

Asteroides y Meteoritos

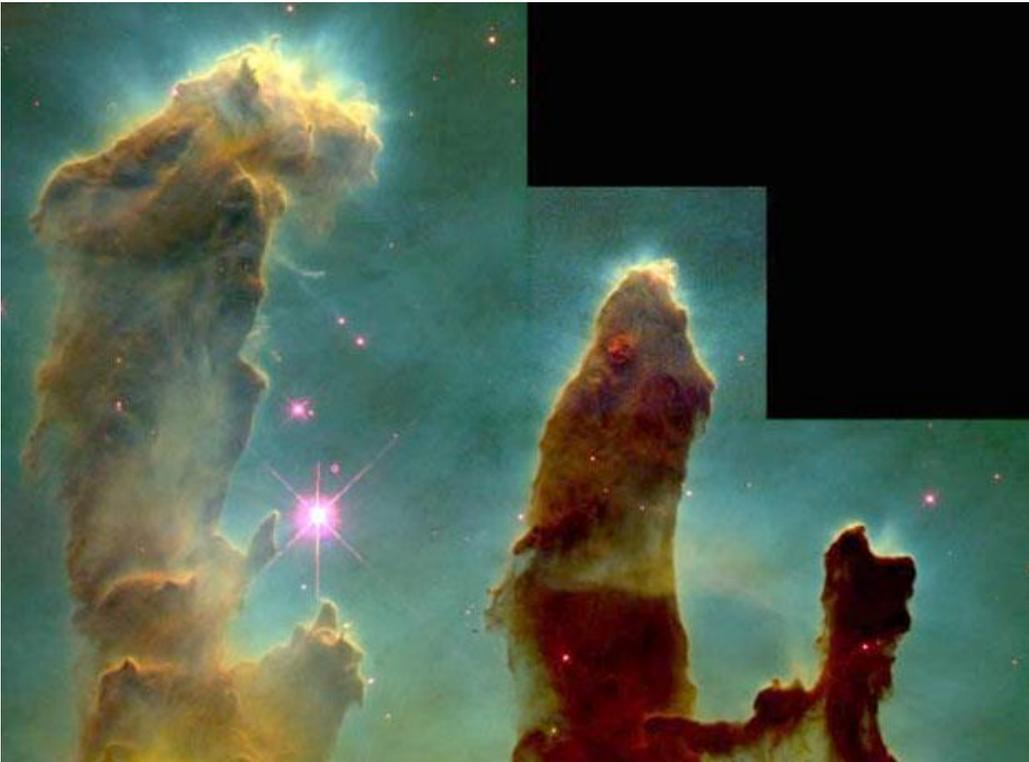
Docente: Dra. Andrea Sosa Oyarzabal

asosa@cure.edu.uy

Centro Universitario Regional del Este – Universidad de la República
URUGUAY

Curso de Geología y Geomorfología,
Licenciatura en Gestión Ambiental

Formacion de Estrellas y Sistemas Planetarios



- “Los Pilares de la Creación”: Nubes moleculares en la Nebulosa del Aguila.
- La extensión de una nube molecular se mide en años luz.
- La contracción gravitacional de una nube molecular (gas de H y polvo) da lugar a una o más estrellas en su núcleo.
- La Nebulosa del Aguila está asociada al cúmulo estelar M16, a unos 7000 años luz de distancia.

Formacion de Estrellas y Sistemas Planetarios



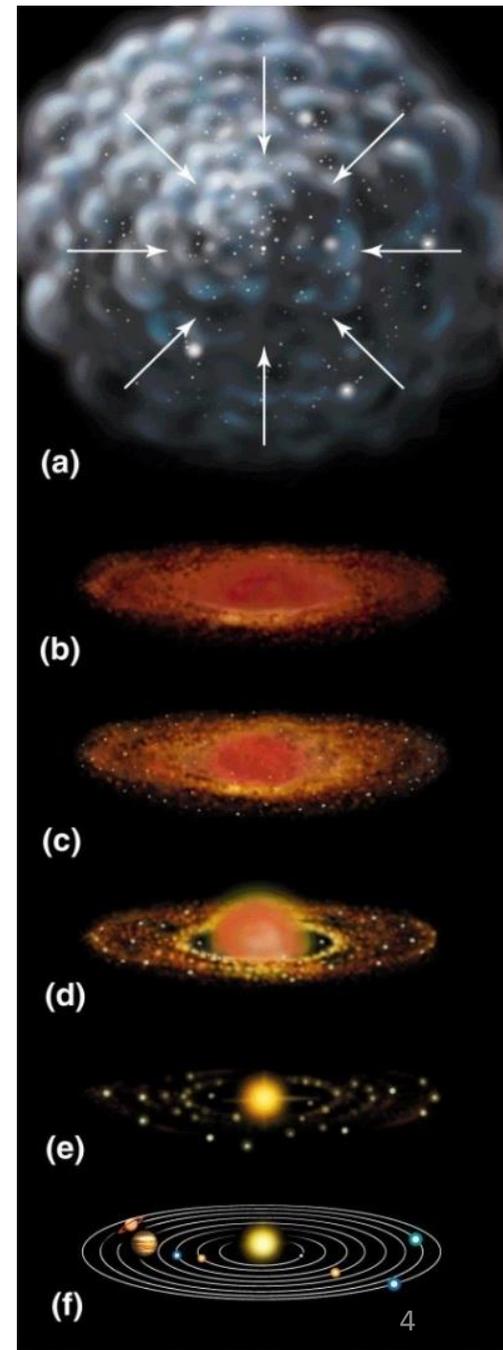
The Horsehead Nebula

Credit & [Copyright](#): [Nigel Sharp](#) ([NOAO](#)), [KPNO](#), [AURA](#), [NSF](#)

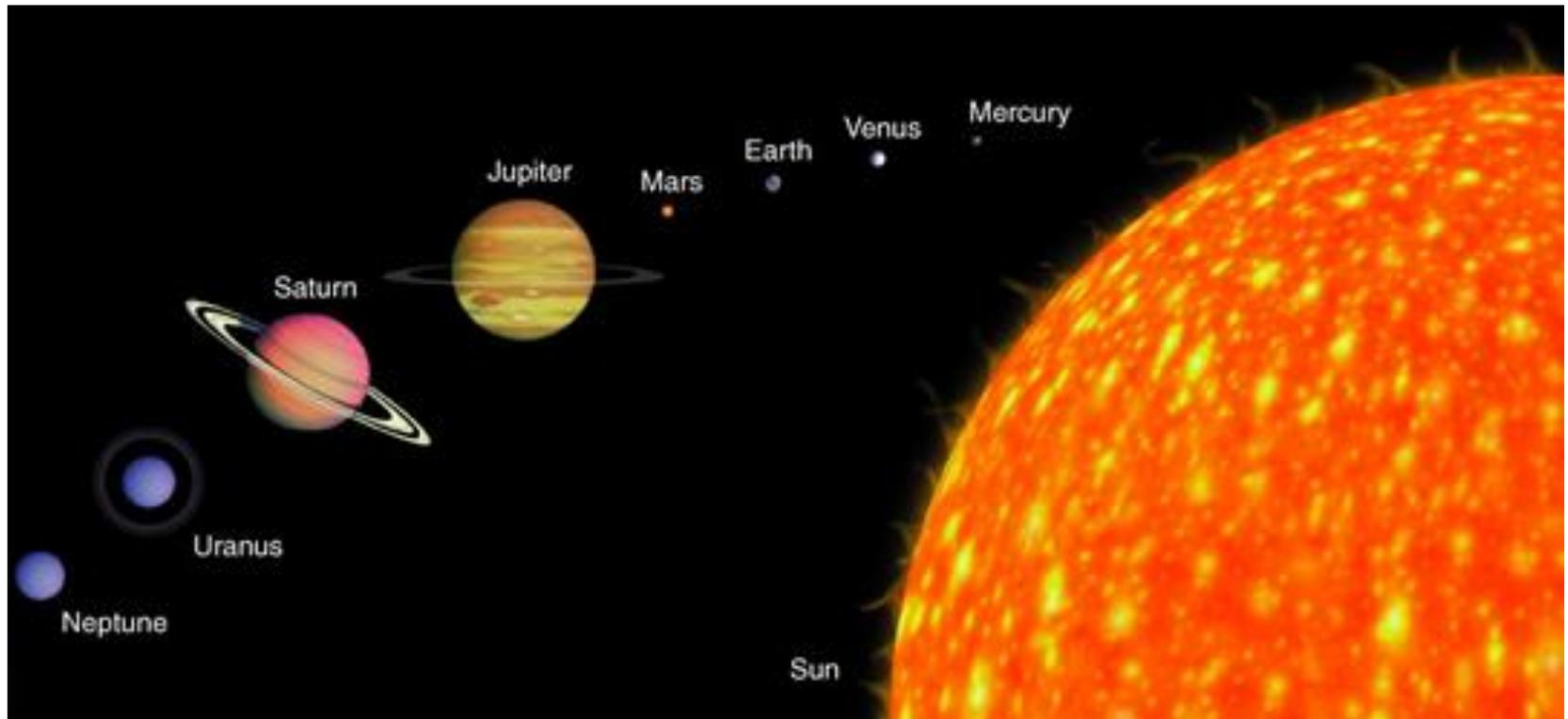
One of the most identifiable nebulae in the sky, the [Horsehead Nebula](#) in [Orion](#), is part of a large, dark, [molecular cloud](#). Also known as [Barnard 33](#), the unusual shape was first [discovered](#) on a [photographic plate](#) in the late 1800s. The red glow originates from [hydrogen](#) gas predominantly behind the nebula, ionized by the nearby bright star [Sigma Orionis](#). The darkness of the [Horsehead](#) is caused mostly by thick [dust](#), although the lower part of the [Horsehead](#)'s neck casts a shadow to the left. Streams of gas leaving the nebula are funneled by a strong [magnetic field](#). Bright spots in the [Horsehead Nebula](#)'s base are young stars just in the [process of forming](#). Light takes about 1500 years to reach us from the [Horsehead Nebula](#). The [above image](#) was taken with the [0.9-meter telescope](#) at [Kitt Peak National Observatory](#).

Teoría estándar de formación del Sistema Solar

- Hace unos 4600 millones de años, un disco de gas y polvo rodeaba a un Sol en formación....
- ... en el cual se formaron los *planetesimales*...
- ...y luego se formaron los planetas por *acreción*.



Los planetas de nuestro sistema solar

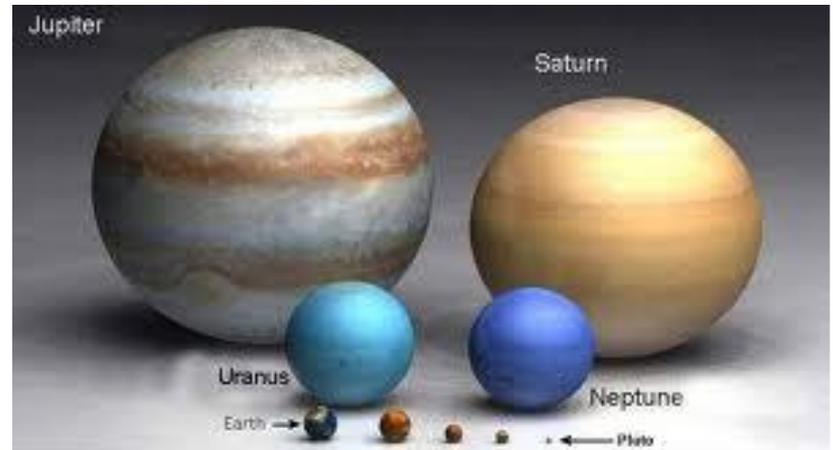
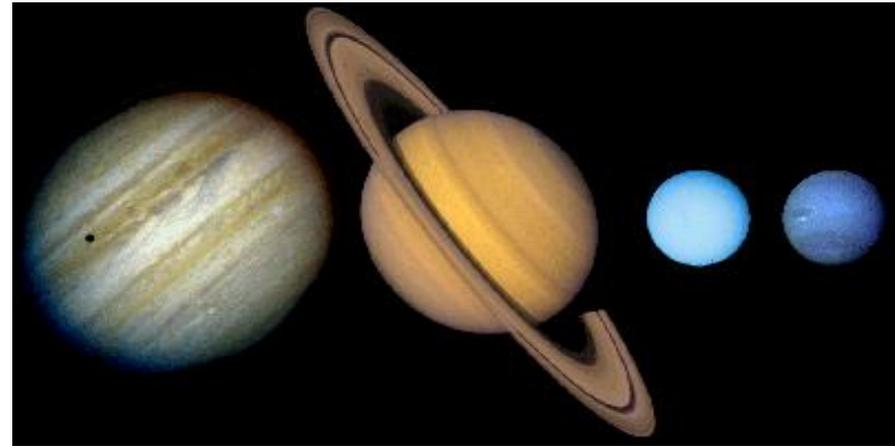


Planetas Terrestres y Gigantes



Planetas **Terrestres**: rocosos, densos ($4-5 \text{ g/cm}^3$).

Planetas **Gigantes**: gaseosos o helados, ligeros ($0.7-2 \text{ g/cm}^3$).



La primera gran crisis en la definición de planeta - Definición de asteroide



Comparación del tamaño de Ceres con los de la Tierra y la Luna



Ceres y Vesta
(Telescopio Espacial Hubble)

Nueva definición de planeta

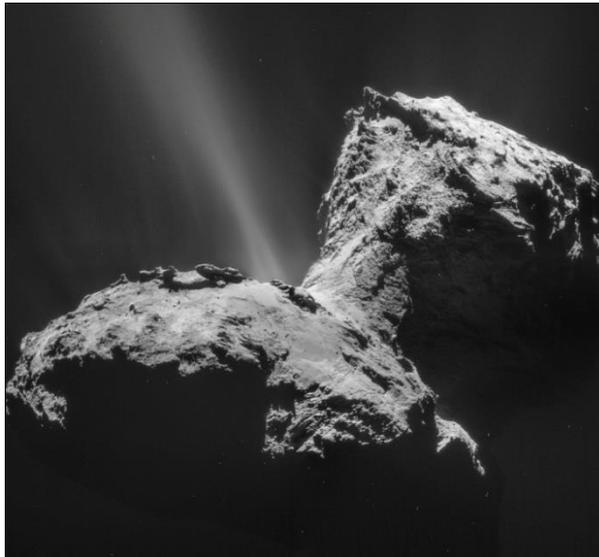
* En 2006 la Asamblea General de la Unión Astronómica Internacional, reunida en Praga, redefinió un planeta como:

1. Un “planeta” es un cuerpo celeste que (a) está en órbita alrededor del Sol, (b) tiene suficiente masa como para que su auto-gravedad se imponga a las fuerzas del cuerpo rígido de modo que asume una forma en equilibrio hidrostático (cuasi esférica), y (c) ha limpiado su vecindad a lo largo de la órbita de otros objetos.
2. Un “planeta enano” es un cuerpo celeste que (a) está en órbita alrededor del Sol, (b) tiene suficiente masa como para que su auto-gravedad se imponga a las fuerzas del cuerpo rígido de modo que asume una forma en equilibrio hidrostático (cuasi esférica), y (c) no ha limpiado su vecindad a lo largo de la órbita de otros objetos, y (d) no es un satélite.
3. Todos los otros objetos, excepto satélites, que orbitan el Sol serán referidos colectivamente como “Cuerpos Pequeños del Sistema Solar”.

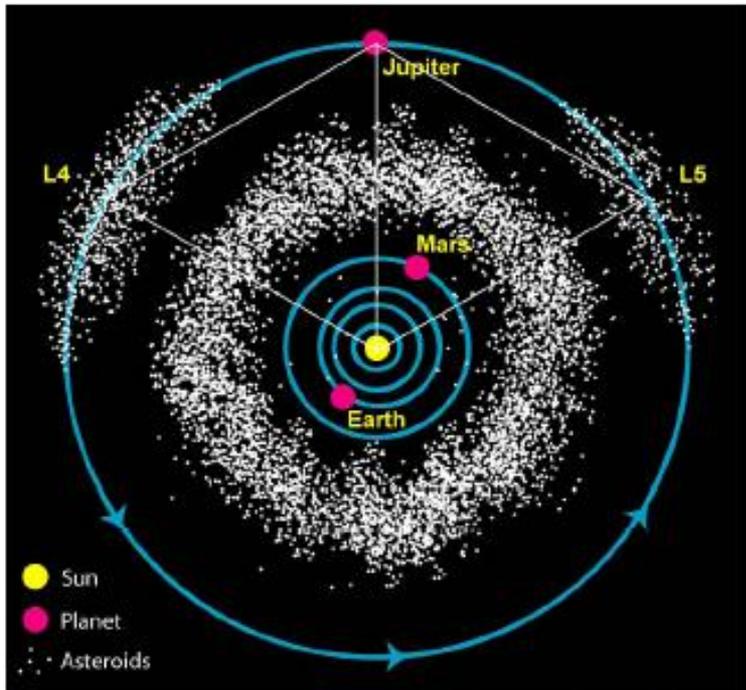
De acuerdo a esta definición, Plutón (así como Ceres, Eris, Makemake y Haumea) pasan a la categoría de “planetas enanos”.

Poblaciones de Cuerpos Menores del Sistema Solar

- Júpiter se formó en menos de 10 millones de años...
- ...mientras la Tierra lo hizo en unos 100 millones de años.
- Asteroides y Cometas: *residuos de la acreción planetaria.*



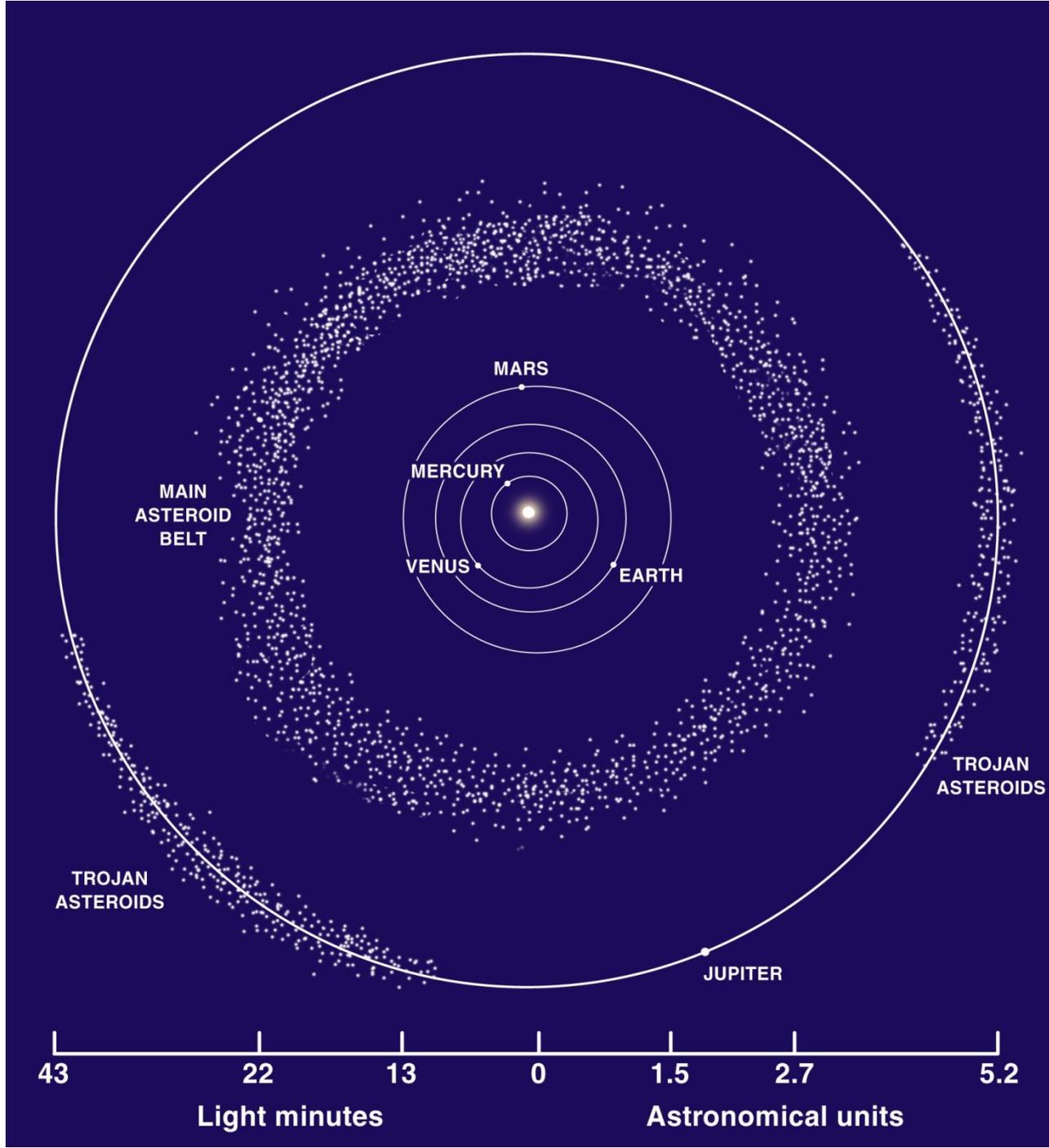
Cuerpos pequeños del sistema solar: asteroides



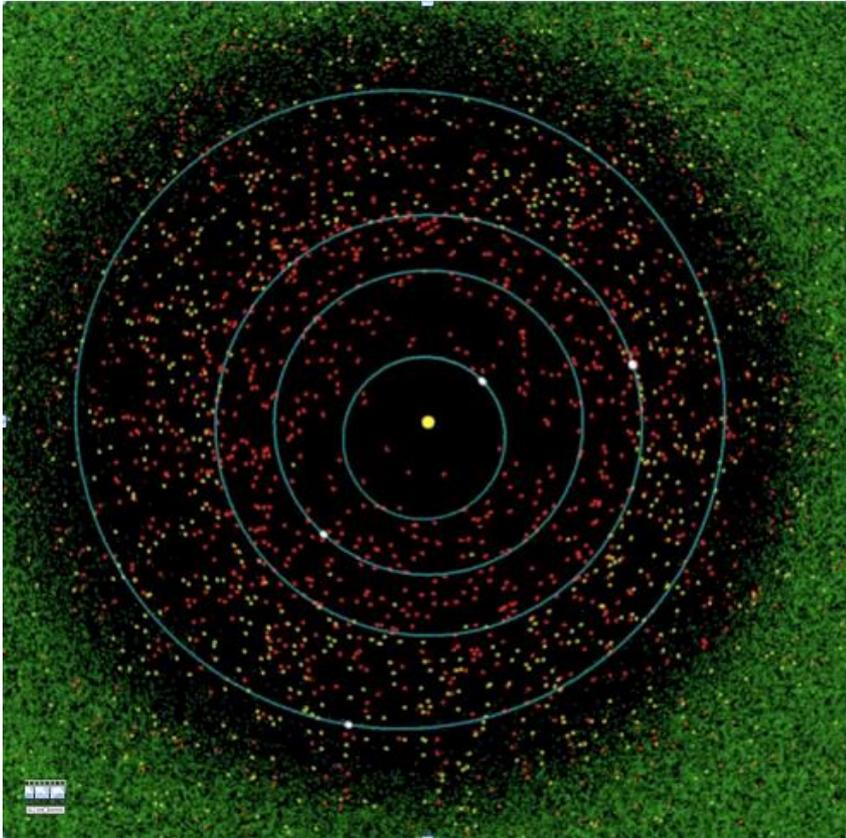
Localización espacial de los asteroides. Troyanos: se agrupan alrededor de los puntos de equilibrio dinámico L4 y L5



Muestra de asteroides: amplia gama de colores, formas y tamaños. Sólo Ceres es aproximadamente esférico.



El Sistema Solar Interior



- Asteroides del Cinturón Principal (verde).
- Asteroides que se aproximan a la Tierra pero no cruzan su órbita (amarillo).
- Asteroides que cruzan la órbita de la Tierra (rojo).

Taxonomía de asteroides

Tipo	Albedo	Espectro	Mineralogía
C	≤ 0.065	Plano, débiles rasgos	Silicatos mas minerales ricos en carbón
S	$0.065 - 0.23$	Rojizo, absorciones del Fe^{2+}	Silicatos + metal
M	$0.065 - 0.23$	Ligeramente rojizo	Metal o metal + silicatos neutros
E	> 0.3	Chato, sin rasgos	Silicatos neutros
D	≤ 0.065	Rojo, sin rasgos	Materiales orgánicos

Meteoroides, Meteoros y Meteoritos

- Los **meteoroides** son fragmentos de asteroides que orbitan en el espacio interplanetario al igual que ellos. Pueden ser de micras hasta el metro.
- Al ingresar en la atmósfera terrestre reciben el nombre de **meteoros**.
- Los meteoroides mayores que sobreviven al pasaje por la atmósfera y llegan a la superficie, se transforman en **meteoritos**.
- Aquellos meteoros que explotan en su pasaje por la atmósfera se conocen como **bólidos**.

TERMINOLOGÍA DE METEOROS

AMERICAN METEOR SOCIETY - WWW.AMSMETEORS.ORG



ASTEROIDE

Fragmento rocoso o de hierro que se mueve por el espacio.

Desde 1 metro hasta cientos de kilómetros.



COMETA

Un cuerpo sólido compuesto por hielo, roca y gases congelados. A medida que se fracturan y desintegran, algunos cometas dejan un rastro de residuos sólidos en el espacio.

Núcleo (parte sólida): del orden de kilómetros.

Cola: millones de kilómetros.



METEOROIDE

Un asteroide pequeño.

Desde unas micras hasta 1 metro.

METEOROIDE

Fragmento de materia sólida interplanetaria, de diámetro inferior a 10 m, que orbita alrededor del Sol

Si entra en la atmósfera terrestre

Puede

Produce

Vaporizarse completamente

No vaporizarse completamente

Efecto luminoso

Efecto sonoro

Cae a la Tierra como polvo

Llega a la superficie golpeándola

Estela luminosa

Estampido sónico

Se llama

Brillante

Muy brillante

METEORITO

METEORO
(Estrella fugaz)

BÓLIDO
(fireballs)

Debido a la velocidad de entrada, que oscila entre 1800 y 8400 Km/h

Un asteroide pequeño.
Desde unas micras hasta 1 metro

LLUVIA DE METEOROS

Un suceso anual, cuando la Tierra pasa a través de una región que tiene gran concentración de restos, como las partículas desprendidas de los cometas. Desde la Tierra, parece como si los meteoros partieran radialmente, del mismo punto del cielo.

METEORO

La luz emitida por un meteoroide o asteroide al entrar en la atmósfera.

BÓLIDO

Un meteoro más brillante que el planeta Venus.

SUPERBÓLIDO

La luz emitida por un meteoroide grande o un asteroide cuando explota en la atmósfera (más brillante que la Luna llena).

METEORITO

Un fragmento de un meteoroide o asteroide que resiste el paso por la atmósfera y llega a caer en el suelo. Desde unos gramos a varias decenas de toneladas.

Concept: Mike Hankey - Design: Vincent Pererin for AMS - Translation: Planetario de Madrid - 2015 © AMS





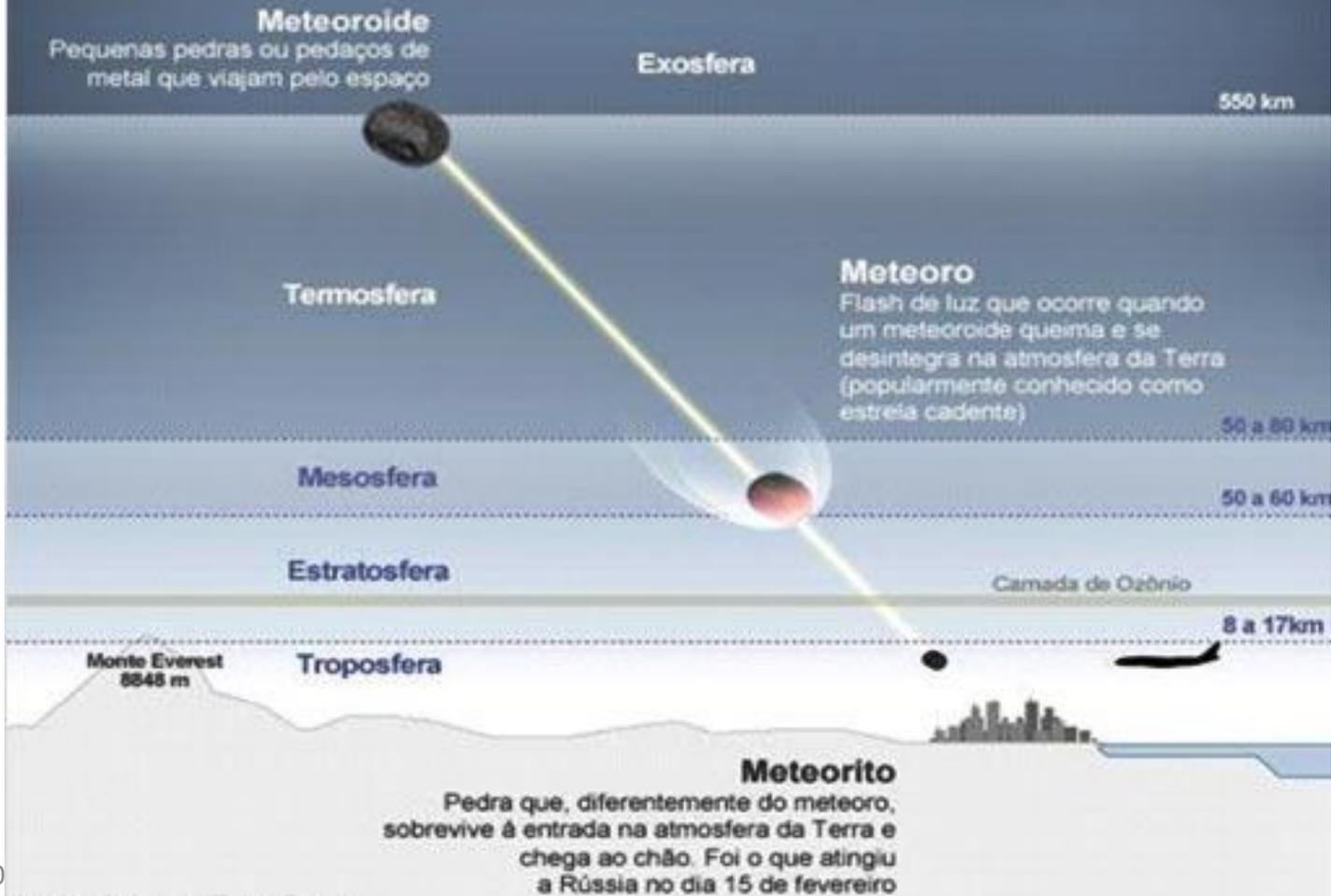
Asteroide

Corpo rochoso que orbita uma estrela maior que um meteoróide. Alguns já atingiram a Terra*

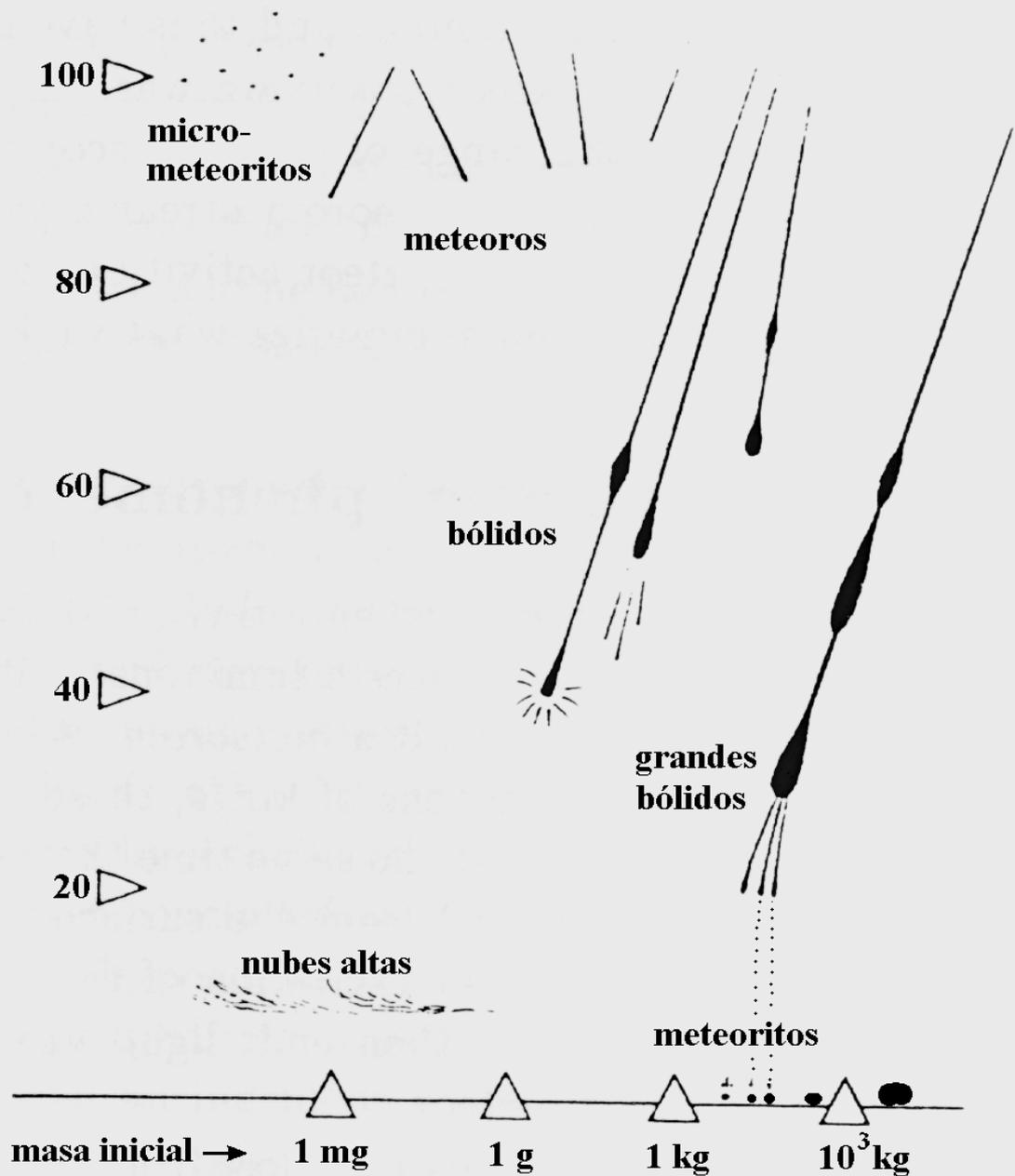


Cometa

Pedras de gelo originárias de regiões externas do Sistema Solar e que são atraídas pela gravidade dos maiores planetas. O Sol faz com que o núcleo emita gases e poeira, o que forma a cauda. Alguns têm órbitas regulares, mas outros são vistos apenas uma vez



Altura (km)



Bólidos

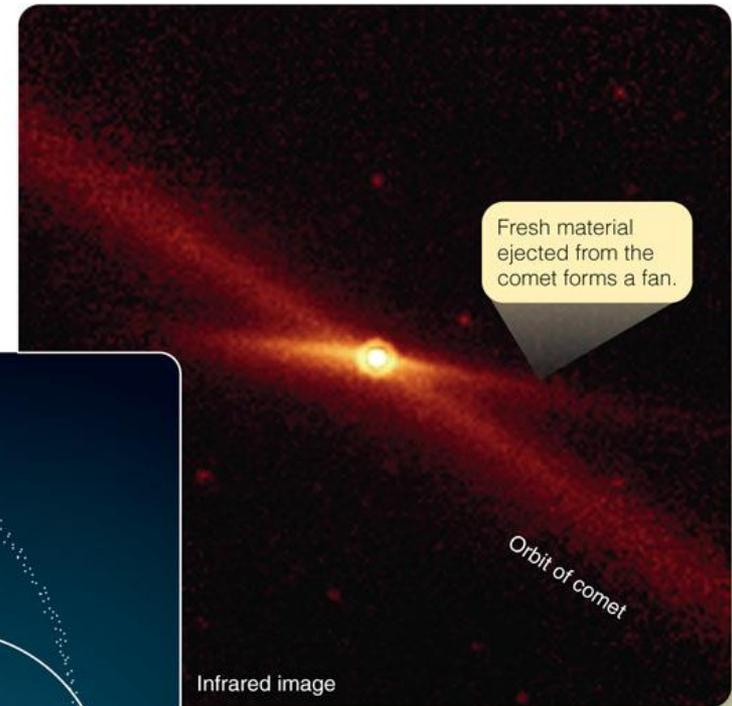


Lluvias de meteoros

- Los meteoros que contribuyen a las “lluvias” son partículas de escombros dejados por un cometa (existente o difunto) a lo largo de su órbita.
- Solamente unos pocos meteoros esporádicos no están asociados con órbitas cometarias.



© 2007 Thomson Higher Education



Lluvias de meteoros

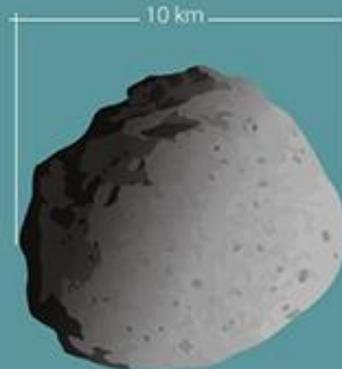
■ Table 25-1 | Meteor Showers

Shower	Dates	Hourly Rate	Radiant*		Associated Comet
			R. A.	Dec.	
Quadrantids	Jan. 2–4	30	15 ^h 24 ^m	50°	
Lyrids	April 20–22	8	18 ^h 4 ^m	33°	1861 I
η Aquarids	May 2–7	10	22 ^h 24 ^m	0°	Halley?
δ Aquarids	July 26–31	15	22 ^h 36 ^m	–10°	
Perseids	Aug. 10–14	40	3 ^h 4 ^m	58°	1982 III
Orionids	Oct. 18–23	15	6 ^h 20 ^m	15°	Halley?
Taurids	Nov. 1–7	8	3 ^h 40 ^m	17°	Encke
Leonids	Nov. 14–19	6	10 ^h 12 ^m	22°	1866 I Temp
Geminids	Dec. 10–13	50	7 ^h 28 ^m	32°	

*R. A. and Dec. give the celestial coordinates (right ascension and declination) of the radiant of each shower.

Así era el meteorito que extinguió a los dinosaurios

Hace 66 millones de años, cuando México no era México, un meteorito gigante cayó sobre lo que hoy es la mexicana Península de Yucatán, entonces sumergida, y desencadenó un cataclismo que terminó con infinidad de organismos vivos. Entre ellos, los dinosaurios.



Asteroide que generó el cráter de Chicxulub

10 kilómetros de ancho

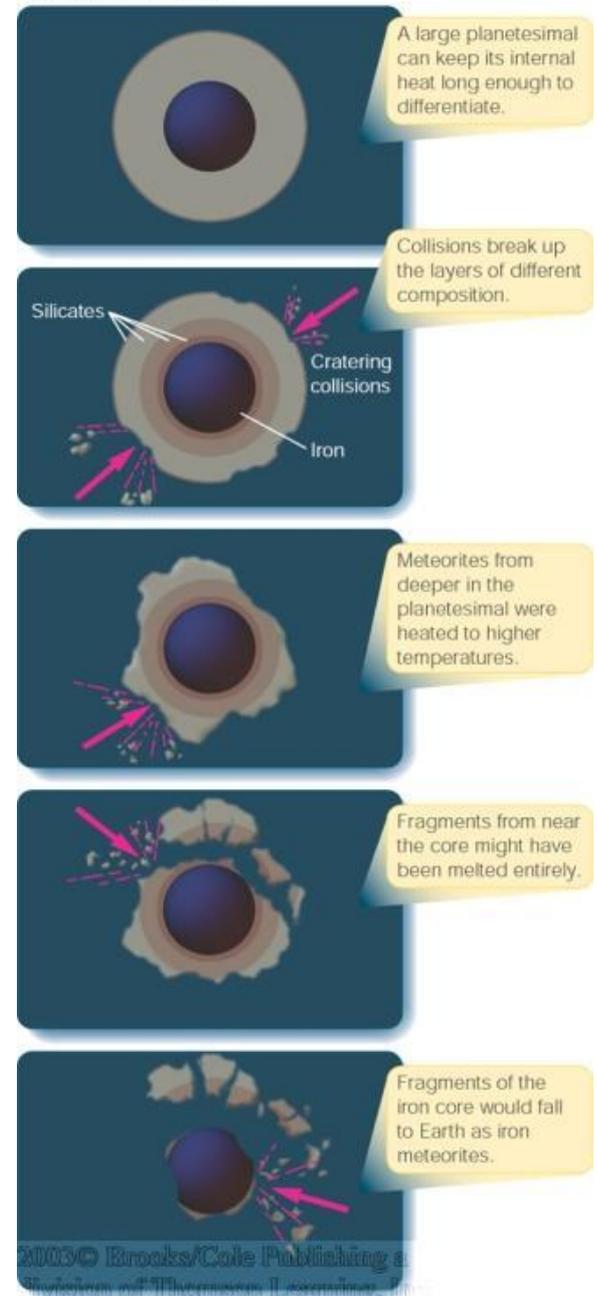


Monte Everest

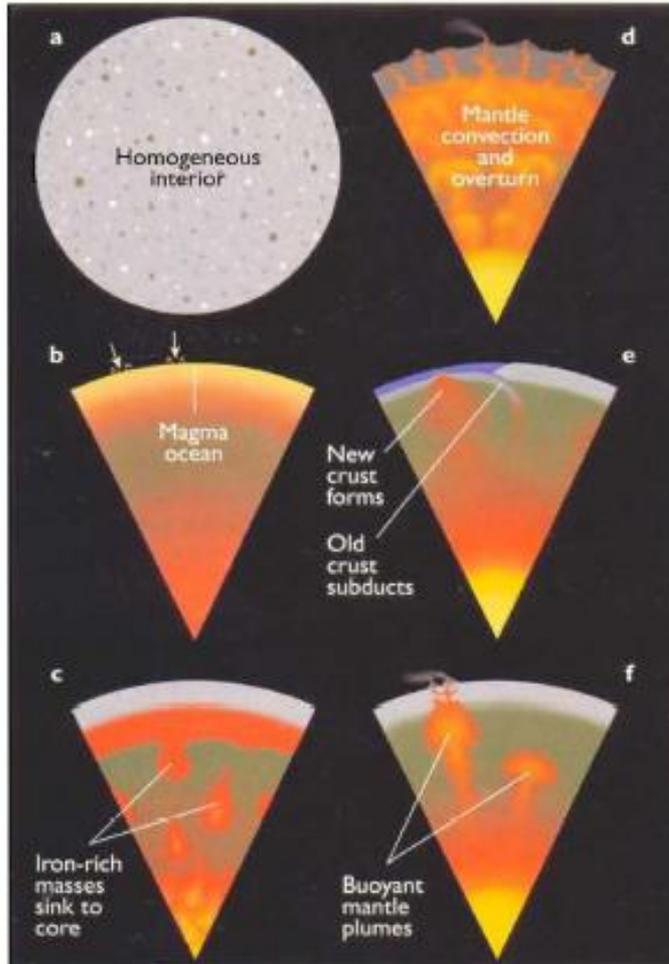
8,9 km de alto

Orígenes de los meteoritos

- Formados probablemente en la nebulosa solar primitiva, hace unos 4600 millones de años.
- La gran mayoría no provendría de cometas (al contrario de lo que ocurre con las lluvias de meteoros).
- Algunos se fundieron debido al calentamiento producido por el decaimiento radiactivo del ^{26}Al (vida media $\sim 715,000$ años).
- Los planetesimales pueden sufrir procesos de diferenciación y enfriarse.
- Las colisiones eyectan material a diferentes profundidades con diferentes composiciones.



Proceso de diferenciación interior de un planeta



- a) Interior inicial homogéneo.
- b) La energía cinética impartida por los impactos derrite el material y provoca la segregación del más denso hacia el núcleo. La corteza es el material más liviano que, como una escoria, queda flotando sobre el manto.
- c) El decaimiento de isótopos radioactivos mantiene el manto parcialmente derretido (magma): el más liviano asciende hacia la superficie provocando derrames de lava y volcanes.

Importancia de los meteoritos

- Son **muestras de otros mundos** que pueden ser analizadas en laboratorios terrestres.
- La gran mayoría son **fragmentos de pequeños asteroides**.
- Los meteoritos más primitivos contienen cantidades moderadas de hierro, y provienen de **planetesimales** que no llegaron a fundirse.
- Los meteoritos más ricos en hierro presumiblemente provengan de los núcleos de planetesimales diferenciados y luego fragmentados.
- Los meteoritos con bajo contenido de hierro serían muestras de las capas más externas de los planetesimales diferenciados.

Importancia de los meteoritos

- Dado que los objetos más pequeños se enfrían más rápido, los progenitores de la mayoría de los meteoritos nunca llegaron a calentarse lo suficiente, o se enfriaron y solidificaron en épocas más tempranas de la formación del sistema solar.
- Como consecuencia de su origen muchos meteoritos preservan un **registro de épocas más tempranas de la historia de la formación de nuestro sistema planetario.**
- Tales registros fueron “barridos” en los planetas geológicamente activos como la Tierra.

Algo de historia...

- La **caída** más antigua registrada corresponde al meteorito de Nogata, el 19 de mayo de 861.
- La caída más antigua de un meteorito de la cual se conserva material ocurrió el 7 de noviembre de 1492 en Ensisheim, Alsacia.
- Si embargo, aún durante la Ilustración (S. XVIII), para muchos era difícil aceptar que existieran piedras que podían caer del cielo, y los reportes de caídas eran tratados con escepticismo.
- El reconocimiento del **origen extraterrestre** de los **meteoritos** comenzó a aceptarse alrededor de **1800**, a partir del estudio bien observado y documentado de algunas caídas en Europa, y del descubrimiento de los primero cuatro asteroides (cuerpos celestes de tamaño sub-planetario).

Clasificación básica de meteoritos

La clasificación tradicional se basa en su apariencia y composición:

- **Metálicos (*Irons*)**: contienen principalmente hierro, con una cantidad significativa de níquel y menores cantidades de elementos siderófilos (oro, cobalto y platino).
- **Pétreos (*Stones*)**: aquellos que no contienen cantidades significativas de metales.
- **Pétreo-metálicos (*Stony-irons*)**: aquellos con cantidades comparables de metales y roca.

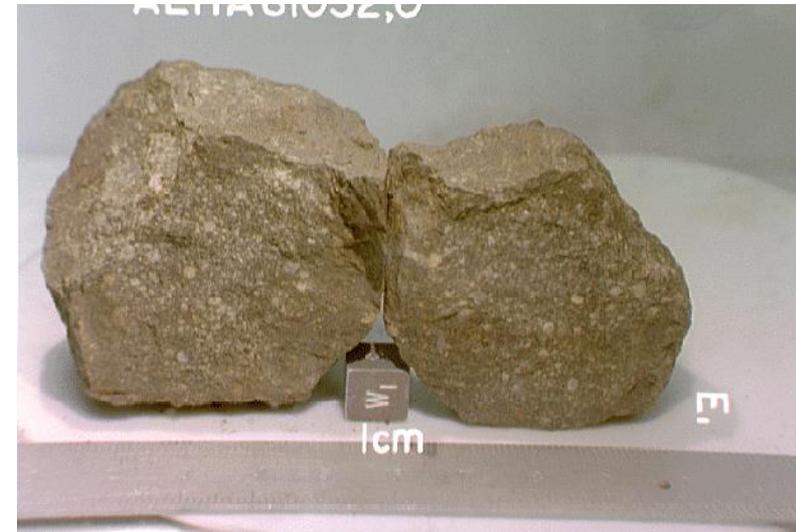
Clasificación básica de meteoritos

Otra clasificación se basa en el origen de los cuerpos:

- **Acondritas:** Proviene de la fragmentación de cuerpos diferenciados. incluye a la mayoría de los metálicos, pétreo-metálicos y algunos pétreos.
- **Condritas:** También se conocen como *meteoritos primitivos*, pues provienen de cuerpos no diferenciados, y están compuestos por material formado directamente en la nebulosa solar primitiva y que luego condensó, así como de granos de polvo interestelar supervivientes. En algunos casos esos materiales fueron modificados por procesos de alteración acuosa o térmicos.

Condritas

- En estos meteoritos se encuentran silicatos, metales, y otros minerales muy próximos entre si.
- Las condritas contienen en su mayoría unas pequeñas inclusiones igneas ($\sim 1\text{mm}$ en promedio), casi esféricas, denominadas **cóndrulos**, formados a partir de la solidificación de gotas de material fundido.
- Algunos cóndrulos son **vidriados**, lo cual implica que se enfriaron muy rápido.
- El 82% de las caidas corresponde a condritas.



Clasificación básica de meteoritos

- Exceptuando los elementos más volátiles, **la composición de todas las condritas es llamativamente similar a la de la fotosfera solar.**
- Las densidades determinadas en los meteoritos varían entre 1.7 g/cm^3 para la condrita carbonácea caída en Tagish Lake, Canada el 18 de Enero de 2000, hasta $7\text{-}8 \text{ g/cm}^3$ para los metálicos.
- Los meteoritos metálicos son más fáciles de distinguir de las rocas terrestres comunes (*efecto de selección o sesgo*).

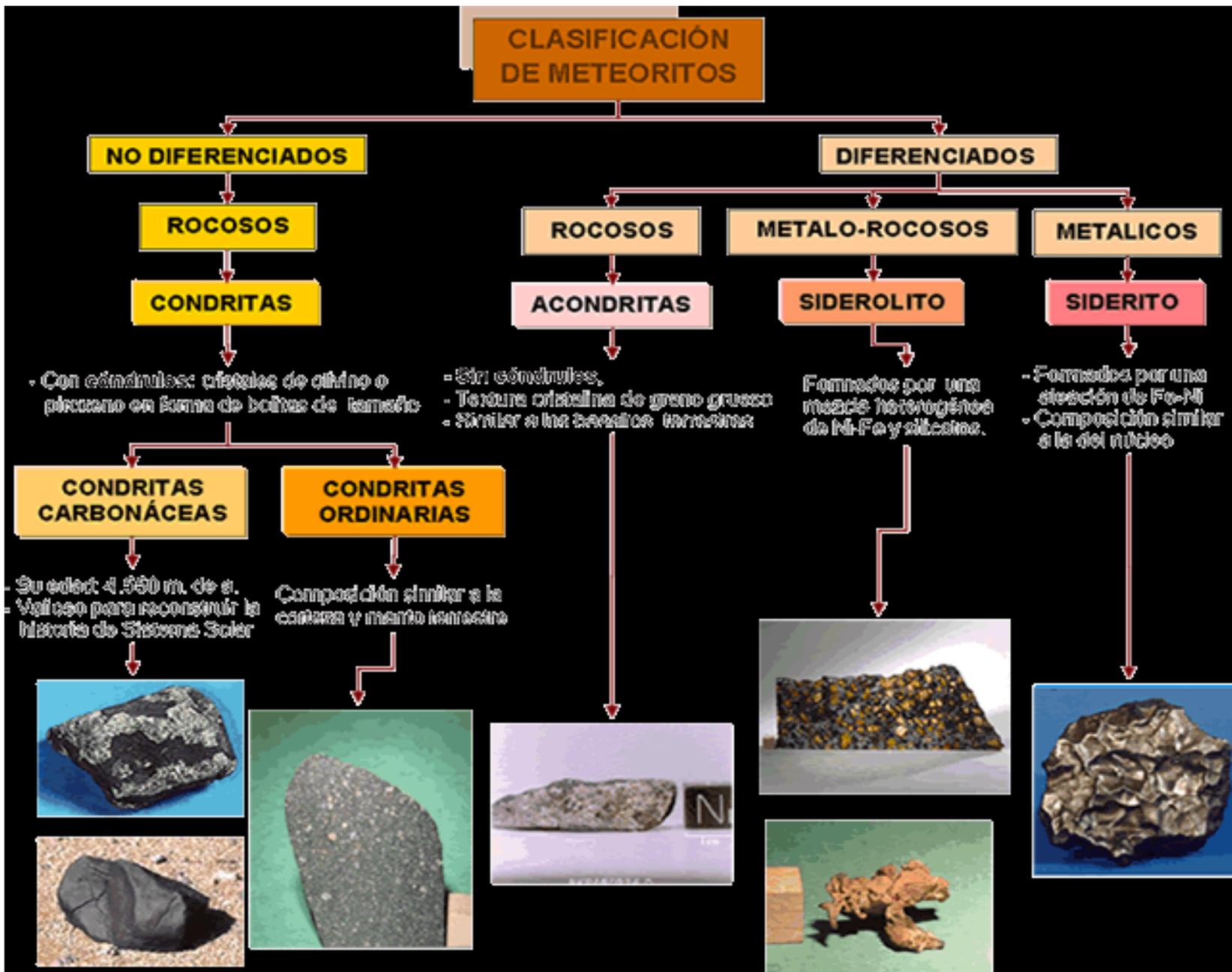
■ **Table 25-2** | **Proportions of Meteorites**

Type	Falls (%)	Finds (%)
Stony	92	26
Iron	6	66
Stony-iron	2	8

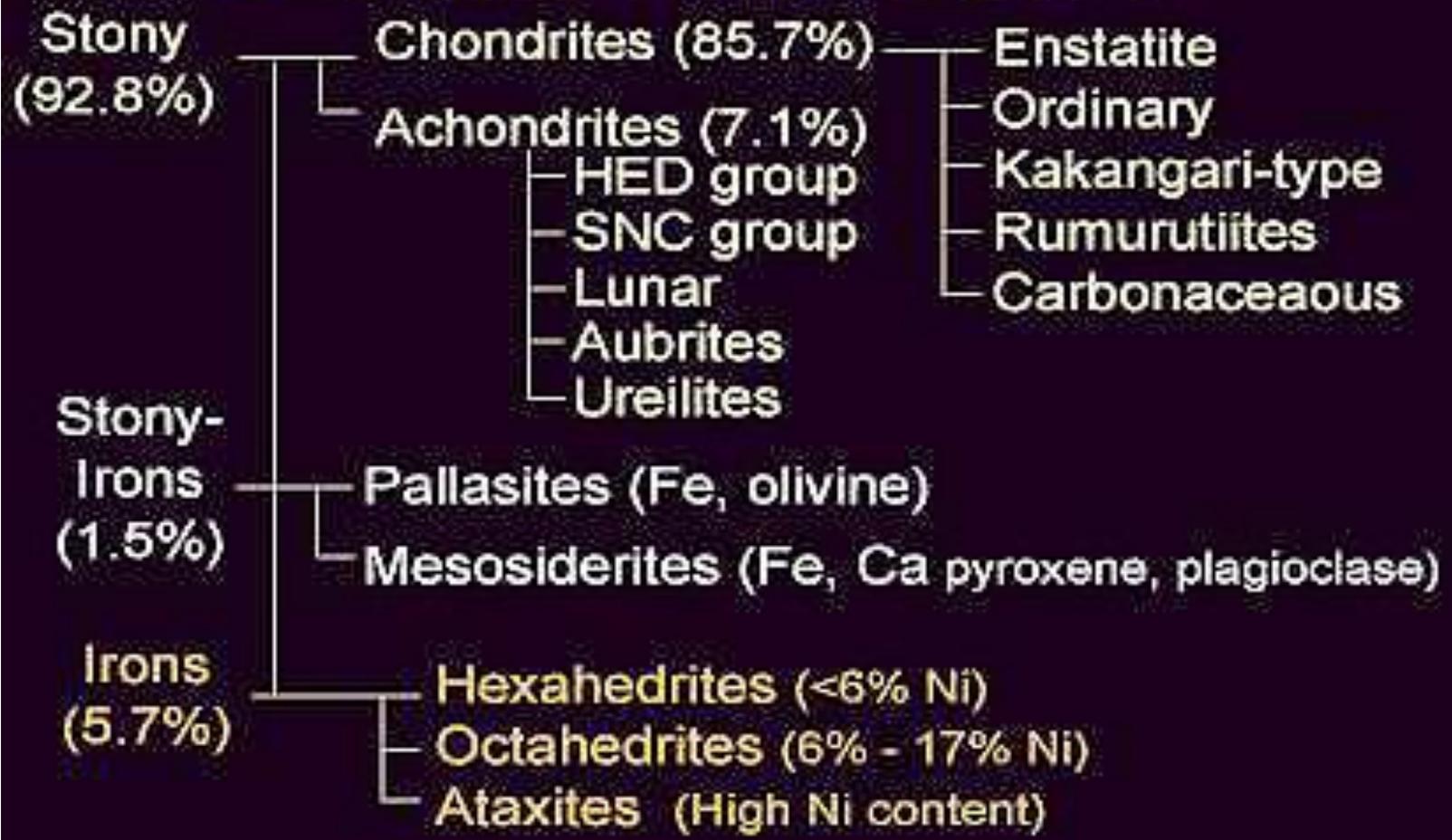
© 2007 Thomson Higher Education

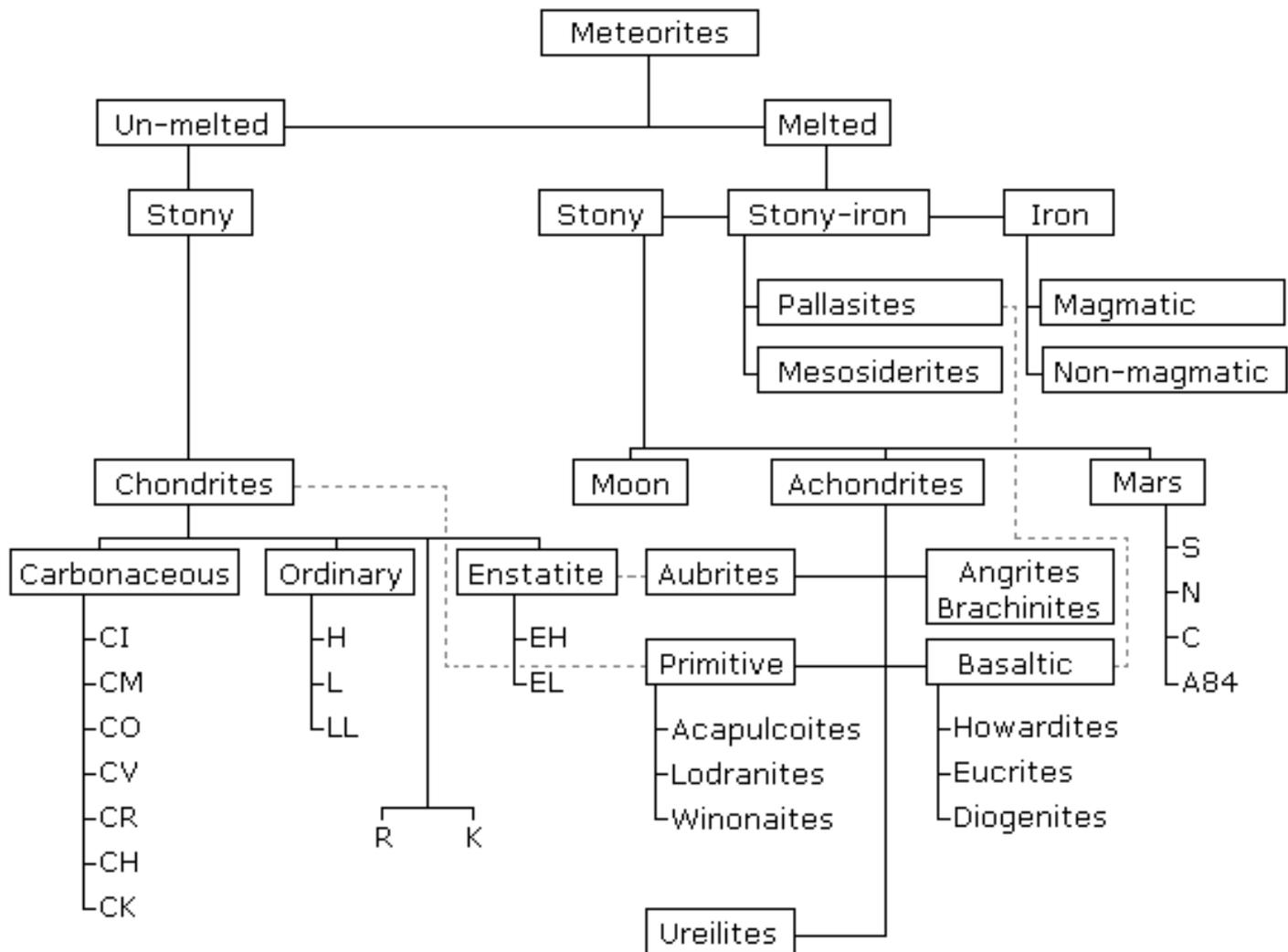
Clasificación de condritas según su mineralogía y composición

- **Condritas Carbonáceas:** mayor porcentaje en masa de carbono. Se dividen en 8 categorías: **CI, CM, CO, CV, CH, CB Y CK.**
- **Condritas Ordinarias:** se subdividen según su cociente Fe/Si en **H** (High Fe), **L** (Low Fe), y **LL** (Low Fe, Low metal). Constituyen las más comunes de las condritas.
- **Condritas Enstatitas:** el mineral dominante es el MgSiO_3 .



Classification of Meteorites





Iron meteorites are very heavy for their size and have a dark, irregular surface.

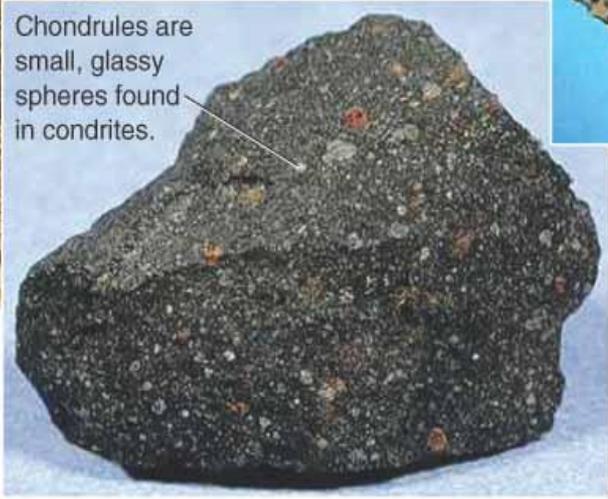
Stony meteorites tend to have a fusion crust caused by melting in Earth's atmosphere.



A stony-iron meteorite cut and polished reveals a mixture of iron and rock.



Cut, polished, and etched with acid, iron meteorites show a Widmanstätten pattern.



Chondrules are small, glassy spheres found in chondrites.

This carbonaceous chondrite contains chondrules and volatiles, including carbon, that make the rock very dark.

Acondritas



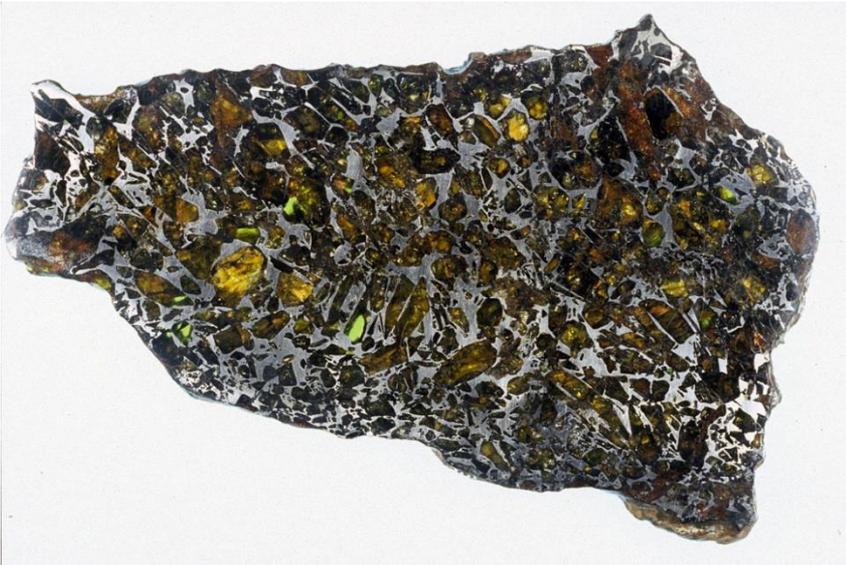
- Son meteoritos pétreos o rocosos sin cóndrulos.
- Se cree que algunos de estos meteoritos se originaron en la superficie de la Luna o de Marte.
- Un 7.8 % de la caídas corresponderían a acondritas.

Metálicos



- Formados por aleaciones cristalinas de Níquel y Hierro.
- Se cree que un 4.8 % de las caídas corresponden a meteoritos metálicos.
- Cuanto mayor el numeral romano en la clasificación, más bajo es el contenido de los elementos traza.

Pétreo-Metálicos



- Son mezclas de aleaciones de Hierro y Níquel con material mineral no metálico.
- Se cree que el 1.2 % de las caídas corresponden a este tipo de meteoritos.