

Ciencia y aventuras de las rocas que caen del cielo: la XXVIII Olimpiada Estatal de Ciencias de la Tierra

Enrique Gómez Treviño*

Departamento de Geofísica Aplicada, División de Ciencias de la Tierra, CICESE

Ensenada, Baja California, México. 22860

*egomez@cicese.mx

Resumen

Para vincular el tema de este año con las premiaciones, aparte de los diplomas y demás, los ganadores recibieron fragmentos de meteoritos. Conseguirlos fue toda una odisea, pero por fin llegaron, no directamente del espacio sino de la empresa que los comercializa y certifica que son auténticos. Se trata de uno de los meteoritos más famosos del mundo, el de Campo del Cielo, el cual cayó hace 4,000 años en Argentina.

En cuanto al título de la olimpiada, hay que precisar que las aventuras no se refieren a las peripecias que seguramente experimentaron las rocas para llegar a la Tierra desde el espacio, más allá de Marte. En realidad se refieren a personas que tuvieron la buena o mala fortuna de haber tenido encuentros cercanos con meteoritos. En cuanto a lo de ciencia, se trata de compartir la narrativa que ha construido la comunidad científica alrededor de los meteoritos. Primero fue la negación, luego la aceptación con desconcierto, para terminar celebrando que son la clave para entender el origen y la formación de la Tierra y del Sistema Solar. Algo similar a lo que sucedió con la negación de que muchas enfermedades son producidas por microorganismos, para terminar celebrando las vacunas y los antibióticos. Y es que así progresa la ciencia. Es como santo Tomás, ver para creer; el avance es lento pero seguro.

Se publicó la guía con la convocatoria dos meses antes del examen, con instrucciones sobre qué buscar sobre la ciencia y las aventuras de los meteoritos. En este texto se incluyen tanto la guía como el examen.

Participaron en el evento 98 estudiantes provenientes de 15 planteles de Ensenada, Mexicali, San Quintín y Tijuana, Baja California. Gael García Aguirre del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 11 (CETMAR) obtuvo el primer lugar, quien contó con el apoyo del profesor José Pedro Arce Serrano. El segundo lugar fue para América Flores Medina, de la misma escuela, con la asesoría del profesor Elías Hawa Calvo. El tercer lugar fue para Ángela Mondragón Moreno, estudiante de la preparatoria Cetys Ensenada, cuya preparación contó con el apoyo del profesor Armando Arámburo Herrera. La ceremonia fue presidida por Enrique Gómez Treviño, coordinador de la Olimpiada, y Mario González Escobar, tesorero de la Unión Geofísica Mexicana y director de la División de Ciencias de la Tierra del CICESE.

Palabras Claves: Meteoritos; Ley de Bode; Olimpiada de Ciencias de la Tierra.

Guía para la XXVIII Olimpiada de Ciencias de la Tierra, un evento CICESE-Unión Geofísica Mexicana

**Viernes 27 de marzo del 2026
Auditorio Institucional del CICESE
Ensenada, Baja California**

Para estudiantes de preparatoria de Baja California

Introducción

Todo sobre los meteoritos es impactante, desde el impacto físico directo en el suelo hasta sus impactos en la ciencia, pasando por el espectáculo que ofrecen las lluvias de estrellas. El estudio de las “rocas que caen del cielo”, conocido oficialmente como meteorítica, nos permite entender el origen del Sistema Solar y la Tierra. La mayoría proviene del cinturón de asteroides y se formaron hace unos 4,600 millones de años, una edad superior a la de cualquier roca terrestre debido a que estas últimas han sido recicladas por la tectónica de placas. Se clasifican principalmente en tres tipos: Pétreos (condritas y acondritas), Metálicos (sideritos) y Metálico-pétreos (pallasitas). En las condritas se han hallado moléculas orgánicas y precursores de la vida, sugiriendo que estos pudieron “sembrar” los componentes básicos en la Tierra primitiva. Los meteoritos no solo se aprecian en la ciencia, hay joyería comercial de meteoritos y coleccionistas en todo el mundo que los compran y venden en subastas, lo que motiva a que existan buscadores profesionales. Por otro lado, a pesar de que miles de meteoritos entran a la atmósfera cada año, los casos registrados de personas golpeadas directamente son extremadamente raros. Solo hay uno debidamente documentado. Hay casos famosos de autos y otros objetos que se subastan a altos precios solo por el hecho de haber sido golpeados por un meteorito.



Figura 1. Tallado en madera mostrando la caída del meteorito Ensisheim el 7 de noviembre de 1492. Nuremberg Chronicle (photo credit: Wikimedia Commons).

Un planeta hipotético

Hasta hace más o menos dos siglos, la comunidad científica rechazaba la creencia popular de que caían rocas del cielo. La Figura 1 muestra la imagen de un tallado en madera de la caída de un meteorito en 1492, tres siglos antes de que se aceptara su existencia. Pese a los testimonios y la evidencia de rocas raras, el modelo del sistema solar de aquel entonces solo contemplaba planetas y lunas, ignorando la existencia de objetos menores. El descubrimiento del cinturón de asteroides tiene una historia fascinante porque su existencia fue predicha tres décadas antes, no como el cinturón que ahora conocemos sino como un planeta hipotético. El descubrimiento es un ejemplo de predicción teórica que podemos recrear por nosotros mismos, es muy simple. En 1772, se publicó lo que ahora se conoce como la ley de Bode, la cual consiste en una serie numérica que parecía dictar las distancias de los planetas al Sol en Unidades Astronómicas (UA). Al aplicar la fórmula $(4+n) / 10$ a la secuencia $n=0,3,6,12,24,48....$ se obtuvieron valores que coincidían con asombrosa precisión con las órbitas conocidas de la época según se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Distancia al Sol de los planetas según la Ley de Bode.

Unidades Astronómicas (UA)	Planeta
0.4	Mercurio
0.7	Venus
1	La Tierra (punto de referencia)
1.6	Marte
2.8	No hay planeta
5.2	Júpiter
10.0	Saturno
19.6	Urano

La ley se hizo famosa porque cuando se descubrió Urano en 1781, su distancia al Sol resultó muy cercana a la predicha por la ley. Esto reavivó el interés por una falla que se había detectado en la ley. La secuencia presentaba un vacío intrigante en las 2.8 UA, donde la ley sugería para $n=24$ la existencia de un planeta entre Marte y Júpiter,

pero ahí no había ningún planeta. O tal vez sí había y habría que buscarlo. Esta anomalía impulsó una búsqueda sistemática que culminó en 1801 con el hallazgo de Ceres, el cuerpo más grande de la región, seguido pronto por Vesta y muchos objetos más en 2.8 UA. Hoy sabemos que estos cuerpos son protoplanetas y planetesimales que nunca lograron consolidarse en un planeta debido a las perturbaciones gravitatorias de Júpiter (Figura 2). O sea que no hubo planeta, pero sí algo que pudo haber sido planeta.

Nuevo desafío: descifrar los meteoritos

Al descubrirse que había una posible fuente de meteoritos, estos objetos captaron el interés de la comunidad científica y los integraron al modelo del Sistema Solar. Ahora sabemos que los choques constantes en el cinturón de asteroides desvían los fragmentos. Eventualmente, estos fragmentos cruzan la órbita de la Tierra y se precipitan a la superficie como meteoritos.

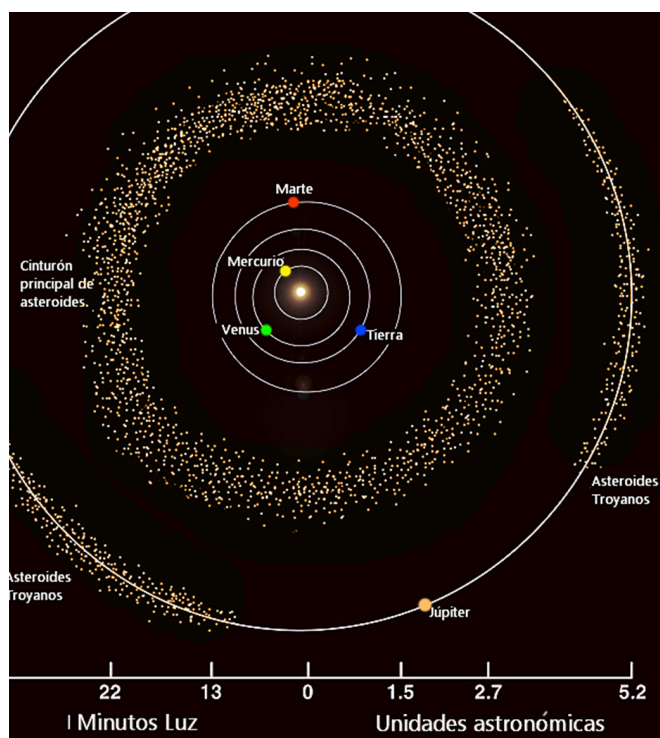


Figura 2. El cinturón de asteroides entre Marte y Júpiter. Fuente Wikipedia.

El nuevo desafío residía en explicar por qué estos meteoritos se agrupan en tipos específicos según su textura, densidad, composición o magnetismo. Un verdadero rompecabezas que como muchos problemas científicos al principio no se sabe si le faltarán piezas, o incluso no se sabe siquiera si se trata de un rompecabezas. Ahora sabemos hasta de qué parte de un asteroide proviene cada uno, como se ilustra en la Figura 3. No se obtiene esta información de forma directa. Nadie ha perforado un protoplaneta y mucho menos hasta su núcleo para saber su composición de hierro y níquel. Todo es indirecto. Se trata de razonamientos basados en análisis químicos, experimentos de laboratorio, mediciones a distancia con telescopios y razonamientos lógicos sobre cómo se distribuirían los minerales después de que el material original se fundiera.

Aquí entra en juego un proceso clave: la diferenciación. Este es el proceso mediante el cual un asteroide se calienta lo suficiente como para fundirse. Los materiales se reordenan según su densidad, separando el asteroide en capas internas distintas, similar a como ahora suponemos por analogía, que se formaron el

núcleo y la corteza de la Tierra. Las condritas no han sufrido procesos de fusión o diferenciación planetaria, lo que significa que conservan la composición original del material del que se formó el Sistema Solar. Los cóndrulos o esferitas de diferentes minerales se funden y se separan en el proceso de diferenciación.

¿La Tierra tiene edad?

Al analizar la desintegración de isótopos radioactivos como uranio-plomo en condritas, se ha logrado determinar que estos meteoritos se formaron hace unos 4,600 millones de años, lo que marca el nacimiento del Sistema Solar y, por ende, el inicio de la formación de la Tierra. Debido a la tectónica de placas, la Tierra ha reciclado sus rocas más antiguas, haciendo casi imposible encontrar las primeras muestras de su formación. Es por esto por lo que se utilizan las condritas como “relojes” del Sistema Solar para inferir la edad del planeta. Las rocas más antiguas de la Tierra son fragmentos de minerales encontrados en Australia Occidental, datados en unos 4,400 millones de años.



Figura 3. Los diferentes tipos de asteroides y meteoritos. Las condritas nunca se fundieron por lo que no están diferenciadas.

Y siguen los descubrimientos

En menos de dos siglos, pasamos de ignorar las “rocas que caen del cielo” a convertirlas en la pieza maestra para descifrar el origen del Sistema Solar y de nuestro propio planeta. Sin embargo, este campo sigue vibrando con sorpresas que desafían viejas certezas. Un ejemplo ocurrió en 2024, cuando se descubrió que el meteorito que causó la extinción de los dinosaurios hace millones de años no procedía del Cinturón de Asteroides, como se creía, sino de una región mucho más remota del sistema solar. Esto no solo es nuevo conocimiento, también nos importa de otra manera porque aminora la probabilidad, ya de por sí pequeña, de que nos vuelva a caer otro de esas dimensiones.

Qué buscar o hacer:

1) Cuestiones básicas como: diferencias entre meteoro, meteorioide y meteorito. ¿De dónde más provienen los meteoritos? ¿Cómo se sabe que vienen de esos lugares? ¿Qué son las estrellas fugaces? ¿Quién propuso por primera

vez la hipótesis nebular? y ¿Quién la modificó?

2) Detalles como: ¿Qué son los cóndrulos? ¿Qué es la corteza de fusión y cómo y por qué es diferente según el tipo de meteorito? ¿Qué son las acondritas y los sideritos? ¿Qué son los patrones de Widmanstätten?

3) Ejercitarse en el uso de la ley de Bode. ¿Qué planetas no obedecen esta ley? ¿Cómo considera la comunidad científica actual a esta ley? Despejar n en la fórmula en términos de las demás variables.

4) Información sobre Vesta: ¿Cómo se llamó la misión de la NASA que se envió para estudiar a Vesta? ¿Cuándo se envió? ¿Qué tipo de propulsión nueva se utilizó? ¿Cuál fue su principal descubrimiento? De qué parte de Vesta provienen los meteoritos llamados pallasitas o palasitas, de donde viene su nombre y qué tiene que ver uno de sus minerales con las aceitunas.

5) ¿Qué son las perseidas? ¿De dónde vienen y en qué mes se pueden observar? ¿Por qué se llaman perseidas? Explicar por qué las estelas parecen venir todas desde un mismo punto, aunque en realidad son paralelas. También busquen la diferencia entre asteroides y cometas. Este mes de abril les toca a las Líridas. También están las Acuáridas, Dracónidas, etc. No son cada mes, pero casi.

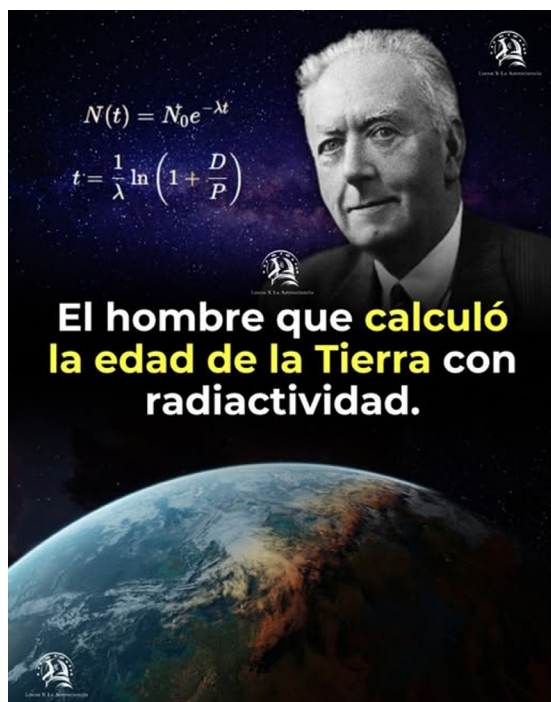


Figura 4. El Geólogo Arthur Holmes utilizó meteoritos para calcular la edad de la Tierra.



Figura 5. Pallasita o palasita formada por cristales de olivino en matriz de hierro-níquel. Fuente Wikipedia.

Los meteoros conocidos como estrellas fugaces o lluvia de estrellas se producen por pequeñas partículas de polvo del tamaño de un grano de arroz. Lo que vemos no es la combustión de la partícula. En realidad, es un fenómeno mucho más interesante. Tiene que ver con la altísima velocidad con la que entran las partículas en la atmósfera, particularmente las perseidas (Figura 6). Se produce una onda expansiva que calienta el aire por compresión y lo ioniza, o sea que lo convierte en un plasma como es la superficie del Sol. La zona ionizada es de varios metros de ancho y varios kilómetros de largo. La luz se emite cuando los electrones libres vuelven a reunirse con los iones de los diferentes gases en el aire. Son canales de ionización bastante grandes que se pueden ver desde cientos de kilómetros. Vean estos videos cortos:

<https://www.youtube.com/shorts/VNyX3CLBYIM>

<https://www.youtube.com/watch?v=4qe1Ueifekg>

<https://www.youtube.com/watch?v=kgHhOUTvudc>

Supongan una partícula típica de las perseidas y la velocidad a la que entra en la atmósfera y calculen su energía cinética. Utilicen esta energía para calcular la velocidad de una pelota de béisbol que tenga la misma energía cinética. Por supuesto, la velocidad de la pelota será mucho menor porque tiene mayor masa. ¿Cuánto es en km/h? Busquen cuántas veces es mayor esta velocidad que el récord de un lanzador de béisbol.

6) Diamantes y utensilios de meteoritos. Buscar información sobre la ciudad en Europa que está construida en el cráter de meteorito y apenas si se dieron cuenta hace algunas décadas (Figura 7, izquierda). La ciudad fue fundada hace muchos siglos. Tampoco sabían que las rocas con que construyeron su iglesia y sus casas contienen millones de diamantes diminutos. Busquen las condiciones para que se produzcan diamantes en los impactos de meteoritos. En la Edad de Bronce no se sabía fundir el hierro, pero hay utensilios de hierro de meteoritos (Figura 7, derecha). Busquen sobre Egipto y Groenlandia.

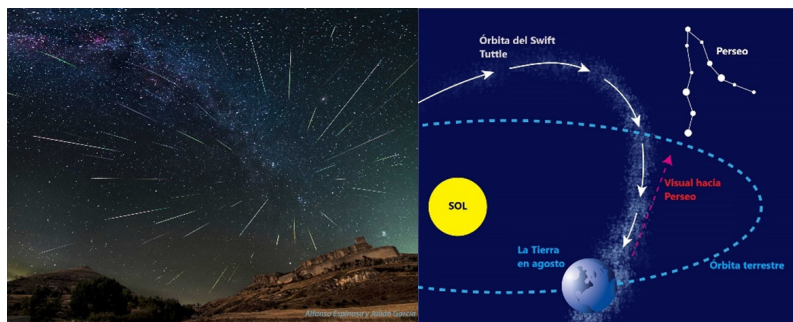


Figura 6. Izquierda: Perseidas sobre el castillo de Atienza en España, agosto 2021. Derecha. Las perseidas se producen cuando la Tierra llega al “reguero” dejado por el cometa Swift-Tuttle. Tomado de Rafael Bachiller, 2022. El Mundo.



Figura 7. Izquierda. Ciudad medieval construida en el cráter de un meteorito. Derecha. Daga de hierro meteorítico forjada antes de la Edad de Hierro. Fuente Wikipedia.

7) Meteoritos caídos en México. Busquen información sobre los meteoritos Allende, Bacubirito y Morito (Figura 8). Los tres son famosos por razones diferentes.

8) El gigante Chicxulub. El cráter de Chicxulub es una antigua estructura de impacto de unos 200 kilómetros de diámetro, ubicada en la península de Yucatán (Figura 9). Busquen información al respecto y su conexión con la extinción de los dinosaurios.

9) Otros famosos en el mundo. Busquen información sobre el meteorito Hoba (Figura 10) y qué tiene de especial. También sobre el que cayó en 2013 en la región de Cheliábinsk, Rusia, donde los daños y heridos fueron por la onda expansiva. Sobre cráteres busquen el Vredefort y el Barringer. También sobre Tunguska, Rusia y Campo del Cielo, Argentina.



Figura 8. Meteoritos caídos en México en diferentes lugares y tiempos.

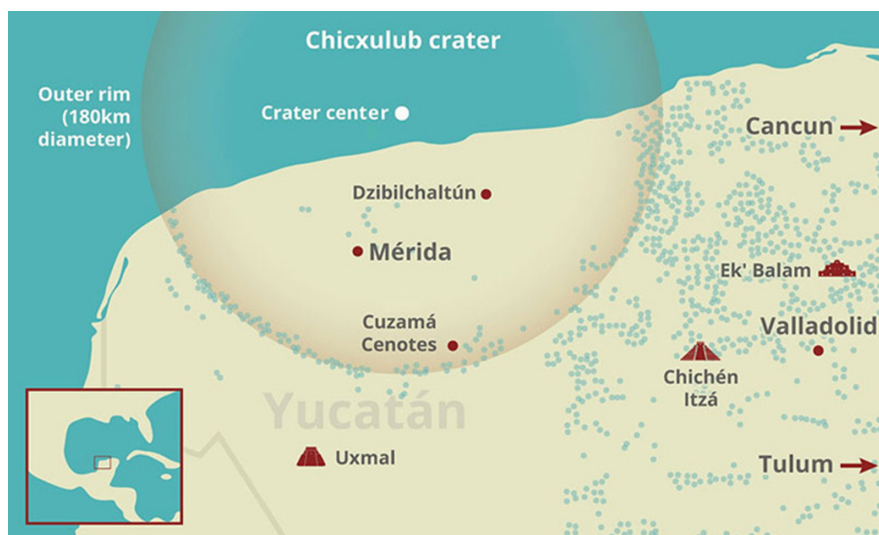


Figura 9. Mapa mostrando las dimensiones y localización del cráter Chicxulub. Fuente Wikipedia.



Figura 10. El meteorito Hoba. Fuente Wikipedia.



Figura 11. Izquierda: Casita del perro Rocky golpeada por el meteorito de Aguas Zarcas. Se subastó el meteorito y también la casita. El meteorito lo tiene en la mano la persona de atrás. Derecha: Auto golpeado por el meteorito de Peekskill. Se subastó el meteorito y también el auto.

10) Subastas de meteoritos. El valor de un meteorito no se determina únicamente por su composición; cuando una caída es presenciada por testigos, su valor comercial y científico puede aumentar drásticamente en comparación con los meteoritos hallados por casualidad. El caso de Ann Hodges es el único documentado de que una persona fue golpeada por un meteorito. Sin embargo, hay casos de casi golpeados que son muy famosos. Infórmense sobre el niño de Uganda, el auto Chevrolet Malibu de Peekskill, y el perro Rocky de Aguas Zarcas (Figura 11). Busquen también información sobre el meteorito que rompió el récord de venta recientemente en una subasta.

Fin de la guía

A veces aprendes una palabra nueva y de pronto parece que todos la usan. No es que se diga más, es que ahora tu cerebro se fija en ella. Esto se llama “ilusión de frecuencia” y pasa con muchas cosas, como seguro les pasará ahora con los meteoritos.

Recomendaciones

Leer la guía varias veces y buscar y hacer lo que se indica. Este documental (en español) presentado por el actor Will Smith y narrado por varios astronautas trata sobre experiencias con meteoritos.

<https://www.dailymotion.com/video/x6i1zfb?playlist=x5pgt7>

El Examen

El examen consistirá en 100 preguntas de opción múltiple y tendrá una duración máxima de 2 horas. Se recomienda traer su lápiz No. 2 y calculadora. No está permitido el uso del celular durante el examen.

Inscripciones

Las inscripciones estarán abiertas del viernes 6 de febrero al 6 de marzo y se realizarán en línea en la misma dirección donde se descargó esta guía.

<http://olimpiadas.ugm.org.mx>

El límite de participantes será de 100, con un máximo de 10 por preparatoria. Habrá lunch de bienvenida con pan, café, chocolate y frutas y, entre las 8:00 y las 10:00 AM será el registro de los asistentes. A las 10:01 AM inicia el examen y termina a las 12:01 pm. Antes de la comida tendremos, como siempre, la visita a varios laboratorios incluyendo la Red Sísmica del Noroeste de México donde se analizan las señales de los sismos que ocurren en Baja California y Sonora, principalmente, así como a la exhibición de rocas y observación de experimentos geofísicos. Las premiaciones se harán entre las 14:00 y 15:00, durante la comida de cierre.

Saludos cordiales y buena suerte. Los esperamos en Ensenada.

El Exámen

I. Cuestiones básicas

1. ¿De dónde proviene la inmensa mayoría de los meteoritos que impactan la Tierra?
 - a) De fuera de nuestra galaxia
 - b) Del cinturón de asteroides entre Marte y Júpiter
 - c) De la nube de Oort, más allá de Plutón
 - d) De los anillos de Saturno
2. ¿Qué es técnicamente un meteoroides antes de convertirse en meteorito?
 - a) Una estrella pequeña que se ha apagado
 - b) Un pedazo de satélite artificial abandonado
 - c) Fragmentos de roca o metal que viajan por el espacio
 - d) Una nube de gas interestelar

3. ¿Hace cuánto tiempo se formaron la mayoría de los meteoritos encontrados en la Tierra?

- a) Hace unos 50 millones de años
- b) Hace 4,568 millones de años
- c) Hace 10,000 años, tras la última era de hielo
- d) Hace 1 millón de años

4. ¿Qué nombre reciben los meteoritos que provienen de la fragmentación de núcleos de planetésimos (protoplanetas)?

- a) Meteoritos pétreos o condritas
- b) Cometas de hielo
- c) Tektitas
- d) Meteoritos metálicos

5. Además de los asteroides, ¿de qué otros cuerpos celestes pueden provenir meteoritos identificados en la Tierra?

- a) Marte y la Luna b) Júpiter y Saturno
- c) El Sol d) Exoplanetas

6. ¿Qué proceso físico es responsable de la desintegración de asteroides que provoca la llegada de meteoritos?

- a) La alta temperatura del Sol
- b) La fuerza centrífuga del sistema solar
- c) Colisiones con otros asteroides en el espacio
- d) La presión atmosférica

7. ¿Cómo se llaman los meteoritos más antiguos y primitivos que no han sufrido procesos de fusión?

- a) Acondritas b) Condritas
- c) Sideritos d) Palasitas

8. ¿Qué diferencia principal hay entre un meteorito y un meteorito?

- a) El meteorito es de piedra y el meteorito de hierro
- b) El meteorito es más pequeño que el meteorito

c) El meteorito viene de la Luna y el meteorito del Sol

d) El meteorito es el fenómeno luminoso y el meteorito es el objeto que choca con el suelo

9. ¿Cuál es el origen de las lluvias de estrellas?

- a) Polvo y fragmentos liberados por cometas
- b) Chatarra espacial
- c) Asteroides metálicos
- d) Satélites desintegrándose

10. ¿Cómo determinan los científicos que un meteorito encontrado en la Antártida proviene de Marte?

- a) Por su color rojo brillante
- b) Los gases atrapados en la roca coinciden con la atmósfera marciana
- c) Porque todos son metálicos y pesados
- d) Por el olor a azufre

11. ¿Cuál es una de las razones principales por las que la Antártida es el mejor lugar del mundo para encontrar meteoritos como el de Marte?

- a) Son más fáciles de ver sobre el hielo
- b) La Antártida está más cerca de Marte
- c) Los meteoritos marcianos solo caen en los polos
- d) La radiación polar atrae rocas espaciales

12. ¿Cuál es el postulado central de la hipótesis nebular propuesta por Immanuel Kant en 1755?

- a) El sistema solar fue creado instantáneamente tal como lo vemos hoy
- b) Los planetas son fragmentos expulsados por el Sol debido a una explosión interna
- c) El sistema solar se formó a partir de una colisión entre dos estrellas
- d) El sistema solar se formó a partir de una nube de gas y polvo (nebulosa) que colapsó por gravedad

13. ¿Qué astrónomo y matemático refinó y desarrolló la teoría nebular de Kant años más tarde?

- a) Isaac Newton b) Johannes Kepler
- c) Pierre-Simon Laplace d) Galileo Galilei

II. Detalles...

14. ¿Qué es un “bólide”?

- a) Un asteroide del tamaño de un planeta enano
- b) Un meteoro excepcionalmente brillante
- c) El polvo cósmico que queda tras el paso de un cometa
- d) Un meteorito que no ha sufrido fricción con la atmósfera

15. ¿Qué causa la estela de luz cuando un meteorito entra en la atmósfera?

- a) La combustión interna del propio objeto por calor nuclear
- b) La luz reflejada del Sol sobre la roca
- c) La compresión del aire que causa altas temperaturas y ionización
- d) Una reacción química al contacto con la capa de ozono

16. ¿Qué ocurre en el interior de un meteorito mientras su superficie se funde a miles de grados?

- a) Se funde por completo
- b) Se convierte en gas
- c) Permanece frío
- d) Se vuelve radiactivo

17. ¿A qué profundidad máxima suele afectar la fusión a un meteorito rocoso al atravesar la atmósfera?

- a) Apenas unos milímetros (1-2 mm)
- b) Aproximadamente 10 centímetros
- c) A la mitad de su diámetro
- d) No se calienta en absoluto

18. ¿Por qué el interior de un meteorito rocoso suele sobrevivir “intacto” al paso por la atmósfera?

- a) Porque está protegido por una capa de hielo
- b) Porque la atmósfera no genera calor real
- c) Porque la roca es mala conductora del calor
- d) Porque el interior está compuesto de agua

19. En los meteoritos metálicos, ¿qué tan profunda puede ser la zona afectada por el calor antes de encontrar el interior intacto?

- a) Hasta 1 cm o un poco más
- b) No se calientan
- c) Más de 1 metro
- d) Toda la pieza se funde

20. ¿Qué son los cóndrulos?

- a) Fragmentos de corteza planetaria enfriados lentamente
- b) Pequeñas esferas de roca formadas en el espacio
- c) Restos fósiles de microorganismos espaciales
- d) Cristales de hielo que se forman en el núcleo de los cometas

21. ¿En qué tipo de meteoritos se encuentran principalmente los cóndrulos?

- a) Meteoritos metálicos (Sideritos)
- b) Meteoritos rocoso-metálicos (Pallasitas)
- c) Acondritas
- d) Condritas

22. ¿Cuál es el tamaño promedio más común de un cóndrulo?

- a) Entre 1 y 5 metros de diámetro
- b) De 10 a 20 centímetros
- c) Entre 0.1 y 1 milímetro aproximadamente
- d) Son microscópicos, invisibles al ojo humano

23. ¿Por qué son tan importantes los cóndrulos para la ciencia?

- a) Porque indican la presencia de agua líquida en Marte
- b) Porque demuestran que hubo actividad volcánica en la Luna
- c) Porque se utilizan para fabricar combustible para cohetes
- d) Porque son los objetos más antiguos del Sistema Solar

24. ¿Qué aleación metálica es la característica principal que confirma que un meteorito de hierro no es de origen terrestre?

- a) Hierro y aluminio b) Hierro y níquel
- c) Hierro y cobre d) Hierro y silicio

25. Al cortar y grabar con ácido un meteorito metálico, aparecen patrones entrelazados de cristales que no se forman en la Tierra debido a su lento enfriamiento en el espacio. ¿Cómo se llaman estos patrones?

- a) Bandas de moiré
- b) Estructuras de flujo
- c) Patrones de Widmanstätten
- d) Celdas hexagonales

26. ¿Qué característica física externa, formada por la fricción y el calor, demuestra que la roca ha viajado por la atmósfera?

- a) Una superficie rugosa y brillante
- b) Una corteza de fusión
- c) Presencia de burbujas o vesículas
- d) Cristales de cuarzo visibles

III. Ley de Bode

27. ¿Qué intenta predecir la Ley de Bode?

- a) La masa de los planetas
- b) La distancia de los planetas al Sol
- c) La velocidad de rotación planetaria

d) La composición química de las atmósferas

28. ¿Cuál es la sucesión numérica base sobre la que se construye la ley?

- a) 0, 3, 6, 12, 24, 48...
- b) 1, 2, 3, 4, 5, 6...
- c) 1, 10, 100, 1000...
- d) 0, 1, 1, 2, 3, 5...

29. ¿Qué número debe sumarse a cada término de la serie antes de dividir por 10 para obtener la distancia en Unidades Astronómicas (UA)?

- a) 10 b) 2 c) 4 d) 7

30. ¿Qué objeto celeste fue descubierto en 1781, coincidiendo casi perfectamente con la predicción de la Ley de Bode?

- a) Neptuno b) Ceres
- c) Urano d) Plutón

31. La ley predecía un planeta a 2.8 UA, donde no se veía nada. ¿Qué se descubrió en esa posición en 1801?

- a) Marte b) Ceres
- c) Plutón d) El cometa Halley

32. ¿Qué planeta “rompió” la precisión de la ley al encontrarse mucho más cerca del Sol de lo que la regla predecía?

- a) Júpiter b) Urano
- c) Neptuno d) Venus

33. En la actualidad, ¿cómo define la comunidad científica a la Ley de Bode?

- a) Una ley física fundamental como la gravedad
- b) Una teoría falsa que nunca funcionó
- c) La base de la relatividad general
- d) Una regla empírica sin base física sólida

34. Si la serie de la ley es $\alpha = (n + 4) / 10$, ¿cuál es el valor de n para el planeta Tierra?

- a) 3 b) 6 c) 0 d) 12

IV. Vesta

35. ¿Cuál fue el objetivo principal de la misión Dawn de la NASA?

- a) Aterrizar en el asteroide Eros
b) Recoger muestras de la luna Europa
c) Estudiar la atmósfera de Júpiter
d) Estudiar dos protoplanetas en el cinturón de asteroides

36. ¿Cuál es el diámetro del asteroide Vesta?

- a) 1030 km b) 530 km
c) 330 km d) 130 km

37. ¿Qué tecnología innovadora permitió a la Dawn visitar dos cuerpos celestes distintos?

- a) Propulsión química convencional
b) Velas solares
c) Motores de iones
d) Energía nuclear térmica

38. La misión espacial Dawn descubrió un cráter gigante en el asteroide Vesta. El diámetro del cráter comparado con el diámetro de Vesta es del:

- a) 20% b) 30% c) 60% d) 90%

39. ¿Qué tipo de meteorito se compone de hierro-níquel y olivino verde, formado probablemente en el límite manto-núcleo de un asteroide?

- a) Eucrita b) Diogenita
c) Condrita carbonácea d) Pallasita

40. ¿Cuál es la principal característica del interior de Vesta según los estudios de la misión Dawn?

- a) Es homogéneo y rocoso
b) Está hueco

c) Tiene un núcleo metálico, manto y corteza diferenciados

d) Es líquido

V. Perseidas

41. ¿Qué son las perseidas?

- a) Estrellas que mueren en la Vía Láctea
b) Restos de polvo y rocas de un cometa
c) Fragmentos de la Luna desprendidos
d) Satélites artificiales desintegrándose

42. ¿Cuál es el cometa responsable de las perseidas?

- a) Cometa Halley
b) Cometa Shoemaker-Levy 9
c) Cometa Swift-Tuttle
d) Cometa Neowise

43. ¿Cómo se les conoce popularmente a las perseidas?

- a) Lágrimas de San Esteban
b) Lágrimas de San Francisco
c) Lágrimas de Santa Mónica
d) Lágrimas de San Lorenzo

44. ¿En qué constelación parece tener su origen esta lluvia de estrellas?

- a) Constelación de Orión
b) Constelación de la Osa Mayor
c) Constelación de Perseo
d) Constelación de Casiopea

45. ¿A qué velocidad aproximada entran las partículas de las perseidas en la atmósfera?

- a) A 1 km/s b) A 10 km/s
c) A 20 km/s d) A 60 km/s

46. Suponer una partícula de polvo de 0.01 g de masa. Calcular la energía cinética de la partícula con la velocidad con la que entran a la atmósfera las perseidas. La energía cinética es:

- a) 12,000 J b) 14,000 J
- c) 16,000 J d) 18,000 J

47. Calcular la velocidad de una pelota de beisbol de 150 g que tenga la misma energía cinética que una partícula de polvo de 0.01 g moviéndose a la velocidad de las perseidas. La pelota tendría una velocidad de:

- a) 1,164 km/h b) 1,364 km/h
- c) 1,564 km/h d) 1,764 km/h

VI. Diamantes y utensilios

48. ¿En qué ciudad alemana, conocida como la “Ciudad de los Diamantes” se utilizaron rocas con diamantes para construir sus edificios?

- a) Berlín b) Munich
- c) Hamburgo d) Nördlingen

49. ¿En qué década descubrieron finalmente los científicos y habitantes que su ciudad no estaba situada sobre un volcán, sino dentro del cráter de un meteorito (el Ries de Ries)?

- a) En la década de 1860, tras la unificación alemana
- b) En la década de 1920, gracias a las primeras fotografías aéreas
- c) En la década de 1960, tras el análisis de cristales de cuarzo impactado
- d) En la década de 1990, mediante el uso de satélites de la NASA

50. ¿De qué material están hechos principalmente los edificios de la ciudad que contienen estos diamantes?

- a) Mármol blanco b) Granito pulido
- c) Suevita d) Caliza pura

51. ¿Qué tamaño aproximado tienen los diamantes que se encuentran en las paredes de la iglesia de San Jorge en esta ciudad?

- a) Menos de 0.2 milímetros (microscópicos)
- b) 1 centímetro de diámetro
- c) Del tamaño de una uña humana
- d) Son lo suficientemente grandes para ser usados en joyería común

52. ¿De qué famoso meteorito obtenían los inuit de Groenlandia el hierro para fabricar las hojas de sus cuchillos?

- a) Meteorito Allende
- b) Meteorito Cape York
- c) Meteorito Hoba
- d) Meteorito Murchison

53. ¿Qué técnica utilizaban principalmente los inuit para dar forma al hierro meteórico sin poseer hornos de fundición?

- a) Fundición a la cera perdida
- b) Soldadura eléctrica
- c) Martillado en frío
- d) Tallado con sierras de diamante

54. ¿Dónde se encuentra actualmente “Ahnighito” (la sección más grande del meteorito de Groenlandia, que pesa 31 toneladas)?

- a) En el Museo de Historia Natural de Londres
- b) En el Museo Geológico de Copenhague
- c) En el Museo Americano de Historia Natural de Nueva York
- d) En la entrada del Smithsonian en Washington D.C.

55. ¿Cuál es el objeto de hierro meteorítico más antiguo encontrado en Egipto (datado aproximadamente en el 3200 a.C.)?

- a) Una punta de lanza ceremonial
- b) Una máscara funeraria

- c) Cuentas de collar
- d) Una estatuilla del dios Osiris

56. ¿Cómo se referían los antiguos egipcios al hierro de meteorito en sus jeroglíficos?

- a) Metal del cielo b) Piedra de fuego
- c) Hueso de los dioses d) Lágrimas de Ra

57. ¿A qué faraón pertenecía la famosa daga fabricada con hierro de origen meteorítico encontrada por Howard Carter en 1925?

- a) Ramsés II b) Akhenatón
- c) Seti I d) Tutankamón

VII. Caídos en México

58. ¿En qué estado de México cayó el meteorito Allende?

- a) Sonora b) Durango
- c) Coahuila d) Chihuahua

59. ¿Cómo se clasifica científicamente el meteorito Allende?

- a) Condrita Carbonosa b) Acondrita férrica
- c) Siderito metálico d) Condrita ordinaria

60. ¿Qué característica especial hace al meteorito Allende uno de los más estudiados del mundo?

- a) Su enorme tamaño de más de 100 toneladas
- b) Es el más antiguo en el Sistema Solar
- c) Está compuesto principalmente de oro y platino
- d) Es el único meteorito que ha matado dinosaurios

61. ¿Cuál es la antigüedad aproximada de las inclusiones encontradas dentro del Allende?

- a) 1,896 millones de años
- b) 3,564 millones de años
- c) 4,567 millones de años
- d) 6,458 millones de años

62. ¿Qué compuesto orgánico complejo se ha detectado en el meteorito Allende?

- a) Aminoácidos b) ADN humano
- c) Clorofila d) Petróleo crudo

63. ¿En qué estado de México fue descubierto el meteorito de Bacubirito?

- a) Sonora b) Chihuahua
- c) Sinaloa d) Durango

64. ¿Cuál es la principal característica física que destaca al meteorito de Bacubirito a nivel mundial?

- a) Es el más pesado
- b) Es el más largo
- c) Es el único compuesto de oro
- d) Es el más antiguo

65. ¿En qué año fue descubierto el meteorito Bacubirito?

- a) 1863 b) 1910 c) 1890 d) 1959

66. ¿Cuál es la composición principal del meteorito de Bacubirito?

- a) Silicatos y carbono
- b) Silicio y aluminio
- c) Hielo y polvo cósmico
- d) Hierro y níquel

67. ¿Qué forma característica adquirió El Morito debido a su caída, impidiendo que rotara?

- a) Forma de esfera b) Forma de estrella
- c) Forma plana d) Forma de flecha

68. Según la leyenda inscrita sobre El Morito, ¿quién es el único capaz de deshacer este hierro?

- a) El Sol con su calor b) Un herrero experto
- c) Dios con su poder d) El paso de los siglos

69. ¿Qué tipo de meteorito es “El Morito”?

- a) Acondrita b) Pétreo
- c) Ferroso d) Condrita

VIII. El gigante Chicxulub

70. ¿Hace cuánto tiempo impactó el meteorito de Chicxulub la Tierra?

- a) Hace 50 millones de años
- b) Hace 66 millones de años
- c) Hace 100 millones de años
- d) Hace 25 millones de años

71. ¿En qué lugar geográfico actual impactó el meteorito?

- a) Península de Baja California
- b) Península de Yucatán
- c) Golfo de Alaska
- d) Desierto del Sahara

72. ¿Cuál se estima que fue el diámetro aproximado del asteroide/meteorito?

- a) 1-2 km b) 5-8 km
- c) 10-15 km d) 50-60 km

73. ¿Qué porcentaje aproximado de las especies de la Tierra se extinguió tras este impacto?

- a) 25% b) 50% c) 75% d) 95%

74. ¿Qué elemento químico, inusual en la corteza terrestre pero abundante en asteroides, fue clave para confirmar el impacto?

- a) Iridio b) Oro c) Hierro d) Carbono

75. ¿Cuál es el diámetro aproximado del cráter de Chicxulub?

- a) 50 km b) 100 km c) 200 km d) 500 km

76. ¿Cómo se identificó inicialmente el cráter de Chicxulub?

- a) Mediante satélites en tiempo real
- b) Por la expedición de un buque pesquero
- c) Por la excavación de una mina
- d) A través de estudios geofísicos de PEMEX

77. Según un estudio de 2024, basado en la firma isotópica del elemento rutenio, ¿dónde se formó el asteroide que causó la extinción de los dinosaurios?

- a) En el cinturón de asteroides, cerca de Marte
- b) En la nube de Oort
- c) Cerca del Sol, junto con Mercurio
- d) Más allá de la órbita de Júpiter

IX. Otros famosos

78. ¿Cuál es el nombre del meteorito más pesado encontrado en la Tierra?

- a) Meteorito Hoba b) Campo del Cielo
- c) Ahnighito d) Meteorito Allende

79. ¿En qué país se localiza el meteorito Hoba?

- a) Argentina b) Estados Unidos
- c) Namibia d) Australia

80. ¿Cuál es la composición principal del meteorito Hoba?

- a) Roca silicatada (pedregoso)
- b) Carbón y hielo
- c) Hierro y níquel
- d) Oro y platino

81. ¿Cuál es el cráter de meteorito más grande y antiguo confirmado en la Tierra?

- a) Cráter Chicxulub (México)
- b) Cráter Barringer (Arizona)
- c) Cráter Vredefort (Sudáfrica)
- d) Cuenca de Sudbury (Canadá)

82. ¿Hace aproximadamente cuánto tiempo ocurrió el impacto que formó el cráter de Vredefort?

- a) 66 millones de años
- b) 50,000 años
- c) 500 millones de años
- d) 2,000 millones de años

83. ¿Por qué el impacto de Vredefort no causó una extinción masiva, a pesar de ser más grande que el de Chicxulub?

- a) El meteorito era muy pequeño
- b) Impactó en el océano profundo
- c) El impacto fue a muy baja velocidad
- d) Solo existían formas de vida unicelulares en esa época

84. En 2013 cayó un meteorito en la región de Cheliábinsk, Rusia. ¿Cuál fue la causa principal de las más de 1,000 personas heridas tras el impacto?

- a) Impacto directo de fragmentos grandes
- b) Quemaduras por la luz intensa
- c) Cortes por cristales rotos debido a la onda expansiva
- d) Inhalación de polvo meteórico

85. ¿En qué estado de los Estados Unidos se encuentra el famoso cráter Barringer (Meteor Crater)?

- a) Arizona
- b) Nuevo México
- c) Nevada
- d) Utah

86. Aproximadamente, ¿hace cuántos años se formó el cráter Barringer?

- a) 10,000 años
- b) 50,000 años
- c) 1 millón de años
- d) 65 millones de años

87. ¿Cuál es la teoría científica más aceptada para explicar la causa del evento de Tunguska de 1908?

- a) La explosión de una reserva subterránea de gas metano
- b) El impacto de un meteorito que dejó un cráter enorme
- c) El estallido en el aire de un meteorito
- d) Una prueba nuclear secreta realizada por el gobierno ruso

88. La explosión de Tunguska derribó alrededor de 80 millones de árboles en un área de 2,000 km cuadrados. Calcular el diámetro del círculo que tiene esta misma área.

- a) 20 km
- b) 30 km
- c) 40 km
- d) 50 km

89. ¿De qué tipo son los meteoritos de Campo del Cielo?

- a) Condrita
- b) Acondrita
- c) Metálico
- d) Pallasita

90. El segundo meteorito más grande del mundo cayó en Campo del Cielo. ¿Cuál es su nombre?

- a) Hoba
- b) El Chaco
- c) Bacubirito
- d) Capilla del Monte

91. Los pueblos originarios de hace 4,000 años fueron testigos de la caída de los meteoritos en la región de Campo del Cielo. Según las leyendas de los pueblos originarios de la región de Campo del Cielo, ¿qué eran los meteoritos?

- a) Piedras mágicas
- b) Gotas de sudor del Sol
- c) Fragmentos de la Luna
- d) Regalos de los dioses de la lluvia

X. Subastas

92. ¿Por qué el meteorito Hodges no pudo venderse a pesar de las ofertas recibidas?

- a) Porque Hodges y la dueña de la casa se pelearon por el meteorito
- b) Fue confiscado permanentemente por el gobierno de EE. UU.
- c) Se destruyó accidentalmente durante las pruebas de laboratorio
- d) Los científicos determinaron que era una roca terrestre común

93. Tras el litigio legal, ¿qué destino final tuvo el fragmento principal del meteorito?

- a) Fue vendido en una subasta privada de Sotheby's por 5 millones de dólares
- b) Se perdió durante el traslado a una exhibición en Nueva York
- c) Fue donado por Ann Hodges al Museo de Historia Natural de Alabama
- d) Se dividió en mil piezas para ser vendido como recuerdos

94. ¿Por cuánto se vendió la casita del perro Roky que fue atravesada por un meteorito?

- a) \$300,000 USD b) \$44,100 USD
- c) \$21,420 USD d) \$1,600 USD

95. ¿Cuál fue el precio del meteorito que impactó la casa de Roky?

- a) \$5,300,000 USD b) \$65,520 USD
- c) \$21,420 USD d) \$44,100 USD

96. El 9 de octubre de 1992, un meteorito de unos 12 kg atravesó el maletero de un Chevrolet Malibu rojo de 1980 en Peekskill, Nueva York. El valor del auto era de 400 USD ¿Por cuánto dinero vendió su dueña, Michelle Knapp, el auto dañado poco después del impacto?

- a) \$400 USD b) \$5,312 USD
- c) \$25,000 USD d) \$69,000 USD

97. ¿Por qué precio vendió Michelle Knapp el meteorito (la roca) poco después del evento?

- a) \$10,000 dólares b) \$25,000 dólares
- c) \$50,000 dólares d) \$100,000 dólares

98. ¿Cuál es el nombre del meteorito que estableció el récord como el más caro vendido hasta la fecha?

- a) NWA 16788 b) Fukang
- c) Canyon Diablo d) Campo del Cielo

99. ¿Por qué cifra récord se vendió este meteorito en 2025?

- a) 2.5 millones de dólares
- b) 4.0 millones de dólares
- c) 5.3 millones de dólares
- d) 10.1 millones de dólares

100. ¿De qué planeta proviene el meteorito que estableció el récord del más caro hasta la fecha?

- a) Venus b) Júpiter
- c) Mercurio d) Mart

Manuscrito recibido: 9 de julio de 2026

Manuscrito aceptado: 31 de julio de 2026