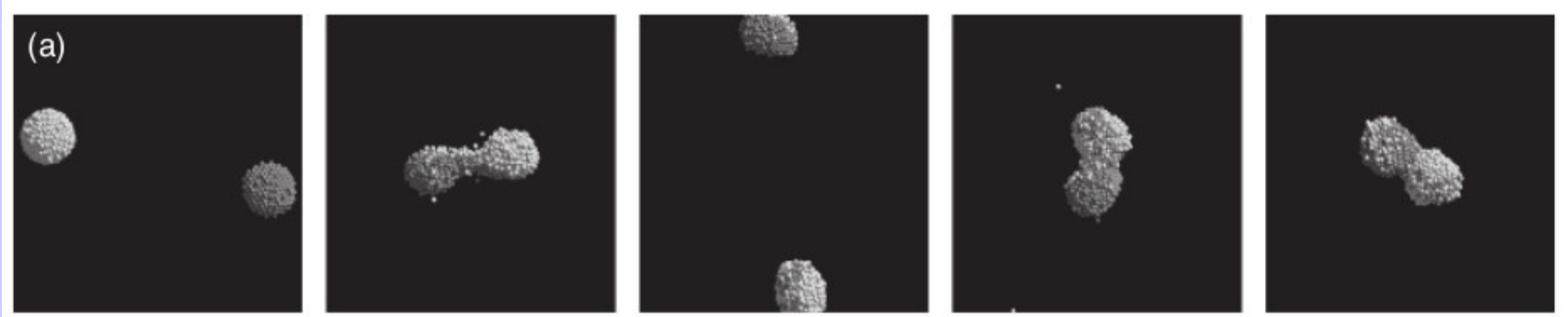


a) Original: 4x2 km  
b) 15 km/s ; 6 km

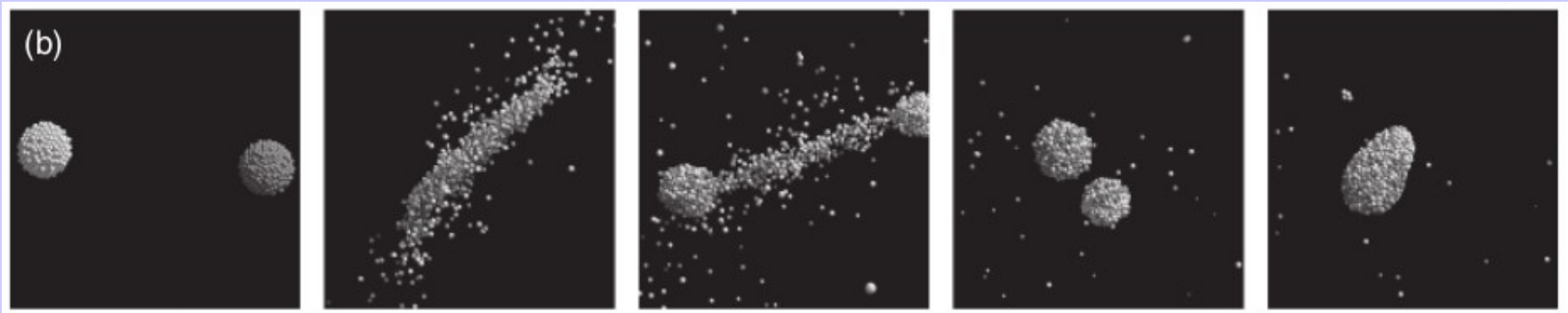
c) 12 km/s ; rel=0.36  
b) 6 km/s ; disp.

# Simulación colisión:

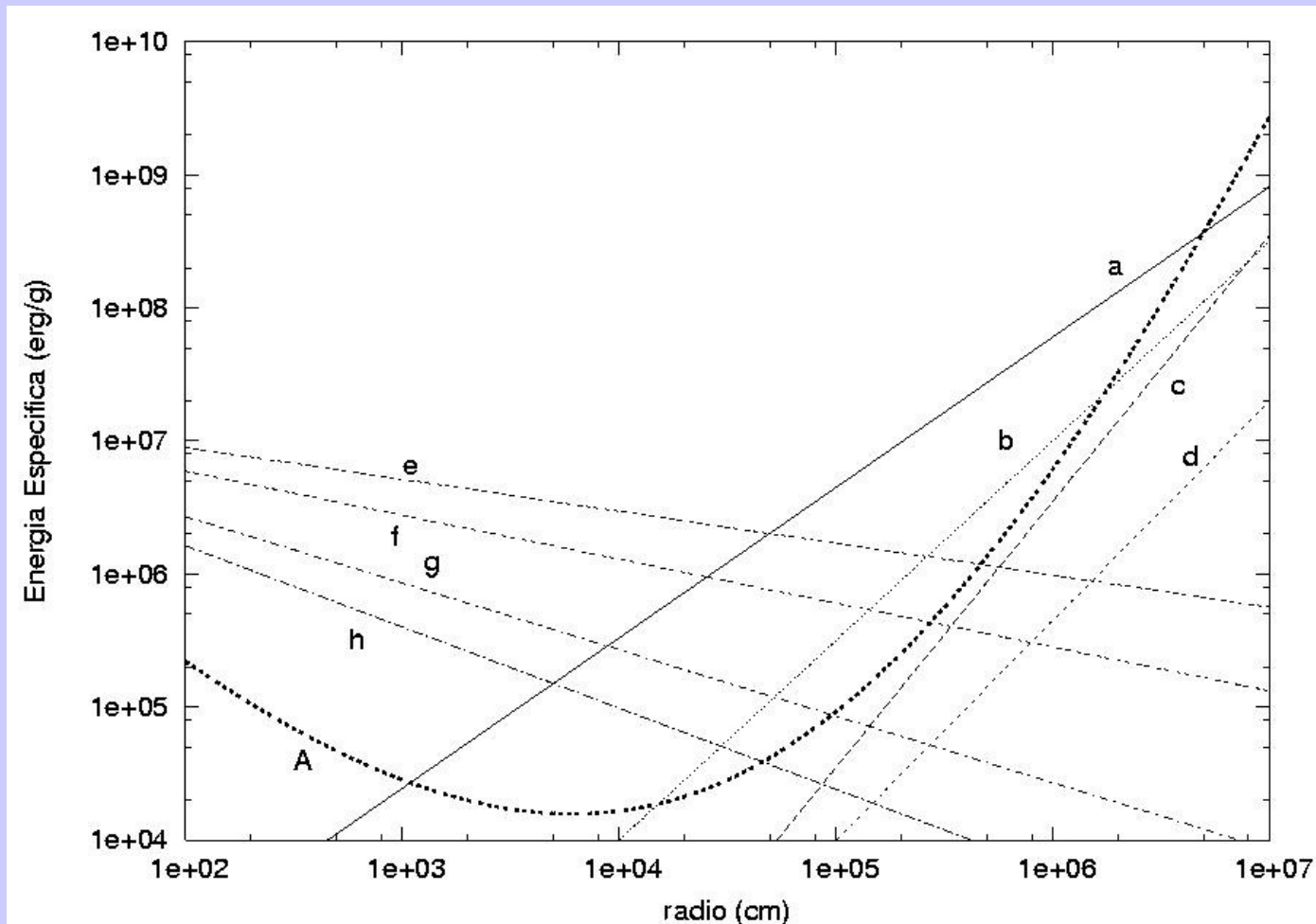
- Binario de contacto:



- Reacumulación y satélite:



# Energía específica:



# Rubble-Piles