



## TÍTULO

### ¿QUÉ CAE ANTES?



#### RECURSO A UTILIZAR

Vídeo 1: <https://bit.ly/3giaaKo>

Vídeo 2: <https://bit.ly/2W8TOgh>



En esta actividad vas a necesitar:

- Objetos de diferentes pesos, formas, tamaños, colores y texturas.
- Hojas de tamaño dinA4 de distintos colores.
- Clips de oficina.
- Plumas de distintos tamaños y colores.
- Una balanza por grupo.
- Un cronómetro por grupo.

#### VARIABLES QUE SE PUEDEN TRABAJAR

Toma de decisiones, habilidades de autoafirmación, autocontrol, creatividad

#### ÁREAS CURRICULARES

Ciencias naturales, matemáticas, lengua y literatura

#### CONTEXTO ESCOLAR

STEAM

#### EDAD RECOMENDADA

De 8 a 10 años

#### SINOPSIS

Vídeo 1: El comandante David Scott, durante uno de los paseos lunares de la misión Apollo 15, realiza la demostración de la velocidad de caída de los cuerpos en el vacío que ya diseñó Galileo tres siglos antes. Para ello deja caer al mismo tiempo un martillo geológico de aluminio, de más de un kilogramo de peso, y una pluma de halcón de unos tres gramos. A pesar de la calidad de la imagen (hay que tener en cuenta que se retransmitió desde la Luna en los años 70), se puede observar claramente cómo ambos objetos llegan a la superficie lunar al mismo tiempo, demostrando que la velocidad de caída de los cuerpos en el vacío no depende de su masa.

Vídeo 2: El investigador y divulgador científico Brian Cox realiza una demostración similar a la anterior, pero en este caso en el *Space Power Facility* de la NASA en Ohio, una antigua instalación nuclear que ahora se utiliza para generar la cámara de vacío más grande sobre la Tierra. En el vídeo vemos cómo caen a la misma vez una bola del juego de bolos y unas plumas, además de poder observar la reacción de los científicos e ingenieros de la NASA al comprobar, de manera experimental, lo que ya demostró Galileo siglos antes.

**MARCO TEÓRICO:** Según cuenta la leyenda, cuando a Newton se le cayó una manzana en la cabeza mientras descansaba a la sombra de un manzano, el sabio científico levantó la vista y vio la Luna en el cielo.

Conectando estas dos experiencias, el golpe de la manzana y la visión de la Luna, a Newton se le vino una pregunta a la cabeza, aunque seguramente le llevaba un tiempo rondando sin encontrar la formulación correcta:

*¿Por qué se caen las cosas en la Tierra, pero la Luna sigue dando vueltas en el cielo?*

Y es que entender la gravedad desde un punto de vista científico no es nada sencillo.

Todos tenemos experiencia directa sobre la caída de los cuerpos que nos llegan a través de los sentidos. Desde que somos bebés, antes incluso de aprender a andar, ya experimentamos lanzando hacia el suelo peluches y sonajeros para verlos caer desde nuestra privilegiada posición en la sillita.

Más adelante disfrutamos lanzando piedras a un estanque o balones a una cesta situada sobre nuestras cabezas. O nos desesperamos cuando, con manos de trapo, dejamos caer algún objeto valioso que estábamos manipulando.

Todas estas experiencias van configurando en nuestra mente un modelo de funcionamiento del universo; un modelo puramente intuitivo, es decir, que proviene únicamente de las experiencias directas que adquirimos a través de los sentidos, pero que le facilita a nuestro cerebro hacer predicciones sobre lo que va a ocurrir a nuestro alrededor, permitiéndonos así saber cómo tenemos que lanzar la pelota para encestar, o dónde tenemos que colocar nuestra mano si queremos recoger un objeto que nos cae desde arriba.

Sin embargo, esos modelos intuitivos que nos vamos construyendo no responden al funcionamiento real del mundo. Para generar modelos que se aproximen más a la realidad, los seres humanos disponemos, desde el siglo XVII, del método científico.

Si queremos desarrollar nuestro pensamiento crítico y el de nuestro alumnado, es imprescindible entender los pasos de este método, cómo aplicarlos correctamente, y cómo solo el uso adecuado de este método científico nos va a permitir superar esos modelos intuitivos que en muchas ocasiones nos van a conducir al error.

Además, la necesidad de establecer una planificación previa, la demora de la gratificación que ello supone, y la necesidad de observar la naturaleza de una manera plena, van a contribuir a la mejora del autocontrol de nuestro alumnado.

**RAZÓN DE SER:** Para todo ello te proponemos la siguiente actividad que va siguiendo, uno a uno, los pasos del método científico, reflexionando sobre un caso concreto y paradigmático en la historia de la ciencia: la caída libre de los cuerpos.

## **DESARROLLO**

### **1ª Fase: Observo**

El primer paso del método científico consiste en la observación. Pero para que esta observación sea productiva tenemos que conseguir que sea activa y propiciar la reflexión sobre lo observado.

Vamos a pedir a nuestro alumnado que vaya creando su propio cuaderno de campo en el que anotar, durante un fin de semana, todo lo que vea caer. Desde un tenedor a la hora de la cena, hasta un balón de fútbol jugando en el parque.

Les pediremos que se planteen, para cada caso, las siguientes preguntas:

- ¿Qué objeto se ha caído?
- ¿Qué características tiene ese objeto?
- ¿Cómo ha sido la caída del objeto?

Una vez en clase, y tras la puesta en común de los diarios de campo, entregaremos la siguiente ficha:

*Objeto:*

.....  
.....

*Descripción del objeto:*

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

*Descripción de la caída:*

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

A continuación, iremos, por turnos, dejando caer algunos de los objetos que hemos traído (hojas, plumas, clips, etc.), e iremos rellenando una ficha para cada objeto.

En la descripción del objeto nos fijaremos en su peso, su forma, su color, su textura...; y en la descripción de la caída nos fijaremos en si esta es rápida o lenta, si el objeto cae en línea recta o revoloteando, en la distancia a la que termina su viaje desde el punto en el que lo hemos lanzado... Podemos incluso cronometrar los tiempos que tardan en caer.

Haremos notar a nuestro alumnado cómo, cuándo sujetamos un objeto con la mano, este "tira" hacia el suelo con mayor o menor fuerza dependiendo de su peso.

### 2ª Fase: Me pregunto

Una vez que hemos hecho una observación reflexiva sobre la naturaleza, esta observación nos debe llevar a plantearnos una pregunta sobre el funcionamiento del mundo.

Igual que Newton se preguntó qué hacía que la Luna se quedara flotando en el espacio antes de desarrollar la teoría de la gravitación universal, otros grandes descubrimientos científicos han venido precedidos por grandes preguntas.

- *Einstein se preguntó: ¿cómo se verá el mundo si viajáramos subidos encima de un rayo de luz?*
- *Arquímedes se preguntó: ¿cómo puedo calcular la densidad de una corona de oro sin fundirla?*
- *Darwin se preguntó: ¿cuál es el mecanismo biológico por el que los animales de las Islas Galápagos son diferentes a los de las otras islas?*

Pero para generar conocimiento científico no basta con hacernos preguntas. Tenemos que hacernos las preguntas adecuadas y formularlas de la manera correcta. Necesitamos hacer preguntas significativas si queremos propiciar aprendizajes significativos.

Para entrenar a nuestro alumnado en el arte de preguntarse, lo dividiremos en grupos de 4 o 5 integrantes y les plantearemos lo siguiente:

*Después de las observaciones que habéis hecho sobre la caída de los cuerpos, tanto en vuestro diario de campo como a través de las fichas de clase, ¿qué preguntas os surgen sobre la manera que tienen los cuerpos de caer?*

Les dejaremos unos diez minutos para reflexionar sobre sus observaciones y definir sus preguntas en grupo.

Tenemos que tener en cuenta que, para que las preguntas sean realmente significativas, estas tienen que ser:

- libres, que provengan de sus intereses reales, y no estén mediatizadas por los nuestros;
- abiertas, que no puedan ser contestadas de manera inmediata a través de un sí o un no;
- científicas, que eviten la búsqueda de razones últimas que son más propias de la filosofía que de la ciencia.

Como hemos visto, la manera de redactar la pregunta va a ser importante para que esta sea realmente significativa. Buscaremos que las preguntas empiecen por *¿de qué depende que...?*, *¿qué mecanismo hace que...?*, *¿cómo...?*, y huiéremos de las preguntas que buscan los porqués.

En la puesta en común de todas estas preguntas, iremos guiando a la clase hacia la pregunta a la que queremos dar respuesta a través del método científico:

*¿De qué depende el tiempo que tarda en caer un cuerpo?*

### 3ª Fase: Me respondo

Si la pregunta es un momento clave en la adquisición de conocimientos a través del método científico, la respuesta no lo es menos.

Pero tenemos que hacer entender a nuestro alumnado que no buscamos que esta respuesta sea cierta. En ciencia se obtiene conocimiento tanto del acierto como del error. Por eso no lo vamos a llamar respuesta, sino hipótesis.

Deberemos, por tanto, permitir e incluso fomentar, que haya respuestas erróneas, incluso imaginativas o (en principio) absurdas. En esta fase del método científico no buscamos acertar, sino descubrir.

Para ello damos a cada alumno o alumna un *post-it* para que conteste de manera individual a la pregunta que hemos formulado, y vamos colocando las respuestas sobre la pizarra, agrupando las hipótesis que sean similares.

Finalmente contamos el número de respuestas que se repiten para cada concepto y hacemos un *ranking* de hipótesis.

*Hipótesis más votada:*

.....  
.....

*Segunda hipótesis:*

.....  
.....

*Tercera hipótesis:*

.....  
.....

*Cuarta hipótesis:*

.....  
.....

*Quinta hipótesis:*

.....  
.....

Es de esperar que la respuesta más repetida sea la que proviene del modelo intuitivo de la caída libre de los cuerpos, es decir, que el tiempo de caída depende del peso del objeto. Pero no pasa nada si salen otras respuestas menos intuitivas como que el tiempo de caída depende del material, de la forma, del color... o incluso del sabor del objeto. De nuevo, es importante destacar en clase que no buscamos la respuesta correcta, sino una hipótesis plausible que se pueda comprobar en el siguiente paso del método científico.

#### **4ª Fase: Experimento**

La ciencia, a diferencia de otras formas de conocimiento del mundo, no se para al dar respuesta a una pregunta que nos surge de la observación de la naturaleza, sino que busca la evidencia experimental para aceptar o refutar dicha respuesta.

Para hacerlo dividimos de nuevo a nuestro alumnado en grupos de 4 o 5 integrantes y les explicamos que tenemos que diseñar un experimento para comprobar si nuestra hipótesis más votada es correcta o si, por el contrario, está equivocada.

Pero en ciencia no vale cualquier experimento. Para que un experimento sea válido tiene que estar diseñado de manera correcta. Vamos a ver cómo:

##### **4.1. Buscamos todas las variables que puedan afectar al tiempo de caída de los cuerpos.**

*Una variable es una característica del objeto que yo puedo controlar o medir de manera precisa, como el peso, el color, la forma, la textura... Estas variables las podemos obtener de las hipótesis que surgieron en el paso anterior.*

##### **4.2. Fijamos todas las variables, menos una que iremos modificando de manera controlada durante el experimento.**

*Para que un experimento esté bien diseñado tiene que poder ser realizarlo en repetidas ocasiones, en diferentes circunstancias y por distintos equipos, para evitar errores y sesgos.*

Tras estas indicaciones dejamos unos minutos para que diseñen sus experimentos en los grupos, y los ponemos en común, dando valoraciones en función de su diseño, repetibilidad y medibilidad.

*Un ejemplo de un experimento bien diseñado para comprobar la validez de la hipótesis "el tiempo de caída de los cuerpos depende de su peso" es el siguiente:*

a. Elegimos objetos del mismo peso, color y textura (mantenemos estas variables fijas), pero de diferentes formas.

Por ejemplo, hojas dinA4 dobladas de distintas maneras.

b. Dejamos caer todos estos objetos al mismo tiempo, y anotamos cómo son sus caídas.

c. Si nuestra hipótesis fuera cierta, todas las hojas tendrían que caer al mismo tiempo, puesto que tienen el mismo peso.

Cuando tengamos todos los experimentos bien diseñados procederemos a realizarlos, anotando y analizando los resultados ayudados por la siguiente ficha:

Experimento número: .....

Descripción del experimento:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Hipótesis a comprobar:

.....  
.....  
.....  
.....

Variable a modificar: .....

Variables fijas: ....., ....., .....,  
....., ....., .....

Número de objetos: .....

Descripción de la caída del objeto 1:

.....  
.....  
.....

Descripción de la caída del objeto 2:

.....  
.....  
.....

Descripción de la caída del objeto 3:

.....  
.....  
.....

Descripción de la caída del objeto 4:

.....  
.....  
.....

Descripción de la caída del objeto 5:

.....  
.....  
.....

Resultado: La hipótesis comprobada es:

Correcta

Incorrecta

Si la hipótesis se muestra incorrecta, entonces tendremos que plantear una nueva hipótesis y diseñar un nuevo experimento para comprobarla.

En clase podemos seguir con la segunda hipótesis del ranking que creamos en el paso 3, o repartir el resto de hipótesis entre los grupos de manera que cada uno diseñe un experimento atendiendo a cada una de las variables.

Llegaremos así por fin a una hipótesis que sí sea correcta.

### 5ª Fase: Pienso

Una vez hemos obtenido unos resultados concluyentes gracias a la experimentación, el siguiente paso del método es establecer una teoría científica.

Para que una teoría sea válida debe describir con precisión las observaciones de la experimentación previa, y debe ser capaz de realizar predicciones concretas acerca de observaciones futuras.

En nuestro caso, podríamos llegar a la siguiente teoría: *El tiempo de caída de un cuerpo depende exclusivamente de su forma.*

De esta manera podemos hacer predicciones sobre el tiempo que tardarán en caer un clip de oficina, una goma de borrar o una hoja de papel arrugada en forma de pelota.

Pero, *¿puede haber alguna observación nueva que contradiga nuestra teoría?*

Es en este momento cuando vamos a visualizar con la clase el primer vídeo que acompaña a esta actividad, en el que vamos a ver objetos de distintos pesos (una pluma y un martillo) pero también con distintas formas, cayendo al mismo tiempo en la Luna.

Tras el visionado de este primer vídeo vamos a realizar, de manera individual, la rutina de pensamiento "Veo, pienso, me pregunto". De esta manera vamos a promover una reflexión crítica sobre lo que hasta ahora hemos vivido, pensado y comprendido.

Para ello le entregaremos a nuestro alumnado la siguiente ficha.

¿Qué he visto?	¿Qué pienso?	¿Qué me pregunto?	¿Qué siento?
Anota tus observaciones, sin incluir interpretaciones	Anota las ideas que te vienen a la mente tras el visionado del vídeo	Anota todas las preguntas que te hayan surgido	Anota las emociones que te haya producido

A continuación, haremos una puesta en común de las rutinas de los alumnos, y abriremos un debate en el aula en base a las siguientes preguntas:

- *¿Contradice lo que acabamos de ver nuestra teoría?*
- *¿Qué nuevas variables aportan estos dos nuevos experimentos, realizados en la Luna y en un tanque de vacío?*
- *¿Cómo podemos modificar nuestra teoría para que describa estas dos nuevas observaciones?*

Tras este debate deberemos llegar, finalmente, a la formulación de la siguiente teoría: *El tiempo de caída de un cuerpo depende exclusivamente de la resistencia que ofrece al aire.*

### 6ª Fase: Lo cuento

El método científico no estará completo hasta que no hayamos comunicado nuestros descubrimientos a la comunidad científica. Como decía Newton, "vemos tan lejos porque vamos subidos a hombros de gigantes". Es decir, podemos aportar conocimiento porque ya conocemos lo que anteriores científicos descubrieron antes que nosotros.

Esto es precisamente lo que hace Brian Cox, uno de los divulgadores de ciencia más conocidos y premiados en el mundo. Además de tener una larga carrera como investigador en física de partículas en la Royal Society de Londres y en el acelerador de partículas del CERN en Suiza, Brian Cox ha dedicado una gran parte de su vida laboral a la divulgación científica en radio y televisión... ¡y a la música!

Para entender bien este sexto paso del método científico visualizaremos a continuación el segundo vídeo que acompaña a esta actividad. En él veremos a Brian Cox realizando la misma demostración que hemos hecho nosotros en clase y que hemos visto hacer en la Luna en el primer vídeo, pero en este caso en unas instalaciones de la NASA que se utilizan para recrear las condiciones de vacío que se

encuentran en el espacio. Vamos a fijarnos en cómo utiliza los diferentes recursos expresivos que le ofrece la televisión para hacernos llegar de la mejor manera posible los descubrimientos de Galileo y las emociones que nos produce el comprenderlos.

Empezaremos a visualizar el vídeo desde el minuto 1:05 hasta el minuto 1:47, y nos haremos las siguientes preguntas:

- *¿Hemos hecho nosotros esta demostración?*
- *¿Han sido iguales los resultados?*
- *¿Consideras que es emocionante ver caer unas plumas y una bola de bolos?*
- *¿Cómo consiguen en el documental que aumente nuestra emoción? ¿Qué recursos utilizan?*

Continuaremos con la visualización hasta el minuto 2:50, y reflexionaremos sobre lo siguiente:

- *¿Qué piensas que van a hacer a continuación?*
- *¿Para qué es esa cuenta atrás?*
- *¿Qué imágenes de las que has visto te han impactado más? ¿Por qué crees que las han utilizado?*
- *¿Cómo se expresan los ingenieros? ¿Cómo es su lenguaje?*
- *¿Por qué crees que tiene tanta importancia lo que van a hacer?*

Seguiremos viendo el recurso audiovisual hasta el minuto 3:20, y volveremos a las mismas preguntas que nos hicimos en el primer tramo del vídeo:

- *¿Hemos hecho nosotros esta demostración?*
- *¿Han sido iguales los resultados?*
- *¿Consideras que es emocionante ver caer unas plumas y una bola de bolos?*
- *¿Cómo consiguen en el documental que aumente nuestra emoción? ¿Qué recursos utilizan?*

Terminaremos de ver un último tramo del vídeo, hasta el minuto 3:45, y reflexionaremos sobre la emoción en el mundo de la ciencia.

- *¿Cómo definirías las caras de los ingenieros de la NASA?*
- *¿Hay alguna otra muestra de expresión no verbal en la que te hayas fijado?*
- *¿Qué tipo de emoción crees que están viviendo?*
- *¿Por qué crees que están viviendo esas emociones?*
- *¿Piensas que la ciencia puede ser emocionante?*

Por último, vamos a explorar, en grupos, distintas maneras de comunicar nuestros hallazgos:

- *Mediante un artículo en la revista del colegio.*
- *Mediante un póster, utilizando imágenes y gráficas.*
- *Mediante un vídeo documental.*
- *O de otras muchas maneras creativas...*

Si queremos desarrollar el pensamiento crítico entre nuestro alumnado, debemos despertar en él la curiosidad, fomentar su capacidad de realizar observaciones activas y reflexivas sobre el mundo que le rodea, y motivarle a que se haga preguntas significativas, libres y autónomas sobre sus observaciones.

Además, deberemos hacerle comprender de qué manera, en el siglo XXI, la ciencia va adquiriendo el conocimiento a través de un método concreto que le permite establecer modelos con los que poder predecir comportamientos futuros, pero que en ningún caso son verdades irrefutables.

Solo así conseguiremos alumnos y alumnas capaces de enfrentarse de manera crítica a los retos que se les pongan por delante.

Ficha

<b>¿Qué he visto?</b>	<b>¿Qué pienso?</b>	<b>¿Qué me pregunto?</b>	<b>¿Qué siento?</b>
Anota tus observaciones, sin incluir interpretaciones	Anota las ideas que te vienen a la mente tras el visionado del vídeo	Anota todas las preguntas que te hayan surgido	Anota las emociones que te haya producido