

Trabajo Fin de Máster

**“Como caído del cielo. Lo que nos
cuentan los meteoritos sobre nuestro
Sistema Solar”
Enseñanza de la Geología en la ESO y
Bachillerato. Innovación**

Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria
y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas
(curso 2021-2022)

Jorge Rey Medina



Tutoras
María Candelaria Martín Luis
Silvia Hernández Fernández

San Cristóbal de La Laguna, septiembre 2022

María Candelaria Martín Luis, profesora contratada doctora, y **Silvia Hernández Fernández**, doctoranda, ambas del Área de Petrología y Geoquímica del Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología de la Universidad de La Laguna,

HACEN CONSTAR:

Que la memoria presentada por el alumno del Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas (Interuniversitario) **Jorge Rey Medina**, titulada *Como caído del cielo. Lo que nos cuentan los meteoritos sobre nuestro sistema solar (Enseñanza de la Geología en la ESO y Bachillerato. Innovación)*, ha sido realizada bajo nuestra dirección, alcanzando todas las competencias, condiciones de calidad y rigor académico que se requieren para optar a su presentación y defensa como Trabajo de Fin de Máster en el curso 2021-2022.

Y para que conste a los efectos oportunos, firmamos el presente certificado, en San Cristóbal de La Laguna, a 06 de septiembre de 2022.

Fdo. Dra. María Candelaria Martín Luis

Fdo. Silvia Hernández Fernández

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis tutoras, María Candelaria Martín Luis y Silvia Hernández Fernández, por ayudarme y aconsejarme en todo momento durante la elaboración de este trabajo fin de máster. Hago extensivo este agradecimiento a todo el profesorado, que me ha transmitido tanto conocimiento durante la realización de este máster.

Muchas gracias a los equipos del Museo de la Naturaleza y Arqueología en Santa Cruz de Tenerife, y del Museo de la Ciencia y el Cosmos en San Cristóbal de La Laguna, por permitirme tomar fotografías a sus ejemplares de meteoritos y sugerirme ideas para este trabajo. Especialmente agradecido por la colaboración prestada por Esther y Rubén.

También quisiera agradecer al personal del I.E.S. Agustín de Betancourt en Puerto de la Cruz por todos los consejos y las técnicas transmitidas durante la realización de mis prácticas externas, que han enriquecido este trabajo que aquí presento.

Y, por supuesto, a mis compañeras y compañeros del máster, por hacerme crecer como persona y enseñarme nuevas formas y perspectivas de ver el mundo.

Gracias a todas estas personas, de corazón.



RESUMEN

En este trabajo se presenta una propuesta de innovación para la enseñanza de contenidos geológicos en la asignatura de Biología y Geología de 1º de la Educación Secundaria Obligatoria (en adelante ESO). Concretamente, se plantea emplear la temática de los meteoritos y el conocimiento que aportan a la ciencia como recurso atractivo para el alumnado, tratando de solventar algunos de los problemas actuales que tiene el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Geología. Se desarrollan diferentes actividades en las que el alumnado será partícipe y deberá experimentar primero con herramientas tecnológicas (simuladores y laboratorios virtuales) y luego con muestras reales de meteoritos, para favorecer el aprendizaje significativo de los conocimientos de la Geología. Además, desarrollarán parte del criterio de evaluación del currículo oficial al realizar los trabajos colaborativos usando también herramientas web. Se ha desarrollado esta propuesta teniendo en cuenta el aprendizaje significativo, cooperativo, por descubrimiento e informal.

- **Palabras clave:** innovación educativa, educación secundaria obligatoria, geología, meteoritos, museo, simuladores, laboratorios virtuales.

ABSTRACT

This work presents an innovation proposal for the teaching of geological contents for the subject of Biology and Geology in the 1st year of Compulsory Secondary Education (ESO). Concretely, it is proposed to use the subject of meteorites and the knowledge they provide to science as an attractive resource for students and thus try to solve some of the current problems of the teaching-learning process of geology. Different activities are developed in which students will participate and will have to experiment with technological tools first (simulators and virtual laboratories) and then with real samples of meteorites to promote meaningful learning of knowledge of geology. In addition, they will develop part of the evaluation criteria of the official curriculum by carrying out collaborative work also using web tools. This proposal has been developed considering meaningful, cooperative, discovery and informal learning.

- **Key words:** educational innovation, compulsory secondary education, geology, meteorites, museum, simulators, virtual labs.

ÍNDICE

RESUMEN.....	IV
1. Introducción.....	1
1.1 Epistemología de la ciencia.....	1
1.2 El conocimiento de los meteoritos	2
1.2.1 Definiciones.....	4
1.2.2 Origen.....	7
1.2.3 Clasificación	8
1.2.4 Proceso de llegada a la superficie de un planeta.....	10
1.2.5 Información que nos aportan	11
2. Planteamiento del problema de innovación.....	14
2.1 Problemática de la enseñanza de la Geología	14
2.2 Justificación de la propuesta de innovación.....	15
3. Objetivos.....	17
4. Plan de intervención.....	18
4.1. Marco legal.....	18
4.2 Contexto curricular en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato	19
4.3 Contexto socioeducativo del centro.....	22
4.4 Criterios de evaluación y competencias clave	24
4.5 Recursos y metodología.....	26
4.6 Atención a la diversidad.....	38
4.7 Secuenciación de las actividades.....	40
4.8 Evaluación.....	48
5. Plan de seguimiento	51
6. Resultados y propuestas de mejora	52
6.1 Resultados	52
6.2 Propuestas de adaptaciones	53
6.2.1 Adaptaciones a otros niveles superiores.....	53
7. Conclusiones.....	55
8. Referencias	56
9. Anexos.....	60

1. Introducción

1.1 Epistemología de la ciencia

Desde los albores de la humanidad el ser humano (*Homo sapiens sapiens*) ha alzado la mirada a la bóveda celeste y se ha preguntado por el funcionamiento de todo lo conocido. Así, durante siglos se pensó que el Universo estaba contenido en una esfera de cristal con las estrellas fijadas a esta. A muchos procesos que no se comprendían en ese entonces se les otorgaba la categoría de divinidades y de esa forma se lograban incluir en sus formas de vida (caza, recolección, estaciones, etc.). De igual forma eventos puntuales como eclipses, auroras boreales, estrellas fugaces o caídas de meteoritos se relacionaban con señales que predecían eventos catastróficos.

Dada la naturaleza curiosa del ser humano, con los avances en diferentes ámbitos de la vida, la humanidad fue adquiriendo mayor conocimiento del mundo que le rodeaba y no necesitaba dar una explicación religiosa o mística a diferentes elementos de la naturaleza. Igualmente, a medida que se desarrollaban nuevas herramientas y se respondían algunas cuestiones fundamentales, se generaban otras que necesitaban ser respondidas. Muchos de estos avances en diferentes ámbitos como la biología, la física, la astronomía o la geología supusieron un revuelo social y removieron los cimientos de los fundamentos religiosos que gobernaban durante esos siglos (Sparrow, 2007; Puigdomenech, 2021).

Desde el final del Renacimiento y, sobre todo, a partir de la Ilustración, las ciencias en general han avanzado a ritmos nunca vistos como la física y la química durante el siglo XX y, más recientemente, la biología molecular, ayudándose de métodos analíticos para la mejor comprensión de la naturaleza, la reducción de los problemas a sus componentes fundamentales y su estudio por separado. Para el siglo XXI, el avance en diferentes frentes de la verdad universal será tal que podrán empezarse a juntar las piezas, con el fin último de buscar una comprensión holística y real de la naturaleza (Álvarez & Ros, 2009).

Es sabido que la ciencia cumple un papel fundamental en el avance de la sociedad y, por lo tanto, resulta crucial que las personas tengan cierto nivel de competencia

científica para poder prosperar de forma eficaz en el ambiente que le rodea y poder entender aspectos científicos de estrecha relación con la sociedad. Por esto, la educación científica básica deberá abogar por la alfabetización científica de toda la ciudadanía (Acevedo, 2004; Bybee, 1997).

Del mismo modo en que durante la época clásica los maestros y filósofos tenían sus discípulos para transmitir el conocimiento, en la actualidad y desde hace varios siglos hacemos uso de sistemas educativos que van funcionando más o menos correctamente en correlación a una serie larga de condicionantes (sistema económico, bienestar social, ideologías políticas, equilibrio a nivel global, etc.) y con él se trata de preparar a los adultos del mañana, no solo para su desempeño inmediato en la sociedad, sino para que exista una sociedad más culta, completa y rica en el conocimiento de la verdad del mundo en el que vive. Algunos aspectos del conocimiento son más susceptibles al aprendizaje por medio de procesos prácticos o experimentales y con los que el propio alumnado pueda llegar a extraer el conocimiento de su misma experiencia. Como resalta Izquierdo Aymerich (2005) en su estudio, los programas escolares deben incluir conceptos que ayuden a plantear preguntas y a reflexionar sobre fenómenos y relaciones entre fenómenos que sean relevantes para entender temas científicos de actualidad. En definitiva, hay que enseñar a razonar.

1.2 El conocimiento de los meteoritos

El tema principal de este trabajo final de máster (TFM) se centra en los meteoritos y la información sobre el Sistema Solar que nos aportan éstos en la Educación Secundaria Obligatoria.

Antiguamente, un evento como la caída de un meteorito casi siempre se relacionaba con eventos fatales o que tenían que ver con señales divinas (Llorca, 2004). Sin embargo, estos elementos se usaron desde un primer momento para desarrollar y elaborar multitud de utensilios. Los análisis más avanzados efectuados a objetos cuya composición principal es el hierro, encontrados en excavaciones arqueológicas, señalan el uso de este material para elaborar herramientas antes del comienzo de la edad de hierro (Bjorkman, 1973). Esto se debe a que el hierro no se encuentra en un estado libre en la naturaleza y su extracción y metalurgia resulta muy compleja para la época de estos yacimientos. El objeto elaborado a partir de hierro del meteorito de más antigüedad data

de la edad de bronce antigua, entorno al 2.300 a. C. y procede de la región de Anatolia, en Turquía. Esto sugiere que la tecnología para trabajar y moldear hierro de meteoritos es de al menos 4.300 años de antigüedad.

Luego, en la edad de hierro, este material se volvió accesible y abundante, lo que llevó a que su uso se extendiera rápidamente en donde se ubicaban las principales civilizaciones de Eurasia y África. Con la llegada de la Ilustración en el siglo XVIII, la ciencia se fue imponiendo frente a creencias oscuras y supersticiones. Ya no había nada que no pudiera ser estudiado con el método científico. La caída de piedras y trozos de metal del cielo y, sobre todo, las historias fantasiosas asociadas con aquellas no pasaron desapercibidas a los científicos de la época, que de manera mayoritaria creían que eran el resultado de la imaginación de la gente poco acostumbrada a la observación de los fenómenos naturales.

En la segunda mitad del siglo XVIII, una corriente de pensamiento francés defendió que no era posible la caída de cuerpos del espacio y que las piedras y metales que en ocasiones caían era el producto de fenómenos atmosféricos. Sin embargo, muchos otros científicos siguieron interesándose por dar explicaciones más convincentes, la primera de ella fue la de Ernst Florens Friedrich Chladni. Gracias a trabajos como el de Chladni u otros científicos como Joseph Louis Proust, Edward Howard y Jean Baptiste Biot, en poco tiempo se pasó de considerar a las piedras y trozos de metal que caían del cielo como eventos fantásticos e inexplicables a considerarlas muestras de un valor incalculable desde la perspectiva científica (Llorca, 2013).

Los meteoritos dejaron de ser *trastornos de la naturaleza y mensajeros divinos* para convertirse en muestras científicas exclusivas. Así fue como los museos de ciencia de todo el mundo se interesaron por conseguir muestras de meteoritos para sus vitrinas. Hoy en día, algunas de las colecciones de meteoritos más antiguas y emblemáticas se encuentran en la Smithsonian Institution, en Washington, y en los Museos de Historia Natural de Londres, París, Nueva York, Chicago, Berlín y Viena. Todas ellas juntas suman decenas de miles de fragmentos. A partir de entonces, los meteoritos se han convertido en muestras naturales muy apreciadas por los científicos, que los estudian y analizan con sofisticadas técnicas experimentales. Gracias a su estudio se ha podido determinar la abundancia y distribución de los elementos químicos y minerales en el Universo, en las estrellas, en la Tierra, los asteroides, la Luna y Marte. También han

servido para estudiar la formación y reactividad de los primeros sólidos en el Sistema Solar, conocer y datar los procesos geológicos de alteración acuosa y/o hidrotermal y el magmatismo en los cuerpos planetarios, estudiar la formación de las primeras moléculas orgánicas en el espacio, y un largo etcétera que incluye aspectos fundamentales tanto de la geología como de la física, la química y otras áreas (Llorca, 2004b, 2013).

1.2.1 Definiciones

Desde que Chladni en 1794 publicara “*On the Origin of the Pallas Iron and Others Similar to it, and on Some Associated Natural Phenomena*” e hiciese plausible la hipótesis de que las rocas pueden caer del cielo, la definición de la palabra **meteorito** casi no ha cambiado desde entonces. La definición adoptada por la Unión Astronómica Internacional (IAU, por sus siglas en inglés) especifica que los *meteoritos* se originan a partir de los **meteoroides**. Con el avance de la era espacial y el descubrimiento de nuevas fuentes de material extraterrestre, parecía muy claro que la mayoría de las definiciones de los meteoritos eran muy restrictivas. Algunos problemas con la definición de este término tienen que ver con: donde pueden encontrarse (no solo en la Tierra), el origen del material (origen natural no artificial), si impacta un artefacto espacial humano (se considera meteorito), etc. por lo que conviene acceder a organizaciones o publicaciones de rigor para obtener definiciones precisas que no dejen ningún aspecto libre de interpretación.

Términos relacionados con los meteoritos como el ya mencionado *meteoroides*, *meteoros*, *polvo interplanetario* y *humo meteórico*, se pueden relacionar entre sí con los procesos que sufren y así obtener definiciones relacionadas, tal y como apunta el siguiente párrafo:

“Cuando vemos la luz que cruza el cielo nocturno procedente de la entrada a gran velocidad de un objeto sólido procedente del espacio en nuestra atmósfera, eso es lo que se llama un **meteoros**, concretamente la luz y todos los fenómenos físicos asociados (como el calor, el choque, la ionización). Los **meteoros** pueden producirse en cualquier planeta o satélite natural con una atmósfera suficientemente densa. El objeto sólido que se desplaza a través de la atmósfera es un **meteoroides**. Para ser considerado un meteoroides, debe ser de origen natural y tener un tamaño aproximado de entre 30 micrómetros y 1 metro. Todas las partículas, generalmente más pequeñas que los meteoroides, procedentes del espacio interplanetario se denominan **polvo interplanetario**. Si

el meteoroides sobrevive a la fase de reentrada atmosférica sin ser completamente vaporizado, se denomina entonces **meteorito**. Asimismo, tras la fase de reentrada atmosférica, el material vaporizado que se condensa en materia sólida se denomina **humo meteórico**.” (“Meteors & Meteorites: The IAU Definitions of Meteor Terms”, s.f.)

De lo que podemos concluir que:

Meteoroides: “objeto sólido moviéndose en el espacio interplanetario, de un tamaño considerablemente menor que el de un asteroide y considerablemente mayor que un átomo o molécula” (Millman, 1961). Normalmente se le asigna un rango de entre 10-100 micrómetros hasta 1-10 metros, según los autores, para diferenciarlos de asteroides y cometas que son cuerpos de mayor tamaño.

Meteoro: proveniente del griego *meteoron* cuyo significado es “fenómeno en el cielo” y se usa para señalar el destello luminoso y otros fenómenos físicos como la presión de choque y el calor (lo segundo producto de lo primero). Suele darse en las capas altas medias de la atmósfera, entre los 80 y 110 km de altitud en la Tierra, en otros cuerpos celestes la altitud dependerá de las características de la atmósfera.

Meteorito: “objeto sólido natural de más de 10 micrómetros de tamaño, procedente de un cuerpo celeste, que fue transportado por medios naturales desde el cuerpo en el que se formó hasta una región fuera de la influencia gravitatoria dominante de ese cuerpo, y que posteriormente colisionó con un cuerpo natural o artificial de mayor tamaño que él (aunque sea el mismo cuerpo desde el que fue lanzado). Los procesos de meteorización no afectan al estatus de un objeto como meteorito mientras quede algo reconocible de sus minerales o estructura originales. Un objeto pierde su condición de meteorito si se incorpora a una roca más grande que se convierte en un meteorito propiamente dicho” (Rubin & Grossman, 2010). Los meteoritos pueden tener varios orígenes: Polvo interplanetario o micrometeoritos (provenientes de asteroides, de cometas o de la nube primigenia), tipo planetario (provenientes de planetas rocosos al ser golpeados por un asteroide y proyectar material al espacio) y asteroidales (rocosos (Condritas o Acondritas) y metálicos (Sideritos o mixtos)).

Asteroide: cuerpo rocoso de forma irregular que órbita alrededor del Sol y que no puede considerarse un planeta o un planeta enano según las definiciones de la Unión Astronómica Internacional (UAI), de estos términos introducidas en 2006. A diferencia de los planetas y los planetas enanos, los asteroides no tienen suficiente masa para que su autogravedad supere las fuerzas del cuerpo rígido y adopten una forma de equilibrio hidrostático (casi redonda). A diferencia de los cometas, los asteroides son cuerpos inertes que no presentan una cola de gas y polvo. Los objetos muy pequeños, con un tamaño



Ilustración 1. Diferencia entre los términos asteroide, cometa, meteoroide, meteoro, meteorito y otros (Perlerin & Hankey, 2015).

inferior a unos 10 m, suelen denominarse meteoroides (Harris, 2011). Sin embargo, muchos asteroides muestran su verdadera naturaleza cuando su órbita los acerca al Sol y empiezan a emitir volátiles, gas y polvo, mostrando una cola como los cometas, lo que los científicos denominan ahora *centauros* por su carácter híbrido.

Cabe mencionar que cuando el objeto está en el proceso de la reentrada atmosférica y hay testigos, tanto humanos como grabaciones por sistemas automáticos (telescopios u observatorios astronómicos), se denomina el evento como *caída*, mientras que cuando no hay una observación y se encuentra ya el objeto yaciendo en la superficie planetaria o satelital, se denomina *hallazgo*. Además, a los meteoritos se les asigna como nombre identificativo una toponimia del lugar donde se hallan, tal como poblaciones cercanas o elementos geográficos importantes y si hay varios en una misma zona se acompañan con algún código numérico.

1.2.2 Origen

Al tratar de entender la información que nos aporta el origen de los meteoritos, en realidad lo que nos interesa es comprender el origen de los meteoroides, asteroides y/o cometas que son los cuerpos celestes que generaran los meteoritos a su paso por la atmósfera terrestre o de otro elemento mayor del Sistema Solar. Por esto, se tratará de analizar los albores del Sistema Solar y cómo su formación dio cabida a estos elementos tan particulares.

Los especímenes de meteoritos más antiguos son restos de los primeros procesos geológicos que se produjeron en nuestro Sistema Solar hace 4600 millones de años, mucho después del origen del Universo, que se data en aproximadamente 13800 millones de años. El Sistema Solar se formó cuando una nube de polvo interestelar y gas colapsó por el efecto de diferentes fuerzas. Debido a que la nube interestelar había estado girando lentamente, el resultado fue un disco giratorio casi plano al que se denomina nebulosa solar. Gran parte del polvo y el gas del disco se trasladaron al centro de la nebulosa, donde alimentó a una protoestrella en crecimiento que finalmente se convirtió en nuestro Sol. Por efecto de la fuerza de la gravedad, los materiales más volátiles y gaseosos se quedaron en la parte externa del disco giratorio y es lo que formaría, por agregación, los planetas gigantes gaseosos (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno) de forma relativamente rápida, en unos millones de años. No obstante, la formación de los cuerpos hechos de materiales más exóticos, roca y metal, pudo durar varias decenas de millones de años. En ese

intervalo, el Sistema Solar era un lugar turbulento, como puede atestiguar nuestro satélite. Sin embargo, aunque entre sobresaltos, los cuatro planetas interiores pudieron crecer a partir de los planetesimales existentes en sus órbitas y de algunos otros planetesimales con los que se fusionaron ("Meteorites and Their Properties - The Origin of Meteorites", s.f.).

No sucedió lo mismo en la órbita de los actuales asteroides. Júpiter, demasiado cercano, y Saturno en menor medida, ejercieron una eficaz acción desequilibrante sobre la gran mayoría de los planetesimales, expulsándolos de sus órbitas mediante efectos de resonancia. Según cálculos recientes, los asteroides representan tan sólo el 0,1 % del material preexistente en la zona. Evidentemente, así no hay manera de construir un planeta. El proyecto de cuerpo entre Marte y Júpiter no fue la única víctima del campo gravitatorio de este último planeta: también se ha concluido que gran cantidad de planetesimales fueron expulsados de la órbita marciana. En caso contrario, este planeta sería mayor que la Tierra, quizá una supertierra como las que los cazadores de planetas están encontrando en otros sistemas planetarios. Las últimas investigaciones indican que la migración de los planetas gigantes contribuyó de forma decisiva a la expulsión de planetesimales (Faura & Mensing, 2007, Anguita & Castilla, 2010).

1.2.3 Clasificación

Los meteoritos han sido investigados y analizados científicamente durante más de 200 años (por ejemplo, Chladni, 1794). Los antiguos métodos de clasificación de los meteoritos se basaban principalmente en la petrografía de las rocas. Uno de los primeros esquemas fue la clasificación Rose-Tschermak-Brezina (Brezina, 1904) que consideraba características macro y microscópicas petrográficas, así como la abundancia de metales en ellos. Más adelante, en 1916, Prior publicó una clasificación mineralógica dividiendo las condritas en tres grupos principales, en función del contenido en hierro del ortopiroxeno. Actualmente, la propuesta de clasificación de Van Schmus y Wood para los meteoritos de tipo condrítico es de uso general para describir el grado de modificación metamórfica (Van Schmus y Wood, 1967). En los últimos 55 años, los aspectos químicos, estructurales e isotópicos se han incluido en los esquemas de clasificación. En la clasificación más usada por el mundo científico actualmente, desarrollada por Addi Bischof (2001), los meteoritos se clasifican por composición y procedencia. La primera división los divide en primitivos o **no diferenciados** y en **diferenciados** o fundidos. A su vez estos tienen otros subgrupos.

Los no diferenciados son las **condritas**, que hace alusión al material más antiguo del Sistema Solar y cuya materia no ha sufrido procesos de fusión o diferenciación y pueden ser los componentes con los que se formaron los planetas tras la condensación de la nebulosa solar. Estos meteoritos poseen menos de un 10 % de contenido en metales y se clasifican en 4 subclases: **carbonáceas** (contienen 5 % de carbono, 20 % de agua y hasta 7 % de compuestos orgánicos), **ordinarias** (minerales de olivino y piroxeno, engloban el 85 % de los meteoritos que se tienen registrados), **Rumuruti** (de la región de Kenia, tienen hierro, pero no magnesio) y **enstatitas** (únicas condritas que carecen de hierro).

En cuanto a los diferenciados, resultado de la fusión parcial o total de sus cuerpos de origen o partes de ellos, se clasifican en tres grupos principales: **sideritos** o metálicos (se dividen en función de la cantidad de níquel que acompaña al hierro, ambos más del 90 %, provienen de asteroides grandes), **siderolitos** o metalrocicos (pueden ser pallasitos o mesosideritos en función de la composición) y **acondritas** o rocosos (menos del 1 % de metal) (Anguita & Castilla, 2010).

De entre todos los meteoritos encontrados en la Tierra, aproximadamente el 95,6 % de éstos son rocosos (condritas y acondritas), el 3,9 % son metálicos (sideritos) y en torno al 0,5 % son metalrocicos (siderolitos).

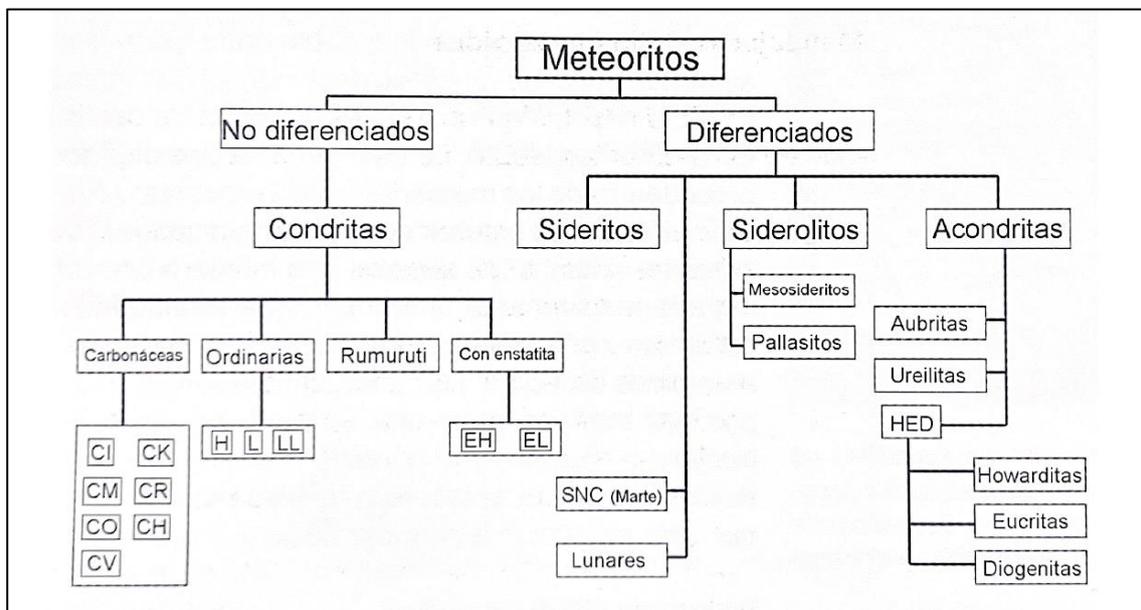


Ilustración 2. Clasificación más aceptada actualmente por científicos (basada en Bischof, 2001; extraída de Anguita & Castilla, 2010)

1.2.4 Proceso de llegada a la superficie de un planeta

La mayor concentración de asteroides y meteoroides se encuentra entre las órbitas de Marte y Júpiter, en el denominado cinturón de asteroides, mientras que los cometas suelen tener órbitas más grandes, situándose normalmente tras la órbita de Neptuno, en lo que se denomina la nube de Oort. Sin embargo, los movimientos y recolocación de los planetas gigantes en los comienzos del Sistema Solar, empujaron varios de los escombros interplanetarios a órbitas más cercanas al Sol o al límite exterior del sistema, y por esto hay “familias” de asteroides situadas en las proximidades de las órbitas de los planetas terrestres. Los NEAs o Asteroides Cercanos a la Tierra (por sus siglas en inglés) comenzaron en el cinturón de asteroides, pero en algún momento de su vida, la interacción con la gravedad de Júpiter o alguna colisión con otro asteroide modificó su órbita. Estos se clasifican en tres grupos en relación con su cercanía a la órbita terrestre: el grupo Amor cruza la órbita de Marte, pero no la de la Tierra, el grupo Apollo cruza la órbita terrestre y lo forman elementos potencialmente peligrosos y el grupo Atena suelen estar casi siempre dentro de la órbita terrestre (Mc Fadden *et al.* 2007). Un dato importante es que las órbitas de los NEOs (Objetos cercanos a la Tierra por sus siglas en inglés) son inestables en periodos cortos, entre 1 y 10 millones de años. Después, estos cuerpos son eyectados del sistema, caen sobre el Sol o chocan con un planeta. Por lo tanto, los miles de objetos descubiertos hasta la actualidad han debido de llegar desde el cinturón al interior del Sistema Solar en tiempos geológicamente muy recientes (Anguita & Castilla, 2010).

La inserción de un meteoroides u cuerpo celeste en la atmósfera se produce aproximadamente a 70 km/s, en función de la trayectoria previa. De forma general estos elementos no poseen una forma aerodinámica, lo que provoca un paso por la atmósfera lleno de turbulencias y reajustes continuos en su orientación, dado su continua fricción con el aire. Si se da suficiente calor por la fricción se formará una costra (de fusión), y esto justifica la presencia de abundantes óxidos en la corteza del meteorito. Incluso cuando se alcanzan estas temperaturas, el interior del objeto permanece inalterado y por esto su composición y estructuras internas no sufren modificaciones. En algunos ejemplares de meteoritos se encuentran muescas suaves en la superficie de éstos producidas probablemente por vórtices de gas caliente a su paso por la atmósfera.

La mayoría de los meteoritos se desintegran a su paso por la atmósfera; sin embargo, se estima que anualmente alrededor de 500 meteoritos llegan a la superficie

terrestre, pero únicamente una decena son recuperados. Esto se debe a que muchos caen en los océanos, y el menor porcentaje que cae en tierra lo hace sobre todo en zonas remotas, como desiertos o la Antártida y además aproximadamente la mitad de ellos caen durante el día y no se aprecia bien su meteoro.

Muy pocos son los meteoritos capaces de dejar un cráter que evidencie su impacto. El tamaño y tipo de cráter depende del tamaño, de la composición, del grado de fragmentación, y del ángulo entrante del meteorito. La fuerza de tales colisiones tiene el potencial de causar una destrucción extensa. Los choques a hipervelocidad más frecuentes, normalmente son causados por un meteorito metálico, los cuales son más resistentes y pueden desplazarse prácticamente intactos a través de la atmósfera ("FAQ - Meteoroids/Meteorites", s.f.).

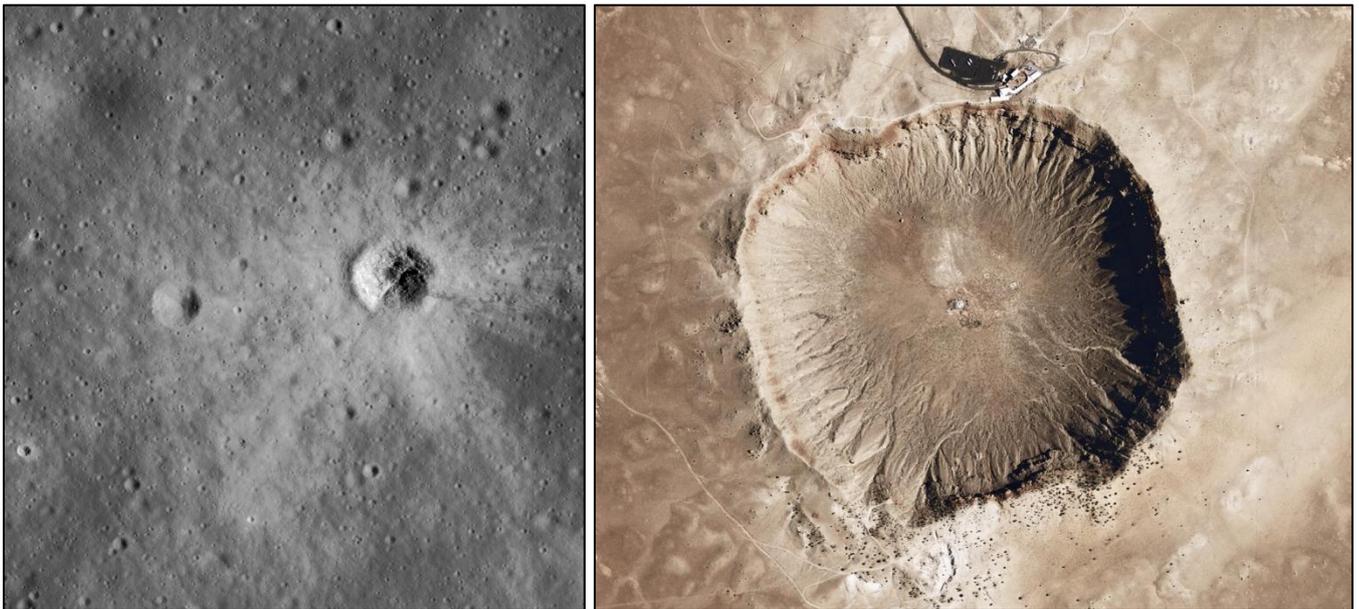


Ilustración 3. Cráter de impacto en la superficie lunar con 500 millones de años de antigüedad (Izq.) y cráter Meteor/Barringer en Arizona, de hace 50000 años aproximadamente (Dcha.).

1.2.5 Información que nos aportan

Los meteoritos aportan importante información, tanto del pasado del Sistema Solar y de las características presentes de muchos componentes de éste, como de posibles eventos futuros; por ejemplo:

Los meteoritos son una importante fuente de información sobre la composición inicial que tuvo el Sistema Solar. Ciertos meteoritos que datan de cerca de 4600 millones de años permiten conocer los posibles fenómenos fisicoquímicos que se dieron en el origen de los planetas o nos aportan información acerca de la posible estructura, materiales y proporciones que pueden constituir algunos de ellos.

Los meteoritos también son una herramienta muy útil para el conocimiento de la vida en la Tierra. Existen diversas teorías que afirman que el origen de los elementos precursores de la vida en la Tierra podría haberse encontrado en meteoritos que impactaron hace miles de millones de años en la Tierra. Incluso algunos de origen marciano, (por ejemplo el ALH 84001), muestran estructuras (glóbulos de carbonato) que los científicos han asociado con actividad biológica, sin embargo muchos otros creen que se debe a una contaminación en la muestra (Raeburn & Golombek, 1999).

Un meteorito puede contener información de hace miles de millones de años sobre el origen de la Tierra. El impacto de material espacial sobre la superficie de muchos planetas arrancó, en muchas ocasiones, parte de la superficie de éstos. Parte de ese material llegó hasta el espacio donde ha permanecido intacto, debido a las bajas temperaturas existentes, durante miles de millones de años hasta nuestros días.

La llegada de este material espacial a nuestra superficie trae consigo un aporte de información sobre la constitución de la superficie de los planetas y del Sistema Solar. Los meteoritos contienen valiosa información geoquímica y física sobre cómo podían estar constituidos los planetas en los inicios del Sistema Solar. Los de clase SNC (de origen marciano) suponen una oportunidad única para estudiar la geología marciana, al menos hasta que las agencias espaciales logren traer muestras del planeta rojo a la Tierra.

Nuestro planeta viaja en medio de una nube de asteroides: el grupo Apolo. Los 180 cráteres de impacto localizados hasta hoy son sólo una huella insignificante, enmascarada por una intensa actividad geológica, de la lluvia de rocas que la Tierra ha sufrido a lo largo de su historia. Los seres humanos somos conscientes de este peligro desde hace pocos años: a partir de entonces, las agencias espaciales han financiado programas que han resultado en la detección de miles de estos asteroides. Al mismo tiempo se han ido estructurando protocolos de actuación para las situaciones de

emergencia. El más conocido es la llamada Escala de Torino, una clasificación del riesgo en diez grados presentada en una conferencia sobre NEOs que tuvo lugar en esta ciudad italiana en 1999. Hasta la fecha, el nivel de alerta máximo otorgado ha sido de 4, en 2004, a causa del 99942 Apophis; pero sólo durante un corto periodo, tras el cual el caso fue rebajado a 1 y después a 0. Se han empezado a diseñar planes para la eventualidad de que alguna vez se tenga la certeza de una colisión. Aunque las propuestas iniciales eran sistemáticamente de carácter explosivo, el descubrimiento de la abundancia de asteroides fragmentarios ha hecho cambiar esta política, ya que una explosión sobre uno de estos cuerpos muy probablemente lo convertiría en una lluvia de miles de objetos de trayectorias imprevisibles. Los planes actuales giran más bien en torno a la idea de cohetes de bajo empuje que pudiesen, mediante un impulso continuado, desviar al impactor de su rumbo de colisión. Que esta u otra defensa contra impactores pudiese utilizarse dependería del tiempo de aviso (Binzel, 1999, Miyamoto *et al.*, 2007).

2. Planteamiento del problema de innovación

La elección de esta temática para el presente TFM viene justificada por la desmotivación que suelen manifestar algunos de los alumnos y alumnas que estudian Biología y Geología, y otras ramas de la ciencia en general, dado que con frecuencia les falta ser partícipes de la ciencia en lugar de ser meros espectadores. De esta manera, el alumnado ve con mayor interés aquellas experiencias más perceptibles, entender a partir de muestras reales, donde se desarrollen estrategias de aprendizaje que favorezcan la cooperación, la comunicación, la experimentación y el análisis de elementos, de forma que pueda participar directa y activamente en el proceso de su aprendizaje (Rayo Segura, 2014).

2.1 Problemática de la enseñanza de la Geología

La enseñanza de la Geología en secundaria en general presenta algunas dificultades. En primer lugar, en las programaciones curriculares de las asignaturas de Biología y Geología, su representación es escasa y los contenidos no se distribuyen en el tiempo de forma óptima para favorecer su didáctica (Pedrinaci, 2011). En segundo lugar, la magnitud de las escalas espaciales (Universo, Sistema Solar, globo terráqueo) y temporales (desde el origen del Universo, el Sistema Solar y las edades geológicas de la Tierra) que se manejan en los procesos geológicos supone un elemento más de desconexión del alumnado con los conceptos a adquirir y por lo tanto, genera errores en la concepción de éstos (Pedrinaci, 1992). Además, la mayoría de los conceptos y procesos geológicos no están conectados con la realidad más cercana del alumnado, lo que supone un hándicap importante para garantizar el aprendizaje significativo de éstos (Guarro, 2002).

Las técnicas o metodologías innovadoras aplicadas en la docencia brindan la posibilidad de mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de, en este caso, la Geología, en la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato. Tal y como menciona Guarro (2002), realizar proyectos de investigación cooperativa (enseñanza activa) mejora el aprendizaje significativo de los conceptos ya que es el alumnado el que los obtiene directamente.

Otra metodología es la de situar los contenidos fuera del contexto usual en el que se imparten, lo que facilita el acercamiento de éstos a una realidad más tangible a la vez que mejora el aprendizaje significativo, dado que se abstraen los contenidos y se fomentan las experiencias más cercanas a su vida diaria.

2.2 Justificación de la propuesta de innovación

El currículo de Biología y Geología en la ESO no contempla el estudio de los meteoritos expresamente (única mención en la asignatura optativa de Geología de 2º Bachillerato). Con todo, y tal como se ha expuesto en el apartado introductorio, estos elementos espaciales aportan muchísima información acerca del Universo, el Sistema Solar e incluso el interior de los planetas. Esto hace posible el uso de los meteoritos como recurso educativo y didáctico para la enseñanza de contenido geológico, lo que a su vez conlleva una serie de ventajas:

- a. **Motivación.** Al igual que temas concretos como los dinosaurios, el espacio exterior de donde proceden los meteoritos, genera un interés especial hacia el alumnado de primaria y secundaria. Gran parte de este efecto se debe sobre todo la cultura popular y a su representación en el cine, libros y, últimamente, en series televisivas. Incluso la moda se hace eco de este atractivo. Más aún, las agencias espaciales están aprovechando el tirón del interés popular para llegar a todos los públicos y generar atracción en los estudiantes más jóvenes. Todo ello ha generado un incremento de matrículas en los títulos universitarios relacionados con las ingenierías, física, matemáticas, química, geología, biología, etc..
- b. **Interdisciplinariedad.** El conocimiento del Universo es de ámbito multidisciplinar, dado que con el avance de la ciencia y las misiones espaciales, en el último medio siglo se han ido necesitando de más y más aspectos de las ciencias puras para comprender y analizar la realidad del cosmos. Las matemáticas y la física para comprender las órbitas de los cuerpos celestes, sus interacciones y los procesos que los modifican. La química para entender la composición de los cuerpos, los procesos que modifican estos componentes y forman otros nuevos, las proporciones, etc. La biología, para entender los procesos que puedan darse y que permitan la vida en otros ambientes extraterrestres, la posibilidad de que llegase vida a la Tierra desde el espacio y desarrollar los planes para expandir la vida por medio de misiones

espaciales tripuladas. Las ingenierías resultan cruciales actualmente y cada vez más, para desarrollar instrumentos que sostengan el avance de las ciencias puras. Y finalmente, los idiomas (en especial el inglés), resultan vitales para comprender y avanzar en el conocimiento del cosmos, dado que muchas herramientas y recursos se encuentran desarrollados en diferentes idiomas.

- c. **Herramientas tecnológicas en clase y en un museo.** El uso de herramientas tecnológicas innovadoras, en este caso, de los simuladores de entornos espaciales y de laboratorios virtuales así como con muestras reales en el desarrollo de la clase y como parte de la tarea evaluable del alumnado, supone un añadido más para fomentar el interés y lograr un aprendizaje significativo de los conceptos a enseñar (Prendes & Cerdán, 2021). Igualmente, la sesión que se realice en un museo es, como se mencionaba anteriormente, una técnica para modificar la contextualización de la enseñanza de estos conceptos fuera del aula y tratar de captar el interés del alumnado por esta materia (Sardá, 2013).

3. Objetivos

El objetivo general de este TFM es despertar el interés del alumnado por la Geología haciendo uso de los “meteoritos”, un tema que suele resultar interesante y atractivo desde la perspectiva del alumnado. De esta manera, se pretende usar este gancho para hacer más atractivo el conocimiento y la información que nos aportan a otros conceptos de la Geología. Para ello se establecen los siguientes **objetivos específicos**:

- Estudio y análisis del currículum vigente para seleccionar en que curso académico cuadra mejor incluir una unidad didáctica enfocada al conocimiento del Sistema Solar, sus componentes, su origen, etc. y las actividades especiales relacionadas con los meteoritos.

- Mostrar el carácter interdisciplinar que hay en el conocimiento de la astronomía y su estrecha relación con otras ramas de la ciencia (física, química, matemáticas, geología, biología, etc.).

- Desarrollar una unidad didáctica sobre el Sistema Solar (origen, funcionamiento, componentes, características, etc.) con los meteoritos como protagonistas de esta unidad didáctica.

- Desarrollar una herramienta o instrumento de evaluación que permita valorar la efectividad de la propuesta de innovación y establecer posibles propuestas de mejora.

4. Plan de intervención

En esta sección del trabajo se tratará en profundidad la propuesta de innovación, se tratará su marco legal, contexto curricular, el contexto del centro educativo y la secuenciación de la propuesta.

4.1. Marco legal

Esta propuesta de intervención educativa se enmarca dentro de las siguientes normas, atendiendo al calendario de implantación del nuevo ordenamiento jurídico de la ESO y del Bachillerato:

- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE) (BOE nº 295, de 10 de diciembre de 2013), que será sustituida por la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (BOE nº 340, de 30 de diciembre de 2020).
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (BOE nº3, de 3 de enero de 2015), que será sustituido por el Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria (BOE nº 76, de 30 de marzo de 2022) y por el Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato (BOE nº 82, de 6 de abril de 2022).
- Decreto 83/2016, de 4 de julio, de la Comunidad Autónoma de Canarias por el que se establece el Currículo de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias (BOC nº 136, de 15 de julio de 2016).

Analizando el Real Decreto 1105/2014 y la referencia que hace a la asignatura de Biología y Geología, destacan los siguientes objetivos, que deberían desarrollarse en relación con el ámbito científico en general y que vienen a colación con el tema de este trabajo fin de máster sobre los meteoritos:

- Fomentar en el alumnado el uso del espíritu crítico y analítico de la información general y científica, sobre todo, que reciben por cualquier vía de información. Esto

genera una metodología de búsqueda de puntos de vista y diferentes pareceres que favorecerá la innovación y la creatividad.

- Promover el respeto al medio ambiente y a la conservación del entorno, incluyendo todos los elementos que lo forman (seres humanos, seres vivos, elementos geológicos, arqueológicos, socioculturales, etc.) de tal manera que se tengan presentes como un medio para aprender, mejorar y prosperar como sociedad.
- Favorecer y desarrollar el método científico como herramienta fundamental para el correcto uso de la ciencia y su comprensión.

4.2 Contexto curricular en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato

1º ESO

Los contenidos referentes al estudio y conocimiento de nuestro Sistema Solar, así como sus características y elementos que lo componen, se encuentran en el bloque de aprendizaje II: La Tierra en el Universo. Estudiando los cuatro criterios de evaluación de este bloque se observa claramente que no hay una referencia directa al concepto de los meteoritos. Sin embargo, sí que hay contenidos que están estrechamente relacionados con el conocimiento del origen, la composición y la información que nos aportan los meteoritos (criterio de evaluación 2). Por lo tanto, el estudio básico de los meteoritos podría utilizarse para relacionar diferentes contenidos curriculares que se imparten en este bloque II.

Como se expuso en la introducción del presente trabajo fin de máster, los meteoritos cumplen un papel fundamental para entender el origen del Universo y, además, son uno de los elementos que aportan más información en comparación con otros elementos de nuestro Sistema Solar.

<p>Criterio de evaluación</p> <p>2. Identificar las ideas principales sobre el origen y evolución del Universo y contrastar algunas de las concepciones que sobre el mismo se han tenido a lo largo de la historia. Exponer la organización del Sistema Solar comparando la posición de los planetas con sus características y seleccionar aquellas que posibilitaron el desarrollo de la vida en la Tierra, así como establecer la relación entre los movimientos relativos de la Tierra, la Luna y el Sol y algunos fenómenos naturales con el apoyo de modelos, con el fin de reconocer la importancia de los estudios astronómicos para el conocimiento del Universo.</p> <p>A través de este criterio se quiere comprobar si el alumnado, en un contexto de colaboración, maneja o elabora modelos gráficos sencillos físicos o digitales (planetario, representaciones a escala, simulaciones, etc.) como soporte para contrastar las teorías que han ilustrado la organización del Universo a lo largo de la historia (geocentrismo, heliocentrismo y modelos actuales), explicar la organización del Sistema Solar, identificar la posición de la Tierra en el mismo y describir las características que posibilitaron el desarrollo de la vida en el planeta e interpretar algunos fenómenos naturales (los años, el día y la noche, las estaciones, las mareas, las fases lunares o los eclipses) relacionados con el movimiento y posición de los astros. Asimismo se verificará si el alumnado argumenta la importancia de los estudios realizados en los observatorios astronómicos de Canarias para el conocimiento del Universo y las condiciones naturales que ofrece el archipiélago por su ubicación, a partir de visitas reales o virtuales, valorando la necesidad de preservar el cielo de contaminación ambiental y luminica.</p>		COMPETENCIAS: CL, CMCT, CEC	BLOQUE DE APRENDIZAJE II: LA TIERRA EN EL UNIVERSO
<p>Estándares de aprendizaje evaluables relacionados</p> <p>7, 8, 9, 10, 11, 12, 27.</p>	<p>Contenidos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de las principales ideas sobre el origen del Universo y la formación y evolución de las galaxias. 2. Exposición sobre la organización del Sistema Solar y su concepción a lo largo de la Historia. 3. Localización de la posición de la Tierra en el Sistema Solar. 4. Interpretación de los fenómenos principales debidos a los movimientos de la Tierra, la Luna y el Sol relacionándolos con el día y la noche las fases lunares, las estaciones, las mareas y los eclipses. 5. Descripción de las características que hicieron de la Tierra un planeta habitable. 6. Elaboración de modelos gráficos sencillos como apoyo y soporte a las explicaciones 7. Análisis y valoración de las condiciones naturales del cielo en Canarias para la observación astronómica. 		

Ilustración 4. Criterio de evaluación 2, que recoge el conocimiento del Universo y nuestro Sistema Solar y el más adecuado para incluir la presente propuesta de innovación.

3º ESO

En este curso únicamente se dedica un bloque de aprendizaje (V), a la Geología, con dos criterios de evaluación, que abarcan el relieve terrestre y su evolución, por lo que no se trata el tema del Universo y el Sistema Solar. Sin embargo, se podría relacionar el criterio de evaluación 9, que hace referencia a las características internas del planeta como su composición, proporciones de elementos, etc., con las características de los meteoritos y su composición. También se podría comparar la (menor) densidad de cráteres de impacto que se observan en la superficie de nuestro planeta con la de otros cuerpos celestes rocosos y relacionarlo con los contenidos del criterio de evaluación 8 (cambios en el relieve, se observan menos cráteres de impacto en la Tierra debido a que ésta es más dinámica que otros planetas del sistema solar, la acción erosiva de la atmosfera e hidrosfera y a la dinámica terrestre).

4º ESO

Siguiendo el modelo de programación del curso anterior, este presenta un bloque de aprendizaje (II) de la Geología dividido también en dos criterios de evaluación, cuyo título es “Dinámica de la Tierra”. Aunque tampoco se mencionan contenidos estrechamente relacionados con los meteoritos o el Universo, sí que en el criterio 5 se trata la historia de la Tierra y las divisiones del tiempo geológico (límite K-T), así como principios básicos de la Geología, como la superposición de sucesos. En este sentido, se podría usar la densidad de cráteres de impacto como indicador de la edad del planeta y/o relacionarlo con eventos sucesivos o superpuestos de cráteres.

1º Bachillerato

En este curso el currículo de Geología en la asignatura de Biología y Geología incluye los contenidos más relevantes de los cursos de 1º, 3º y 4º de la ESO, aunque enfocándose únicamente en el planeta Tierra. Así el bloque de aprendizaje VIII (un criterio), referente a los procesos geológicos y petrogenéticos, trata algunos contenidos con los que se pueden usar los meteoritos o contenidos relacionados: minerales, procesos metamórficos (impactos de meteoritos). En el bloque de aprendizaje IX, sobre la historia de la Tierra (un criterio), se tratan los principios de estratigrafía y geología, así como las divisiones del tiempo geológico, muy parecidas a las del curso de 4º de la ESO.

2º Bachillerato

La asignatura optativa de Geología de este curso supone la mejor opción para tratar el tema de los meteoritos y su contenido (asteroides, origen, composición, etc.) junto con el curso de 1º de la ESO.

En el currículo de Canarias es en el bloque de aprendizaje VII (riesgos geológicos), criterio de evaluación 8 donde únicamente aparece la palabra meteoritos para señalar los riesgos geológicos extraterrestres (ver **Ilustración 5**). Además, en el bloque de aprendizaje I (el planeta Tierra y su estudio) también se incluye contenido del estudio de la dinámica y evolución de la Tierra, la Luna y otros planetas del Sistema Solar, con lo que podrían utilizarse también los meteoritos para mostrar información acerca de nuestros vecinos planetarios. Algunos contenidos de otros criterios de evaluación pueden

tener también alguna relación, aunque no tan cercana, con los meteoritos y/o asteroides (procesos de meteorización, registro estratigráfico, formación de rocas, explotaciones mineras, etc.).

<p>Criterio de evaluación</p> <p>8. Analizar casos concretos de algunos fenómenos naturales constitutivos de riesgo a nivel mundial y local, identificando los factores que los caracterizan y clasificándolos en función de su origen, así como explicar los métodos de predicción e interpretar las cartografías de riesgo, con el fin de argumentar la necesidad de llevar a cabo medidas de autoprotección y campañas de prevención.</p> <p>Mediante este criterio se quiere comprobar que el alumnado es capaz de reconocer y relacionar entre sí los factores del riesgo (peligrosidad, exposición, vulnerabilidad), identificarlos en sucesos geológicos concretos y clasificarlos según sean internos (seísmos, volcanes, deslizamientos, avalanchas...), externos (inundaciones, avenidas, huracanes...) o extraterrestres (meteoritos). También se evaluará si estudia en detalle algunos de los acontecimientos naturales constitutivos de riesgo, mundiales o locales, especialmente los de las islas Canarias, determinando en cada caso los métodos predictivos y las medidas preventivas, estructurales y no estructurales, más adecuadas que deben tomarse para evitarlos, a partir del estudio de la cartografía de riesgo, de los métodos de protección y de autoprotección. Finalmente se valorará si presenta las conclusiones de su estudio de manera rigurosa y ordenada, acompañadas de imágenes, gráficos, mapas y otras representaciones y utiliza diversas formas de expresión para comunicar sus resultados, citando las fuentes y empleando la terminología propia de la ciencia.</p>		COMPETENCIAS: CL, CMCT, CSC	BLOQUE DE APRENDIZAJE VII: RIESGOS GEOLÓGICOS
<p>Estándares de aprendizaje evaluables relacionados</p> <p>51, 52, 53, 54, 55, 56, 57.</p>	<p>Contenidos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis de los componentes del riesgo: peligrosidad, exposición, vulnerabilidad y coste. 2. Clasificación de los riesgos según su origen. 3. Estudio de casos concretos de fenómenos naturales generadores de riesgo, especialmente los frecuentes en España y Canarias. 4. Predicción y prevención de riesgos generales y locales. 		

Ilustración 5. Bloque de aprendizaje y criterio de evaluación donde aparece el término “meteorito” (en verde).

Una vez comprobada la idoneidad del curso para introducir esta propuesta de innovación se decide elegir 1º de la ESO puesto que, junto con 2º de Bachillerato, es la que más contenido en el currículo se relaciona con la temática de los meteoritos.

Entre estos dos cursos, nos hemos decantado por elegir 1º de la ESO con la finalidad de utilizar el tratamiento de los meteoritos para atraer la atención del alumnado menos interesado y de esta forma acercarlo al mundo de la Geología. Esta característica no se da en 2º de Bachillerato, pues la asignatura es optativa y entendemos que si optan por esta asignatura es porque ya ha habido una reflexión individual mostrando un interés o vocación por esta asignatura, siendo el alumnado más maduro que en su etapa de inicio de la enseñanza secundaria.

4.3 Contexto socioeducativo del centro

Esta propuesta de intervención se ha diseñado específicamente para el alumnado de 1º de la ESO del centro educativo IES Agustín de Betancourt de Puerto de la Cruz.

Este es considerado uno de los centros públicos de Enseñanza Secundaria y Bachillerato más importantes del norte de Tenerife, centro referente y único para el Bachillerato semipresencial en el norte de la isla, así como un centro preferente para el alumnado con discapacidad auditiva. La oferta educativa del centro incluye la Educación Secundaria Obligatoria, el Bachillerato (diurno y semipresencial nocturno) y también diversos Ciclos Formativos de Grado Medio y Superior (dentro de las familias profesionales de Administración y Finanzas).

Está ubicado en el municipio de Puerto de la Cruz y concretamente en un área de población trabajadora cuyas familias poseen un nivel socioeconómico medio-medio, medio-bajo, aunque muchas familias se vieron seriamente afectadas por las dos últimas crisis económicas que se han sucedido. La dedicación laboral de los núcleos poblacionales que nutren al centro se basa principalmente en el sector servicios, ya que Puerto de la Cruz vive casi en exclusiva de este sector, dada la oferta turística que envuelve su vida comercial.

El centro posee diferentes infraestructuras para desarrollar la labor docente de todas las materias que ahí se imparten y para fomentar la convivencia de alumnado y personal docente y de administración.

Enfocándonos en la presente propuesta de intervención, el centro cuenta con tres aulas de informática dotadas todas ellas con material para el desarrollo de las TIC y están disponibles previa reserva del profesorado.

Para el curso 2021/2022 el centro es de línea 4, por lo que consta de cuatro aulas de 1º de la ESO. La propuesta de innovación se llevaría a cabo en dos de los cuatro grupos del itinerario de 1º de la ESO, de esta forma tendríamos dos clases (1ºA y 1ºB), que nos servirían como control y a la que no se le aplicaría la propuesta de innovación y otras dos clases a las que sí se les aplicaría (1ºC y 1ºD). La asignatura de Biología y Geología en los cuatro grupos es impartida por profesorado diferente; dos profesoras que imparten docencia a cada una de las clases, respectivamente, y un profesor responsable de las dos clases restantes. Los tres conforman el Departamento de Ciencias Naturales del centro. El número de alumnos y alumnas en las cuatro clases es muy similar, de 15 a 19 estudiantes, siguiendo la siguiente distribución: 1ºA 18; 1ºB 15; 1ºC 17 y 1ºD 19. La ratio por sexos está en torno a un 60 % de alumnas por un 40 % de alumnos. Este alumnado procede en su mayoría de centros de primaria cercanos al instituto, como son el CEIP

Punta Brava, el CEIP Tomás de Iriarte y el CEIP César Manrique, este colindante con los jardines del centro.

Las cuatro aulas objeto de estudio contaban con una alumna con trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH); dos alumnas que se incorporaron tarde al sistema educativo o con apoyo porque en el colegio les faltaron conocimientos por adquirir (INTARSE) y dos alumnos con trastorno grave de conducta (TGC). Sin duda los dos alumnos TGC son los más disruptivos, generando una mayor ralentización del ritmo de la clase.

Dado el estrecho margen temporal y la secuenciación curricular de la asignatura, se ha decidido emplear cuatro sesiones por grupo para desarrollar la presente propuesta de innovación que cubrirá un solo criterio de evaluación (ver **Ilustración 4**). Se intentará programar la secuenciación temporal de las cuatro sesiones que formarán la propuesta, de forma que dos de las que se lleven a cabo en el centro sean anteriores a la visita al Museo de la Ciencia y el Cosmos y otra final en el centro, tras la visita al museo. Lo conveniente sería realizarlas en el plazo de dos semanas, de manera que una vez se haya fijado la fecha de la visita al museo, se reserve el aula de informática para ir de uno a tres días con antelación a dicha visita externa. Asimismo, la primera de las sesiones debería producirse dos o tres días lectivos antes de la visita al aula de informática.

4.4 Criterios de evaluación y competencias clave

La propuesta de intervención que aquí se desarrolla está incluida en la asignatura de 1º de la Educación Secundaria Obligatoria y más concretamente se contextualiza, como se ha expuesto anteriormente, en el criterio de evaluación 2 del bloque de aprendizaje II: la Tierra en el Universo (ver **Ilustración 4**).

- Los contenidos de este criterio de evaluación nº 2 abarcan:

1. Identificación de las principales ideas sobre el origen del Universo y la formación y evolución de las galaxias.

2. Exposición sobre la organización del Sistema Solar y su concepción a lo largo de la Historia.

3. Localización de la posición de la Tierra en el Sistema Solar.

4. Interpretación de los fenómenos principales debidos a los movimientos de la Tierra, la Luna y el Sol relacionándolos con el día y la noche, las fases lunares, las estaciones, las mareas y los eclipses.

5. Descripción de las características que hicieron de la Tierra un planeta habitable.

6. Elaboración de modelos gráficos sencillos como apoyo y soporte a las explicaciones.

7. Análisis y valoración de las condiciones naturales del cielo en Canarias para la observación astronómica.

- Los estándares de aprendizaje evaluables que se incluyen en el criterio son:

7. Identifica las ideas principales sobre el origen del Universo.

8. Reconoce los componentes del Sistema Solar describiendo sus características generales.

9. Precisa qué características se dan en el planeta Tierra, y no se dan en los otros planetas, que permiten el desarrollo de la vida en él.

10. Identifica la posición de la Tierra en el Sistema Solar.

11. Categoriza los fenómenos principales relacionados con el movimiento y posición de los astros, deduciendo su importancia para la vida.

12. Interpreta correctamente en gráficos y esquemas, fenómenos como las fases lunares y los eclipses, estableciendo la relación existente con la posición relativa de la Tierra, la Luna y el Sol.

27. Describe las características que posibilitaron el desarrollo de la vida en la Tierra.

- Como competencias claves para el aprendizaje que se trabajarán en esta propuesta de innovación se observan las siguientes:

Comunicación Lingüística (CL): en esta propuesta de innovación el alumnado deberá comprender, interiorizar y saber comunicar conceptos científicos de forma apropiada entre sus compañeros al realizar los trabajos y de forma escrita al elaborar los informes.

Competencia Matemática y Científico Tecnológica (CMCT): esta competencia se desarrolla por medio de la comprensión de datos y gráficas durante el desarrollo de la propuesta (distancias astronómicas, tiempos geológicos y astronómicos, interpretación de simuladores espaciales, etc.) y el manejo de conceptos científicos tecnológicos para poder realizar las tareas de manera óptima (formular hipótesis, extraer conclusiones, comparar, etc.).

Conciencia y expresiones culturales (CEC): se desarrolla en esta propuesta al interpretar de forma correcta las representaciones virtuales espaciales del Sistema Solar con los elementos que lo conforman, así como de muestras de meteoritos reales de museos internacionales.

Competencia Digital (CD): se desarrollará por medio del uso de diferentes herramientas por parte del alumnado de webs educativas como simuladores del Sistema Solar y

laboratorios/museos virtuales, tanto para el desarrollo de las sesiones como para poder elaborar los productos que servirán para evaluarlas. También pondrá a prueba el uso crítico, creativo y seguro de los canales de comunicación y de las fuentes consultadas.

Aprender a Aprender (AA): se pondrán en práctica al plantearse interrogantes, analizar los conceptos y llegar a conclusiones de forma autónoma cuando se someten a comparar dos elementos muy similares a simple vista (meteoritos y rocas terrestres; superficie terrestre y lunar/marciana).

Estas dos últimas competencias pertenecientes al criterio de evaluación 1 que incluyen los bloques de aprendizaje I y VII y que se trabajaran durante todo el curso académico.

4.5 Recursos y metodología

En este apartado se detallará el diseño de las diferentes actividades de enseñanza-aprendizaje desarrolladas en la presente propuesta de innovación.

4.5.1 Descripción de las herramientas tecnológicas

Uno de los elementos más importantes de esta propuesta de innovación es el uso de herramientas tecnológicas para favorecer el aprendizaje de conceptos que normalmente son difíciles de interiorizar por parte del alumnado, como son las distancias y los tiempos espaciales. También permitirá acceder a elementos naturales que difícilmente pueden acceder en su vida cotidiana y de esta forma visualizar sus características. Véase:

○ *NASA's Eyes*

La primera de estas herramientas es la familia de aplicaciones web inmersivas de la agencia espacial NASA que permiten experimentar con la Tierra, el Sistema Solar, el Universo y naves espaciales. Los diferentes softwares que lo forman abarcan desde la visualización de los asteroides y cuerpos menores del Sistema Solar en tiempo real (*Eyes on Asteroids*: <https://eyes.nasa.gov/apps/asteroids>), también se puede visualizar el Sistema Solar y los principales elementos que lo componen en tiempo real (*Solar System*

Interactive; <https://eyes.nasa.gov/apps/orrery>), diferentes capas de datos del planeta Tierra proporcionadas por satélites artificiales (*Eyes on the Earth*; <https://eyes.nasa.gov/apps/earth>), visualizar en 3D los exoplanetas descubiertos hasta el momento en nuestra galaxia (*Eyes on Exoplanets*; <https://eyes.nasa.gov/apps/exo>) y visualizar en 3D también, las diferentes fases de entrada, descenso y aterrizaje de la misión Mars 2020 al planeta rojo por parte de la agencia espacial americana (*MARS 2020*; <https://eyes.nasa.gov/apps/mars2020>). Todas ellas disponibles en cualquier navegador web para Mac o PC y también dispositivos móviles (<https://eyes.nasa.gov>), y aunque las aplicaciones se encuentran desarrolladas de forma nativa en inglés, la traducción por medio de diferentes navegadores web como Chrome o Safari es bastante buena.

Para la propuesta de innovación solo se trabajará con las dos primeras: *Eyes on Asteroids* y *Solar System Interactive*, que son las más importantes desde el punto de vista curricular y para los objetivos de la propuesta. Simplemente se necesita un dispositivo con conexión a internet como móvil, tableta u ordenador y no se requiere descargar e instalar ningún programa, aunque existe la opción. En la propuesta se utilizará el aula de informática para que puedan usar los ordenadores del centro y beneficiarse de los procesadores mejores que el de cualquier tableta que puedan tener como material propio.

Solar System Interactive (ver **Ilustración 6b**), es una herramienta de visualización en 3D en tiempo real de nuestro Sistema Solar, en donde poder explorar y estudiar los elementos más importantes e interesantes de nuestro vecindario cósmico más cercano.

La aplicación muestra las órbitas de los planetas, lunas, satélites artificiales, planetas enanos, y algunos tipos de asteroides y cometas y además al seleccionar cada objeto se acercará a una representación en 3D del mismo junto con los elementos circundantes a escala. Cada uno de estos elementos muestra una información y se puede profundizar en su conocimiento. Simplemente se deberá pulsar la pestaña “Leer más” y comparar con elementos similares en el apartado “Comparar tamaño”.

Al clicar en la opción “Leer más” se abrirá otra pestaña del navegador que se esté usando y aparecerá una página web de exploración del Sistema Solar de la NASA (ver **Ilustración 6c**), dedicada al objeto seleccionado (sol, planeta, luna, planetas enanos, asteroide, cometa, o nave espacial) donde habrá diferentes apartados con mucha información y herramientas visuales. Algunos de los apartados que conforman esta enciclopedia son: información general, información en profundidad (introducción, etimología, potencial para la vida, tamaño y distancia, órbita y rotación, formación, estructura, superficie, atmósfera y magnetosfera, acompañada de modelos visuales en 3D,

esquemas, y otros recursos visuales), por los números (apartado para comparar datos con otros cuerpos similares en cuantos a distancias, tamaños, características que se puedan cuantificar), exploración (donde se incluyen datos históricos de sus primeras observaciones hasta las misiones espaciales realizadas para estudiar los cuerpos) y galería (con diferentes imágenes, composiciones, infografías, videos, etc.)

La otra aplicación, *Eye on Asteroids* (ver **Ilustración 6a**), es una nueva herramienta de visualización en 3D en tiempo real, en donde se puede explorar los asteroides y cometas que se acercan al vecindario orbital de la Tierra y seguir las naves espaciales que visitan estos objetos.

Cada año se descubren miles de asteroides y docenas de cometas, algunos de los cuales, llamados objetos cercanos a la Tierra (NEO, por sus siglas en inglés), siguen órbitas que pasan a través del Sistema Solar interior. Actualmente se conocen más de 28.000 de estos objetos y la cifra aumenta constantemente, ya que se realiza de forma global un rastreo cuidadoso por astrónomos financiados por la NASA por si alguno pudiera representar una amenaza de impacto contra nuestro planeta.

Esta aplicación web muestra las órbitas de cada NEO conocido, proporcionando mucha información detallada sobre esos objetos. Con el control deslizante en la parte inferior de la pantalla, se puede viajar rápidamente hacia adelante y hacia atrás en el tiempo, para ver sus movimientos orbitales. La visualización recibe actualizaciones dos veces al día con los datos más recientes, por lo que tan pronto como se descubre un nuevo objeto y se calcula su órbita, se añade a la aplicación.

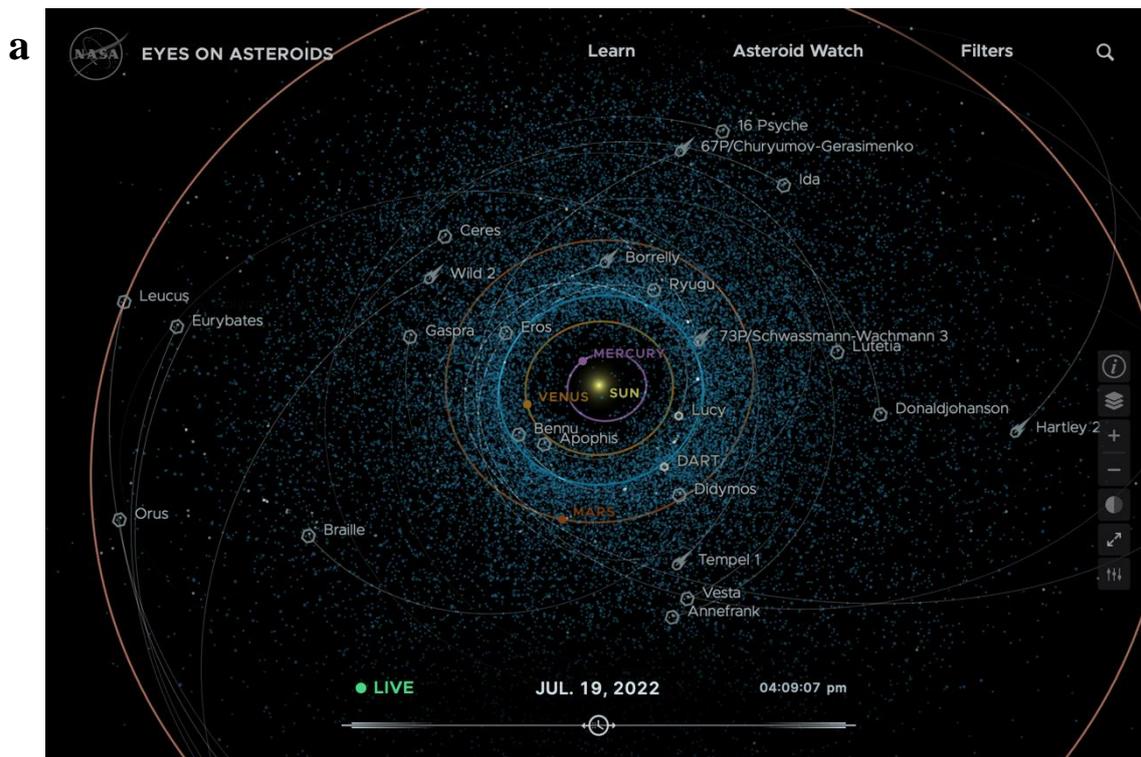
Además, se pueden explorar los perfiles de muchas misiones NEO. En la pestaña “Eventos” se pueden ver modelos animados detallados de esas naves espaciales y sus encuentros con asteroides o cometas. Por ejemplo, la nave espacial OSIRIS-REx (abreviatura de Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, Security-Regolith Explorer) de la NASA muestra una recreación animada del evento de recolección de muestras de la misión: Touch-And-Go (TAG), del 20 de octubre de 2020. También la misión Double Asteroid Redirect Test (DART) de la NASA, que se lanzó recientemente como la primera demostración de defensa planetaria de la NASA, que permite avanzar rápidamente hasta el 26 de septiembre de 2022, momento en el que impactará con el asteroide Dimorphos, la pequeña luna del asteroide binario Didymos.

También hay muchos detalles sobre la fascinante ciencia detrás de los NEO y la importancia de rastrear objetos potencialmente peligrosos. Simplemente seleccionando “Aprender” se obtienen detalles sobre temas como acercamientos cercanos de asteroides

a la Tierra o también detalles para seguir la trayectoria del asteroide Apophis el 13 de abril de 2029.

En la pestaña “Reloj de asteroides” se pueden ver los próximos cinco pases cercanos de asteroides. De esta manera se puede visualizar mejor un evento interesante para todas las personas como es el encuentro entre la Tierra y uno de estos asteroides y comprobar la distancia real a la que sucederá.

Se desarrolló con el apoyo de la Oficina de la Planetary Defense Coordination de la NASA y del Center for Near-Earth Object Studies del Jet Propulsion Laboratory (Laboratorio de Propulsión a Chorro, por sus siglas en inglés) que proporciona datos en tiempo real para las órbitas, las características y el descubrimiento de la mayoría de los cuerpos naturales conocidos (incluidos los NEO) en nuestro Sistema Solar (Castro, s.f.) (NASA/JPL-Caltech).



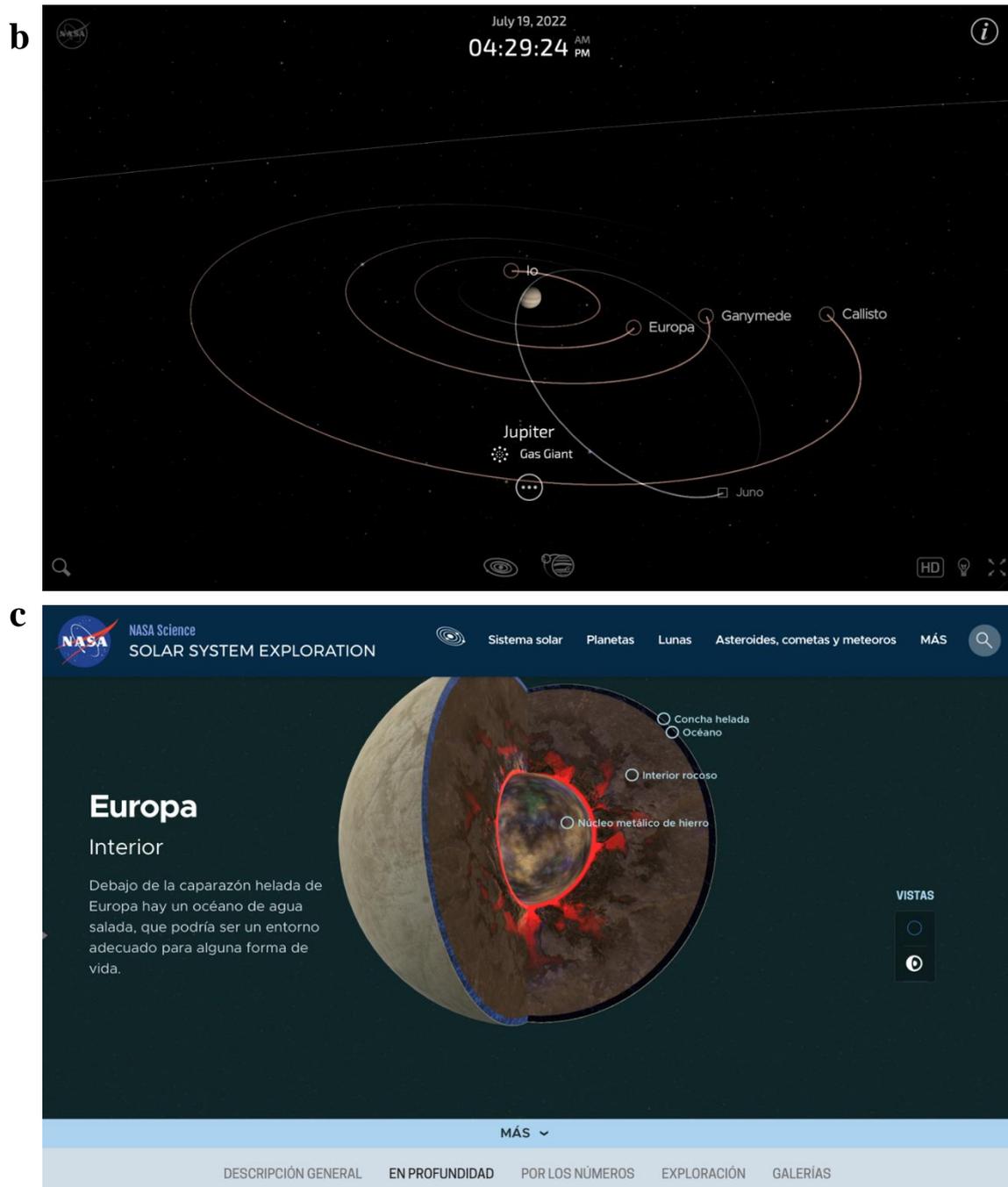


Ilustración 6: a) Captura de *Eye on Asteroids*, donde se muestra el orrery virtual del sistema solar representando la mayoría de los elementos que lo componen; b) Captura de la interfaz de la aplicación *Solar System Interactive*, enfocada en el sistema joviano con el planeta y la cuatro lunas galileanas y la sonda espacial Juno, que estudia el sistema; y c) parte de la web de Solar System Exploration con la información de la luna Europa donde se ve un corte con las posibles capas que la forman.

○ ***Virtual microscope – Meteorites***

La otra herramienta tecnológica se trata de una aplicación web denominada *Virtual Microscope* que abarca, a su vez, diferentes recursos educativos relacionados con

colecciones de rocas, minerales y meteoritos de diferentes instituciones de Reino Unido e Irlanda e incluso se incluye una colección de rocas obtenidas por las diferentes misiones *Apollo* que la NASA llevó a cabo entre el año 1969 y 1972.

Este recurso educativo se puede utilizar en cualquier navegador web para Mac o PC y también dispositivos móviles (<https://www.virtualmicroscope.org>) y aunque las aplicaciones se encuentran desarrolladas de forma nativa en inglés, como se mencionó anteriormente, la traducción por medio de diferentes navegadores web como Chrome o Safari es bastante buena.

El *Virtual Microscope* (VM) para Ciencias de la Tierra es principalmente un Recurso Educativo Abierto (REA). El proyecto VM tiene como objetivo dar paso a la enseñanza de las Ciencias de la Tierra ampliando el acceso a las colecciones de rocas que actualmente se ubican en museos, universidades y otras instituciones de todo el mundo. Este recurso permite a los usuarios examinar y explorar los diferentes especímenes de rocas, minerales, meteoritos, entre otras y las características microscópicas de éstos, ayudándoles a desarrollar habilidades de clasificación e identificación sin necesidad de contar con las muestras, tener microscopios de alto costo o los instrumentos de precisión que se utilizan para preparar las láminas delgadas de rocas o meteoritos que se observan al microscopio.

La web cuenta con diferentes colecciones (ver **Ilustración 7A**, izquierda) siendo la mayor de estas la denominada como UKVM y consta de más de 100 rocas del Reino Unido (con algunas de Irlanda). Fueron digitalizadas en 2012 como un recurso educativo abierto con financiación del JISC (una empresa sin ánimo de lucro del Reino Unido que proporciona servicios de red y TI y recursos digitales en apoyo de las instituciones de educación superior y la investigación, así como de las organizaciones sin ánimo de lucro y el sector público) como parte de su programa de contenido. Otras colecciones incluyen rocas recogidas por Charles Darwin durante su viaje por el *Beagle*, meteoritos que llegaron del espacio exterior y rocas lunares recogidas por astronautas de la NASA. Las colecciones se pueden explorar por ubicación (en el mapa interactivo) o mediante una búsqueda basada en texto con filtros que consultan los metadatos asociados a cada muestra.

Cada muestra de roca y meteoritos cuenta con una lámina delgada virtual para que se pueda estudiar las propiedades ópticas de los minerales, el tamaño, la forma y la proporción del grano y también analizar las microtexturas del espécimen, como si se utilizara un microscopio polarizador especializado (ver **Ilustración 7B**, abajo). La guía

del usuario contiene todos los detalles de cómo usar el microscopio. En la misma web hay una sección que sirve como guía de usuario y en donde se explica el funcionamiento de la interfaz del microscopio virtual, pero es bastante intuitiva y no debería de necesitarse, en principio.

Además, también hay muestras de mano virtuales (ver **Ilustración 7B**, arriba) disponibles para muchas de las muestras. Cada muestra de mano es un objeto digital que se puede girar como si estuviera en la mano. La muestra de mano se puede examinar como si se usara una lente de mano, haciendo zoom para examinar los minerales, granos o fósiles visibles en su superficie.

El Servicio Geológico Británico (BGS) ha vinculado las rocas de la UKVM a su mapa geológico en línea de Gran Bretaña para que se pueda ver los lugares donde se recogieron las rocas. El mapa BGS ilustra la geología del área local (únicamente en las Islas Británicas) e incluye una clave para los tipos de roca. El mapa se puede navegar y ampliar y la transparencia de la superposición geológica se puede variar.

En la presente propuesta innovadora nos centraremos en las ejemplares de meteoritos de la colección, utilizando un filtro en el explorador, en función del tipo de elementos que conforman el total de la muestra. Se dará especial atención a aquellas muestras que tengan la posibilidad de rotar el objeto y visualizar la lámina delgada bajo

A

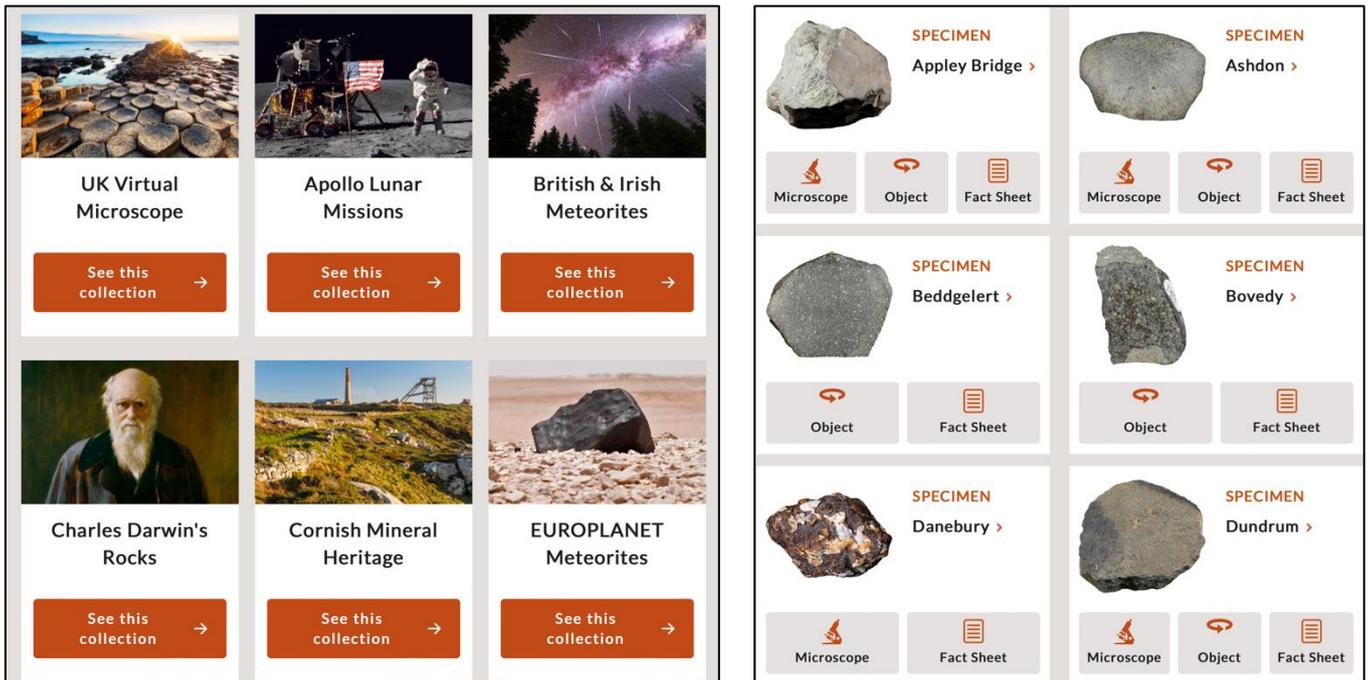


Ilustración 7A: Izq.) Catálogo de colecciones de la web *Virtual microscope*; Dcha.) Catálogo de muestras de la colección *British and Irish Meteorites*.

el microscopio. Además de indagar en la hoja o ficha informativa que recoge datos del ejemplar, como las características que posee, el material del que está hecho, cuando cayó a la Tierra, su clasificación y otros.

Cabe destacar que se trata de una herramienta extremadamente útil para visualizar rocas (ígneas, sedimentarias y metamórficas), minerales, meteoritos e incluso algún fósil y que su uso en este caso es apropiado para el tema de los meteoritos en el criterio 2 del currículo de 1º de la ESO, pero que dada la variedad de ejemplares se puede recurrir frecuentemente durante el curso para acceder a tipos de rocas, minerales y fósiles.

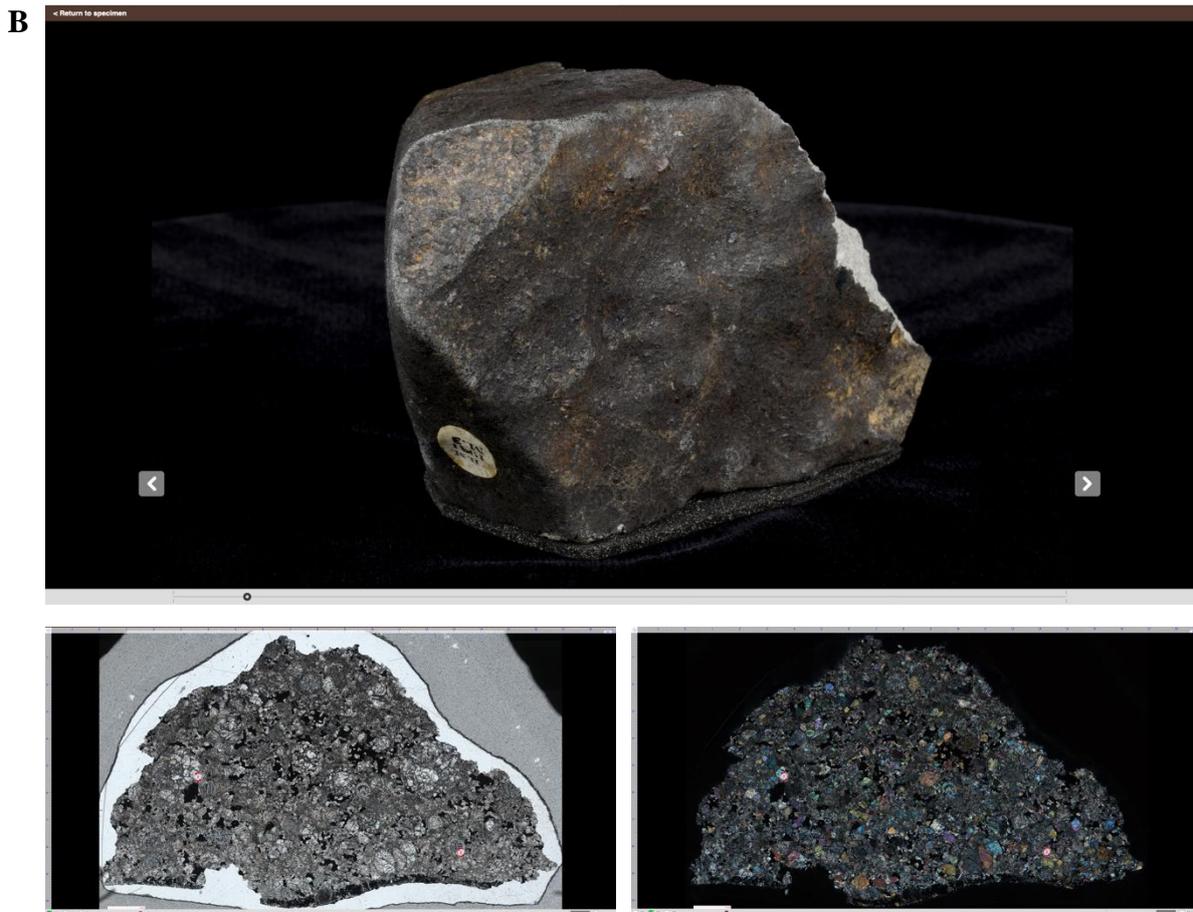


Ilustración 7B: Arriba) Vista de un meteorito en 3D con la herramienta de rotación del objeto; Abajo) Vista de un corte de un meteorito al microscopio con luz polarizada plana (Izq.) y luz polarizada cruzada (Dcha.).

4.5.2 Museo de la Ciencia y el Cosmos (en adelante MCC)

Otro de los elementos importantes de esta propuesta de innovación es el uso de un museo para favorecer el aprendizaje de conceptos, cambiando el contexto de enseñanza que normalmente se utiliza de cara al alumnado, favoreciendo así que puedan desarrollar pensamiento crítico, interactuar con materiales extraterrestres reales y que suponga una

experiencia que les acerque de forma experiencial al conocimiento de parte del currículo de la Geología que se trata en esta propuesta.

El Museo de la Ciencia y el Cosmos no es un museo tradicional. Pertenece a una generación de museos de ciencia cuyo objetivo no es simplemente mostrar realizaciones científicas y técnicas de una época o de un lugar, ni siquiera añadiendo una voluntad pedagógica y cultural a la conservación y presentación de ese patrimonio. El objetivo de este tipo de museos es comunicar la ciencia, valiéndose para ello de todos los medios disponibles, especialmente la interactividad y la experimentación en entornos multidisciplinarios que potencien los aspectos lúdicos y de percepción y análisis de la realidad, con objetos reales, pero también con herramientas multimedia. El MCC trata de exhibir una ciencia que afina los sentidos y desarrolla la imaginación.

Como agentes de difusión y promoción de la cultura científica, así como de la educación en general, este centro cumple en este sentido una doble función. Por un lado, contribuye significativamente al proceso de alfabetización científica de la sociedad, como elemento complementario al sistema educativo durante la educación formal y reglada, intentando incluso despertar las tan necesitadas vocaciones científicas. Y por otro, desempeña un papel fundamental en los procesos de divulgación científica orientada hacia los ciudadanos en el contexto de la llamada “educación no formal”, sin olvidar que pueden constituir espacios de entretenimiento cultural y formar parte de la oferta turística de una localidad (“MCC - Museo de la ciencia y el cosmos”, s.f.).

En la exposición permanente del Museo de la Ciencia y el Cosmos no se exponen en vitrinas objeto de gran valor (salvo excepciones), sino ideas y experiencias, presentadas al público como “pedazos” de ciencia que invitan a jugar y a aprender jugando. Los más de setenta experimentos que hay actualmente, realizados en su mayoría en los talleres de este museo, se distribuyen dentro de una sala elíptica similar a una plaza de mercado, clasificados inicialmente en las áreas “El Cuerpo Humano”, “¿Cómo funciona?” y “El Cosmos”, que a su vez incluye las secciones “La Tierra”, “El Sol” y “El Universo”. De entre estos experimentos surgieron las salas monográficas de Astronomía y de la Visión, entre otros. En un paseo por la sala permanente, se puede ir de safari cósmico manejando una maqueta de telescopio para buscar por los “cielos” del Museo objetos, astros, la Luna, los icebergs, la meteorología y la Estación Espacial Internacional. Otra serie de módulos nuevos están relacionados con el teléfono móvil, la electricidad, el espectro electromagnético, etc. Asimismo, el Museo está trabajando para mejorar la accesibilidad a los módulos de personas con discapacidad. La idea es que el público

realice por sí mismo los experimentos. Todos ellos contienen una breve explicación escrita, unas cuantas “pistas” que, como la propia ciencia, suelen dejar en el aire más preguntas que respuestas, como levantar un coche con una sola mano, conocer los observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos, disfrutar en el laberinto de espejos, contemplar Tenerife a vista de pájaro o probar la propia habilidad con juegos matemáticos ("MCC - Museo de la ciencia y el cosmos", s.f.).

Este año 2022, en colaboración con el Organismo Autónomo de Museos y Centros de Tenerife, se ha instalará entre los meses de agosto y octubre una muestra temporal enfocada a los meteoritos y asteroides. Se ubicará la muestra en una sala anexa al amplio espacio principal del museo y se divide a su vez en diferentes espacios de forma que cada uno de ellos abarque una temática. Nada más entrar se encontrarán con tres meteoritos carbonáceos en un vector de colisión con una maqueta colgante de la Tierra. En esta sección se proyectarán datos claves relativos al número de asteroides, cuántos son peligrosos y el número de impactos, entre otros. También se proyectará una simulación del Sistema Solar en el suelo para ver las órbitas de los objetos de éste. Se dispondrán varias pantallas táctiles de gran tamaño precargadas con herramientas web virtuales como los simuladores del Sistema Solar y asteroides de la NASA (<https://eyes.nasa.gov>). Habrá una pequeña sala con videos proyectados relacionados con la temática de forma que aporta conocimientos al tema.

Otra sección tendrá varios elementos interesantes que tratan los impactos en la Luna y la Tierra a partir de la densidad de cráteres y su posición una respecto a la otra. El efecto de los impactos en la vida, haciendo especial hincapié en la extinción masiva de hace 66 millones de años. También habrá expuesta una maqueta a escala del Gran Telescopio de Canarias (GTC) (ver **Ilustración 8 derecha**) así como un ejemplar de cámara de vigilancia de meteoritos que hay en el Observatorio Astronómico del Teide (Izaña). De esta forma se hace valer el importante rol que cumple el archipiélago canario en el mundo de la astronomía y el seguimiento de objetos peligrosos para el planeta. Por último se colocarán diferentes muestras de meteoritos para el disfrute y la curiosidad del público. Algunas de ellas no podrán tocarse, pero otras sí, lo que permitirá evaluar sus características y diferenciarlas de las rocas terrestres (observando la diferencia de peso y características superficiales como la costra de fundición). También se dispondrá de una zona de laboratorio de muestras con una pantalla táctil de gran tamaño, con la herramienta antes comentada del microscopio virtual para observar láminas delgadas de muestras reales (<https://www.virtualmicroscope.org>) y un microscopio real con algunas muestras.

Para esta propuesta de innovación, el enfoque principal de la visita al Museo deberá ser la muestra temporal de meteoritos y asteroides, complementada con la exposición permanente de las secciones del Universo, el Sol y la Tierra, donde se explican con diferentes experiencias, conceptos básicos de la astronomía, el espacio y la observación del firmamento, desde las fases de la Luna y las mareas hasta los confines del Universo. Se podrán ver muchos aspectos y características del Sol, las estrellas, las supernovas, los agujeros negros y las grandes estructuras del Universo, como las galaxias y sus agrupaciones en cúmulos, la atmósfera y sus efectos, el interior terrestre y sus manifestaciones en la superficie, etc.

Al no tener seguridad de la continuidad anual de la muestra temporal, esta propuesta docente se adaptaría para visitar únicamente la exposición permanente y así intensificar con mayor tranquilidad todas las experiencias y objetos del Museo, como la visualización en el planetario de varias sesiones referentes al Universo y los meteoritos.

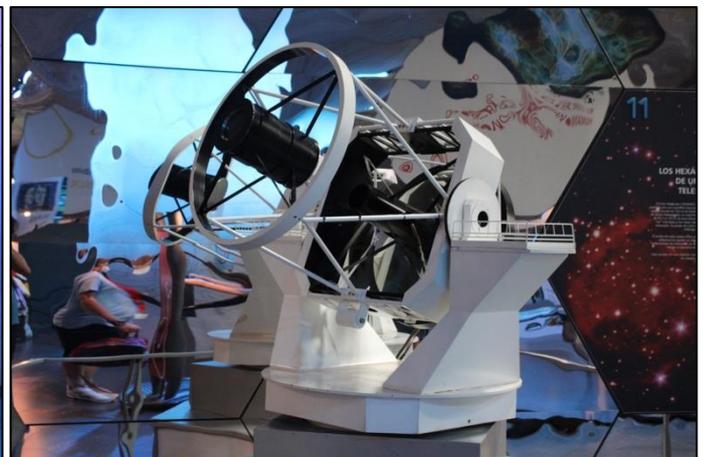


Ilustración 8. Ejemplos de experiencias y objetos en el MCC relacionados con el sistema solar, maqueta de la superficie del hemisferio septentrional de la Luna (**arriba**), diferencia de peso en función del cuerpo celeste (**izq.**) y la observación del Universo en Canarias, maqueta del GTC. (**dcha.**)

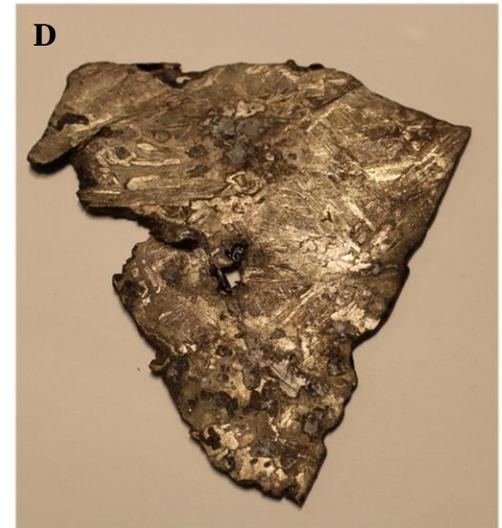


Ilustración 9. Algunas de las muestras de meteoritos que el público puede disfrutar en el MCC. **A)** Muestra de *condrita* de la exposición permanente que se puede tocar en la exposición permanente. **B)** Ejemplar de *condrita carbonácea* de la exposición temporal. **C)** Ejemplares de meteoritos metálicos (*sideritos*). **D)** Lámina delgada de un *siderolito palasítico* que cayó en Rusia. **E)** Muestra de *siderolito* recogido en Argentina. **F)** *Condrita carbonácea* también colocada en la exposición temporal.

4.6 Atención a la diversidad

La atención a la diversidad no es solo atender a los alumnos con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo o NEAE, dado que todos somos diversos, tenemos diversas formas de aprender. Dado que esta unidad se programa en principio para 1ºESO, se plantearán adaptaciones curriculares si fuera necesario, previo informe psicopedagógico, en función de las NEAE. Con el uso de diferentes instrumentos de evaluación, actividades y formas de presentar los contenidos teórico-prácticos pretendemos atender a la variabilidad del alumnado en cuanto a ritmos y estilos de aprendizaje, motivaciones e intereses (Decreto 25 del año 2018).

Tal y como se ha planteado en la propuesta de intervención y recogido en la primera actividad de la sesión 1, se tendrán en cuenta los conocimientos previos del alumnado y su actitud ante los diferentes contenidos planteados, para modificar las actividades o propuestas, en caso de que el estado en concreto del aula así lo requiera. Además, las diferentes metodologías que se proponen en esta propuesta de innovación, así como la variedad de actividades, son una medida para atender a la diversidad ya que con esa versatilidad se pretende conciliar los diferentes tiempos y formas de aprendizaje. Los diferentes agrupamientos y los diferentes instrumentos de evaluación dan cabida también a las diferentes aptitudes del alumnado.

La versatilidad de actividades también pone en valor la atención en la diversidad de perfiles de aprendizaje: presentación expositiva con diversidad de elementos (textos, imágenes, esquemas, etc.) y videos integrados de duración corta, uso de ordenadores para explorar y experimentar con herramientas virtuales (simuladores y microscopios virtuales con elementos en 3D) y visita a museo científico con multitud de elementos y experiencias de diferente aspecto para abarcar la gran diversidad del alumnado.

Utilizando diferentes instrumentos o productos de evaluación (infografía, presentación oral, cuestionario en línea con diferentes tipos de preguntas y evaluación del comportamiento e interés) se trata de englobar el mayor número de tipos de expresión de los conocimientos adquiridos de forma que se abarca un gran número de tipos de alumnado y sus perfiles.

Por lo tanto, nuestra implicación en este sentido como docentes tiene los siguientes objetivos:

- Detectar los conocimientos previos para proporcionar ayuda cuando se observen lagunas y llevar un ritmo apropiado en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Tratar de enlazar y relacionar los contenidos nuevos con los previos y, siempre que se pueda, llevarlos a experiencias y entornos lo más cercanos posible al del alumnado.
- Pretender que la comprensión de cada contenido sea suficiente para que el estudiante pueda hacer una mínima aplicación de éste y enlazar con otros contenidos similares anteriores y posteriores.
- Aprovechar las actividades fuera del aula (aula de informática y sobre todo visita al Museo Ciencia y el Cosmos) para lograr una buena cohesión e integración del grupo entre personas con diferentes características y necesidades, lo que permitirá desarrollar un clima apropiado en el aula.

Otra perspectiva de la adaptación al alumnado es utilizar material de refuerzo o que permita ampliar el conocimiento en función de las características individuales del alumnado. Estas actividades quedarán planteadas dentro de lo que deben hacer de forma autónoma y no durante las sesiones, conjugando el equilibrio entre aquellas que no sean muy fáciles y les resulten poco motivadoras ni tampoco tan complicadas que las consideren imposibles de realizar y por tanto las abandonen.

En general las características de esta propuesta de innovación incluyen aspectos específicos para la atención al alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo (NEAE) de forma que puedan seguir el ritmo de la clase y se tendrá en cuenta sus características durante todas las actividades ante cualquier imprevisto. Igualmente se apoyará previsoramente con material de refuerzo para evitar ralentizar la adquisición de conocimiento. Algunas de estas características son:

- Información en diferentes formatos.
- No excederse en exposiciones orales continuadas.
- Comunicar con antelación y por diferentes vías el plan a seguir.
- Simplificar las instrucciones.
- Refuerzos y apoyos visuales.
- Verificar que el alumno o la alumna comprende.
- Potenciar capacidades que motiven y suban la autoestima.
- Ubicar al alumnado NEAE cerca del profesorado.
- Fomentar el trabajo colaborativo sin menoscabo del trabajo individual.

4.7 Secuenciación de las actividades

La propuesta de innovación que aquí se presenta se debería desarrollar de forma óptima en el tramo inicial del curso académico, es decir, entre finales de septiembre y primera mitad de octubre. En el contexto de la programación de 1º de la ESO, se sitúa al comienzo del curso académico después de repasar los contenidos básicos si fuera necesario. Le seguirán unidades didácticas en las que se imparten el resto de los contenidos del bloque II de La Tierra en el Universo. Dado que los contenidos de Geología se suelen dar al comienzo del curso, según la tradición en las programaciones anuales de esta asignatura para 1º ESO, podremos aprovechar la muestra temporal de meteoritos y asteroides del museo de la Ciencia y el Cosmos (MCC) que se encontrará expuesta entre los meses de agosto, septiembre y octubre. De igual forma, habrá mayor disponibilidad de las aulas de informática al tratarse del comienzo del curso ya que suelen solicitarse las semanas previas a los periodos vacacionales.

Como se ha comentado anteriormente, la propuesta se dividirá en cuatro sesiones que se desarrollarán de la siguiente forma:

- Las dos primeras y la cuarta en el centro, con una duración de aproximadamente 55 minutos cada una de ellas.
- La tercera sesión será en el MCC en el municipio de San Cristóbal de La Laguna y tendrá una duración de entre 2,5 a 3 horas en función de diferentes factores (llegada al museo a tiempo, disponibilidad de recursos en el museo, comportamiento general de los grupos, etc.).

La distribución temporal de las tres sesiones debería rondar como mucho dos semanas, para ubicar en el tiempo este temario, teniendo siempre presente la disponibilidad de reserva del Museo y las aulas de informática.

Cada una de las sesiones luego se dividirá en diferentes actividades de las cuales algunas sirven al profesorado para evaluar, mientras otras son la base teórica-práctica para que el alumnado realice sus productos evaluables tanto en el aula como en el campus virtual.

Sesión 1			
Actividad 1. ¿Qué sabemos?			
Duración		15 minutos	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer el nivel de conocimiento previo del alumnado. - Presentar conceptos y contenido que se dará a lo largo de esta sesión y las siguientes. - Motivar al alumnado y llamar su atención con el contenido de la propuesta. 		
Criterio de evaluación	CE 2 del bloque de aprendizaje II: la Tierra en el Universo		
Estándares de aprendizaje	7, 8, 10		
Competencias trabajadas	CL, CMCT, CEC, AA		
Productos / Instrumentos de evaluación		Ninguno	
Recursos	Proyector, ordenador, cuestionario <i>Kahoot!</i>		
Agrupamiento	Clase en conjunto	Lugar	Aula ordinaria del grupo
Desarrollo			
<p>Al comenzar la sesión se explicará la secuenciación de forma abreviada de toda la propuesta, los grupos que deberán formar así como los productos e instrumentos para evaluarlos. En primer lugar, se presentará la actividad como algo meramente orientativo de su nivel, además de señalar la temática de esta sesión y las siguientes. Se explicará la metodología a seguir y se configurará un cuestionario (<i>Kahoot!</i>) en la página web proyectándose en el aula para que el alumnado se vaya inscribiendo al mismo. A lo largo de la realización del cuestionario se le irán planteando al alumnado, además de las preguntas propias del test, otras relacionadas que nos permitan generar curiosidad acerca de los contenidos de la unidad didáctica. Finalmente se preparan para la siguiente actividad.</p>			

Sesión 1			
Actividad 2. El Universo			
Duración		40 minutos	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar los contenidos del criterio de evaluación 2 del Bloque de aprendizaje II. La Tierra en el Universo. - Presentar algunos contenidos que se trabajarán en las siguientes sesiones. - Enfocarnos en aquellos contenidos que menos conoce la clase previamente. 		
Criterio de evaluación		CE 2 del bloque de aprendizaje II: la Tierra en el Universo	
Estándares de aprendizaje		7, 8, 9, 10, 11, 12, 27	
Competencias trabajadas		CL, CMCT, CEC	
Productos / Instrumentos de evaluación		Algunas preguntas del cuestionario online final	
Recursos	Proyector, ordenador, presentación <i>Genially</i> , pizarra y rotuladores		
Agrupamiento	Gran grupo-clase	Lugar	Aula ordinaria del grupo
Desarrollo			
<p>Una vez conocido el nivel del alumnado sobre estos contenidos, el profesorado se detendrá más o menos en los diferentes contenidos que presenta y que abarcan casi todo el criterio de evaluación 2 del Bloque de aprendizaje II. La Tierra en el Universo. Se usará una metodología expositiva apoyándonos en una presentación <i>Genially</i> y con algún que otro vídeo de 2-3 minutos de YouTube para mantener la atención del grupo en concreto y del alumnado con déficit de atención y trastorno grave de conducta, específicamente. Se irán realizando preguntas abiertas para que el alumnado trate de extraer los conceptos y contenidos antes de que se expongan oral y/o visualmente en la presentación. Se podrá utilizar la pizarra con rotuladores para apoyar el desarrollo y la explicación de algunos conceptos o procesos.</p>			

Sesión 2			
Actividad 3. El Sistema Solar y los asteroides			
Duración		35 minutos	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar el grupo de aplicaciones <i>NASA's Eyes</i>. - Indagar y mostrar las posibilidades de la aplicación para el estudio del Sistema Solar y los asteroides. - Profundizar algunos contenidos geológicos utilizando esta herramienta. 		
Criterio de evaluación		CE 2 del bloque de aprendizaje II: la Tierra en el Universo	
Estándares de aprendizaje		8, 9, 10, 27	
Competencias trabajadas		CL, CMCT, CEC, CD	
Productos / Instrumentos de evaluación		Infografía y presentación + Control de comportamiento e interés	
Recursos	Proyector, ordenadores, pizarra y rotuladores		
Agrupamiento	Parejas o tríos	Lugar	Aula de informática
Desarrollo			
<p>La actividad se realiza en el aula de informática donde se deberán colocar por parejas o tríos en función de sus preferencias y que deberán haberse conformado por su cuenta fuera del horario de la sesión. Se comenzará presentando las diferentes aplicaciones web de <i>NASA's Eyes</i> (traducidas usando navegadores compatibles). Luego nos enfocaremos en las aplicaciones concretas del Sistema Solar y la de los Asteroides. Las parejas o tríos deberán ir explorando estas herramientas y sus posibilidades a la vez que el profesorado les explique su funcionamiento. Durante la actividad también se profundizará, utilizando los elementos simulados, algunos contenidos del criterio. Se mostrarán las órbitas, aspectos e información de los planetas, sus lunas naturales, las naves espaciales que se encuentran surcando el espacio interplanetario, asteroides y demás elementos del Sistema Solar. Se podrán ir resolviendo dudas que surjan sobre la marcha en el proceso de descubrimiento.</p>			

Sesión 2			
Actividad 4. Los meteoritos			
Duración		20 minutos	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar la herramienta <i>Virtual Microscope</i> y sus posibilidades. - Profundizar algunos contenidos geológicos utilizando esta herramienta. - Proponer el producto de evaluación y sus indicadores de evaluables de estas dos actividades (3 y 4). 		
Criterio de evaluación		CE 2 del bloque de aprendizaje II: la Tierra en el Universo	
Estándares de aprendizaje		8, 9, 10, 27	
Competencias trabajadas		CL, CMCT, CEC, CD	
Productos / Instrumentos de evaluación		Infografía y presentación + Control de comportamiento e interés	
Recursos	Proyector, ordenadores, pizarra y rotuladores		
Agrupamiento	Parejas o tríos	Lugar	Aula de informática
Desarrollo			
<p>Continuando en el aula y el mismo agrupamiento se cierran las aplicaciones anteriores y se abre la de <i>Virtual Microscope</i> (también con disponibilidad de traducción en función del navegador). Se presentará el objetivo de esta herramienta educativa, así como señalar las numerosas colecciones y tipos de muestras. Seguidamente se centrará la demostración en las muestras de meteoritos utilizando el filtro y se mostrarán las herramientas para estudiar cada ejemplar: ficha de datos con el tipo de meteoritos, fecha y lugar de caída, etc., se mostrará las opciones de rotación tridimensional de las muestras y observar láminas delgadas con luz polarizada o sin ella. Toda la demostración se acompañará de contenido curricular (composición en función de los tipos, características superficiales, etc.) y a la vez el alumnado irá explorando y realizando preguntas acerca de la herramienta web. Para finalizar la actividad y la sesión se les sugerirá el producto evaluativo que deberán elaborar (infografía) y su presentación. Cada pareja/trío deberá escoger entre un elemento de los vistos en la aplicación de la actividad 3 (a elegir entre planeta rocoso, planeta gigante gaseoso, gigante de hielo, planetoides, cometa o asteroides diferenciando tipos) y un tipo de meteorito de la colección (condritas, acondritas, sideritos, siderolitos y marcianos). Elegidos estos dos elementos se deberá realizar una infografía doble (una para cada</p>			

elemento), como tarea autónoma fuera del horario escolar, en donde se incluya información relevante que pueden encontrar con las herramientas de esta sesión. También se les marcará la fecha para presentar el producto y se les mostrarán los apartados que deberán incluir y los indicadores de evaluación.

Sesión 3			
Actividad 5. Visita el MCC			
Duración		2-3 horas	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar la exposición temporal de los meteoritos y asteroides con fines educativos. - Hacer uso de las secciones de la exposición permanente referentes al currículo de la Geología especialmente (Universo, Sol, Tierra). - Motivar al alumnado y llamar su atención hacia el conocimiento que se expone en el Museo. 		
Criterio de evaluación		CE 2 del bloque de aprendizaje II: la Tierra en el Universo	
Estándares de aprendizaje		7, 8, 9, 10, 11, 12, 27	
Competencias trabajadas		CL, CMCT, CEC	
Productos / Instrumentos de evaluación		Algunas preguntas del cuestionario online final	
Recursos	Libreta y bolígrafos para apuntar, desayuno, tarjeta indicadora personal		
Agrupamiento	Gran grupo-clase	Lugar	Museo de la Ciencia y el Cosmos
Desarrollo			
<p>Esta sesión, al tratarse de una visita extraescolar, deberá consensuarse con el resto de las asignaturas para coordinar la salida. El alumnado deberá traer con anterioridad una autorización de la salida firmada por alguno de sus progenitores o tutor legal. El día de la visita se saldrá del centro en el Puerto de la Cruz sobre las 9:00 h para llegar al Museo de la Ciencia y el Cosmos a las 10:00 h. La estancia será de 2 a 3 horas (en función de poder contar con diferentes elementos disponibles en la exposición permanente). Se regresaría al centro entre las 13:00 y 14:00 h del mismo día. En el trayecto se les comentará la importancia de atender para cumplimentar el cuestionario final en línea, así como que el comportamiento y el interés que demuestren que les computará como instrumento de</p>			

evaluación. Dentro del Museo habrá una primera parte guiada para ver tanto la muestra temporal de los asteroides y meteoritos como la exposición permanente (sección del Universo, Sol y Tierra), y una segunda parte en donde el alumnado tendrá libertad para volver a analizar, experimentar y observar los diferentes elementos disponibles (muestras de meteoritos, maquetas de telescopios, videos explicativos, simuladores del Sistema Solar, simuladores de peso en diferentes planetas, efecto de la gravedad, etc.). Con la parte guiada se asegura mostrarles los contenidos que ya vimos en las sesiones anteriores pero de una manera contextualizada y más experiencial. Además de que se presentan todos aquellos elementos para que posteriormente, durante la parte libre, vuelvan a estudiarlos. Cabe destacar que el Museo cuenta con unas mesas y zona de picoteo donde podrán tomarse un refrigerio de media mañana, entre la visita guiada y el tiempo libre.

Sesión 4			
Actividad 6. Presentaciones asteroides/meteoritos			
Duración		40 minutos	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar los trabajos y la defensa de éstos ante el profesorado y el resto de los compañeros/as alumnos/as. - Debatir brevemente entre todos los trabajos del alumnado para sugerir mejoras o enfatizar elementos sobresalientes. 		
Criterio de evaluación		CE 2 del bloque de aprendizaje II: la Tierra en el Universo	
Estándares de aprendizaje		8, 9, 10, 27	
Competencias trabajadas		CL, CMCT, CEC, CD	
Productos / Instrumentos de evaluación		Infografías y presentaciones (parejas/tríos)	
Recursos		Proyector, ordenador, presentaciones del alumnado	
Agrupamiento		Lugar	Aula ordinaria del grupo
Desarrollo			
<p>El orden de exposición de los trabajos se decidirá voluntariamente y, en caso de no haber personas voluntarias, al azar. La pareja o trío que deba presentar accederá a su infografía digital desde el ordenador del profesorado y mediante el proyector presentará el contenido de su producto (todos los miembros deberán participar de forma equitativa). Tras cada presentación se toman unos minutos para debatir en grupo los aspectos más positivos y</p>			

aquellos a mejorar de cara a futuras tareas. Deberán guiarse de la rúbrica que se subirá al aula virtual para conocer los elementos y su ponderación en la nota final de esta propuesta. Se valorará si el alumnado se apoya en guías o lee la presentación a la hora de la exposición. Por último, se preparan para la actividad 7.

Sesión 4			
Actividad 7. Autoevaluación de las sesiones			
Duración		15 minutos	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer la satisfacción del alumnado frente a la realización de la propuesta de innovación. - Hacerles reflexionar acerca de si han adquirido conocimientos o no y, en tal caso, las causas. - Conocer sugerencias del alumnado de cara a mejorar la propuesta. 		
Criterio de evaluación		CE 2 del bloque de aprendizaje II: la Tierra en el Universo	
Estándares de aprendizaje		8, 9, 10, 27	
Competencias trabajadas		CL, CMCT, CEC	
Productos / Instrumentos de evaluación		Prueba tipo test y alguna pregunta de desarrollo breve	
Recursos	Bolígrafos, correctores, papeles con los cuestionarios		
Agrupamiento	Gran grupo-clase	Lugar	Aula ordinaria del grupo
Desarrollo			
<p>Al comenzar la actividad se les entregará físicamente un cuestionario que está compuesto por preguntas subjetivas, en su mayor parte, cuya respuesta se escalará (1-5) de forma que no tengan que desarrollarlas y únicamente tres preguntas para desarrollar brevemente los aspectos más importantes del desarrollo de la propuesta. El cuestionario en línea no tiene límite de tiempo, pero se les sugerirá que lo finalicen brevemente en caso de que se vaya acercando el final de la sesión. Esto servirá para evaluar el nivel de satisfacción del alumnado.</p>			

4.8 Evaluación

En este apartado se describirán las características y propiedades de los productos evaluables que se incluyen en la presente propuesta de innovación. Ésta cuenta con dos productos evaluables: la elaboración de una infografía en formato digital junto con su presentación (ambos en parejas o tríos) y el cuestionario de preguntas para desarrollar, de respuesta corta y de otro tipo (en formato individual). Además, de forma paralela a la realización de las diferentes sesiones, se tomará nota del comportamiento y el interés por medio de la participación del alumnado, tanto en el aula de informática como en el Museo, que servirán como elemento evaluador. La nota final se divide porcentualmente como sigue:

Productos de evaluación	%	Subpartes de los productos	%
Infografía y presentación	50	Infografía	30
		Presentación de la infografía	20
Cuestionario con preguntas en el aula virtual	35	Preguntas Actividad 1/ Sesión 1	15
		Preguntas visita Museo	20
Actitud e interés	15	Actitud e interés en el aula de informática	5
		Actitud en museo	5
		Interés en el aula de informática	5

La calificación de la infografía representa un 30 % de la nota final, mientras que su presentación supone un 20 % (esta nota es individual con lo que se valorará a cada miembro por separado). El cuestionario con preguntas que deberá realizar el alumnado en casa como tarea supondrá un 35 % de la nota final y se basará en los contenidos impartidos tanto en la sesión 1 en clase (15 % de la nota final) como preguntas relativas a la visita del MCC (20 %). El 15 % restante será producto del comportamiento e interés que demuestre el alumnado en cada una de las sesiones 2 y 3 (aula de informática y MCC). Cabe mencionar que todos los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje son igual de importantes y tienen el mismo peso dado que la mayoría de estos se evalúan por medio de diferentes instrumentos y estos luego tienen diferente peso sobre la nota global de esta propuesta de intervención (*Kit básico para evaluar y calificar, s.f.*).

El comportamiento e interés se evalúan de diferentes maneras. Lo que se trata de evaluar aquí es si han adquirido algún conocimiento o ya lo tenían durante la realización de las sesiones en el aula de informática y la visita al museo. En el caso del comportamiento el alumnado empieza la sesión con el 5 % obtenido y a medida que se le tenga que llamar la atención por diferentes causas (interrupción de la explicación, levantarse sin permiso, hablar cuando no debe con compañeros/as, etc.) se le irá restando ese porcentaje hasta incluso perderlo por completo. El interés, por el contrario, se va consiguiendo a medida que se realizan preguntas interesantes y que no estén fuera de lugar tanto al profesorado como al guía del Museo, así como responder aquellas cuestiones que el docente y/o guía del Museo pregunte abiertamente en la sesión.

A continuación, se presentan las dos rúbricas en la que se basarán las evaluaciones individuales, tanto de la infografía como de su presentación.

INFOGRAFÍA				
Indicadores evaluables	Indicadores de logro			
	Avanzado (9-10)	Medio (7-8)	Iniciado (5-6)	No conseguido (0-4)
Organización visual (20 %)	Es atractivo, utiliza las figuras coordinadamente con el contenido. Correcta organización de los elementos. Información fácil de leer.	Cumple objetivo, siendo adecuado. Las imágenes se adaptan al contenido. Correcta organización de elemento. En general información fácil de leer.	Poco atractivo. Imágenes poco adecuadas al contenido. No hay demasiada organización en elementos. La información es poco clara.	Muy poco atractivo. Escasa relación entre imágenes y contenido. Sin organización de los elementos. Información muy difícil de leer.
Contenido (35 %)	Incluye todos los contenidos relacionados con la materia tratada. Estos aparecen claros pero al mismo tiempo de forma bien resumida y sintetizada. No incluye demasiado texto.	Incluye gran parte de los contenidos relacionados con la materia tratada. Dichos contenidos aparecen claros pero al mismo tiempo de forma bien resumida y sintetizada. Se incluye algo de texto.	Se incluye varios contenidos relacionados con la materia tratada. Dichos contenidos a parecen claros pero no están bien resumidos y sintetizados. Incluye mucho texto.	La infografía incluye pocos contenidos relacionados con la materia tratada. Dichos contenidos no aparecen claros y no están bien resumidos ni sintetizados. Incluye mucho texto.
Redacción (25 %)	Se han usado convenientemente los signos de puntuación. Los textos carecen de errores ortográficos. El texto es legible y utiliza palabras apropiadas.	Se han usado convenientemente los signos de puntuación. Los textos aparecen sin apenas errores ortográficos. El texto es bastante legible y utiliza palabras apropiadas.	Existe algún error en los signos de puntuación. Los textos aparecen con algún error ortográfico. El texto es medianamente legible y utiliza a veces palabras inapropiadas.	Existen varios errores en los signos de puntuación. Los textos aparecen con varios errores ortográficos. El texto no es legible y se usan muchas palabras inadecuadas.
Creatividad (20 %)	Los gráficos y el diseño en general muestran una excelente capacidad creativa. Denota mucho interés y esfuerzo.	Los gráficos y el diseño en general muestran una buena capacidad creativa. Denota bastante interés y esfuerzo.	Los gráficos y el diseño en general muestran una baja capacidad creativa. Denota poco interés y esfuerzo.	Los gráficos y el diseño en general muestran una muy baja capacidad creativa. Denota muy poco interés y esfuerzo.

Presentación de la infografía				
Indicadores evaluables	Indicadores de logro			
	Avanzado (9-10)	Medio (7-8)	Iniciado (5-6)	No conseguido (0-4)
Habla (20 %)	Habla despacio y con gran claridad.	La mayoría del tiempo habla despacio y con claridad.	Unas veces habla despacio y con claridad, pero otras se acelera y se le entiende mal.	Habla rápido o se detiene demasiado a la hora de hablar. Además, su pronunciación no es buena.
Volumen (35 %)	El volumen es lo suficientemente alto para ser escuchado por todos los miembros de la audiencia a través de toda la presentación.	El volumen es lo suficientemente alto para ser escuchado por todos los miembros de la audiencia al menos 90% del tiempo.	El volumen es lo suficientemente alto para ser escuchado por todos los miembros de la audiencia al menos el 80% del tiempo.	El volumen con frecuencia es muy débil para ser escuchado por todos los miembros de la audiencia.
Postura e interacción (25 %)	A la hora de hablar la postura y el gesto son muy adecuados. Mira a todos los compañeros con total naturalidad.	La mayoría del tiempo la postura y el gesto son adecuados y casi siempre mira a los compañeros mientras habla.	Algunas veces, mantiene la postura y el gesto adecuados, y otras no. En ocasiones mira a sus compañeros.	No mantiene la postura y gesto propios de una exposición oral y, la mayoría de las veces no mira a sus compañeros.
Contenido (20 %)	Demuestra un completo entendimiento del tema que expone.	Demuestra un buen entendimiento del tema que expone.	Demuestra un buen entendimiento de partes del tema que expone.	No parece entender bien el tema que expone.

El cuestionario con preguntas que realizarán en el aula virtual de la asignatura, fuera del horario lectivo del centro, contará con preguntas referentes a la actividad 2 de la primera sesión (exposición del contenido básico referente al Universo) y cuestiones referentes a la visita al Museo de la Ciencia y el Cosmos. Como se desglosó anteriormente, serán preguntas de diferentes tipos: desarrollo, respuesta rápida, ordenar y tipos test.

El cuestionario se marcará para estar disponible durante cinco horas por la tarde de un día, marcado en clase durante el final de la sesión 4. Estará abierto durante un periodo determinado de tiempo desde que accedan al mismo y todas las preguntas estarán visibles al mismo tiempo para que las vayan respondiendo según sus intereses. Solo tendrán un intento para resolver el cuestionario. La nota de este no estará disponible inmediatamente puesto que se han de corregir manualmente las preguntas por parte del profesorado.

En los anexos se muestran diferentes recursos para la evaluación de esta propuesta de innovación: Anexo I (Kahoot! Actividad 1), Anexo II (Prueba online contenidos + museo), Anexo III (Cuestionario valoración propuesta intervención), Anexo IV (Evaluación de la infografía).

5. Plan de seguimiento

Esta propuesta utiliza la combinación de un tema de interés, recursos tecnológicos y visita al Museo para innovar en el proceso de enseñanza y aprendizaje de una serie de contenidos geológicos particulares. Como toda prueba de carácter científico y con el fin de evaluar el grado o validez de esta metodología innovadora sobre el aprendizaje del alumnado, es crítico evaluar la diferencia en el grado de conocimiento adquirido entre una muestra control y una con la que se desarrolle la propuesta innovadora. De esta manera, se deberá desarrollar un método de evaluación para el grupo control y para el grupo de innovación, tanto antes como después de llevar a cabo las sesiones pertinentes.

El grupo de control será aquel en el que se desarrolle una situación de aprendizaje que abarque los mismos contenidos que los de la propuesta de innovación, pero utilizando una metodología más tradicional, en donde no se usen los simuladores seleccionados en la propuesta, ni el tema de los meteoritos ni la visita al Museo.

La forma de comprobar la adquisición de los conocimientos en ambos grupos será haciendo uso de herramientas evaluadoras objetivas como los tests (pudiendo utilizar herramientas TIC para esto, Kahoot! o Google Form) con lo que se evita la posible interferencia con otros factores subjetivos.

De forma paralela, al acabar ambas propuestas se debería analizar, por medio de otro test de carácter objetivo, el grado de conformidad en cuanto a la experiencia de enseñanza-aprendizaje por parte de los alumnos y alumnas de ambos grupos.

6. Resultados y propuestas de mejora

6.1 Resultados

La presente propuesta de innovación tenía como objetivo llevarse a la práctica desde que se eligió tanto el centro donde realizar la asignatura de Prácticas Externas como el Trabajo Fin de Máster (TFM), aproximadamente en el mes de marzo. Sin embargo, no se pudo llevar a la práctica por una serie de impedimentos que a continuación se detallan.

El centro donde se realizó el periodo de prácticas fue el ya mencionado en la contextualización de la propuesta, el IES Agustín de Betancourt en el Puerto de la Cruz, puesto que es uno de los centros de Educación Secundaria Obligatoria, Bachiller y Formación Profesional de la isla que tiene oferta de enseñanza en horario de tarde-noche y ofertaba plazas para el máster. Por cuestiones personales (incompatibilidad horaria con el puesto laboral) no podía realizar la totalidad de las prácticas en horario diurno, siendo este centro, además, el más conveniente por la cercanía a mi lugar de residencia y trabajo.

De igual manera, una vez en el centro de prácticas, en el horario de tarde-noche únicamente se impartía clases a Bachillerato y Ciclos Formativo (no a la ESO), y el número de alumnos y alumnas nunca llegaba a superar los diez por clase, normalmente 3-5, lo que estadísticamente suponía un hándicap a la hora de desarrollar algún análisis de rigor para estudiar el efecto de la innovación en el alumnado. Además de que solo había una clase de 1º de Bachillerato de Ciencias y otra de 2º de Bachillerato de Ciencias, por lo que no se podía tener una clase de control y otra en la que se desarrollara la innovación.

Durante los días que se pudo asistir a desarrollar las prácticas en la ESO, es decir, en horario de mañana, también se encontraron varios inconvenientes de cara a aplicar la propuesta o incluso parte de esta. El temario de Geología de la asignatura de Biología y Geología de 1º y 3º de la ESO, los cursos a los que mi tutora del centro (interina) daba clases, se impartieron a principio del curso por la titular de la plaza. Al Departamento le apremiaba el tiempo con las clases de final de curso y no querían perder ninguna sesión, así que cada docente daba a clases diferentes dentro del mismo nivel, de forma que no les entusiasmaba la idea de realizar las sesiones en diferentes cursos para analizar el efecto de la propuesta en su aprendizaje.

Por estas cuestiones, **no se pudo aplicar la propuesta de innovación** y se plantea de manera teórica.

6.2 Propuestas de adaptaciones

Dado que no se llevó a la práctica esta propuesta de intervención y no hay un *feedback* real por parte del alumnado para evaluar las actividades y su desarrollo, no se puede proponer mejoras directas al esquema de esta propuesta. Sin embargo, sí se desarrolla a continuación adaptaciones para llevar esta propuesta o parte de esta a diferentes cursos de la ESO y el Bachillerato, así como adaptaciones para la atención a la diversidad, de forma que todo tipo de alumnado tenga las mismas oportunidades de adquirir estos conocimientos.

6.2.1 Adaptaciones a otros niveles superiores

Como se ha mencionado anteriormente en este trabajo, la elección del curso para utilizar el tema de los meteoritos concuerda mejor con 1º de la ESO. Sin embargo, también se podría adaptar con garantías de éxito a la asignatura Geología de 2º de Bachillerato.

Las adaptaciones para el curso de 2º de Bachillerato serían las siguientes:

- Uso de las herramientas tecnológicas virtuales en inglés predeterminado, con lo que se potencia el carácter interdisciplinario de estos instrumentos educativos.
- En la visita al Museo se les pediría como producto evaluativo un informe individual que describa las muestras de la exposición temporal (si está disponible).
- Dado el conocimiento que deberían tener adquiridos tras su paso por la ESO y 1º de Bachillerato, se podrán realizar cuestiones en las que se impliquen los meteoritos como vía para evaluar los conocimientos geológicos a lo largo de todo el currículo. En el primer criterio sobre la dinámica y evolución de la Tierra, la Luna y otros planetas del Sistema Solar; en el criterio tres con el origen de los diferentes tipos de rocas (metamórficas en concreto); en el criterio cinco utilizando la diferente densidad de cráteres de impacto en diferentes cuerpos sólidos del Sistema Solar, donde la meteorización de la superficie representa un papel fundamental al igual que la tectónica de placas que va renovando el modelado superficial con el paso de millones de años. Y por último, el criterio ocho en donde se mencionan los meteoritos como fenómeno de riesgo extraterrestre, profundizando en los asteroides, su clasificación por grado de amenaza, la escala de Turín, rastreo por observatorios astronómicos y misiones espaciales para modificar órbitas.

Para el curso de 3º y 4º de la Educación Secundaria Obligatoria, dado que el contenido curricular de Geología no incluye ningún elemento del Sistema Solar o el Universo, descartaría la actividad del simulador *NASA's Eyes* y únicamente se usaría el de *Virtual Microscope* visualizando también muestras de minerales y rocas que tienen mucho peso en estos cursos.

En cuanto a la visita al MCC se enfocaría sobre todo en la exposición permanente, lo que dará más margen para colocar estas actividades y sesiones en otros tiempos a lo largo del curso y no únicamente cuando esté disponible la exposición temporal de meteoritos y asteroides.

Los meteoritos también se pueden utilizar en el apartado de meteorización y erosión como mención del modelado de la superficie terrestre y la baja densidad de cráteres de impacto con respecto a otras superficies de planetas y/o lunas del Sistema Solar, así como la composición de los meteoritos comparándola con la composición y estructura de las capas de la Tierra.

7. Conclusiones

Aunque este proyecto de innovación no se pudo llevar a cabo (justificado en el apartado de **6.1 Resultados** de este trabajo) y por lo tanto no hay resultados reales de su puesta en práctica, en el interesante proceso de planificar y diseñar la presente propuesta sí cabe destacar una serie de conclusiones a las que se ha llegado:

- Todo cambio o proceso de mejora en el campo de la educación requiere un gran esfuerzo por parte de todas las personas implicadas en el mismo, ya que deben de planificarlo teniendo en cuenta un gran número de factores, dedicando tiempo en conocer y utilizar nuevas herramientas educativas y, por tanto, trabajar arduamente para que estas actividades novedosas sean beneficiosas y gratificantes.
- Hay muchos elementos geológicos o relacionados con la geología (los meteoritos, Marte, la Luna, etc.) que se pueden utilizar para atraer el interés y la atención del alumnado hacia la Ciencia, sobre todo en la Educación Secundaria Obligatoria, favoreciendo así el proceso de enseñanza-aprendizaje y solventando algunos de los problemas tradicionales, como la desconexión en la comprensión de datos espaciales y temporales.
- De igual forma, existen numerosas herramientas tecnológicas y virtuales que nos permiten acercar contenidos y conceptos de la geología al alumnado utilizando tabletas u ordenadores (de manera gratuita y traducidas al castellano) lo que eleva el interés de las actividades y sesiones al utilizar una metodología de exploración y dispositivos tecnológicos, tan cercanos al mundo juvenil.
- Con el fin de ir incorporando la cultura del respeto a lo público entre nuestros jóvenes y para que valoren el esfuerzo social en disponer de recursos para la educación, la ciencia, la cultura y el deporte se debería aprovechar las visitas a museos, universidades, centros ambientales, zoológicos, cuevas, etc. de forma más cotidiana por parte de los centros educativos, improvisando incluso durante el curso en la secuenciación de las unidades didácticas y las sesiones con el objetivo de aprovechar aquellas exposiciones temporales. Es una oportunidad educativa y vital que podemos brindar a los alumnos y alumnas visitando estos espacios, en muchos casos única, para que entiendan que fuera de los muros de su centro escolar también se puede aprender.

8. Referencias

- Acevedo, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16.
- Álvarez, W., & Ros, J. (2009). *Tyrannosaurus rex y el cráter de la muerte* (1st ed., pp. 9-12). Barcelona: Drakontos bolsillo.
- Anguita, F., & Castilla C.G. (2010). Planetas (pp. 246-263). Madrid: Editorial Rueda.
- Binzel R.P. (1999). Assessing the hazard: The development of the Torino Scale. *Planet. Report*, 19-6, 6-10.
- Bischof, A. (2001). Meteorite classification and the definition of new chondrite classes as a result of successful meteorite search in hot and cold deserts. *Planetary and Space Science*, 49, 769–776.
- Bjorkman, J.K. (1973). “Meteors and meteorites in the ancient near east”, *Meteoritics*, 8:91-132.
- Brezina, A. (1904). The arrangement of collections of meteorites. *Trans. Am. Philos. Soc.* 43, 211–247.
- Bybee, R.W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Castro, R. (20 La aplicación “Eyes on Asteroids” de la NASA muestra los objetos cercanos a la Tierra – Madrid Deep Space Communications Complex. Consultado en julio de 2022, de <https://www.mdsc.nasa.gov/index.php/2021/12/14/la-aplicacion-eyes-on-asteroids-de-la-nasa-muestra-los-objetos-cercanos-a-la-tierra/>

- Decreto 25 del año 2018 [con fuerza de ley]. Por el que se regula la atención a la diversidad en el ámbito de las enseñanzas no universitarias de la Comunidad Autónoma de Canarias. 26 de febrero de 2018. BOC – A – 2018 – 046 – 1008.
- Decreto 83 del año 2016 [con fuerza de ley]. Por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Canarias. 4 de julio de 2016. BOC – A – 2016 – 136 – 2395.
- Faura G. & Mensing T.M. (2007). *Introduction to Planetary Science*. Springer, Dordrecht, Holanda, 526 p.
- FAQ - Meteoroids/Meteorites. Consultado en julio de 2022, de <https://www.psi.edu/epo/faq/meteor.html>
- Glanville, A. & Ellyard, D. (2012). *Científica. La guía completa del mundo de la ciencia*. Potsdam: H.F. Ullman.
- Guarro P., A. (2002). Currículum y democracia: Por un cambio de la cultura escolar. Barcelona : Octaedro. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=54604>
- Harris A.W. (2011) Asteroid. En: Gargaud M. *et al.* (eds) *Encyclopedia of Astrobiology*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Home page | Virtual Microscope. (s.f.). Consultado en junio y julio de 2022, de <https://www.virtualmicroscope.org>. Open University
- Izquierdo Aymerich, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 23(1), 111–122.
- *Kit básico para evaluar y calificar (s.f.)*. Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias. https://www.gobiernodecanarias.org/cmsweb/export/sites/educacion/web/_galerias/descargas/otros/a_web_kit_basico_para_evaluar_y_calificar.pdf

- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre. Para la mejora de la calidad educativa. BOE No 295 de 10 de diciembre de 2013. Referencia: BOE – A – 2013 – 12886.
- Llorca, J. (2004). “*Meteoritos y cráteres*”, Ed. Milenio, Lleida.
- Llorca, J. (2004b). “Organic matter in meteorites: A review”, *International Microbiology*, 7, 239-248.
- Llorca, J. (2013). «¿Caídos del cielo? Meteoritos en la historia y en la historia de la ciencia.». *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(3), 254-262.
- MCC - Museo de la ciencia y el cosmos. Consultado en julio de 2022, de <https://www.museosdetenerife.org/mcc-museo-de-la-ciencia-y-el-cosmos>
- McFadden L.A, Weissman P.R. & Johnson T.V. (2007). *Encyclopedia of the Solar System*. Academic Press, Ámsterdam. 966 p.
- Meteorites and Their Properties - The Origin of Meteorites (s.f.). Consultado en julio de 2022, de https://www.lpi.usra.edu/science/kring/epo_web/meteorites/origin.html
- Meteors & Meteorites: The IAU Definitions of Meteor Terms (s.f.). Consultado en julio 2022, de https://www.iau.org/public/themes/meteors_and_meteorites/
- Millman P. M. (1961). Meteor news. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada* 55, 265–267.
- Miyamoto H. & otros 14 autores (2007). Regolith migration and sorting on asteroid Itokawa. *Science*, 316, 1011-1014.
- NASA’s Eyes. (s.f.). Consultado en junio y julio de 2022, de <https://eyes-cms.jpl.nasa.gov/index.html> NASA's Jet Propulsion Laboratory | California Institute of Technology. Site Manager: Jason Craig
- Pedrinaci, E. (1992). Catastrofismo versus actualismo. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 216-222.

- Pedrinaci, E. (2011). La Geología en la Educación Secundaria: Situación Actual y Perspectivas. *Macla: revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 14, 32-37.
- Perlerin, V., & Hankey, M. (2015). POSTERS. Meteor terminology. Consultado en julio de 2022, de <https://www.amsmeteors.org>
- Prendes E., M. P. & Cerdán C., F. (2021). Tecnologías avanzadas para afrontar el reto de la innovación educativa RIED. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 33-46.
- Puigdomenech, P. (2021). La ciencia cuestiona el lugar de *Homo sapiens* en nuestra visión del Universo. *Folia Humanística*, 2(5).
- Raeburn, P., & Golombek, M. (1999). Descubriendo los secretos del planeta rojo Marte. Barcelona: RBA.
- Rayo Segura, J. (2014). La desmotivación en clases de biología. *Bio-grafía*, 940-945.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre. Por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. BOE N.º 3 de 03 de enero de 2015. Referencia: BOE – A – 2015 – 37
- Rubin, A. E. & Grossman, J. N. (2010). Meteorite and meteoroid: New comprehensive definitions. *Meteoritics & Planetary Science* 45, 114–122.
- Sardá, R. (2013). El museo como nuevo espacio educativo. *Revista Electrónica de Investigación, Docencia y Creatividad*, 2:82-97.
- Sparrow, G. (2007). *Cosmos. Una guía de campo*. Barcelona: RBA.
- Van Schmus, W.R. & Wood, J.A. (1967). A chemical-petrologic classification for the chondritic meteorites. *Geochim. Cosmochim. Acta* 31, 747–765.

9. Anexos

Anexo I (Kahoot! Actividad 1): [enlace](#)

Anexo II (Prueba online contenidos + museo): [enlace](#)

Anexo III (Cuestionario valoración propuesta intervención):

Formulario de evaluación de la propuesta de innovación “Como caído del cielo”						
Nombre:			Clase:			
1. Valora el conjunto de la propuesta de innovación						
Nada adecuada	1	2	3	4	5	Muy adecuada
2. Valora la utilidad de la presentación inicial						
Nada útil	1	2	3	4	5	Muy útil
3. Valora el uso de las herramientas tecnológicas web						
Nada útil	1	2	3	4	5	Muy útil
4. Valora la visita al Museo de la Ciencia y el Cosmos						
Nada interesante y aburrida	1	2	3	4	5	Muy interesante y divertida
5. ¿Cuánto conocimiento crees que has adquirido gracias a las diferentes actividades?						
Ningún conocimiento	1	2	3	4	5	Mucho conocimiento
6. Valora la complejidad de la propuesta de innovación						
Nada adecuada	1	2	3	4	5	Muy adecuada
¿Cuál ha sido la actividad más interesante para ti? ¿Porqué?						
¿Cuál ha sido la actividad menos interesante para ti? ¿Porqué?						
¿Cómo crees que se podría mejorar esta propuesta de innovación?						

Anexo IV (Evaluación de la infografía)

EVALUACIÓN DE LA INFOGRAFÍA

La estructura que deberán seguir los alumnos y alumnas al elaborar las infografías es la siguiente.

1. ESTRUCTURA INFOGRAFÍA cuerpo celeste

- Nombre
- Datos clave (clasificación, diámetro, masa, periodo orbital y rotacional)
- Descripción en profundidad del cuerpo celeste elegido
 - Características y composición
 - Órbita y localización en el Sistema Solar
 - Misiones espaciales
- Imágenes (superficie, estructura interna, etc.)
- Fuentes y recursos

2. ESTRUCTURA INFOGRAFÍA meteoritos

- Nombre
- Datos clave (clasificación completa, categoría, lugar y fecha de caída y peso)
- Descripción en profundidad del objeto
- Imágenes (de la pieza y láminas delgadas al microscopio)
- Fuentes y recursos

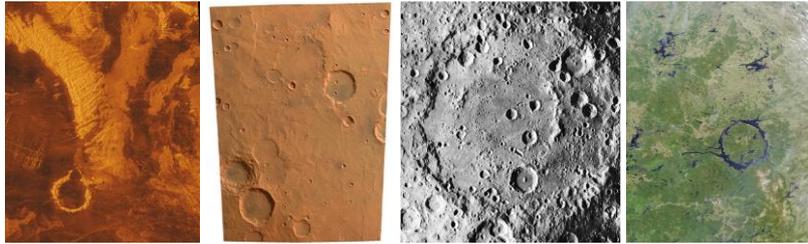
3. Otros aspectos para tener en cuenta de cara a la evaluación:

- Cantidad de texto apropiada
- Cantidad de imágenes apropiada
- Combinación de colores correcta
- Organización de la información apropiada
- Uso correcto de la información obtenida

Anexo V (Ejemplo de preguntas para la adaptación de 2º Bachillerato)

Ejemplo de preguntas que relacionan los meteoritos con contenidos geológicos de la Tierra (preferentemente para 2º Bachillerato).

1. Justifica que procesos geológicos intervienen en las diferentes densidades de cráteres de impacto de la superficie de los planetas terrestres y la Luna.



Superficie de Venus, Marte, la Luna y la Tierra

2. ¿Qué cráter de impacto se formó primero en cada una de estas fotografías? y ¿qué principio geológico has utilizado para deducirlo?



Cráteres de impacto superpuestos en la superficie de Marte

3. Relaciona la composición interna de los planetas terrestres con la proporción de meteoritos de cada tipo (condritas/acondritas, sideritos y siderolitos).

