

Cráteres de impacto: Actividades prácticas

J. Xavier Franch Peñas



CRÁTERES DE IMPACTO ACTIVIDADES PRÁCTICAS

J. Xavier Franch

Publicaciones de ApEA

Asociación para la Enseñanza de la Astronomía

No. 13 (Secundaria) - Junio 2007

Publicaciones de ApEA

Asociación para la Enseñanza de la Astronomía

Con la colaboración del Museo de la Ciencia y el Cosmos, el Organismo Autónomo de Museos y Centros y el Cabildo de Tenerife

ORGANISMO
AUTÓNOMO DE
MUSEOS Y CENTROS



MUSEO
DE LA
CIENCIA Y
EL COSMOS

Dibujo de Portada:
Albert Domènech

Comité de Redacción:
Esteban Esteban, Simón García, Rosa M. Ros y Ederlinda Viñuales

Dirección:
Rosa M. Ros (Vocal Editora de Publicaciones de ApEA)
Departamento de Matemática Aplicada IV
Universidad Politécnica de Cataluña
Jordi Girona 1-3, módulo C3, 08034 Barcelona
e-mail: ros@ma4.upc.edu

ISBN: 978-84-934442-7-3

D.L. B-16.609-2007

Impresión FLAIX ÒFSET

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	7
OBJETIVOS	9
UN POCO DE HISTORIA	11
TERMINOLOGÍA	14
ACTIVIDADES	11
1. En busca del meteorito perdido en el patio	16
2. Formación de cráteres en el aula	18
3. Distribución del tamaño de los cráteres	21
4. Atando cabos	25
5. En la ruta del descubrimiento	29
6. Contrastando	35
ANÉCDOTAS - CURIOSIDADES - HECHOS	40
BIBLIOGRAFÍA	41

PRESENTACIÓN

Es una verdad de Perogrullo que para obtener una buena interpretación de la realidad, es necesario que trabajen juntas la máxima cantidad de disciplinas. En este sentido, a menudo se dice que la Astronomía es la ciencia que muestra de forma más clara esta necesidad. Si esto es cierto para la comprensión de la evolución estelar, para el estudio de la atmósfera de los planetas, también lo es para la comprensión de los cráteres de impacto.

Para comprender, por ejemplo: ¿Desde cuándo sabemos que esos enormes y pequeños círculos que observamos desde el siglo XVII en todas las superficies sólidas de los astros que la humanidad ha podido fotografiar son debidos al choque con otros cuerpos? ¿Cuáles son los procesos que tienen lugar en estos choques? ¿Qué implicaciones han tenido y pueden tener para la humanidad tales fenómenos? Para responder a estas y otras muchas preguntas que se nos ocurren al pensar en este asunto, debemos poner a trabajar a la Astronomía, a la Física, a la Química, a la Geología, etc.... A lo largo de los años la ciencia, con una metodología interdisciplinaria, ha ido desvelando muchos de estos interrogantes. Además nuestra generación ha tenido la rara oportunidad de asistir a una retransmisión en directo de uno de los procesos fundamentales en este tema como fue el choque entre el cometa Schoemaker-Levy contra Júpiter, que aumentó nuestros conocimientos sobre el asunto. Finalmente, como resultado de la colaboración entre investigadores y profesores han ido apareciendo libros, estudios que aportan la información necesaria y suficiente para desarrollar actividades educativas sobre estos interesantísimos fenómenos.

De esto trata esta propuesta que tenéis en las manos. De la divulgación del tema de los cráteres de impacto y de su influencia en el conocimiento que tenemos sobre el sistema solar y su evolución. Mas que presentar ideas originales, lo cual no es nada fácil, recoge y muestra una selección de información y actividades de las obras que se citan en la bibliografía. Pero sin que nos lleve a una digestión pesada, mas bien como si fuera un aperitivo. Esperamos que os sirva, a los profesores/as interesados en estos temas, para tratarlos en vuestra clases y sobre todo para mejorarlo con vuestra creatividad y trabajo.

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son modestos. No hay en estas páginas ningún texto completamente original. Es más bien un conglomerado de propuestas e informaciones sobre el tema central, cráteres de impacto, recogidas de los autores que se citan en la bibliografía y de actividades adaptadas después de haberlas trabajado con mis alumnos durante los últimos años.

La aportación consiste pues, por un lado, en la forma como se presenta esta breve selección de la información y, por otro, en la adaptación de las actividades que se proponen.

No es ninguna novedad para el profesorado que el tema es conocido, más o menos conocido, por la mayoría de los estudiantes de casi todas las etapas educativas. Quizás no lo sean tanto los propios cráteres, aunque la industria cinematográfica también ha ayudado, recordad películas como *Meteoro*, *Deep impact*, *Armageddon*, etc.

Pero, ¿qué niño no ha oído hablar hoy en día de los dinosaurios? ¡¡¡si incluso existen galletas para el desayuno con forma de dinosaurio!!! El conocimiento sobre el posible motivo de su extinción, el choque de la Tierra con un asteroide o cometa que desencadenó unos cambios que provocaron su extinción, según parece mostrar el registro fósil, les encanta. Y estos son también temas relacionados con los cráteres de impacto. Otra cosa es que a la vez desconozcan los caminos que ha seguido la ciencia para desvelar estos misterios. Conocen los resultados de la ciencia pero no el camino de esfuerzo, rigor, trabajo en equipo, que lleva, si hay además un poco de suerte, a resultados que algunas veces, pocas, son espectaculares.

Como decía en la presentación, como resultado de la colaboración entre investigadores y profesores, existen publicaciones con información suficiente que permiten abordar algunas de estas cuestiones, tan actuales, como la investigación sobre la hipótesis del choque, en clase. Según mi opinión, queda mucho trabajo por hacer en España. Los datos que aquí se presentan están tomados, en su mayoría, de Hartmann, quizás en un futuro podamos manejar datos de la transición K/T en España; o también en un futuro no muy lejano se haya unificado la opinión sobre Azuara y dispongamos de cuarzo fragmentado o tectitas de esa zona.

En este documento se presentan, pues, algunas de estas actividades que posibilitan trabajar preguntas como: ¿de qué factores depende el tamaño de los cráteres? ¿Cómo es la distribución de tamaños de los cráteres de la luna? ¿Cómo es la distribución de los cuerpos que impactan en cuanto a tamaño? También puede hacerse una aproximación al fascinante trabajo de la familia Álvarez, que unió sus

conocimientos astronómicos y geológicos para trabar una explicación plausible de la extinción del cretácico.

El tema de la energía es fundamental también en el estudio del proceso de craterización. La transformación de energía en calor por rozamiento o el cálculo de la energía cinética liberada en el momento del choque por cuerpos de 5 a 10 Km. de diámetro a velocidades de decenas de Km/s, estremece al imaginarlo. Y son cálculos que pueden y deben hacerse en clase. Aunque en esta entrega no se presentan actividades que traten este ámbito no es difícil encontrarlas en la bibliografía.

Finalmente, el objetivo que también persigue este trabajo, con toda humildad, es ayudar a mantener activa vuestra capacidad de ilusión y esfuerzo para continuar enseñando ciencia, para seguir ganando el futuro.

UN POCO DE HISTORIA

Hablar de cráteres de impacto es hablar de los agentes que los provocan. De la lectura de la bibliografía he escogido dos testimonios, entre muchos otros, que muestran, de forma breve y sin ninguna pretensión de exhaustividad, como la humanidad ha observado piedras que caían del cielo. Este fenómeno, el de la caída de objetos del cielo, no fue asociado a los cráteres de impacto, hasta relacionarlos como causa y efecto, mas que a partir del siglo XIX y, sobre todo, del XX.

En relación con la observación de la caída de cuerpos existen testimonios desde las civilizaciones mas antiguas hasta los tiempos actuales. La mayoría de las descripciones describen caídas de cuerpos sobre la Tierra, pero también existen sobre otros cuerpos. Carl Sagan, en su clásico *Cosmos*, recoge la siguiente descripción en la pagina 83 de la edición de 1980. Dice así:

“ La tarde del 25 de junio de 1178, cinco monjes británicos contaron algo extraordinario que después quedo registrado en la crónica de Gervasio de Canterbury, considerada generalmente como un documento fidedigno de los acontecimientos políticos y culturales de su tiempo: el autor interrogó a los testigos oculares, quienes afirmaron, bajo juramento, decir la verdad de la historia. La crónica cuenta:

Había una brillante luna nueva, y como es habitual en esta fase sus cuernos estaban inclinados hacia el Este. De pronto el cuerno superior se abrió en dos. En el punto medio de la división emergió una antorcha flameante, que vomitaba fuego, carbones calientes y chispas.”

Actualmente interpretaríamos este destello de luz en la Luna como resultado de un impacto. Otro choque fuera de la Tierra, éste mucho más reciente y el que aportado más luz a este tema, fue el observado en 1994 entre el cometa Shoemaker y Júpiter. En los aproximadamente 800 años que separan las dos crónicas, la humanidad ha aprendido lo suficiente para relacionar la caída de cuerpos con la formación de cráteres.

Veamos otra descripción. Escrita por el noble Francesc de Castellví (1682-1757) de Montblanc (Tarragona), quien en su exilio en Viena después de la Guerra de sucesión escribió las *Narraciones históricas* que contienen temas políticos y militares, pero también la descripción del meteorito de 1704. Dice así:

..Esta centuria fatal a la Corona de Aragón la predecía con extraordinarios señales el Cielo. En 25 de diciembre a las 5 de la tarde se advirtió en toda Cataluña, con particularidad más vivo sobre el hemisferio de Barcelona, un espantoso y horrendo meteoro. Era el tiempo sereno y la diafanidad del día añadió horror. Compareció de repente y descubrióse distintamente. Era la forma de un globo de fuego; el exterior opaco; el centro, color de sangre. Salía de él tal esplendor que excedió con manifiesta

ventaja la luz del sol a modo de coruscación. Ceñíale una nube poco clara, y a ésta, otro giro tenebroso y denso que infundía espanto. Así permaneció adverso al sol una grande rato. Empezó lentamente a inflamarse entre oriente y mediodía; se extendió, lúcido, a occidente. Corrió toda la región entre septentrión y mediodía, como cubriéndola y allí acabó, manifestándose más inflamado y lúcido, como que caía sobre la tierra, dejando una larga señal de humo, a modo de nubecilla en forma de columna, que fue exaltándose poco a poco. Oyóse después un irregular trueno, cuyo estruendo duró un grande rato, como un continuo disparo de artillería y fusilería. Los estruendos eran formidables, alternados con intermisiones. Se advirtió por una hora no aquietarse del todo la región. Desvanecido el fuego, que servía de principal objeto a Barcelona, se extendió por toda la Cataluña! ...!

Este meteorito, caído en Terrassa en 1704, fue observado prácticamente desde toda Cataluña, y existen registros de observaciones en muchas ciudades y pueblos de las comarcas, desde Girona hasta Barcelona.

Esto en cuanto a caída de meteoritos. En cuanto a los cráteres de impacto, éstos fueron observados por primera vez en 1609 por Galileo. Fue el primero en ver que la Luna no era como la habían contado. Mejor dicho, no era como habían dicho que debía ser sin haberla visto de cerca. No era, en absoluto, una esfera lisa y perfecta como la teoría aristotélica hacía pensar. Otra cosa es que, en esa época, tampoco se explicaron sus cicatrices como consecuencia de los impactos.

El primer cráter de la Tierra, que se aceptó a regañadientes que era de impacto, fue el famoso cráter Barringer en el desierto de Arizona, en EE. UU. Fue hacia 1920. Este cráter, que siempre había sido interpretado como de origen volcánico, fue explicado de forma diferente cuando se localizaron restos de meteorito en sus alrededores.

En cuanto a los cráteres de la Luna, no fue hasta los años 1960-70 (a partir de las sondas espaciales que nos trajeron imágenes de las cicatrices que acompañan a todos, absolutamente a todos los astros de superficie sólida, y de las muestras de la Luna y del estudio de su geología, o deberíamos decir selenología) que se comprendieron los cráteres como consecuencia del choque con asteroides y cometas.

Enseguida aparecieron nuevas preguntas. ¿Por qué tantos en la Luna o Mercurio y tan pocos en la Tierra? Y así obtuvimos nuevos motores para el conocimiento. La Luna es un cuerpo geológicamente inactivo. Lo cual quiere decir que su aspecto no cambia por su propia actividad, y así se convierte en un testimonio, muy elocuente si somos capaces de entenderla, de los procesos que se desencadenaron en las primeras etapas de formación del sistema solar. Es decir, de las primeras etapas de nuestras vidas.

Por otro lado, la Tierra sí que es activa. Tiene erosión y orogénesis. Con el tiempo, su paisaje cambia. Esto explica que en la Tierra sólo se hayan detectado unos 150 cráteres hasta el momento.

Chicxulub. Esto son palabras mayores. 300 Km. de diámetro, 50 Km. de profundidad. Todo un señor cráter. En este exótico nombre, Chicxulub, confluye el trabajo de los científicos de muchas disciplinas y de muchas épocas. El mayor cráter de impacto localizado en la Tierra y del que se conoce la decisiva influencia en la evolución de la vida sobre el planeta. Como consecuencia de los cambios que se produjeron en nuestra pequeña nave espacial, el planeta Tierra, el registro fósil nos informa que se extinguieron los enormes animales que durante 300 millones de años habían dominado en ella.

Para finalizar esta introducción, a modo de resumen: de las posibles vías de interés que puede suscitar este tema, he escogido para desarrollar aquí las actividades que nos informan de los procesos de formación del sistema solar y de la evolución de la vida sobre la Tierra.

TERMINOLOGÍA

En las discusiones sobre los orígenes de los cráteres y sus efectos, la terminología puede crear confusión. Los estudios sobre asteroides, cometas, meteoritos, origen del sistema solar, etc. se han desarrollado de forma independiente en los últimos 200 años, cada cual con su propia terminología. A continuación se presenta un resumen de los términos más usuales, que es el propuesto por William Hartmann en su libro *Cráteres!*.

Asteroide: Cuerpo interplanetario rocoso y/o metálico. La mayoría están en el cinturón principal de asteroides, pero existen en otros muchos lugares, incluso los que cruzan la órbita de la Tierra. Los famosos N.E.O.

Cometa: Cuerpo interplanetario con una parte importante de hielo. Cuando un cometa está más cerca del Sol que Júpiter o el cinturón de asteroides, el hielo sublima a gas, arranca polvo de la superficie y crea una cola de gas y partículas de polvo. Hasta hace una década, los científicos creían que los cometas eran fenómenos distintos de los asteroides. Ahora vemos más un continuum desde bajo contenido en hielo (asteroides) hasta muy elevado (cometas).

Planetesimal: Término general para designar asteroides, cometas y granos de polvo, pero generalmente reservado para discusiones sobre las condiciones de hace 4,5 mil millones de años, cuando los planetas se estaban formando. Por ejemplo, la agregación de planetesimales mediante colisiones formó planetas.

Meteoroide: Fragmento de asteroide o cometa en el espacio interplanetario.

Bólide: Más o menos el mismo que Meteoroides pero reservado a menudo para los cuerpos que chocan con un planeta, o mejor, pasan a través de la atmósfera planetaria antes del choque.

Meteoro: Pequeño cuerpo, del tamaño de un guisante, o más pequeño, que se quema en la atmósfera y nunca llega al suelo. El mismo que "estrella fugaz".

Bola de fuego: Un grande y muy brillante bólide que se rompe en la atmósfera y del cual pueden llegar a caer los fragmentos al suelo, a los que llamamos meteoritos.

Meteoritos: Fragmento de un bólide que llega a la Tierra. Los meteoritos se clasifican en tres grupos: carbonáceos, rocosos y metálicos.

Cuerpo original: Término general para los hipotéticos grandes cuerpos originales, de los cuales los asteroides o cometas son fragmentos.

Cráteres: Se utiliza para designar depresiones del terreno formadas por impactos o por volcanes.

Cráter de impacto: Es el mejor término para referirnos a cráteres no volcánicos formados por el impacto de restos interplanetarios.

ACTIVIDADES

El listado de actividades es el que sigue:

1. En busca del micro meteorito perdido en el patio.
2. Formación de cráteres en la clase.
3. Distribución del tamaño de los cráteres.
4. Atando cabos. Distribución de tamaños de cuerpos de impacto
5. En la ruta del descubrimiento (Anomalías del Iridio.)
6. Contrastando (Examen de teorías para la extinción del K/T).

Las dos primeras son mas conocidas y están mas reproducidas en los libros de actividades para Astronomía.

En mi opinión son menos conocidas las siguientes, que deberían trabajarse por parejas, quiero decir la tres con la cuatro, y la cinco con la seis. Evidentemente pueden trabajarse de forma individual, pero el asunto que se discute en ellas, permite y además es aconsejable, trabajarlas seguidas porque tienen una cierta relación. Veamos el motivo:

En la actividad 3 se propone un recuento del numero de cráteres en la Luna, se obtiene una distribución de tamaños que responde a una función matemática que es la exponencial. Después de realizar la actividad, que tiene su miga, porque no es tan fácil contar cráteres ya que la medida debe ser repetible y coincidente, si lo hacen dos grupos a la vez, se puede pedir a los alumnos que elaboren hipótesis que expliquen esa distribución. Toda la discusión sobre esta hipótesis se lleva cabo en la actividad 4. Por lo tanto, la actividad 4 es una continuación de la tres.

Algo parecido ocurre con las actividades 5 y 6. En la 5 se presentan datos, tomados de William H. Hartmann, que permiten trabajar la superabundancia del iridio. Es una actividad en la que será necesario dar a los alumnos una introducción básica a los principios fundamentales de la sedimentación geológica. En la 6, se dan nociones básicas de la teoría del choque y se pide a los alumnos que hagan predicciones para contrastar dicha teoría. También es, en cierto modo, una continuación de la 5.

Finalmente, cabe decir que todas las actividades han sido trabajadas con alumnos de tercero de la ESO del Instituto de Enseñaza Secundaria Maria Rúbies de Lleida. Esto no significa que no puedan trabajarse en otros niveles educativos, simplemente hemos de ser conscientes que siempre conviene adaptar la ayuda pedagógica a los alumnos que tenemos delante.

Como cuando se ofrece un regalo solo quiero añadir que ¡Espero que os gusten!

ACTIVITAT 1: EN BUSCA DEL METEORITO PERDIDO EN EL PATIO

OBJETIVO.

Localizar o, por lo menos intentarlo, fragmentos de micro meteoritos en el patio del centro.

ANTECEDENTES

Es sabido que la Tierra añade muchas toneladas a su masa cada año al recoger polvo interplanetario que, suavemente, se deposita sobre su superficie. Su origen es diverso, pero en todos los casos responde a material con el cual se ha estado formando el sistema solar. Se trata de encontrar restos de este material en el propio patio del centro.

MATERIAL

Es conveniente que el patio tenga zonas sin asfaltar, zonas de tierra o arena. Si no es así, quizás sea posible hacer alguna excursión a un lugar cercano con estas condiciones.

Frasco de vidrio o plástico con tapa.

Cucharilla

PROCEDIMIENTO

En el patio, si es posible, o en algún cercano, incluso en el montón de arena de alguna obra cercana, que siempre hay alguna, podemos iniciar la recogida de material que luego analizaremos en clase.

Los alumnos llenaran el frasco con arena de algún lugar que no esté cerca de ninguna instalación metálica como puertas, rejas, etc.. Si es posible, en alguna excursión, pueden recoger muestras de arena también.

Una vez en clase, deberán intentar separar por magnetismo, las partículas de las que estamos hablando. Para ello los procedimientos son variados. Por ejemplo, esparcir una cucharadita de la arena recogida encima de una hoja de papel y por debajo pasar un imán que detectará y permitirá separar estas partículas, si las hubiera. Si aparecen pequeñas esferas negras y magnéticas, es posible que sean lo que buscamos. Con esta simple prueba no tendremos nunca la certeza de que lo sean, pero es una practica suficientemente interesante y que permite abordar estas cuestiones.

Las siguientes imágenes son el resultado de esta experiencia con arena del patio del centro y llevada a cabo por alumnos de primero de ESO.

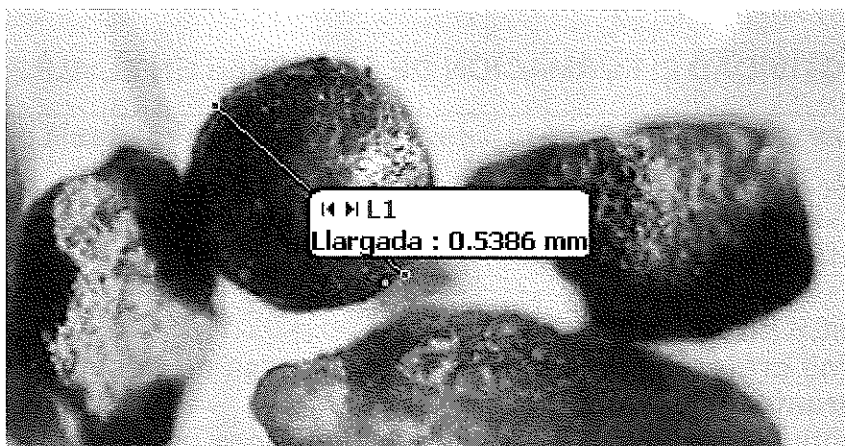


Figura 1: diámetro de la esférula 0,53 mm.

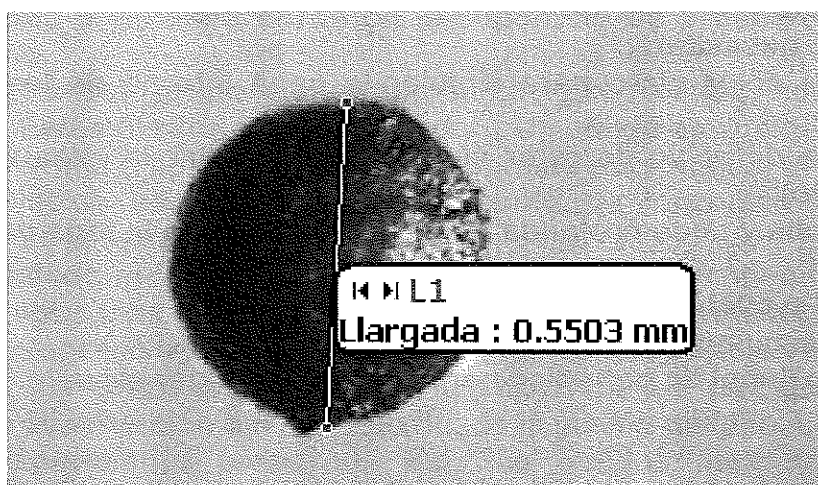


Figura 2: diámetro de la esférula 0,55 mm

Las imágenes 1 y 2, muestran resultados de esta experiencia con la expresión del diámetro en ambos casos.

Cuesta trabajo recoger masa suficiente para continuar la caracterización con algún ensayo de Química analítica que permitiera identificar la presencia de Níquel. He de reconocer que en un curso de profesores en el que llevamos a cabo esta segunda parte de la experiencia el Níquel no apareció. Creemos que debido a la escasa cantidad de muestra recogida.

PREGUNTAS / CONCLUSIONES

1. Conociendo la densidad del Hierro, sabiendo también el diámetro de las esferas que podemos encontrar ¿cuántas de ellas harían falta para recoger 1 mg. de muestra?
2. Cada día caen sobre la Tierra 10 000 Kg. de material meteorítico. Siguiendo el problema anterior, podrías calcular cuántas esferas harían falta?

ACTIVIDAD 2: FORMACIÓN DE CRÁTERES EN EL AULA

OBJETIVO

Observar la formación de cráteres e identificar características distintivas de los lugares de los impactos.

CUESTIONES PREVIAS.

¿Por qué los cráteres son como son? ¿Qué pasa en la superficie de un planeta durante un impacto?

En estas actividades investigarás estas cuestiones usando un modelo de superficie de planeta.

MATERIALES:

Cada grupo necesitará:

- ❖ Polvo de color claro para simular la capa interna de los planetas (Yeso)
- ❖ Una taza de polvo de color oscuro para simular la capa superficial (Cemento)
- ❖ Caja ancha y poco profunda, como las de pizza, o la tapa de una caja de papel.
- ❖ Colador o cuchara larga.
- ❖ Bóolidos simulados de tamaños y masas diferentes.
- ❖ Bayeta o papel de periódico para cubrir y proteger el suelo.
- ❖ Regla
- ❖ Nivel.
- ❖ Silla o escalera
- ❖ Cuerda de dos metros de largo con un peso a la punta. (plomada)
- ❖ Balanza

PROCEDIMIENTO.

Prepara la superficie planetaria

Limpia la zona de trabajo apartando sillas y otros objetos. Extiende el protector del suelo para evitar que se manche.

Pon la caja en el centro del área de trabajo. Llena con el polvo que simula la capa interior (yeso) hasta cerca del borde superior. Prénsalo un poco y nivela su superficie.

Usando un colador o una cuchara larga, esparce el otro, de color más oscuro (cemento), formando una capa fina que simulará la superficie exterior del planeta. Utiliza un nivel para que quede una superficie suave, pero ten en cuenta que no debes mezclar las capas.

TABLA DE DATOS 1			
Bólido	Masa (gr)	Diámetro del cráter (mm)	Otras observaciones

Simulando el impacto de un bólido

Pon una silla o escalera cerca de la superficie de prueba (Tenéis que poder verla)

Un miembro del grupo tiene que subir, procurando no perder el equilibrio. Esta persona será el lanzador (Un bólido es cualquier cuerpo, como un cometa o un meteorito). Una segunda persona del grupo medirá los dos metros verticales desde el punto de lanzamiento hasta la superficie de prueba.

Dadle un bólido al lanzador. Trabajad de forma sistemática empezando por los bólidos más grandes que tengáis. Cuando volváis a lanzar, usad de forma progresiva los bólidos más pequeños. La posición de los otros miembros del grupo alrededor de la superficie de trabajo tiene que permitir la observación del impacto desde la misma distancia.

Con el experimento preparado así, los bólidos impactarán en la superficie desde una altura de dos metros. Haced que el lanzador suelte los bólidos.

TABLA DE DATOS 2:

Hablad en el grupo de las observaciones hechas durante el impacto y registradas en la Tabla de datos 1. Sin tocar nada de la superficie, examinad los cambios que se han producido. Describid el cráter ¿Se han mezclado las dos capas de material? ¿Se han diseminado los materiales uniformemente en todas direcciones? ¿Qué diámetro tiene el agujero?

Repetid el experimento usando diferentes bólidos. No hace falta que niveléis la superficie entre los impactos. Continúad registrando las observaciones y comparaciones en la Tabla de datos 1.

Cuando hayáis completado el experimento de los diferentes bólidos, haced algunas comparaciones ¿Hay alguna relación entre las características del impacto y la masa del bólido? Describid las comparaciones en la Tabla de datos 2.

La diferencia entre este modelo y los bólidos reales es que estos tienen una velocidad mucho más alta. Los objetos que habéis dejado caer se mueven a velocidades que se miden en metros por segundo. Los bólidos reales se mueven a velocidades que se miden en Km. por segundo. Nivelad la superficie planetaria, volved a la silla, haced que la gente se aparte y lanzad otro de vuestros bólidos sobre la superficie. Observad el resultado del cráter ¿Hay alguna diferencia entre este y los anteriores? ¿En qué sentido?

Usando una linterna que represente el Sol, iluminad uno o más cráteres; primero con un ángulo bajo (representa la mañana o la tarde), después con ángulos mayores y finalmente, desde arriba (mediodía). Observad cómo cambian las sombras ¿Son las sombras más visibles con luz baja o luz alta? ¿Qué tipo de iluminación muestra mejor las zonas que pueden ser peligrosas durante un aterrizaje? ¿Son visibles las diferentes características con luz alta?

Simulad, en vuestra superficie de prueba, los efectos de varios impactos por el lanzamiento repetido de los bólidos de diferentes masas. Sin un orden particular, lanza bólidos grandes una docena de veces. Lanza bólidos de demasiada media dos docenas de veces y lanza bólidos pequeños cuatro docenas de veces. Para el lanzamiento varias veces durante el proceso para observar la superficie y la mezcla de las diferentes capas. Date cuenta de cómo esta mezcla de tamaños produce características parecidas a las de la Luna ¿Habéis llegado al punto en que vuestra superficie tiene tantos cráteres que los nuevos no parecen afectarla demasiado? Registra las observaciones en la Tabla de datos3

TABLA DE DATOS 3:

PREGUNTAS / CONCLUSIONES

En este experimento, habéis creado un modelo para simular un fenómeno real. Los modelos son extremadamente útiles para la experimentación, pero no son representaciones perfectas de fenómenos naturales. Di tres diferencias entre este modelo y la realidad de los impactos de los bólidos ¿Cómo podéis crear un modelo más real?

Los científicos planetarios estudian los impactos para aprender más sobre bólidos, especialmente qué tamaños existen y con qué frecuencia chocan con los cuerpos planetarios ¿Qué piensas de la información que has podido extraer de los datos obtenidos en este experimento?

ACTIVIDAD 3: DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE LOS CRÁTERES

OBJETIVO

En esta actividad examinaréis la distribución del tamaño de los cráteres de la Luna. En la siguiente actividad, investigarás el proceso que puede explicar esta distribución.

IDEAS PREVIAS

Esta actividad da una idea del tipo de análisis que puede hacerse usando sólo las fotografías. Utilizarás fotografías para estudiar el tamaño de los cráteres. El estudio de la distribución del tamaño de los cráteres permite tener ideas sobre procesos en el espacio que están lejos del lugar donde los impactos realmente tienen lugar.

Para hacer este tipo de estudio, los científicos del espacio se entrenan para ver más allá de lo obvio en las fotografías que examinan. Esto los convierte en detectives, por su forma de trabajar y su creatividad. En esta actividad, primero buscaréis modelos, patrones en vuestras fotografías. En la siguiente actividad examinaréis un proceso que tiene lugar en el espacio y que puede explicar los modelos o patrones que habéis encontrado.

MATERIALES

Cada grupo necesita:

Una imagen de la superficie de la Luna.

Una regla

Lápiz afilado

Papel milimetrado (opcional)

PROCEDIMIENTO

1. Con tus compañeros, examina la imagen de la figura 3 ¿Muestra mucho detalle? ¿Qué características de las superficies son más evidentes? ¿Hay algún modelo o patrón en la superficie? ¿Qué característica puedes identificar? Anota vuestras ideas en el Recuadro de observación 1. Esta es una imagen típica de la mayor parte de la superficie de la Luna.

Recuadro de observación 1:

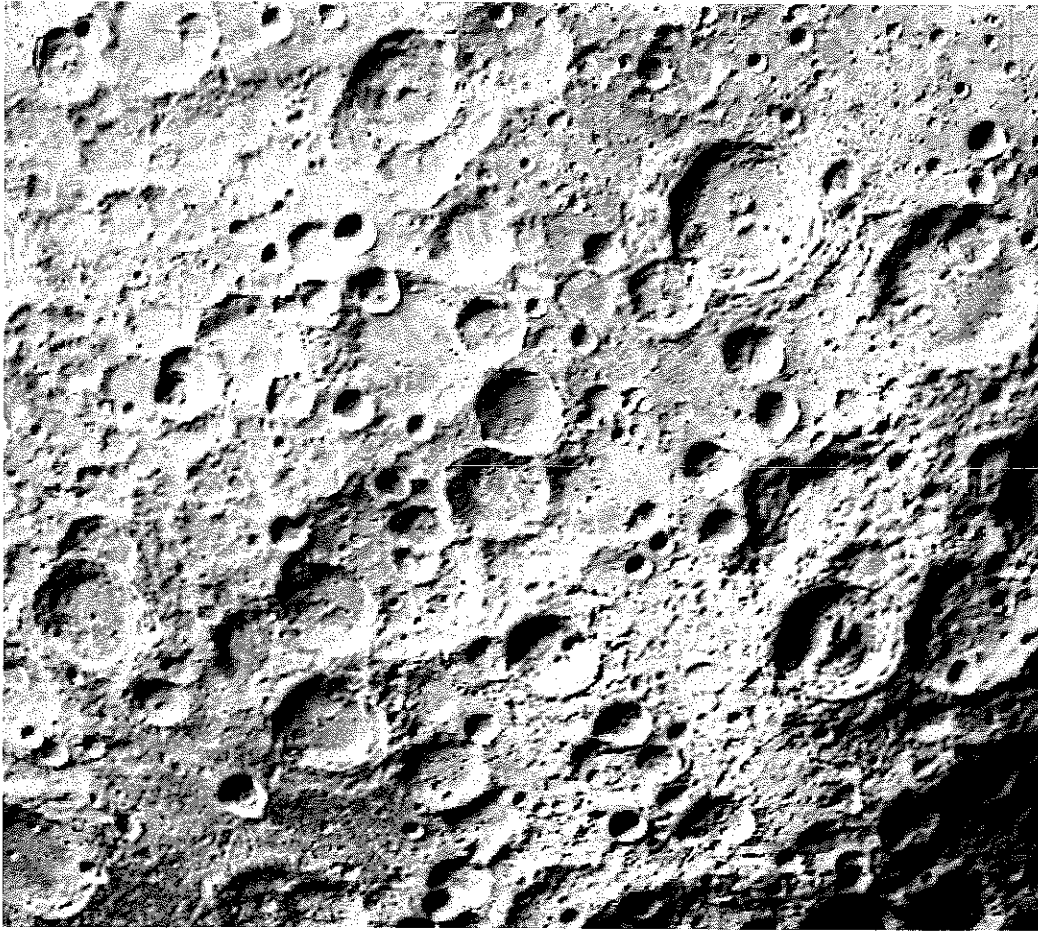


Figura 3: Paisaje densamente “craterizado”. ¿Puede encontrarse algún patrón de distribución del tamaño de los impactos?

2. En esta actividad te interesarás principalmente por el tamaño de los cráteres. Localizad el más grande de la fotografía. Haced que cada uno de vuestro grupo mida separadamente el diámetro haciendo marcas en los bordes del cráter y después midiendo la distancia (en milímetros) entre las marcas. Redondead al milímetro más próximo.
3. Comparad las medidas. Si son diferentes, discutid formas de mejorar la consistencia de vuestros resultados. Desarrollad un plan de acción para crear medidas precisas y repetibles. Aseguraos de tener en cuenta y de acordar una forma de medir los cráteres que no tienen los límites claros. Escribid vuestro plan de acción en el recuadro “Plan de acción”.

Plan de acción:

4. Una vez tengáis acordado un plan, medid el tamaño de cada cráter de la fotografía. Dividid el trabajo de forma que todos los cráteres estén medidos y cada uno una sola vez. Anotad los datos en la Tabla de datos 4. Si es necesario hacedla, más grande.
5. La recogida de datos es el primer paso de la comprensión. Ahora condensa los datos iniciales en un resumen usando la Tabla de datos 5. Pon una "X" en la fila por cada cráter que tenga el diámetro comprendido en el intervalo señalado a la izquierda. Haz una "X" del mismo tamaño forma y separación. Cuando hayáis añadido todos los cráteres, contad las "X" de cada fila en el espacio "Total" del final de la fila.

Tabla de datos 4. Distribución del tamaño de los cráteres.					
Cráter Tamaño en mm.	Cráter Tamaño en mm.	Cráter Tamaño en mm.	Cráter Tamaño en mm.	Cráter Tamaño en mm.	Cráter Tamaño en mm.
1-----	8-----				
2-----	9-----				
3-----	10-----				
4-----					
5-----					40----- -
6-----					<i>Alargadla si es necesario.</i>
7-----					

Tabla de datos 5 Diámetro intervalo en mm	Contando el tamaño de los cráteres Número de cráteres	Total
0--0.9		
1--1.9		
2.0--3.9		
4.0--7.9		
8.0--15.9		
16.0--31.9		
32.0--63.9		
64.0--127.9		

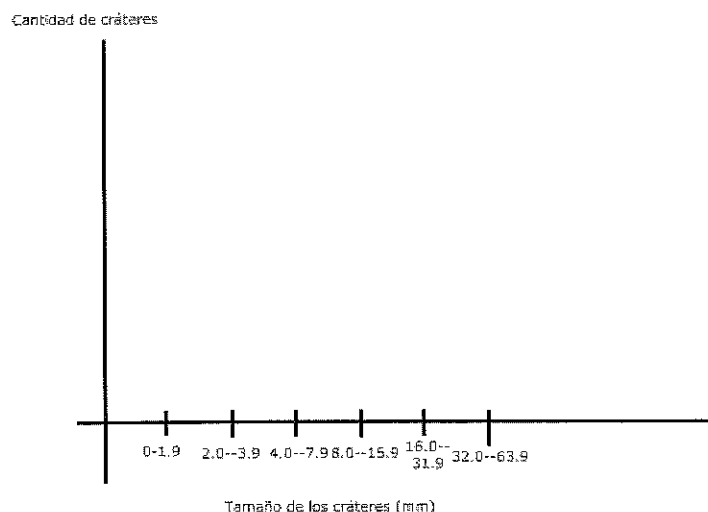


Figura 4: Modelo de sistema de coordenadas para la representación gráfica.

6. Las gráficas proporcionan una forma visual de resumir los datos. Algunos patrones o modelos son más fáciles de ver usando gráficas que usando tablas de datos. Si habéis trabajado con precisión dibujando las X en la Tabla 5, habréis construido un histograma de vuestros resultados (Girad la página para verlo). Dibujad una gráfica para vuestros resultados representando la cantidad de cráteres en el eje Y y el tamaño de los cráteres en el eje X. Los ejes pueden ser como los de la figura 2.

7. Examinad el total de la Tabla 5 y de la gráfica que habéis obtenido ¿Qué podéis decir sobre la distribución del tamaño de los cráteres en la imagen de la superficie de la Luna que habéis examinado? Comparad vuestros resultados con el de otros grupos de la clase. Anota las conclusiones en el Recuadro de observaciones 2.

Recuadro de observación 2.

PREGUNTAS/ CONCLUSIONES

1. ¿Qué área tiene, en km^2 , la imagen de la Luna? ¿Qué tamaño tiene en Km. el cráter más grande? ¿Y el más pequeño? (escala 75km/cm).
2. Comparad las conclusiones del Recuadro de observación 2 con las que habíais escrito en el Recuadro 1 ¿Qué podéis añadir a lo escrito sobre esta imagen, teniendo en cuenta vuestro análisis?
3. Formulad una hipótesis que explique por qué no es igual la cantidad de cráteres grandes medianos y pequeños.
4. Discutid las respuestas a las tres primeras preguntas con vuestro grupo ¿La distribución observada es simplemente el resultado de un proceso aleatorio o es algo más? Escribid 2-3 párrafos de vuestra discusión de grupo y de las observaciones colectivas.

ACTIVIDAD 4: ATANDO CABOS

OBJETIVOS

Examinar un proceso que puede explicar los patrones de distribución de tamaños de cráteres que se han observado en la actividad 3.

ANTECEDENTES

En la actividad 3, habéis estudiado la distribución de tamaños de cráteres utilizando fotografías. Habéis descubierto que hay un patrón en esta distribución. En esta actividad, empezarás a desarrollar explicaciones sobre el motivo por el cual existen estos patrones en los datos y el porqué de aquel patrón particular que descubristeis.

Los asteroides son pequeños cuerpos planetarios que orbitan al Sol. Muchos son de composición rocosa, pero algunos contienen grandes cantidades de metales. Muchos pueden ser encontrados viajando entre las órbitas de Marte y Júpiter. Otros viajan en órbitas con formas más ovaladas, en cuyas trayectorias a veces se aproximan a la Tierra. Miles de asteroides han sido observados suficientes veces como para poder determinar muy bien sus órbitas. Estos han sido catalogados con nombres y números, pero existen otros muchos asteroides. Nadie sabe exactamente cuántos asteroides existen en nuestro sistema solar, pero para que tengas una idea básica de su número considera esto: aproximadamente 30 000 asteroides son suficientemente grandes como para poder ser fotografiados con un telescopio de tamaño mediano. Los asteroides más grandes incluyen Ceres (970 Km. de diámetro), Pallas (580 Km.) y Vesta (540km). Continuamente se están descubriendo nuevos asteroides.

Los asteroides tienen muchas formas y tamaños. También cambian su forma y tamaño durante su vida como resultado de las colisiones. Las influencias gravitatorias de planetas grandes como Júpiter y Marte provocan cambios en sus órbitas. Estos cambios pueden ponerlos en órbitas de colisión con otros asteroides o con cuerpos planetarios. Si un asteroide choca con otro que sea bastante grande, los dos se rompen en varias piezas. El resultado de la fragmentación produce un gran número de nuevos pequeños asteroides más pequeños. Los asteroides que podemos ver hoy en día son fragmentos de otros más grandes, los originales, tan viejos como los propios planetas. Hay una conexión entre lo que pasa durante una colisión y la distribución del tamaño de los cráteres que has investigado anteriormente. En esta actividad explorarás esta conexión.

MATERIALES

Cada grupo necesitará:

- ❖ Una caja que contenga fragmentos de una simulada colisión entre asteroides.
- ❖ Reglas (una por alumno)
- ❖ Papel de gráficas.

RECUADRO DE OBSERVACIÓN 1

PROCEDIMIENTO

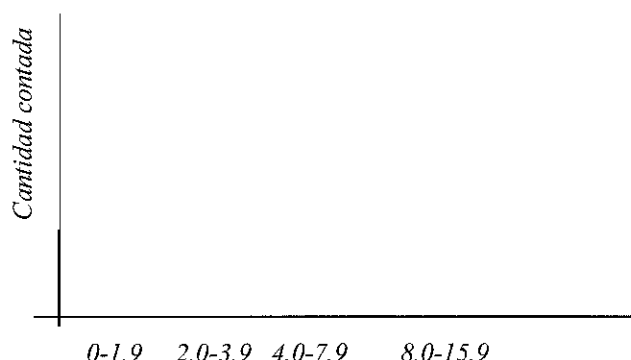
1. El profesor os hará una demostración de una simulación de una colisión de asteroides en el espacio. Recibirás una caja que contendrá los restos de un asteroide después de varias colisiones. Estos "fragmentos de asteroide" han sido hechos rompiendo un asteroide modelo.
2. Ordena los fragmentos de asteroide por tamaño aproximado. Registra las impresiones de la distribución de tamaños de los fragmentos en el Recuadro de observaciones 1 ¿Están los fragmentos distribuidos de manera uniforme por tamaños o hay más de un tamaño que de otros?
3. Haz un estudio cuantitativo de los tamaños de los fragmentos utilizando el siguiente procedimiento: Cada miembro de tu grupo tiene que tener una regla y una copia de la Tabla de datos 6 para sus datos individuales; Distribuye los fragmentos entre los miembros del grupo.

Tabla de datos 6 <i>Intervalo de tamaños (mm)</i>	Recuento del tamaño de los fragmentos Numero de fragmentos	Total
0.0—0.9		
1.0—1.9		
2.0—3.9		
4.0—7.9		
8.0—15.9		
16.0—31.9		
32.0—63.9		
64.0—127.9		

Tabla de datos 7 <i>Intervalo de tamaños(mm)</i>	Recuento del total de grupos Número total de fragmentos
0.0—0.9	
1.0—1.9	
2.0—3.9	
4.0—7.9	
8.0—15.9	
16.0—31.9	
32.0—63.9	
64.0—127.9	

Figura 5

Plantilla de gráfica de barras para resumir los datos de la distribución de los fragmentos. Fíjate que los intervalos no son uniformes, sino que se incrementan en un factor 2 en cada paso. Haz más grande la gráfica si lo necesitas.



Mide y registra el tamaño de cada fragmento en la tabla de datos 6. Pon una "X" en la columna apropiada para cada fragmento. Asegúrate de contar cada fragmento sólo una vez, y también de que los cuentes todos. Alarga la Tabla de datos 6 si lo necesitas.

4. Cuando hayas acabado el recuento, devuelve todos los fragmentos a la caja.
5. Inicia el análisis de datos añadiendo el recuento de todos los miembros del grupo. Pon el recuento total en la Tabla 7.
6. Ahora analiza el total de los datos de los compañeros de trabajo de la tabla 7 ¿Qué puedes saber sobre las distribuciones de tamaño? Es un patrón. Registra las conclusiones en el Recuadro de observaciones 2.

Recuadro de observaciones 2.

7. Las gráficas son una forma visual de resumir los datos. Tal como has hecho en la actividad 3, crea una gráfica para los datos de la tabla 7 usando los ejes como los de la figura 5. Compara tus resultados con los de otros grupos de la clase.

PREGUNTAS/ CONCLUSIONES

1. Resume los resultados de esta investigación ¿Qué patrón existe en la distribución de los tamaños de los fragmentos de una colisión?
2. Compara los resultados de esta investigación con los de la actividad anterior. En particular, ¿has visto alguna similitud entre la distribución de los tamaños de los cráteres y de los fragmentos de la colisión?
3. ¿Qué conclusiones puedes insinuar, como científico del espacio, sobre lo que le pasa a un asteroide a lo largo de su vida?
4. ¿Qué relaciones existen entre la distribución del tamaño de los cráteres de la luna y la distribución de los fragmentos de la colisión? Presenta evidencias de tus conclusiones.
5. Si las colisiones reducen el tamaño de los asteroides, ¿cómo es que todavía existen asteroides grandes?
6. Algunos observadores han dicho que los cráteres de la Luna han sido causados por volcanes ¿Tú qué opinas? Utiliza los datos recogidos en esta actividad y en la anterior para justificar tu punto de vista.

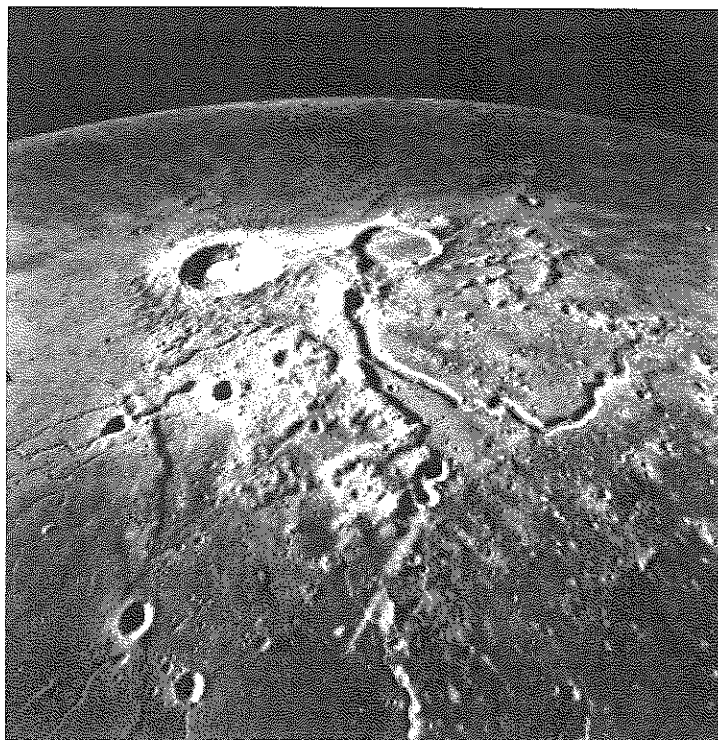


Figura 6: El cráter Aristarco y el Valle Schroeter de la Luna, fotografiados durante la misión Apollo 15. El gran cráter, de apariencia brillante a la izquierda de la cabecera de los meandros del Valle Schroeter, es el cráter Aristarco, de aproximadamente 35 Km. de diámetro. Aristarco es uno de los más modernos y mejor preservados de los grandes cráteres de la luna.

ACTIVIDAD 5: EN LA RUTA DEL DESCUBRIMIENTO

OBJETIVO

Esta actividad os introduce en el descubrimiento de las anomalías en la abundancia de Iridio en la transición que separa los periodos cretácico y terciario.

ANTECEDENTES

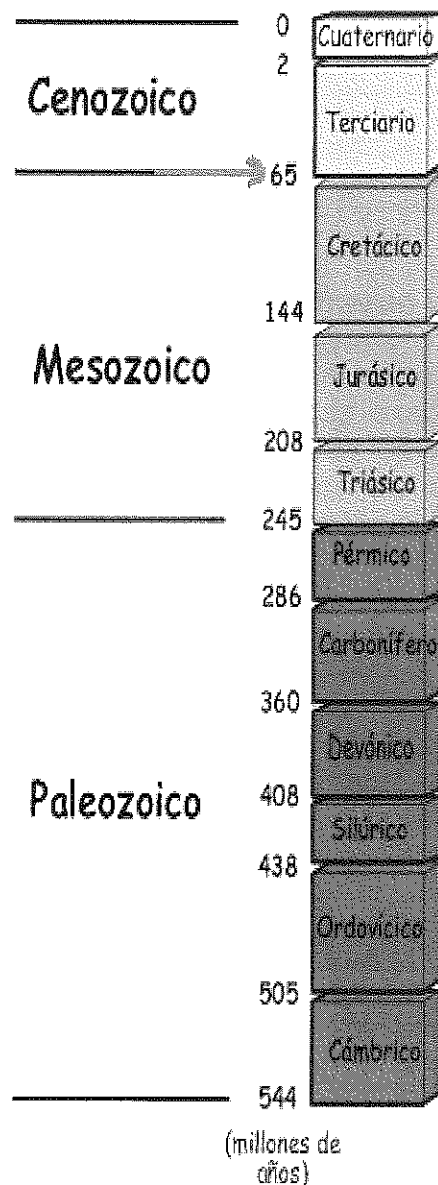


Figura 7. Escala de tiempo geológico. La flecha marca la transición KT. Los geólogos usan el símbolo K como abreviatura de cretácico y T por periodo terciario.

Hacer un descubrimiento nuevo es uno de los aspectos más excitantes de la investigación científica. Algunas veces los descubrimientos son pequeños y de poca importancia—una nueva especie, una nueva estrella, una nueva reacción química. Algunos descubrimientos son de mucha importancia y hacen a los investigadores famosos mundialmente. Galileo llegó a ser famoso cuando descubrió los cráteres de la Luna y determinó que otros planetas también tenían lunas. Maria y Pierre Curie descubrieron el Radio y su uso para hacer Rayos X; por esto ganaron el premio Nobel. Edmon Halley descubrió que algunos cuerpos interplanetarios seguían órbitas elípticas. El cometa Halley que reaparece cada 76 años fue denominado en su honor. Los descubrimientos pueden pasar en cualquier lugar.

En 1980, un equipo liderado por el físico Luis Álvarez y su hijo, el geólogo Walter Álvarez, anunciaron un descubrimiento que los ha hecho famosos. Este equipo informó de una abundancia anormalmente alta de elementos químicos raros en una fina capa de arcilla situada exactamente en la transición entre los periodos cretácico y terciario (figura 7). Encontrar esta superabundancia es extraordinario porque también fue hallada en otras localidades alrededor del mundo precisamente en la transición cretácico-terciario (KT), con independencia del tipo de formación geológica en uno u otro de los lugares.

En esta actividad examinarás los métodos usados por el equipo de Álvarez y aprenderás más sobre lo que encontraron. Su descubrimiento tiene importantes implicaciones para explicar la extinción final de los dinosaurios y otros grupos en el final del cretácico.

MATERIAL

Dos hojas de papel milimetrado.

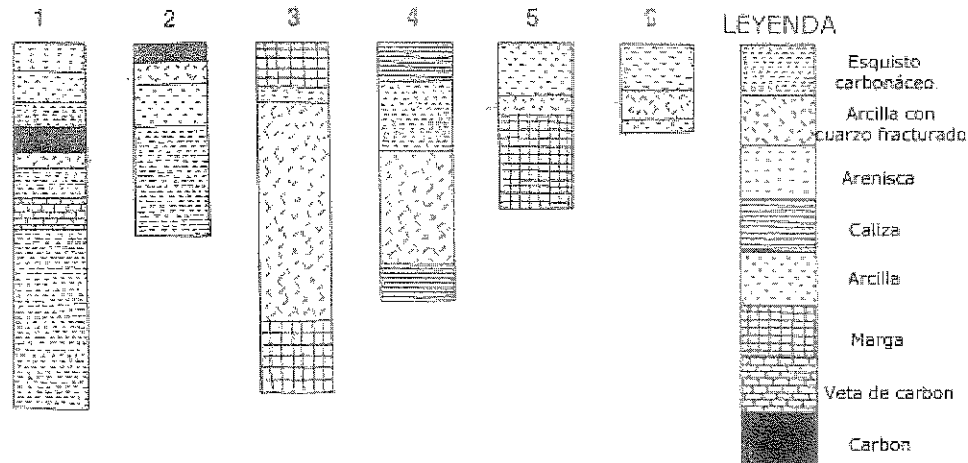


Figura 8. Estratigrafía de seis muestras de la transición K/T de diversas procedencias



PROCEDIMIENTO

1. Los Álvarez cogieron una muestra de las capas de roca de Gubbio, Italia. Cuando compararon esta con otras muestras de la transición KT de otras partes del mundo, encontraron una capa común en ellas. La figura 8 muestra los tipos de roca de seis de las muestras. Las localidades donde se recogieron aparecen en la figura 9. Estudia las seis columnas e identifica el tipo de roca que es común a las seis localidades.

2. Identifica cada una de las muestras de roca de la figura 8 basándote en la anchura de las capas comunes, usando la Tabla 8 ¿Qué área tiene el depósito más grueso de la capa común a todas las muestras?

Tabla 8 Anchura de las capas de roca común de la transición KT en varias zonas	
Localidad	Anchura de la capa de roca en cm.
Carmel, CO, USA	8,0
Raton Basen, NM, USA	0,8
Arroyo El Mimbral, México	100
Beloc, Haití	50
Caravaca, España	0,1
Gubbio, Italia	1,0

3. Los Álvarez examinaron la muestra de Gubbio usando un microscopio especial que los ayudó a ver la estructura mineral con finos detalles. Cuando lo hicieron, descubrieron una cosa sorprendente: En las que estaban localizadas exactamente en la transición KT, los granos de cuarzo presentaban claras líneas de fractura (figura 10) Esto es muy infrecuente porque se necesitan presiones extremadamente altas para producir estas líneas de fractura, del tipo de las que se obtienen en una explosión nuclear o en el impacto de un bólide. Describe la diferencia entre el cuarzo fracturado y el cuarzo regular.

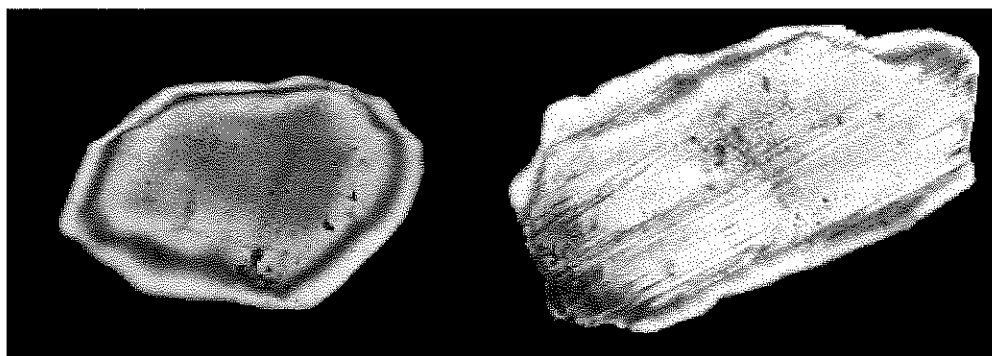


Figura 10. Compara estos dos granos de cuarzo. El de la derecha es cuarzo fracturado. El de la izquierda es no fracturado, los dos son de cerca del cráter Barringer, Arizona.

4. El equipo de Álvarez también hizo examinar a los geoquímicos la composición de las capas de roca común. En este análisis, descubrieron que elementos raros como el iridio, en las capas de la transición KT evidenciaban concentraciones anormalmente altas. La tabla 9 muestra la abundancia relativa del elemento químico raro, iridio (Ir), en el centro de las muestras tomadas en Carlsbad (New México). Fíjate en que a 113 metros de profundidad la abundancia de iridio es 1 ppb (partes por millar de millón) o 1 gramo en mil millones

de gramos de material ¿Cuál es la profundidad donde es más abundante? ¿Cuántos gramos de iridio podemos encontrar en un kilo de muestra cogida a esta profundidad? ¿A qué profundidad esperas encontrar la transición KT?

Tabla 9 Abundancia relativa de iridio en Carlsbad, Nuevo México	
Profundidad bajo la superficie(m)	Abundancia de iridio(ppb)
0	0.00
50	0.00
100	0.00
111	0.50
113	1.00
115	0.50
119	13.5
120	0.50
122	0.25
128	0.25
132	0.25
135	0.00

- Haz la gráfica de los datos de la Tabla 9, poniendo “abundancia de Ir” en el eje vertical y “profundidad bajo la superficie” en el eje horizontal. Describe la forma de la línea de la gráfica ¿Qué te muestra la gráfica sobre la abundancia relativa de iridio en el periodo de tiempo representado en estas rocas?
- Cuando los Álvarez midieron la abundancia de las muestras de iridio en las capas de las muestras de Gubbio, obtuvieron los datos de la Tabla 10. Haz la gráfica de estos datos tal como has hecho en el punto 5 ¿Cómo puedes comparar los datos de las dos tablas?
- Al encontrar tan extraños resultados--denominados por ellos anomalía de iridio--, los Álvarez hicieron comprobar una y otra vez las muestras para estar seguros de que sus análisis eran correctos. También tú puedes volver a comprobar sus datos usando la densidad como un indicador. En la tabla 11, se dan los datos de masa y volumen de los seis lugares expuestos en la figura 9. Calcula la densidad de iridio de estas muestras (haz la división con tres decimales y redondea a dos) y completa la tabla 11. La densidad se calcula como el cociente de la división de masa y volumen (gramos

por cada centímetro cúbico) ¿Cuál es la media de densidad de las muestras?

Tabla 10 Abundancia de iridio en Gubbio, Italia	
Muestra	Abundancia Ir (ppb)
2,7 metros encima	0.3
1,2 metros encima	0.3
0,7 metros encima	0,36±0,06
En la transición	41,6±1,8
0,5 metros bajo	0,73±0,08
2,2 metros bajo	0,25±0,08
5,4 metros bajo	0,30±0,16
<i>--Datos de la tabla 1 en el informe original del equipo de Álvarez de 1980.</i>	

8. Compara la media de densidad de las muestras con la densidad de los elementos químicos listados en la tabla 12 (densidad de elementos seleccionados) ¿Puedes confirmar la presencia de iridio en los lugares consignados en la tabla 11? ¿Qué confianza puedes tener sobre el iridio encontrado en Gubbio?
9. ¿De dónde puede venir la superabundancia del iridio? Utiliza la tabla 13 para sugerir una fuente.
10. Describe una forma de probar tu sugerencia ¿Qué otras características de la transición KT pueden ayudarte en la comprobación?

Tabla 11 Carácter químico de la anomalía en los lugares KT			
Localidad	masa(gr)	Volumen (cm ³)	Densidad (grcm ³)
Carmel, Colorado	0,500	0,022	
Raton Basen	0,750	0,033	
Arroyo El Mimbral	0,901	0,0397	
Beloc, Haití	0,802	0,0360	
Caravaca, España	0,200	0,0089	
Gubbio, Italia	0,401	0,0180	

Tabla 12 Densidad de algunos elementos químicos seleccionados

Elemento	Símbolo	Densidad		Elemento	Símbolo	Densidad
Aluminio	Al	2.70		Carbono	C	3.5
Cerio	Ce	6.70		Cobre	Cu	8.92
Erbio	Er	4.77		Oro	Au	19.30
Iodo	I	4.93		Iridio	Ir	22.42
Hierro	Fe	7.86		Plomo	Pb	11,30
Magnesio	Mg	1.74		Níquel	Ni	8.90
Mercurio	Hg	13.60		Platino	Pt	21,45
Plata	Ag	10.50		Sodio	Na	0.97
Estaño	Sn	7.30		Titanio	Ti	4,50

Tabla 13 Abundancia relativa de iridio en varios materiales geológicos.

	Abundancia de iridio (ppb)
Valores típicos en capas de la transición KT	5--50
Rocas comunes de la superficie terrestre	0,02--0,2
Núcleo de la Tierra (valor estimado)	1,000
Rocas de Marte (valor estimado)	0,2
Rocas lunares (media)	0,1
Meteoritos metálicos (media)	1,000
Asteroides ricos en metal (estimado)	500-1,000

ACTIVIDAD 6: CONTRASTANDO

OBJETIVO

En esta actividad examinarás hipótesis para la teoría de la extinción del KT. También desarrollarás maneras de contrastar esta teoría.

ANTECEDENTES

Contrastar resultados es otra actividad central en el trabajo científico. Para que una teoría pueda calificarse de científica, tiene que ser contrastable. El camino más fácil de probar una teoría es la de hacer una serie de predicciones basadas en ésta y comprobar si estas predicciones se sostienen durante la prueba.

Si las pruebas confirman las predicciones, entonces la teoría gana apoyo; si las pruebas no confirman las predicciones, entonces la teoría pierde apoyo y tiene que ser rechazada.

En esta actividad, examinarás la teoría del impacto para explicar la extinción del KT y considerarás como puede ser comprobada. Para ayudarte a comprenderla mejor, te irá bien conocer algunos antecedentes. En 1980, un equipo que incluía el ganador de un premio Nobel, el físico Luis Álvarez, publicó un escrito que se convirtió en un famoso documento. En este, informaron de una abundancia anormalmente elevada del elemento químico iridio (abreviado Ir) encontrada en una fina capa de roca en la transición entre los periodos cretácico(K) y el terciario (T). En este y en los siguientes informes la superabundancia de iridio fue descrita en la transición KT de todo el globo terrestre.

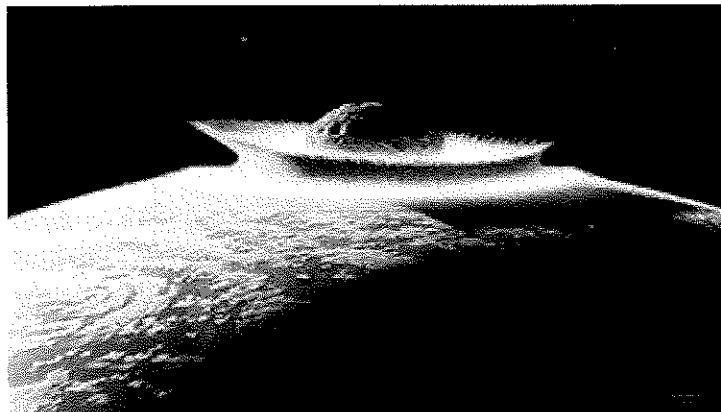


Figura 11: ¿Fue la colisión de un gran bólido con la Tierra al final del cretácico la causa de un periodo de extinción en masa? En esta actividad someterás esta teoría a prueba.

En el documento de 1980, el equipo del Dr. Álvarez consideraba varias fuentes para la anomalía del iridio. No puede venir de los océanos, decían, simplemente porque no hay bastante iridio en el agua del mar (menos de 0.007 ppb, partes por millardo) para justificar las concentraciones encontradas en las capas de la transición KT (figura

11). Puede haber salido de las emanaciones de lava del manto de la Tierra (la abundancia del iridio en el manto superior es alrededor de 20 ppb), pero en algunas localizaciones de la transición KT los niveles mostrados de iridio son el doble de este. Además el material de la capa KT no es volcánico. La fuente más probable para el iridio en las cantidades necesarias, argumentaron que tenía que ser un meteorito rico en material metálico. Un asteroide, si es de 10 ± 4 Km. de diámetro, puede aportar suficiente iridio para explicar la superabundancia. "En resumen", explicaron, "nuestra hipótesis sugiere que un asteroide chocó con la Tierra, formó un cráter de impacto, y parte del material expulsado en forma de polvo subió hasta la estratosfera y se extendió por todo el globo" (Álvarez et al. 1980). La nube de polvo contendría al asteroide vaporizado incluido el iridio. Cuando el contenido de este polvo se depositó, pudo formar la capa en la transición KT.

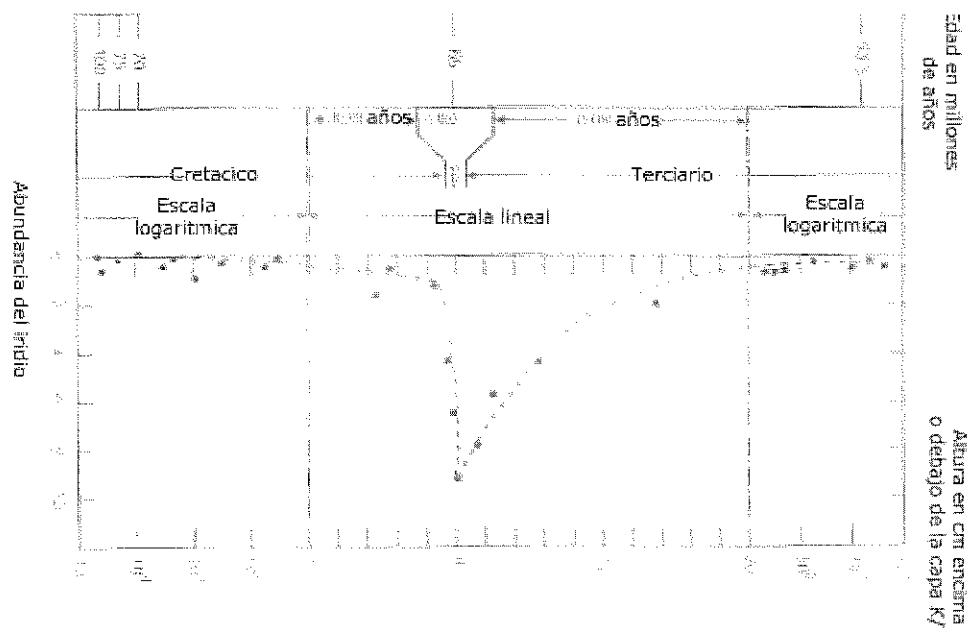


Figura 12. Concentraciones de Iridio de las muestras de Gubbio tomadas a diferentes alturas. (Tomado de W. Hartmann en *Craters*, quien lo adaptó del original de Álvarez, et al., 1980)

El equipo del Dr. Álvarez sabía que la capa KT marcaba la mayor transición en la historia de la vida, incluyendo la extinción final de los dinosaurios. Esta transición y el hipotético impacto no fueron coincidencias, concluían. De hecho, un asteroide de 10 ± 4 Km. de diámetro chocando con la Tierra produciría unos efectos que fácilmente podrían causar las extinciones de la magnitud vista en la transición KT. En esta actividad se discute la teoría que ellos presentaron para explicar estas relaciones. Imagina que eres un científico que lee por primera vez esta teoría ¿Qué harías para comprobarla? ¿Cómo evaluarías las evidencias a favor y en contra? Esto es lo que se te pide aquí: desarrollarás una serie de predicciones basadas en la teoría de Álvarez y considerarás formas de contrastarlas.

MATERIALES

No se necesitan materiales especiales para esta actividad

PROCEDIMIENTO

Después de que la comunidad científica la estudiase durante casi una década, la hipótesis del impacto para la extinción KT fue evaluada por su cofundador, Luis Álvarez, en 1987. En esta evaluación, Álvarez actualizó la teoría del impacto y proporcionó un escenario detallado para explicar cómo éste causó la anomalía del iridio y también creó las circunstancias que produjeron la extinción en masa en la transición del KT. Esta situación está descrita en el cuadro de texto 1. (El texto original aparece en *Physics Today*, julio de 1987, volumen 40, páginas 24-33.)

La teoría del impacto de Álvarez para la extinción KT.

“desarrollando la teoría original del impacto, probé la idea de que un bólido de 10 Km. de diámetro chocó con la Tierra y la rodeó con una opaca nube de polvo; esto cortó la luz del sol, por eso se paró la fotosíntesis, y por eso la mayor parte de la vida animal desaparecida de la Tierra se extinguió al morir de hambre. *Nosotros vemos ahora la nube de polvo depositado en todo el mundo en las capas de la transición KT.”

“Modelos detallados computerizados de la atmósfera han mostrado que ha hecho un frío extremo durante el periodo de oscuridad, que pudo ser como si todos los animales hubieran sido transportados a la Antártida hoy en día... Si el impacto hubiese ocurrido en el océano, la temperatura hubiera descendido primero, pero después se hubiera incrementado como resultado del efecto invernadero, y el calor pudo ser un gran contribuyente a la extinción.”

“ Quizás uno de los mecanismos mortales más importantes pudo derivar del repentino calentamiento de la atmósfera por la expansión de la bola de fuego: el impacto pudo liberar una energía equivalente a la detonación de 100 000 000 de megatones de TNT. Pudo dar lugar a la aparición de enormes cantidades de óxidos de nitrógeno en la atmósfera, que indujo el aumento de la lluvia ácida y el pH de la superficie de los océanos disminuyó lo suficiente para disolver los caparazones de carbonatos de calcio de los invertebrados marinos... Robert Prinn del MIT Institute of Technology dijo recientemente: “Ácido nítrico esencialmente puro pudo ser derramado alrededor de aproximadamente el 10% de la superficie global en los primeros meses.”

*--En el documento de 1980, los Álvarez describieron como pudo tener lugar la etapa de inanición: “Una ausencia temporal de la luz solar puede impedir de forma efectiva la fotosíntesis y esto ataca la cadena alimentaria en sus orígenes.

1. Lee el argumento de Álvarez. Léelo atentamente varias veces hasta que tengas una buena imagen global y buenas apreciaciones de los detalles. Trabajando en equipo, haz un listado de los pasos que Álvarez sugiere para conectar el impacto con la extinción en masa. Escribe estos pasos en la Tabla 14.
2. Una teoría tan complicada es realmente una colección de hipótesis y presunciones. Por ejemplo, Álvarez dice: *"Nosotros vemos ahora la nube de polvo depositada en todo el mundo en las capas de la transición KT."* Otros científicos convierten esta afirmación en una predicción—que la capa de polvo exista en todo el mundo en la transición KT—e intentan comprobarlo. Los geólogos han examinado las capas KT en varias partes del mundo, buscando una capa de polvo y la superabundancia del iridio como fue encontrado en las capas que el equipo Álvarez estudió.
3. Basándote en tu comprensión de la teoría de Álvarez, haz una lista en la tabla 2 de al menos 5 predicciones coherentes con sus argumentos. Por cada una, identifica una situación. Intenta pensar otros efectos que pudieron ser creados en las capas de la transición KT si un asteroide grande hizo una cráter en aquella época. Utiliza tus conocimientos de los cráteres de impacto.

Tabla 14. Pasos para relacionar el impacto KT con la extinción.

Paso1 _____

Paso2 _____

Paso3 _____

Paso 4 _____

Paso5 _____

Paso 6 _____

Paso7 _____

Paso8 _____

Preparad otra hoja si lo creéis necesario.

4. Las predicciones no tienen valor si no pueden ser probadas por los experimentos o contrastadas con las evidencias existentes. Selecciona, para probar, dos hipótesis o predicciones—las que creas más importantes—de la tabla 15. Escribe un informe describiendo imaginarios experimentos o proyectos de investigación en que sometas estas predicciones a la comprobación científica ¿Qué tipo de evidencias quieres buscar y dónde esperas encontrarlas?

Date cuenta de lo siguiente: Vuestra discusión puede tomar la forma de dos informes en una página. Sitúa la predicción en el inicio de la página; entonces describe la investigación que quieres hacer como parte de la prueba. Incluye cualquier dibujo, mapa o diagrama que creas que te ayudará a describir la prueba. Asegúrate de que propones acciones realizables—por ejemplo, no puedes recrear lo que pasó o viajar en el tiempo.

Tabla 15 Predicciones más importantes de la hipótesis de Álvarez.	
Predicciones	Relación con los argumentos
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

5. Durante los últimos años se han hecho varios descubrimientos que refuerzan la hipótesis de un gran impacto hace 65 millones de años. Intenta encontrar informes de algunas de estos descubrimientos u observaciones ¿Se ha encontrado el sitio del impacto? Si es que sí, ¿dónde?

PREGUNTAS / CONCLUSIONES

- De cualquier teoría, se pueden crear un gran número de predicciones ¿Cuántas predicciones has hecho de los argumentos de los Álvarez?
- Siendo todas las predicciones posibles a partir de una teoría, algunas son más cruciales que otras ¿Cuáles son las dos predicciones que eliges para diseñar las pruebas? ¿Por qué las consideras más cruciales que otras?
- Cuando se hace una prueba y los resultados no corresponden a las predicciones, ¿qué opciones tiene un científico?
- Supón que con las dos predicciones que escojas para la investigación los resultados no son los de las predicciones.
 - Supón que eres crítico con la teoría de Álvarez ¿Qué conclusiones sacarías?
 - Supón, en cambio, que eres un entusiasta ¿Cómo explicarías los resultados?

ANÉCDOTAS- CURIOSIDADES-HECHOS

- La velocidad de crecimiento en grosor de los sedimentos se estima en 1 micrón/año ¿Puedes calcular el tiempo que se necesita para que una capa sedimentaria mida 1 metro?
- La mayoría de las especies que han existido están extinguidas. La extinción es la regla.
- El hombre es causante de la actual extinción. En estos momentos se están produciendo extinciones en masa.
- Pierre Simon de Laplace había estudiado el “casi-impacto” del cometa Lexell con la Tierra en 1770.
- Desde siempre se han asociado los cometas con catástrofes. Halley propuso que quizás el diluvio universal fue la consecuencia de un impacto en el océano.
- Leonardo da Vinci propuso el concepto de orogénesis.
- Un cuerpo de 50 km. de diámetro que cae a 11 km/s, con una masa de 150 000 Tm., 450 000 si es metálico, libera una energía de 1 megatón.
- La bomba de Hiroshima liberó 15 KT(kilotones)
- El meteorito rocoso mas grande que se ha encontrado es el de Jilin, en China. Cayó en 1976 y pesó 1750 Kg.
- El meteorito metálico más grande es el de Hoba en Namibia. Su tamaño es de tres metros de largo, tres de ancho y una de altura. Pesaba 60 toneladas.
- Aunque la probabilidad de que nos caiga encima un meteorito es tan pequeña que no debería preocuparnos, se conocen algunos casos en que han caído sobre personas. El 28 de abril de 1927 un meteorito cayó en la rodilla de un niño japonesa; el 30 de noviembre de 1954, después de atravesar el tejado un meteorito golpeó en la cadera a una mujer, en Alabama.
- La Antártida se ha convertido en la suministradora de meteoritos para la comunidad científica. Por lo menos eso parece si se comparan los mas de 14 000 meteoritos hallados en ella des de 1969, con los 2700 meteoritos hallados en el resto del mundo en los últimos 250 años.

BIBLIOGRAFÍA

- Altschuler, D. R., *Hijos de las estrellas*. Cambridge University Press, 2001
- Galadí-Enríquez, D i Gutiérrez-Cabello, J. , *Astronomía general. Teoría y práctica*. Barcelona: Ediciones Omega, 2001.
- Hartman , W. K., Cain, J.. *Craters! A Multi-science Approach to cratering and Impacts*. NSTA USA, 1995.
- López, C., *Universo sin fin*. Madrid: Grupo Santillana, 1999.
- Llorca, J. *Els meteorits: Qués són i per a qué serveixen*. IEI de la diputació de Lleida. 1995
- Llorca, J. *Pedres que cauen del cel. L'impacte dels meteorits en la història i la ciència*. Pagès editors. Lleida 2003.
- Sagan, C., *Un punto azul pálido*. Barcelona: Planeta, 1996
- Sagan, C., *Cosmos*. Barcelona: Planeta, 1982.
- Sagan, C., Druyan, A., *El cometa*. Barcelona: Planeta, 1986

<http://www.spmn.uji.es/> (Red de investigación sobre bólidos y meteoritos)

<http://www.somyce.org/> (Sociedad de observadores de meteoros y cometas de España)



ApEA, la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía, nació en 1995 para acoger a todas las personas que se dedican a la enseñanza de la Astronomía en centros educativos, planetarios, museos de la ciencia, agrupaciones de aficionados y clubes de estudiantes.

ApEA engloba a todos los interesados en la enseñanza de todos los niveles educativos reglados -desde la enseñanza primaria hasta la universitaria- así como los no reglados. También organiza reuniones de formación para sus socios y publica materiales de interés didáctico, como la presente colección.

Más información en www.apea.es

