



Universidad
Zaragoza



**Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato,
Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas**
Especialidad en Física y Química

TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2020/2021

La historia de la ciencia y la exploración del Universo
The history of science and the Universe exploration

Autor: David Benedicto Baselga

Directora: Teresa Medrano San Ildefonso

ÍNDICE

1.	Introducción	2
1.1.	El camino hacia la docencia	2
1.2.	El paso por el máster de profesorado	2
1.3.	El contexto de los practicum	3
1.4.	El trabajo realizado.....	4
2.	Análisis didáctico	4
2.1.	El uso de la historia de la ciencia para explicar la naturaleza de la ciencia	4
2.2.	El uso de recursos cinematográficos para la enseñanza de las ciencias	6
3.	Propuesta didáctica.....	7
3.1.	Conocimientos previos y dificultades de aprendizaje	8
3.2.	Marco teórico	11
3.4.	Evaluación inicial	14
4.	Actividades.....	16
4.1.	Estimando el diámetro de la Tierra según Eratóstenes.....	16
4.2.	La carrera espacial.....	18
4.3.	Otras actividades	22
5.	Análisis de los resultados de aprendizaje	24
5.1.	Evaluación de la actividad sobre la estimación del diámetro terrestre.....	25
5.2.	Evaluación de la actividad sobre la carrera espacial	25
5.3.	Evaluación global de la propuesta didáctica	27
6.	Análisis crítico	27
7.	Consideraciones finales.....	29
8.	Referencias bibliográficas	30

Nombre del alumno	David Benedicto Baselga
Directora del TFM	Teresa Medrano San Ildefonso
Curso de la propuesta	4º ESO
Tema de la propuesta	El Universo

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El camino hacia la docencia

Resulta complicado estimar en qué momento decidí que me gustaría dedicarme a la docencia y creo que se trata más bien de un cúmulo de circunstancias. Ninguna situación crítica. Ningún momento epifánico. Solo una constatación gradual del entusiasmo por la enseñanza, por aprender nuevas cosas, por transmitir conocimiento, por divulgar.

A lo largo de los años he podido ejercer como docente en cierto grado en diferentes actividades. Como voluntario de una ONG he podido impartir charlas y talleres sobre temas de Educación para el Desarrollo a diferentes edades y en diferentes contextos. Se trata de una de las actividades que más me ha gustado realizar. Además, alguno de los temas tratados se pueden relacionar con contenidos de la asignatura de física y química u otras dentro del ámbito científico tecnológico, lo cual ha aumentado también mi interés en poder incluir este tipo de enfoques en la docencia.

Por otro lado también he podido realizar actividades docentes en la Universidad de Zaragoza por estar matriculado en el programa de doctorado en física. Aunque no he tenido la posibilidad de impartir docencia en sí, he colaborado en actividades divulgativas como la semana de inmersión en ciencias, jornadas de divulgación del departamento y he enseñado el laboratorio y llevado a cabo prácticas visuales para diferentes colegios e institutos visitantes. Por último, durante la estancia que realicé también pude impartir varias prácticas de laboratorio a estudiantes universitarios. Todas estas actividades me han encantado. De hecho, una espinita que tengo clavada es el no haber podido impartir docencia en la Universidad de Zaragoza a estudiantes universitarios debido a mi tipo de contrato.

Por último, la experiencia docente en el practicum también me encantó. Creo que tuve mucha suerte en los grupos a los que di clases y en la posibilidad de implicarme bastante, como contaré más adelante.

1.2. El paso por el máster de profesorado

Pese a que mis ganas por enseñar son bastante firmes, mi paso e implicación por el máster ha sido muy irregular. En el segundo año de doctorado decidí matricularme a tiempo parcial en el máster. Me matriculé de pocas asignaturas y no me impliqué en ninguna de ellas más allá de lo necesario para aprobarlas. El siguiente año volví a matricularme en el máster con la idea de terminarlo definitivamente puesto que no me habían podido renovar en la universidad por falta

de dinero. Al poco tiempo de matricularme consiguieron un nuevo proyecto, me contrataron de nuevo y además tuve la oportunidad de realizar una estancia de investigación. La repercusión en mis estudios de máster fue clara: no me preparé ni aprobé ninguna asignatura. Solo pude aprovechar para hacer el practicum II y III (plan antiguo), puesto que era lo que más me interesaba y coincidió en unas fechas en las que me podía permitir faltar al trabajo. El siguiente curso decidí no matricularme. No estaba contento con mi paso por el máster hasta ese momento. No había aprobado casi asignaturas y no disponía del tiempo necesario, así que decidí posponerlo. Finalmente, este curso pude volver a matricularme, ya con la tesis casi terminada, de todas las asignaturas. Mi implicación en el máster este año ha sido radicalmente opuesta a la de los años anteriores. Decidí que quería dedicarme a la docencia y por lo tanto el máster pasó a ser mi principal prioridad, por encima del doctorado. Esto ha tenido como consecuencia que este año me haya implicado más en las asignaturas, haya disfrutado de diferentes trabajos y le haya dedicado un tiempo considerable a la investigación en educación, la cual ha pasado a atraerme bastante.

1.3. El contexto de los practicum

El paso irregular por el máster de educación y la falta de tiempo en los cursos en los que estuve matriculado de los practicum impactaron negativamente en su realización. El primer curso en el que estuve matriculado realicé el practicum I en el IES Corona de Aragón. El segundo año de matrícula realicé los practicum II y III en el colegio Cardenal Xavierre. No obstante, no ha sido hasta este curso que he cursado asignaturas como diseño curricular e instruccional de ciencias experimentales, diseño de actividades de aprendizaje de física y química o innovación e investigación educativa en física y química; fundamentales para enfocar adecuadamente las prácticas.

En el practicum II y III pude impartir casi todas las clases de física de 1º de Bachiller. Pude impartir la segunda mitad del bloque de cinemática, todo el bloque de dinámica y la primera parte del bloque de trabajo y energías. En general se trató de clases magistrales y de resolución de problemas, aunque también realizamos la práctica de determinar la gravedad en la superficie de la Tierra mediante las oscilaciones de un péndulo simple, y también pude diseñar, realizar y corregir el examen del bloque de dinámica. Además, también impartí algunas clases de física y química de 2º de la ESO. Contenidos sobre los cambios físicos y químicos así como colaborar en una actividad sobre la tabla periódica.

Teniendo en cuenta que realicé las prácticas hace ya dos años, antes de cursar asignaturas como diseño de actividades o innovación, y sin llevar a cabo ninguna actividad con un buen diseño y preparación previa más allá de impartir el propio temario, se ha decidido enfocar este trabajo de fin de máster desde un punto de vista teórico. Se ha visto que no tenía material suficiente para realizar el TFM según el diseño propuesto, bien por falta de preparación o bien simplemente por no recordarlo adecuadamente. Además, me encuentro mucho más cómodo con las

actividades y el enfoque teórico elegido puesto que ha sido trabajado en las asignaturas mencionadas.

1.4. El trabajo realizado

Tras esta introducción, en el apartado 2 se lleva a cabo el análisis didáctico de dos actividades realizadas en el máster, en concreto el trabajo de fundamentos de didáctica de las ciencias experimentales, que trata sobre el uso de la historia de la ciencia para explicar la naturaleza de la ciencia en clases de física y química; y una actividad de la asignatura de innovación e investigación educativa basada en la visualización y posterior análisis de escenas de películas y series de ciencia ficción. La propuesta didáctica del punto 3 amplía el proyecto didáctico realizado para la asignatura de diseño de actividades que trata el bloque del Universo de la asignatura de cultura científica. Las actividades, también ampliadas con respecto a las propuestas en el proyecto didáctico, se recogen en el apartado 0. Como se podrá observar, en todas las actividades se encuentra presente un enfoque narrativo. Un punto de vista histórico. Se podría considerar que todo el TFM se estructura en torno a dicha idea general. La importancia del contexto. El beneficio de las narrativas en la enseñanza.

2. ANÁLISIS DIDÁCTICO

En este apartado se realiza el análisis didáctico de dos actividades realizadas a lo largo del máster. La primera actividad a analizar, realizada en la asignatura de diseño curricular e instruccional de ciencias experimentales, es el trabajo final de fundamentos de didáctica de las ciencias experimentales, que trata sobre el uso de la historia de la ciencia para explicar la naturaleza de la ciencia en clases de física y química. En segundo lugar se analiza la actividad de evaluación innovadora realizada en la asignatura de innovación e investigación educativa en física y química, basada en el uso de errores científicos en películas de ciencia ficción para detectar ideas alternativas.

2.1. El uso de la historia de la ciencia para explicar la naturaleza de la ciencia

La enseñanza de la naturaleza de la ciencia (NDC) en el aula conlleva una serie de dificultades para su correcta implementación. El uso de la historia de la ciencia (HDC) se reconoce como un elemento importante para su enseñanza. No obstante, su correcto uso requiere de herramientas pedagógicas específicas y los conocimientos de los docentes, así como su escasa relevancia en el currículo español, dificultan su correcta implementación. Para facilitar la labor del docente, existen diversas iniciativas y publicaciones con materiales y recursos de libre acceso que permiten enseñar la NDC mediante el uso de la HDC. En el trabajo realizado se estudió si dichos recursos se adecúan al tiempo del que disponen los docentes para su enseñanza, a los contenidos curriculares de la asignatura de física y química en la educación en España, al nivel de dificultad de los cursos en los que se quiera

implementar, al material del que se dispone en los centros de educación secundaria y a la carga de trabajo que debería de suponer su implementación según su carga en la enseñanza.

La NDC se puede definir de manera ampliamente aceptada como el área de estudio en la que los estudiantes aprenden cómo funciona la ciencia, cómo se genera y pone a prueba el conocimiento y cómo desempeñan su trabajo los científicos (Lederman y Lederman, 2014; McComas y Kampourakis, 2015). Acevedo-Díaz y García-Carmona (2016), de forma aún más general, la definen como todo aquello que caracteriza a la ciencia en su manera particular de construir conocimiento sobre la naturaleza. La perspectiva de la enseñanza de la NDC más arraigada durante la primera década del siglo XXI se centraba en el proceso de construcción de conocimiento en sí y en sus características, y estaba basada en los siete principios de Lederman (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz, 2002) con algunas modificaciones y añadidos posteriores en la misma línea (Lederman, 2007; Abd-El-Khalick, 2012). En la actualidad se demanda atención a otros aspectos esenciales, relativos a la sociología de la ciencia, como las circunstancias y contextos socioculturales, políticos, económicos (Irzick y Nola, 2011; Matthews, 2012; Erduran y Dagher, 2014; Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016). Además, la enseñanza de la NDC en el aula conlleva una serie de dificultades (McComas y Kampourakis, 2015): por una parte, no suele ser normal que los docentes dediquen una cantidad importante de tiempo a la NDC, que suele quedar relegada, si aparece, a algunos aspectos de los temas introductorios del curso. Por otra parte, algunos aspectos de la NDC son demasiado complejos y necesitan comunicarse en un cierto contexto que permita la exploración y la reflexión. Esto, junto con la insuficiente formación del profesorado al respecto (García-Carmona y Acevedo, 2016) y la escasa relevancia que se le da a esta componente del conocimiento científico en el currículo académico (Acevedo, 2010; Banet, 2010) hace que su implementación en el aula sea considerablemente compleja.

Tras analizar una serie de recursos de HDC para enseñar NDC en función de su facilidad, desde el punto de vista del docente, para explicarlos en clase de física y química, se obtuvieron las siguientes conclusiones: las escasas historias y actividades de este estilo publicadas en español no están relacionadas con temas curriculares de la asignatura de física y química, aunque algunas de ellas se podrían explicar en la asignatura de cultura científica, por lo que sería necesario traducir varios de los casos o implementarlos en el aula en inglés, a riesgo de complicar su aprendizaje. Una gran cantidad de las actividades necesitan de material experimental, aunque en varias ocasiones se trate de material muy sencillo de conseguir o de montajes muy básicos. Varios de los casos necesitan varias lecciones, o sesiones más largas, para poder explicar todo su contenido, lo que dificulta su uso dado que, en general, los docentes no cuentan con mucho tiempo para dedicarle a la enseñanza de la NDC. Algunos de los casos vienen con recursos adicionales al texto narrativo en sí, con propuestas de desarrollo de las clases, presentaciones e incluso actividades. No obstante, la mayoría de estos casos no son adecuados para impartir

en el aula en una sola clase, a un nivel y sobre unos contenidos adecuados, y sin la necesidad de preparar montajes experimentales.

A continuación se concluye con el análisis didáctico según el cual se propone la integración de distintos casos de HDC para explicar la NDC en el proceso formativo:

- Se puede plantear incluir aspectos de la NDC dentro de experiencias de laboratorio, para contextualizar el momento del descubrimiento así como su repercusión. Por ejemplo, en la asignatura de diseño de actividades se planteó una práctica de laboratorio sobre la luz y el color. Esta práctica se podría complementar con un pequeño juego de rol sobre la perspectiva histórica en base al trabajo de Nancy Stowe titulado «*What is light? What is color?*», que se puede encontrar en la web de History and Philosophy of Science (SHIPS¹). En la primera parte de dicha actividad se muestra la opinión sobre la luz y el color de diferentes personajes relevantes en la óptica como Aristóteles, Haitham, Snell o Huygens, entre otros. Puede resultar interesante para un grupo de 2º de la ESO.
- Tanto en esta web como en la de History and Philosophy in Science Teaching (HIPST²) se pueden encontrar diversos recursos que, si bien de por sí solos exceden el tiempo que se puede dedicar en el aula a los distintos temas que tratan, se pueden utilizar actividades concretas como complemento a prácticas de laboratorio o a enseñanzas teóricas. Por ejemplo, la explicación del funcionamiento del péndulo, bien sea de manera teórica o experimental, se puede complementar con su importancia en la medición del tiempo.
- En estas páginas se pueden encontrar numerosos debates, experimentos o episodios importantes en la HDC; historias de palabras o conceptos científicos; biografías de científicos e incluso textos organizados por temáticas como género, religión, cultura y ética; todos ellos útiles para ampliar conocimiento al respecto y plantear nuevas cuestiones.
- La página web de Story Behind Science (SBS³) tiene una serie de casos sobre distintas temáticas (física, química, astronomía) que se pueden llevar al aula de manera directa y que se ajustan al tiempo de duración de una clase. Se trata de reflexiones históricas participativas sobre distintos temas científicos. En las actividades expuestas en el apartado 0 se propone el uso de uno de estos casos para explicar la historia de la materia oscura.

2.2. El uso de recursos cinematográficos para la enseñanza de las ciencias

El alumnado muestra cada vez un mayor desinterés por las asignaturas científicas, sobre todo en matemáticas y física de bachiller (Solbes, 2011). Ante esta situación es necesario buscar recursos que, además de fomentar el aprendizaje, mejoren la actitud de los estudiantes hacia la ciencia. Cuando el alumnado participa,

¹ <http://www.shipseducation.net/>

² hipstwiki.wikifoundry.com

³ www.storybehindthescience.org

argumenta y habla sobre ciencia el aprendizaje se ve muy favorecido (Driver et al., 2000; Sardá y Sanmartí, 2000; Jiménez-Aleixandre y Díaz, 2003). Esto solo suele resultar posible si las actividades les motivan y se interesan y participan. Kolb (1984) propone exponer al alumnado a situaciones con las que se impliquen emocionalmente para, a partir de estas, reflexionar sobre su contenido científico. Con esta idea han surgido propuestas en base a diferentes recursos como dibujos animados (Perales y Vílchez, 2005), series de TV (Serradó et al., 2009), comics (Gallego, 2007), videojuegos (Blasco y González, 2013) o películas de ciencia ficción (Petit y Solbes, 2015; Pérez y Matarredona, 2016).

En esta línea, en el trabajo realizado en la asignatura de innovación e investigación educativa en física y química se propuso un método de evaluación basado en encontrar y analizar errores científicos en películas de ciencia ficción. Existen numerosos estudios al respecto (García, 2008; Pérez y Matarredona, 2012; Petit y Solbes, 2016; Silva, 2016), así como numerosos trabajos en los que se proponen diferentes escenas (Ibáñez, 2012; Pérez, 2017; Santamaría, 2019).

Las actividades a realizar en el aula podrían ser variadas. Inicialmente consistiría en la visualización de fragmentos de películas o series en el aula. A partir de ahí se plantean diversas metodologías como trabajos colaborativos, de indagación, aprendizaje basado en problemas, lluvia de ideas, debates o exposiciones. Se pueden utilizar escenas para introducir contenidos, afianzarlos o dotarlos de un cierto contexto. En el apartado 3.1 se planteará una actividad basada en esta justificación didáctica.

3. PROPUESTA DIDÁCTICA

La sociedad necesita una cultura científica y tecnológica que le permita comprender el mundo que la rodea, desarrollar un sentido crítico ante temas científicos controvertidos y adquirir la capacidad de buscar soluciones a problemas relacionados con el avance tecnológico. Este es el objetivo de la asignatura de cultura científica, en la cual se establecen las bases del conocimiento científico sobre distintos temas como el Universo, los avances tecnológicos y su impacto, la salud, la calidad de vida y los nuevos materiales. La propuesta didáctica que se expone a continuación se ha planteado para la asignatura de cultura científica que se da en 4º de la ESO. En concreto, para el bloque que trata sobre el Universo. Se trata de un bloque muy amplio, en el que se tratan temas muy complejos (materia oscura, agujeros negros, teoría del Big Bang, etcétera), así como conceptos sobre los cuales el alumnado presenta ideas alternativas fuertemente arraigadas (existencia de estaciones, rotación de la luna, eclipses solares). Además, se trata de un área de conocimiento en la que se suelen encontrar creencias sin base científica, como la astrología, o ciertas conspiraciones, como la no llegada del hombre a la Luna o la creencia de que la Tierra es plana. Todo esto hace que este tema resulte de gran interés pero, a su vez, de gran complejidad. A continuación se desarrolla y justifica la propuesta didáctica cuyas actividades se exponen en el apartado 4.

3.1. Conocimientos previos y dificultades de aprendizaje

El Universo, el Sistema Solar, la Tierra y la Luna, y las consecuencias de sus movimientos son temas que se estudian a lo largo de la educación primaria dentro del área de las ciencias sociales, en concreto en el bloque 2: El mundo en el que vivimos. En la ESO estos temas se vuelven a estudiar en algunos temas de gravitación de las asignaturas de física o física y química, y en la mencionada asignatura de cultura científica.

Según los contenidos del currículo de la ESO de Aragón los estudiantes deberían de haber adquirido los siguientes conocimientos (se han seleccionado los más relevantes de acuerdo al contenido del bloque a tratar) en la asignatura de Ciencias Sociales de la Educación Primaria:

- Explicar cómo es y de qué forma se originó el Universo y sus principales componentes.
- Describir las características principales del Sistema Solar identificando y comparando diferentes tipos de astros y sus características.
- Localizar y representar al planeta Tierra y a la Luna en el Sistema Solar, explicando sus características, movimientos y consecuencias.
- Identificar representando gráficamente las capas de la Tierra según su estructura ya sea interna o externa.
- Identificar y manejar los conceptos de paralelos, meridianos y coordenadas geográficas.

Además, en ese mismo curso (4º de la ESO), en la asignatura de física se adquieren los siguientes conocimientos relacionados:

- Justificar el carácter relativo del movimiento y la necesidad de un sistema de referencia y de vectores para describirlo adecuadamente.
- Resolver problemas de movimientos rectilíneos y circulares, utilizando una representación esquemática con las magnitudes vectoriales implicadas.
- Reconocer el papel de las fuerzas como causa de los cambios en la velocidad de los cuerpos y representarlas vectorialmente.
- Aplicar las leyes de Newton para la interpretación de fenómenos cotidianos.
- Valorar la relevancia histórica y científica que la ley de la gravitación universal supuso para la unificación de las mecánicas terrestre y celeste, e interpretar su expresión matemática.
- Aproximarse a la idea de que la caída libre de los cuerpos y el movimiento orbital son dos manifestaciones de la ley de la gravitación universal.

Pese a la reiteración en la enseñanza del tema y al interés del mismo, existe una alta proporción de estudiantes que no consiguen comprender adecuadamente los conceptos básicos de la astronomía y de los diversos modelos del Universo debido a

las dificultades que presenta su aprendizaje (Trumper, 2001). Según Solbes (2003), los estudiantes no suelen comprender los enunciados básicos debido a que se enseñan de manera muy teórica, sin explicar cómo se ha llegado a dichas ideas, sin mostrar sus relaciones con la tecnología y la sociedad y sin tener en cuenta que implican tiempos y dimensiones espaciales que superan en mucho a las de la escala humana.

Además, se ha observado que el profesorado de todos los niveles, especialmente en primaria, y tanto en activo como en formación, suele presentar carencias importantes en relación a las ideas fundamentales de la astronomía (Navarro, 2001; Ogan- Bekiroglu, 2007). Esta falta de formación suele tener como consecuencia que el profesorado transmita al estudiante sus propias ideas alternativas (Schoon, 1995). De hecho, el campo de los fenómenos astronómicos es muy propicio a la elaboración de teorías personales, dado que se trata de hechos observados desde que nacemos y sobre los que construimos explicaciones alternativas a las propuestas por la ciencia. Estas pueden ser simplemente ideas erróneas o supersticiones más generalizadas como la astrología o el terraplanismo.

Parte de la dificultad radica en la complejidad del proceso histórico y de la evolución de las distintas ideas. Ha sido necesario pasar por numerosas hipótesis, observaciones y experimentos hasta llegar al punto de conocimiento actual. Desde el modelo de la Tierra plana como centro del Universo hasta la visión actual del Universo poblado por millones de galaxias sin un punto central.

Además, para comprender en profundidad algunas de las ideas a transmitir, aunque sea de manera divulgativa, como la teoría del Big Bang, el universo en expansión o los fundamentos sobre los agujeros negros o la materia oscura resultan necesarios una serie de conceptos básicos de diferentes campos de la física como sobre fuerzas y movimientos, gravitación, ondas, espectro electromagnético, física nuclear, relatividad, etc.

Estas dificultades hacen que el alumnado acepte las proposiciones del docente debido a su autoridad, o a la del libro de texto, pero sin hacer uso de las pruebas y argumentos necesarios para su interiorización, de tal manera que se olviden en seguida. Esto se observa, por ejemplo, en la incapacidad del alumnado para argumentar la esfericidad de la Tierra o la posición central del Sol (Solbes, 2003). No obstante, para poder realizar estas argumentaciones adecuadamente sería necesario realizar una serie de observaciones básicas en el cielo diurno y nocturno. Esto entraña una serie de problemas específicos puesto que, como apunta Moreno (1997), existen una serie de factores que dificultan las observaciones:

- Los cuerpos celestes no son visibles durante la jornada escolar.
- Contaminación lumínica en las zonas urbanas.
- Lentitud en el transcurso de los fenómenos astronómicos.
- Imposibilidad de manipulación de los objetos astronómicos.

Por otro lado, resulta complicado que el alumnado comprenda proposiciones complejas de entender por el ser humano debido a que implican dimensiones y tiempos que superan en mucho a la escala humana, resultando complicado interiorizar las dimensiones, las distancias, las diferencias, etcétera; siendo muy escasos los ejercicios de escalas.

Según el trabajo de Palomar y Solbes (2015) se ha observado que el alumnado no presenta los conocimientos previos necesarios como para responder, en general, correctamente a las siguientes cuestiones (entre paréntesis se indica el porcentaje de estudiantes que sí respondió adecuadamente a estas preguntas):

- Explicar correctamente cómo se orientan de día y de noche (7.1%).
- Explicar el sentido de la frase el sol sale por el Este y se pone por el Oeste (32.3%).
- Señalar aplicaciones sobre la astronomía e indicar en qué observaciones se basan (3.0%).
- Explicar astronómicamente las estaciones teniendo en cuenta la inclinación del eje de la Tierra (7.1%).
- Explicar las fases de la Luna (0.0%).
- Explicar los hechos que pusieron en cuestión el modelo geocéntrico (0.0%).
- Explicar cómo la observación de la Vía Láctea demuestra que estamos en una galaxia (0.0%).
- Relacionar la distancia del Sol a Neptuno con sus tamaños y el de la Tierra (0.0%).
- Citar tecnologías que han contribuido al desarrollo de la astronomía (31.3%).
- Explicar la expansión del Universo (6.1%).
- Citar pruebas de la expansión del Universo (0.0%).
- Diferenciar la astrología de la astronomía y señalar que la primera no es una ciencia (7.1%).

Por último, existen una serie de contenidos que son totalmente nuevos para el alumnado que se presenta a esta materia, entre los que se encuentran:

- Materia oscura.
- Energía oscura.
- Agujeros negros.
- Origen de la vida.
- Evolución de las estrellas.

Una vez analizados las principales dificultades de aprendizaje del tema así como los conocimientos previos y las ideas alternativas del alumnado con respecto a la materia a tratar se pasa a explicar el marco teórico de la propuesta didáctica.

3.2. Marco teórico

Según la teoría constructivista, el aprendizaje es efectivo si se asientan nuevas ideas sobre los conocimientos previos. Según García, Fernández y Díaz (2012), incluir la perspectiva histórica dentro de la enseñanza de las ciencias puede ayudar en este tipo de aprendizaje, de manera que se observen algunos aspectos del proceso de evolución del conocimiento científico en relación con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (CTS), favoreciendo que el estudiante comprenda el proceso de construcción del conocimiento científico. Esto puede ayudar a eliminar la visión determinista y estática de la ciencia, esa idea de que la ciencia consiste en verdades incontrovertibles y absolutas cuyos rasgos diferenciales son la verdad y la objetividad (Hodson, 1985; González y Prieto, 2000). Este enfoque puede mejorar la imagen que tiene de la ciencia el alumnado así como motivar su estudio y evitar algunos puntos de vista erróneos asumidos por la sociedad. Además, de no incluir este punto de vista, el conocimiento puede quedar disperso, sin una visión de conjunto que le aporte sentido (Hernández y Prieto, 2000). La ciencia no es un campo de conocimiento aislado de otras áreas, e incluso la literatura, el cine o el arte pueden tener cabida en la case de ciencias (Chapela, 2014; Petit y Solbes, 2016). Para una mayor profundización en la importancia de la historia de la ciencia o del uso de recursos cinematográficos en el aula se remite al lector a las dos actividades expuestas en el apartado 2. Como se ha visto en las dificultades del aprendizaje expuestas en la sección anterior, parte de la dificultad radica en la complejidad de la historia de la astronomía y de los modelos sobre el Universo, por lo que el uso de la historia de la ciencia resulta especialmente útil en este campo (Matthews, 1994; Solbes y Traver, 2003). Debido a la innegable relación que tiene la influencia de la tecnología y de la sociedad en los descubrimientos científicos sobre el universo que nos rodea, se ha decidido incluir el enfoque CTS en varias de las actividades propuestas en el apartado 4 haciendo uso de la historia de la ciencia.

En relación a varios temas de los que se tratan en este bloque existen una serie de creencias o concepciones alternativas a las científicas que se podrían considerar supersticiones o pseudociencias: falsas ciencias. Un ejemplo claro sería la astrología, la creencia de que los astros afectan nuestra personalidad y destino. También encontramos conspiraciones como el terraplanismo o la llegada a la Luna. Teniendo en cuenta la cantidad de gente que cree en este tipo de concepciones alternativas, así como su facilidad de adquirirlas, transmitirlas y aceptarlas como ciertas (Solbes, Palomar y Domínguez-Sales, 2018), resulta importante incluir en el planteamiento del proyecto actividades que ayuden a desenmascarar de manera efectiva las mentiras que engloban este tipo de creencias.

Se podría pensar que para erradicar del aula este tipo de creencias acientíficas vale con dotar al alumnado de los conocimientos necesarios como para rebatirlas.

No obstante, numerosos estudios muestran que esto no es suficiente, y que un mayor nivel de competencias no está asociado a un mayor escepticismo frente a este tipo de ideas alternativas (Lundström y Jakobsson, 2009), y tienden a perdurar en el tiempo, incluso tras intervenciones didácticas convencionales (Afonso y Gilbert, 2010).

Según Carmona (2015), las pseudociencias ofrecen algo, mientras que el escepticismo lo destroza. La pseudociencia tiene una cierta aura de inconformismo, rebeldía y resistencia ante la resignación. Carmona propone cambiar el aspecto negativo del escepticismo hacia una oferta positiva de rebeldía. La ciencia cuenta con una gran ventaja: lo que puede ofrecer es auténtico. Las personas conspiranoicas se sienten especiales porque saben secretos ocultos que nadie más comprende: que la Tierra es plana o que el hombre no llegó a la Luna. La necesidad de sentirse especiales y únicos es universal.

Con este objetivo, se propone una secuencia didáctica en la que se busca generar pasión por la ciencia y la tecnología, por sus avances y descubrimientos. Dar a conocer cómo la realidad es apasionante y suficientemente admirable como para que no haga falta aumentar su interés mediante misterios esotéricos. El objetivo es, por tanto, hacer que los estudiantes se sientan especiales por participar en los descubrimientos, formar parte de la historia y explorar lo desconocido. Este es el motivo principal por el que se le da a esta propuesta este sentido de exploración espacial.

Como se ha visto en las problemáticas mencionadas, resulta fundamental realizar observaciones del cielo, tanto diurnas como nocturnas, para contar con las evidencias experimentales suficientes como para poder argumentar a cerca de ideas básicas de la astronomía y del Universo. No obstante, debido a su complejidad, se puede incluir el uso de simuladores como complemento formativo, de tal manera que permita superar los obstáculos mencionados. Los programas que se mencionarán más adelante, de uso astronómico, también permiten comparar tamaños y realizar ejercicios de escala para interiorizar adecuadamente las dimensiones del espacio y el tiempo.

Por último, Aragón cuenta con dos centros de investigación puntera en relación a distintos contenidos de este bloque que se pueden ir a visitar. En el antiguo túnel ferroviario de Canfranc, en Huesca, se encuentra un laboratorio bajo la montaña en el que se busca detectar la materia oscura y la energía oscura. En Teruel se encuentra el observatorio astronómico de Javalambre, en el cual se estudian agujeros negros y se cartografía el firmamento. Para aprovechar la experiencia de ambos centros de investigación en la divulgación sobre estos temas y dar a conocer la investigación en nuestra región se plantearán dos actividades enfocadas en la línea de investigación actual en las que se podría aprovechar para visitar ambos centros.

3.3. Objetivos

La materia de cultura científica se imparte en 4º de ESO y busca acercar al alumnado las principales teorías y avances tanto científicos como tecnológicos, de

tal manera que adquieran una cultura científica y tecnológica básica que les permita comprender el mundo que nos rodea. Esta materia establece las bases de conocimiento científico sobre temas generales como el Universo, los avances tecnológicos y su impacto ambiental, la salud, la calidad de vida y los nuevos materiales.

El segundo bloque de la asignatura, que es en el cual se centra la propuesta didáctica, trata sobre el Universo, y consta de los siguientes contenidos: evolución del conocimiento sobre el Universo, teorías sobre el origen y evolución del Universo, estructura y composición del Universo, el Sistema Solar y la Vía Láctea, condiciones para el origen de la vida. A continuación se recogen los objetivos propuestos, en base a las dificultades de aprendizaje analizadas y a los objetivos del currículo de la asignatura en la comunidad autónoma de Aragón:

- a) Comprender aplicaciones básicas de la astronomía y su importancia para la supervivencia.
- b) Conocer los hechos históricos más relevantes en el estudio del Universo.
- c) Familiarizarse con los métodos de trabajo de la astronomía de observación visual (observaciones astronómicas diurnas y nocturnas, gnomon, etc.).
- d) Explicar las observaciones del sistema Tierra-Sol-Luna (estaciones, fases de la Luna y horas en las que se observa, etc.).
- e) Familiarizar al alumnado con la naturaleza de la ciencia y la manera en la que elabora modelos (geocéntrico, heliocéntrico, newtoniano, etc.).
- f) Describir la organización del Universo, cómo se agrupan las estrellas y planetas. Comprender que el Universo está formado por miles de millones de galaxias, ninguna de las cuales ocupa un lugar central; a gran escala es homogéneo e isótropo. Modelizar el sistema solar a escala.
- g) Comprender que vivimos en una galaxia y su forma aproximada.
- h) Valorar la importancia de las relaciones de la astronomía con la tecnología y la sociedad.
- i) Diferenciar las explicaciones científicas relacionadas con el Universo, el sistema solar, la Tierra, el origen de la vida y la evolución de las especies de aquellas basadas en opiniones o creencias.

3.3.1. Orientaciones metodológicas

Debido a la importancia que se les otorga en la propuesta didáctica así como en algunas de las actividades propuestas, se ha considerado relevante explicitar algunas de las orientaciones metodológicas que aparecen en el currículo de la asignatura:

- La materia en todo momento debe ser atractiva para el alumno con el fin de que se mantenga motivado, se involucre en el proceso formativo y en

definitiva, que el aprendizaje sea significativo. Por ello, deben implementarse metodologías dinámicas y participativas.

- Aunque conviene guiar al alumnado para adquirir los conocimientos necesarios sobre cada uno de los contenidos a tratar, el profesor ha de tener presente en todo momento que cada uno de los alumnos debe formarse su propia opinión. Por ello, es importante fomentar una actitud crítica del alumnado de los temas a tratar en cada caso basada en el conocimiento de hechos científicos y objetivos.
- Un aspecto fundamental para el desarrollo de la materia es la contextualización espacial y temporal a través del aprovechamiento de los recursos de la zona, de actividades complementarias como visitas guiadas, conferencias relacionadas con la temática del curso o con temas científico–tecnológicos de actualidad, noticias de periódicos locales, comarcales y autonómicos, etc.

3.4. Evaluación inicial

Se propone una evaluación inicial orientada hacia tres objetivos distintos: por un lado resulta conveniente conocer los conocimientos previos sobre los contenidos a tratar, por otro lado la cercanía a ideas pseudocientíficas y, por último pero no menos importante, los intereses del alumnado. Es por ello que se proponen tres actividades de evaluación inicial: un cuestionario sobre contenidos, una valoración anónima sobre distintas afirmaciones alternativas a la ciencia y un estudio sobre el interés del alumnado.

El cuestionario sobre los contenidos se basa en el utilizado por Trumper (2001) pero se han añadido nuevas preguntas sobre temas como la energía oscura o la materia oscura que no se trataban en el cuestionario inicial. Las preguntas añadidas son las siguientes (la opción correcta es la que aparece subrayada):

- 1) ¿Se ha detectado la materia oscura y la energía oscura?
 - a. Solo la materia oscura.
 - b. Solo la energía oscura.
 - c. Sí, las dos.
 - d. No, ninguna de las dos.
- 2) Selecciona la opción correcta en cuanto al porcentaje de masa del Universo.
 - a. 5% materia ordinaria, 25% materia oscura y 70% energía oscura.
 - b. 33% materia ordinaria, 33% materia oscura y 33% energía oscura.
 - c. 50% materia ordinaria, 49% materia oscura y 1% energía oscura.
 - d. 96% materia ordinaria, 1% materia oscura y 3% energía oscura.
- 3) ¿Cómo podemos ver los agujeros negros?

- a. No podemos: son negros. No dejan escapar la luz.
- b. Dejan escapar algo de luz. Sería imposible lo contrario.
- c. Debido a sus efectos gravitacionales.

El cuestionario para estudiar las creencias acientíficas del alumnado está formado por una serie de afirmaciones sobre diferentes aspectos pseudocientíficos que se deben de valorar indicando el grado de acuerdo del 1 al 5, siendo 1: Nada de acuerdo, 2: En desacuerdo, 3: Ni acuerdo ni desacuerdo, 4: De acuerdo y 5: Muy de acuerdo. Las cuestiones, basadas en el trabajo de Ripoll (2020), se responderán de manera anónima mediante un formulario de google.

Por último, se proponen una serie de temas a tratar en el bloque y se pide al alumnado que los ordene de mayor a menor interés. Los temas son los siguientes:

1. El origen de la vida.
2. La vida extraterrestre.
3. La carrera espacial.
4. El viaje a la Luna.
5. La astrología.
6. Los signos del zodiaco y las constelaciones.
7. La materia oscura y la energía oscura.
8. Los agujeros negros.
9. La ciencia en la ciencia ficción.
10. El terraplanismo.
11. Conspiraciones: ¿hemos llegado a la Luna?
12. Observación del cielo nocturno.
13. Investigación puntera realizada en Aragón.

Una vez realizados los tres cuestionarios iniciales se seleccionarán las actividades a trabajar de las diferentes actividades propuestas. Si se observa que el alumnado presenta muchas ideas acientíficas convendría tratar aquellas actividades que incidan en dichos aspectos. Si, por otro lado, el alumnado presenta carencias importantes en conceptos básicos sobre la astronomía y el Universo habría que reforzar dichos conceptos. El último cuestionario sirve para hacerse una idea de los intereses del alumnado, lo cual puede servir para descartar o seleccionar algunas actividades.

4. ACTIVIDADES

A continuación se exponen las actividades a realizar en base a la propuesta didáctica del apartado 3, teniendo en cuenta que no todas las actividades se llevarían a cabo, y que la elección de las actividades a realizar estaría basada en la evaluación inicial explicada previamente. Se muestra una tabla con las diferentes actividades así como el tipo de actividad según lo expuesto en la evaluación inicial. Como se puede observar, existen varias actividades fundamentales a realizar. No obstante, otras dependerán de si se observa que el alumnado presenta ideas alternativas no científicas (pensamiento crítico), problemas de conceptos básicos (conceptos básicos), inquietudes sobre temas específicos (de interés) o interés por el desarrollo de las investigaciones científicas (actual). Se propone que se realice, por lo menos, una actividad de carácter experimental y una actividad de tipo visita guiada.

Tabla 1 Nombre, tipo y número de sesiones de cada actividad propuesta.

Nombre	Tipo de actividad	Sesiones
El diámetro de la Tierra	Conceptos básicos. Experimental.	2
La carrera espacial	Fundamental.	1
Viaje a bordo del Hubble	Fundamental.	1
El sueño interestelar	Fundamental.	2
La ecuación de Drake	De interés.	1
La tierra plana	Pensamiento crítico.	2
El discurso sobre las estrellas	Pensamiento crítico.	2
Observación nocturna del cielo	Experimental.	Noche
Visita al LSC	Visita. Actual. De interés.	Día entero
Visita al OAJ	Visita. Actual. De interés.	Día entero

4.1. Estimando el diámetro de la Tierra según Eratóstenes

En muchas civilizaciones antiguas, como Babilonia, Egipto, China, el imperio Inca o incluso la antigua Grecia, se pensaba que la Tierra era plana. Para Tales de Mileto la Tierra era un disco flotando en el agua. Fueron los antiguos griegos los primeros en descubrir la forma esférica de la Tierra, como refleja la obra de Aristóteles. Una de las medidas más famosas y certeras del perímetro de la Tierra fue la propuesta por Eratóstenes de Cirene en base a la sombra que arrojaba un gnomon en dos ciudades diferentes en el mismo meridiano. Otra estimación importante del tamaño de la Tierra fue la propuesta por Posidonio en base al ángulo sobre la horizontal de la estrella Canopus, la segunda estrella más brillante en el cielo. Entre el 1020 y el 1025, durante uno de sus viajes con el sultán Mahmud en el noroeste de la India, el matemático persa Al-Biruni logró medir el diámetro de la Tierra con un error inferior al 1% del valor medio actualmente aceptado, en base a la altura de una montaña en la llanura plana del Punjab. El mundo occidental no lograría conseguir un resultado igual de preciso hasta el siglo XVI. A continuación se explica el método de Eratóstenes para su implementación en el aula, con la

propuesta de encontrar uno o varios institutos situados en el mismo meridiano aproximadamente con los que poder llevar a cabo experimentalmente estas medidas y obtener así una estimación propia sobre el diámetro de la Tierra.

Eratóstenes tuvo en cuenta que la Tierra es esférica, consideró que los rayos del Sol llegan paralelos al encontrarse con la superficie terrestre debido a la distancia a la que se encuentra el astro, y que las ciudades de Alejandría y Siena están situadas en el mismo meridiano. Eratóstenes midió el ángulo de la sombra que arroja un gnomon en las ciudades de Alejandría y de Siena a la misma hora al mediodía y cálculo la distancia que las separaba. Con esos datos fue capaz de estimar la circunferencia de la Tierra.

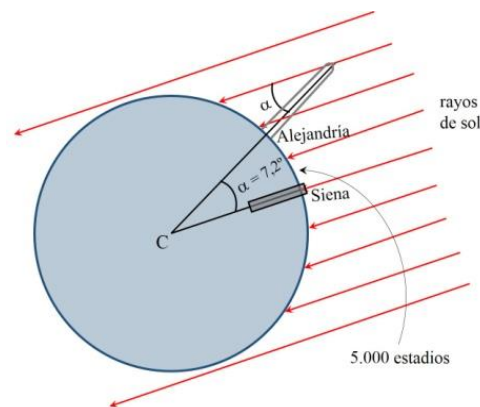


Figura 1 Esquema de la incidencia de los rayos del sol en el meridiano en el que se encuentran las ciudades de Alejandría y Siena para determinar el perímetro de la Tierra mediante el método de Eratóstenes

a) Midiendo ángulos. Eratóstenes midió el ángulo que forma la sombra arrojada por un obelisco en Alejandría ($\alpha_A = 7.2^\circ$) y Siena ($\alpha_S = 0^\circ$), con la particularidad de que en esta última los rayos inciden perpendicularmente, determinando la diferencia de ángulos ($\Delta\alpha = 7.2^\circ$).

b) Determinando distancias. Resulta necesario calcular la distancia entre las ciudades de Alejandría y Siena. Los caravaneros que comerciaban entre ambas ciudades le contaron a Eratóstenes que un camello, que recorre una distancia de unos 100 estadios al día, tardaba 50 días en ir de una ciudad a otra. De esta manera Eratóstenes estimó la distancia entre ambas ciudades en 5000 estadios.

c) Longitud de arco. Si la longitud del arco de meridiano de 7.2° , entre Alejandría y Siena, es de 5.000 estadios, la longitud de la circunferencia completa será de 250000 estadios.

$$L = \frac{360^\circ}{7.2^\circ} \cdot 5000 \text{ est} = 250000 \text{ est}$$

d) Sobre la longitud y los estadios. Para poder valorar esta estimación es necesario conocer el valor de la medida utilizada: el estadio. Si se considera el estadio egipcio (157.5 m), la estimación del perímetro terrestre de Eratóstenes sería de 39690 kilómetros.

Metodología. En primer lugar se explicará el método de estimación del diámetro de la Tierra haciendo uso de una explicación de Carl Sagan⁴ sobre la curvatura de la Tierra. A continuación, los estudiantes tendrán que resolver de manera individual el problema expuesto previamente. Por último se llevará a cabo el experimento, un día soleado a mediodía, en colaboración con otro instituto a la misma hora y, aproximadamente, en el mismo meridiano.

Objetivos. Entender el movimiento de la Tierra y el Sol, así como el por qué de las estaciones en base a la inclinación del eje de la Tierra con respecto al plano de rotación alrededor del sol. Utilizar este conocimiento para estimar el diámetro de la Tierra en base al método propuesto por Eratóstenes, relacionado con el criterio de evaluación Crit.CCI.2.1. Conocer los primeros intentos de determinar las dimensiones de la Tierra, relacionado con el criterio de evaluación Crit.CCI.2.8.

Evaluación. Calificación del problema a resolver de manera individual y pequeño ensayo sobre la evolución histórica de la estimación del tamaño de la Tierra y sus controversias actuales.

4.2. La carrera espacial

La siguiente actividad propuesta consiste en competir contra la Unión Soviética y los Estados Unidos en la exploración del sistema solar. Se propone la división en grupos del alumnado. Cada grupo competirá contra los otros grupos y contra las dos superpotencias. El objetivo es que consigan ser los primeros en todos los hitos espaciales posibles. Cada grupo elegirá cuál de los diferentes descubrimientos espaciales quiere intentar, tratando de que sigan el orden cronológico histórico. Es decir, antes de aterrizar en Marte, deberían de enviar una sonda al planeta. Lo que en algunos casos es lógico, en otros puede no serlo tanto: ¿qué se hizo antes, enviar una sonda a Marte o a Venus? ¿O quizás al Sol o a la Luna? ¿Qué fue antes, el primer satélite de comunicaciones, el primer telescopio espacial o la primera sonda planetaria? Con este ejercicio se pretende que adquieran un conocimiento básico sobre la historia de la exploración espacial. Se podrían considerar también hitos más actuales, pero se ha decidido centrarse en la época de las “primeras veces”. No obstante, existen muchos otros momentos estelares de la aeronáutica que se podrían añadir en esta dinámica. El orden cronológico de las misiones espaciales consideradas por su relevancia histórica es el siguiente:

1944 – Vuelo suborbital a la Tierra no tripulado. Cohete V2, Alemania.

1957 – Vuelo orbital a la Tierra no tripulado. Sputnik 1, Unión Soviética

1958 – Satélite de comunicaciones. SCORE, lanzado por Estados Unidos.

1959 – Impacto a la Luna no tripulado. Luna 1, lanzado por la Unión Soviética.

1961 – Vuelo orbital a la Tierra tripulado. Yuri Gagarín, de la Unión Soviética.

1962 – Sonda espacial a Venus. La Mariner 2, de los Estados Unidos.

⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=4gpECWx8sns>

- 1964 – Sonda espacial a Marte. La Mariner 4, de los Estados Unidos.
- 1968 – Vuelo orbital a la Luna tripulado. El Apolo 8, de Estados Unidos.
- 1968 – Telescopio espacial. El AOA 2, de los Estados Unidos.
- 1969 – Aterrizaje en la Luna tripulado. El Apolo 11, de Estados Unidos.
- 1971 – Estación espacial en órbita. La Salyut 1, de la Unión Soviética.
- 1971 – Aterrizaje en Marte no tripulado. El Mars 3, de la Unión Soviética.
- 1972 – Sonda espacial a Júpiter. La Pioneer 10, de los Estados Unidos.
- 1973 – Sonda espacial a Saturno. La Pioneer 11, de los Estados Unidos.
- 1973 – Sonda espacial a Mercurio. La Mariner 10, de los Estados Unidos.
- 1977 – Sonda espacial a Urano y Neptuno. La Voyager 2, Estados Unidos.

A continuación se muestran las cuestiones que tendrá que responder cada grupo si quieren ser los primeros en llevar a cabo las distintas misiones espaciales. Estas cuestiones se han diseñado en base a una amplia búsqueda bibliográfica sobre la carrera espacial:

1944 – Vuelo suborbital de la Tierra no tripulado. En septiembre de 1944 la Alemania nazi lanza el cohete V2 a Londres. Se trata de la primera bomba V2 en caer sobre Londres en el marco de la Segunda Guerra Mundial, el primer misil balístico de combate de largo alcance del mundo y el primer artefacto humano conocido que hizo un vuelo suborbital. Se trata del primer hito considerado

1957 – En octubre de 1957 la Unión Soviética lanza el Sputnik 1, el primer satélite artificial de la Tierra. En noviembre de ese mismo año lanzan el Sputnik 2, con un animal a bordo. ¿Sabrías decir de qué animal se trataba? Respuesta: La perra Laika.

1958 – Satélite de comunicaciones. SCORE, lanzado por Estados Unidos. El primer satélite de comunicaciones, el SCORE, se lanzó el 18 de diciembre de 1958, aprovechando para retransmitir desde la órbita un mensaje de Navidad pregrabado del presidente Eisenhower. La primera vez que se transmitía una voz humana desde el espacio. ¿Sabrías decir durante cuánto tiempo se retransmitió este mensaje? Respuesta: durante 12 días.

1959 – El Luna 2 fue la primera nave espacial en llegar a la superficie lunar y la primera sonda humana que impactó en la superficie de la Luna. ¿Sabrías decir cuántos intentos de impactar en la luna realizaron los soviéticos antes de conseguir este éxito? Respuesta: cinco. Los siguientes: Luna E-1 No.1, Luna E-1 No.2, Luna E-1 No.3, Luna 1 y Luna E-1A No.1.

1961 – En abril de 1961, el cosmonauta Yuri Gagarin, de la Unión Soviética, se convirtió en el primer hombre en el espacio. Un tiempo después Alan Shepard se convirtió en el primer estadounidense en llegar al espacio. ¿Sabrías decir cuánto tiempo antes llegaron al espacio los soviéticos que los rusos? Respuesta: un mes

aproximadamente. Alan Shepard llegó al espacio en mayo del 61. En este punto se propone la reflexión desarrollada más adelante.

1962 – La Mariner 2, de los Estados Unidos, fue la primera sonda espacial en sobrevolar el planeta Venus, devolviendo datos sobre la atmósfera del planeta, su campo magnético y su masa. El primer aterrizaje no tripulado en el planeta fue llevado a cabo por la Unión Soviética, con su nave Venera 4 en junio del 67. Hasta ese momento, la Unión Soviética no había conseguido llevar a cabo con éxito ninguna de sus misiones en Venus. ¿Sabéis cuántas misiones fracasaron antes de conseguir aterrizar con Venera 4? Respuesta: catorce intentos fallidos. De hecho, la Unión Soviética fue la primera potencia en intentar enviar una sonda a Venus, pero le adelantaron los Estados Unidos.

1964 – La Mariner 4, de los Estados Unidos, fue la primera sonda espacial en sobrevolar Marte, enviando con éxito 21 imágenes de la superficie del planeta rojo. ¿Sabéis cuánto tiempo le costó a la nave llegar desde la Tierra hasta Marte? Respuesta: siete meses y medio, y tuvo que realizar una única maniobra para corregir su rumbo.

1968 – El Apolo 8 (EEUU) fue la primera misión tripulada en salir de la órbita terrestre, llegar y orbitar la Luna, y finalmente regresar a salvo a la Tierra. Primeros humanos en orbitar la Luna, en ver a la Tierra como un planeta entero y en ver la cara oculta de la Luna y el amanecer de la Tierra desde la Luna. Antes de eso, tanto los Estados Unidos como la Unión Soviética habían llevado a cabo con éxito varias misiones no tripuladas de orbitar la luna y alunizar en ella. ¿Sabrías decir cuántas? Respuesta: dieciocho (Alunizaje: Luna 9 y 13, Surveyor 1, 3, 5, 6 y 7; Orbital: Zond 3, Explorer 35, Lunar Orbiter 1, 2, 3, 4 y 5, Luna 10, 11, 12 y 14).

1968 – En diciembre de 1968 fue lanzado con éxito el primer telescopio espacial: el OAO-2, que más que un telescopio propiamente dicho era un conjunto de cámaras y fotómetros. El Orión-1 (Soviético) fue el segundo telescopio en el espacio, con la característica única de tratarse del primer telescopio en ser controlado por un humano en el espacio. Bastantes años después, en 1990, se lanzaría el primer gran telescopio espacial. ¿Sabrías decir su nombre? Respuesta: Hubble.

1969 – El primer alunizaje tripulado se llevó a cabo en la misión Apolo 11. Se trató de la primera misión espacial tripulada que llegó a la superficie de la Luna, logrando que dos astronautas (Armstrong y Aldrin) caminaran sobre la superficie lunar. ¿Sabrías decir cuántas misiones de alunizaje tripulado se han llevado a cabo posteriormente con éxito? Respuesta: cinco más (Apolo 12, 14, 15, 16 y 17). Un total de doce astronautas han pisado la luna.

1971 – Estación espacial en órbita. La Salyut 1, de la Unión Soviética. La Salyut 1 fue la primera estación espacial de la historia, lanzada a la órbita terrestre baja por la Unión Soviética en abril de 1971. Las misiones tripuladas Soyuz 10 y Soyuz 11 visitaron la estación. ¿Sabrías decir cuántos días estuvo en órbita hasta que

fue destruida por una reentrada controlada en la atmósfera al tener casi agotado el combustible para poder mantener la altura? Respuesta: 175 días. En el 73 los estadounidenses pusieron en órbita la estación espacial Skylab. La estación espacial internacional se envió al espacio en el 98.

1971 –El Mars 3, de la Unión Soviética, fue el primer objeto en amartizar suavemente y la primera sonda en mandar datos a la Tierra desde la superficie de Marte. No obstante, perdió contacto al poco tiempo de amartizar. ¿Sabrías decir cuánto tiempo duró? Respuesta: 14.5 segundos.

1972 – La Pioneer 10 fue la primera sonda en cruzar el cinturón de asteroides y en sobrevolar Júpiter, el primer objeto hecho por seres humanos en una trayectoria interestelar, ahora en las regiones exteriores del Sistema Solar, ya no localizable. Además, contiene una placa inscrita con un mensaje simbólico que le informa a la civilización extraterrestre que pudiese interceptar la sonda acerca del ser humano y su lugar de procedencia, la Tierra, una especie de «mensaje en una botella» interestelar. ¿Sabes qué aparece dibujado en dicha placa? Respuesta: seres humanos, la sonda, el planeta Tierra y sus púlsares, el sistema solar y la molécula de hidrógeno (con acertar uno de ellos valdría, se podría dar puntos extra por acierto).

1973 – La sonda Pioneer 11 es uno de los objetos artificiales más lejanos del sistema solar. ¿Sabrías decir a qué distancia aproximada, en unidades astronómicas, se encuentra ahora? Respuesta: 104 UA.

1973 – La Mariner 10 fue la última sonda espacial dentro del programa Mariner de la NASA. Visitó Mercurio en tres ocasiones. ¿Sabrías decir qué porcentaje del planeta cartografió durante sus sobrevuelos? Respuesta: entre el 40 y el 45%.

1977 – La Voyager 2 sobrevoló Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, pasando a continuación a ser una sonda interestelar. Las tres sondas más alejadas del sistema solar son la Pioneer 10, Pioneer 11, Voyager 1, Voyager 2 y la New Horizons. ¿Sabrías decir cuál es la más alejada de todas? Respuesta: La Voyager 1, a más de 150 UA.

Además, a lo largo de la actividad se da pie a múltiples reflexiones, que pueden resolver y debatir en clase grupalmente y premiar a los grupos que mejor respuestas den o que más participen con puntos de presupuesto. Aquí se muestra una reflexión de ejemplo que se podría discutir en clase.

Los científicos soviéticos “demostraron que eran indispensables al permitir que la Unión Soviética adelantara durante un tiempo a Occidente en la tecnología más avanzada: la espacial. El primer satélite construido por el hombre (Sputnik, 1957), el primer vuelo espacial tripulado por hombres y mujeres (1961, 1963 respectivamente) y los primeros pasos espaciales fueron rusos” (Hobsbawm, 2005:540). ¿Por qué creéis que Estados Unidos estaba tan preocupado por llegar primero a la Luna?

En junio de 1963 y a bordo del Vostok 6, Valentina Tereshkova se convirtió en la primera mujer en viajar al espacio. Sally Ride fue la primera mujer norteamericana que orbitó la Tierra a bordo del transbordador Challenger en 1983. ¿Cuántos años después que la mujer soviética pudo realizar el viaje? ¿Por qué creéis que hay tantos años de diferencia? ¿Qué aspectos de la sociedad se evidencian en este caso?

Metodología. Se realiza la actividad en pequeños grupos. El docente actúa como moderador, así como representante de la Unión Soviética y los Estados Unidos. Se apunta la evolución de cada grupo en base a las respuestas acertadas, las propuestas realizadas y sus reflexiones, así como la participación de cada estudiante dentro del propio grupo.

Se propone intercalar explicaciones con escenas de series y películas como:

- Elegidos para la gloria
- Apolo 13
- Salyut-7, héroes en el espacio
- Misión Control: Los héroes olvidados de Apolo

Objetivos. Conocer los grandes hitos de la astronáutica, señalando algunos de los acontecimientos científicos que han sido fundamentales para el conocimiento actual que se tiene del Universo. Relacionado con el criterio de evaluación Est.CCI.2.8.1. Entender el contexto de la carrera espacial y las dificultades que entrañó para evitar ideas relacionadas con la conspiración de la no llegada del hombre a la luna.

Evaluación. Evaluación positiva (suma lo bien hecho) por la participación, las propuestas y las cuestiones en base a una rúbrica y a las propuestas que se encuentran en el anexo.

4.3. Otras actividades

A continuación se exponen, de forma más resumida, otras actividades con las que complementar a las dos expuestas previamente y tratar el resto de contenidos del bloque sobre el Universo.

Título	Viaje a bordo del Hubble
Resumen	Visualizar sus observaciones más importantes.
Contexto	Trabajo individual en ordenador.
Objetivos	Observar los principales descubrimientos del Hubble así como su relación con distintos contenidos de la asignatura.
Metodología	Exposición divulgativa.
Contenidos	Agujeros negros, materia oscura, estructura Universo.
Temporalización	Una sesión. Tras realizar las actividades 4.1 y 4.2.
Recursos	Google Arts & Culture y Google Earth Pro.
Evaluación	Test individual.

Título	El sueño interestelar.
Resumen	Planificar un viaje interestelar: buscar información sobre edad, tamaño y distancia de tres objetos espaciales.
Contexto	Trabajo grupal en ordenador.
Objetivos	Interiorizar dimensiones y tamaños del Universo
Metodología	Trabajo de investigación y exposición grupal.
Contenidos	Estructura y composición del Universo y de la Vía Láctea.
Temporalización	Tres sesiones. Se comienza a la vez que la del Hubble.
Recursos	Programas como Stellarium o Celestia.
Evaluación	Exposición grupal con rúbrica.

Título	La ecuación de Drake.
Resumen	Estimar el número de planetas con vida inteligente.
Contexto	Trabajo grupal y puesta en común con el resto de clase.
Objetivos	Estimar la probabilidad de oír sobre vida extraterrestre entendiendo las distintas dificultades que entraña.
Metodología	Trabajo grupal y reflexión común final.
Contenidos	Origen de la vida.
Temporalización	A lo largo de una sesión, una vez vistas las condiciones para el origen de la vida.
Recursos	La tabla, ficha y cuestionarios que se encuentran en la guía «Cosmic Questions: Our place in space and time ⁵ ».
Evaluación	Actividad no evaluable.

Título	¿La Tierra es plana? El cambio de una teoría.
Resumen	Debate en el que un grupo de estudiantes defienda la teoría de la tierra plana y otro grupo defienda que la tierra es esférica.
Contexto	Trabajo grupal con estudio de caso previo.
Objetivos	Comprender la naturaleza tentativa del conocimiento científico.
Metodología	Debate por grupos con el docente como moderador.
Contenidos	Forma y movimiento de la Tierra.
Temporalización	Dos sesiones: preparación y debate.
Recursos	Información de The Flat Earth Society, NASA y ESA.
Evaluación	Rubrica sobre argumentación y exposición.

Título	El discurso sobre las estrellas.
Resumen	Investigar y comprobar con un programa de ordenador los razonamientos de la astrología.
Contexto	Trabajo individual en la sala de ordenadores y puesta en común.
Objetivos	Comprobar que la astrología realiza afirmaciones que no poseen fundamento científico.
Metodología	Se realizan las actividades propuestas en el artículo de Rodríguez y Lires (2009).
Contenidos	Movimiento del sol y las estrellas. Astrología.
Temporalización	Una sola sesión.
Recursos	Programa de ordenador Stellarium.
Evaluación	Cuestionarios no evaluables y anónimos, inicial y final, sobre las opiniones personales a cerca de la astrología.

⁵ <https://lweb.cfa.harvard.edu/seuforum/exhibit/resources/CQEdGuide.pdf>

Título	Observación nocturna del cielo y exposición.
Resumen	Observación nocturna del cielo.
Contexto	Libertad para participar o no por ser fuera de horario escolar.
Objetivos	Observar en primera persona algunos objetos celestes del firmamento mediante telescopios profesionales motorizados.
Metodología	Excursión fuera del horario escolar. Observación.
Contenidos	Estructura y composición del Universo
Temporalización	Una noche teniendo en cuenta condiciones atmosféricas así como de época del año.
Recursos	Telescopio motorizado (colaboración con el grupo de astrofísica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza) y cámara fotográfica acoplada a su objetivo.
Evaluación	Participación.

Título	Visita al laboratorio subterráneo de Canfranc
Resumen	Visita al Laboratorio Subterráneo de Canfranc (LSC ⁶)
Contexto	Excursión optativa.
Objetivos	Observar en primera persona un centro de investigación puntero en física de partículas y su forma de trabajar.
Metodología	Visita guiada divulgativa.
Contenidos	Materia oscura.
Temporalización	La duración de la visita es de aproximadamente 2:30 horas.
Recursos	Los necesarios para llevar a cabo la visita.
Evaluación	Elaboración de resumen individual.

Título	Visita al observatorio astrofísico de Javalambre
Resumen	Visita al Observatorio Astrofísico de Javalambre (OAJ ⁷).
Contexto	Excursión optativa.
Objetivos	Observar en primera persona un centro de investigación puntero en astrofísica y cosmología así como su forma de trabajar.
Metodología	Visita guiada divulgativa.
Contenidos	Agujeros negros y mapeado del Universo.
Temporalización	Antes de comenzar el bloque sobre el Universo
Recursos	Los necesarios para llevar a cabo la visita.
Evaluación	Elaboración de resumen individual.

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Como la propuesta didáctica se ha planteado de un modo teórico, no se ha podido realizar una evaluación real. Por tanto, se plantea un modelo de evaluación teórica. A continuación se desglosa la evaluación de las dos actividades principales así como la de la propuesta didáctica global.

⁶ <https://lsc-canfranc.es/>

⁷ <https://www.cefca.es/observatorio/descripcion>

5.1. Evaluación de la actividad sobre la estimación del diámetro terrestre

La evaluación de esta actividad consta de dos apartados: por una parte, la resolución matemática individual del problema propuesto; por otra, la realización de un pequeño ensayo sobre la historia de la estimación del tamaño y la forma de la Tierra y sus repercusiones actuales. Se trata de un tema que ya se ha visto con anterioridad en otros cursos y asignaturas pero que revierte de gran importancia. En el ensayo se deben de responder a las siguientes cuestiones:

1. Contexto histórico en el que se hipotetizó sobre la esfericidad de la Tierra.
2. El tamaño de la Tierra según Eratóstenes y el obelisco de Alejandría.
3. El tamaño de la Tierra según Posidonio y la estrella de Canopus.
4. El tamaño de la Tierra según Al-Biruni y la llanura plana del Punjab.
5. Las ideas erróneas del terraplanismo actual.

En caso de que se realice la actividad sobre el debate a cerca de la tierra plana se propondría resolver la última cuestión una vez realizada dicha actividad.

5.2. Evaluación de la actividad sobre la carrera espacial

La evaluación de esta actividad será siempre positiva (es decir, permitirá obtener puntos que posteriormente se sumarán a las calificaciones del resto de actividades), de tal manera que no pueda perjudicar en la nota. Con esto se busca la participación del alumnado: que puedan arriesgarse a responder y proponer sin miedo a la repercusión en la calificación.

Por cada cuestión acertada el grupo recibirá un punto positivo. Las cuestiones fallidas no se castigarán con puntos negativos, sino que tendrán efecto dentro de la propia dinámica. El fracaso forma parte de la exploración espacial y, por lo tanto, parte del juego. Al fin y al cabo, la Unión Soviética fracasó cinco veces (misiones Mars) en su intento de enviar una sonda a Marte antes de que lo logaran los Estados Unidos (Mariner 4); y estos también fracasaron un total de cinco veces (Pioneer 0, 1, 2, 3 y 4) en su intento de sobrevolar la luna antes que lo logaran los soviéticos (Luna 3). Cuando un grupo se equivoque en más de cinco años de la elección del hito histórico, o dé una respuesta excesivamente alejada de la correcta en las cuestiones, se podrá dar el caso de pifia. A continuación se muestra una lista de pifias, extraídas de fallos reales, que se pueden utilizar:

- Un cortocircuito en un cable mal aislado provoca un incendio que se extiende rápidamente, casi de forma explosiva, matando a los astronautas por asfixia en solo 17 segundos (Apolo 1).
- El transbordador se desintegra en su reentrada en la atmósfera terrestre causando la muerte de toda la tripulación (STS-107).
- No se puede realizar la inserción orbital y se pierde en el espacio tras hacer un sobrevuelo.

- Contacto perdido 148 segundos después de la apertura del paracaídas. Se devuelven 224 segundos de datos atmosféricos (Mars 6).
- Ingresa en la órbita pero pierde el contacto en la fase de aproximación consiguiendo éxito parcial en las observaciones orbitales (Fobos 2).
- Se queda sin combustible antes de llegar y no logra alcanzar la órbita (Nozomi).
- Fallo de software, provocando una pérdida de contacto temporal. Se pospone el lanzamiento (433 Eros).
- Pierde el contacto poco después del lanzamiento.
- Se produce una explosión en la primera etapa del cohete que destruye por completo la sonda (Pioneer 0).
- Poco después del lanzamiento, un fallo estructural debido a la vibración causada por las oscilaciones de presión en los propulsores causan la explosión del cohete (Luna E-1 No. 1).
- La primera y segunda etapa del cohete funcionan a la perfección pero la tercera etapa no se enciende, lo que hace imposible que la sonda alcance la velocidad orbital, reingresando poco después en la atmósfera terrestre sobre África (Pioneer 2).
- Un fallo en una bomba de peróxido de hidrógeno provoca que los motores de la primera etapa del cohete fallen, causando la pérdida de potencia y el posterior impacto del mismo contra el suelo (Luna E-1 No. 3).

Como esta dinámica no tiene un peso importante en la evaluación, y para darle una mayor profundidad a la actividad, se propone el aliciente de la personalización de la carrera espacial: permitir que el alumnado no solo forme parte de la historia sino que la modifique. Puede que una persona no tenga especial interés en participar en la carrera espacial, sin embargo, si se le ofrece que su nombre pueda aparecer en los libros de historia como el de la primera astronauta en volar en el espacio o en pisar la luna, puede que su motivación aumente. Por eso se propone, al final de la actividad, realizar una ficha con todos los hitos históricos y las modificaciones pertinentes. A lo mejor Laika no fue el primer animal en viajar al espacio, sino Rudiger, la tortuga de uno de los estudiantes. Las frases épicas de Yuri Gagarin al observar la Tierra desde el espacio «La Tierra es azul», o de Neil Armstrong al pisar la Luna «Un pequeño paso para el hombre, pero un gran paso para la humanidad»; pueden ser derogadas por frases de los estudiantes como «Sois más pequeños que las hormigas» o «parece una bola de queso gigante». Si llegan a hacerle la competencia a las Vogaer 1 y 2 o a las Pioneer 10 y 11 se puede dejar que diseñen su nave interestelar, eligiendo qué aparecería en la placa, y compitiendo en distancia con las sondas mencionadas. Pequeñas motivaciones que puedan atraer al alumnado al juego.

5.3. Evaluación global de la propuesta didáctica

En primer lugar se repetirían los dos primeros cuestionarios de la evaluación inicial, para observar cómo ha mejorado el conocimiento de conceptos fundamentales y de las ideas acientíficas respectivamente. Esto serviría, no tanto para evaluar al alumnado, sino para evaluar si se han cumplido a nivel general los objetivos de la propuesta didáctica: si ha mejorado el conocimiento de los conceptos fundamentales de la astronomía y de si se ha disminuido la necesidad de creer en ideas acientíficas en el estudiante. Además, cada actividad tiene su propio tipo de evaluación indicado en su descripción, por lo que la nota total se podría calcular como la suma ponderada de cada una de las notas individuales. No obstante, se propone, como complemento, un trabajo final individual que aúna varias de las ideas expuestas a lo largo de la propuesta. La evaluación consistiría en responder razonadamente a una serie de cuestiones relacionadas con la influencia de la luna sobre los campos de cultivo.

Se trata de una actividad de evaluación formativa en la que hacer ver la importancia de la astronomía desde la antigüedad en relación a la agricultura, pero en la que también resulta fundamental un pensamiento crítico para razonar qué partes tienen fundamento científico y qué partes no. Con respecto al apartado 3.3, la evaluación estaría relacionada con los objetivos: (a), (c), (d), (e), (h) e (i). El trabajo, en el que se permitirá al alumnado buscar información en internet, se realizará de manera individual en el aula, y consistirá en responder razonadamente a las cuestiones que se explican a continuación:

1. Explica brevemente los orígenes de la astronomía en las civilizaciones antiguas y su relación con la agricultura y la astrología.
2. Busca información sobre distintos efectos que provoca la Luna en la Tierra como las mareas o la iluminación. Selecciona uno y estima, bien en base a cálculos propios o bien en base a información científica publicada, cómo puede influir en el crecimiento de las plantas.
3. Lee el fragmento del Lunario 2020: un calendario lunar para el huerto y el jardín ecológicos y para tu salud, de Michael Gros, y analiza sus afirmaciones desde un punto de vista científico.
4. Expón, razonadamente, tus ideas sobre la influencia de la Luna en la agricultura. ¿Se han visto modificadas por la tarea de búsqueda de información científica?

6. ANÁLISIS CRÍTICO

En esta propuesta didáctica se ha buscado diseñar una serie de actividades en las que el alumnado pueda sentir que forma parte de la exploración espacial y motivarse con la grandeza de los distintos descubrimientos sobre el Universo y de lo que aún queda por descubrir. Resulta complicado saber el recibimiento que este tipo de actividades

tendrían en una clase, así como el grado de participación del alumnado. Tanto los problemas de aprendizaje, como los objetivos, como las principales ideas alternativas del alumnado y aquellos contenidos en los que hay que incidir, se encuentran ampliamente respaldados por las referencias citadas. Además, se han propuesto actividades para dar solución a todos los objetivos y dificultades planteados. Algunas de estas actividades propuestas se han extraído de material publicado (astrología, debate terraplanismo, ecuación de Drake) y otras se basan en la experiencia divulgativa de grupos de investigación ampliamente reconocidos (observación astronómica, visitas al LSC y al OAJ). No obstante, existen una serie de dificultades y de problemas que pueden surgir en su realización.

La primera dificultad consiste en estimar las ideas erróneas del alumnado y seleccionar convenientemente las actividades a realizar. Pese a contar con tres cuestionarios de evaluación inicial cada grupo es diferente, puede haber estudiantes con necesidades especiales, y los resultados de los distintos cuestionarios pueden evidenciar distintos resultados. Por ejemplo, se puede observar una carencia de conocimientos básicos en el primer cuestionario, una alta presencia de ideas acientíficas en el segundo, y unos intereses distintos a los que se corresponderían con las dificultades encontradas. En todos estos casos queda como tarea del docente la selección adecuada de actividades.

También es necesario medir las fuerzas del docente. Varias de las actividades propuestas conllevan una carga de trabajo alta para el profesorado, tanto en lo organizativo como en lo dinámico. Es por ello que esta propuesta puede pecar de demasiado ambiciosa. Diseñar actividades para motivar al alumnado está bien siempre y cuando el docente no se quede por el camino y pueda transmitir el entusiasmo por la materia. Si la preparación de estas actividades le lleva demasiado trabajo el rendimiento en otros apartados puede verse afectado. Además, es necesario tener en cuenta también el tiempo disponible. Varias de las actividades son largas, y se pueden extender más de lo planeado.

Otra dificultad obvia es la organizativa. Hay varias actividades que requieren una preparación previa importante. Para estimar el tamaño de la Tierra según el método de Eratóstenes es necesario contactar con otro instituto que se encuentre en el mismo meridiano y a una distancia suficiente como para que la medida salga razonable. Esto no es sencillo. Además hay que preparar el equipo y realizar las medidas de la sombra de manera adecuada, para lo que suele ser conveniente que el docente realice la actividad previamente. Las visitas guiadas al LSC o al OAJ también tienen su dificultad en cuanto a la organización, y puede ser que no todos los estudiantes se animen a participar, lo que resultaría en evaluaciones y exigencias distintas para el alumnado según su participación. Si las actividades no son obligatorias (y no lo pueden ser si se encuentran fuera del horario académico o si es necesario realizar un viaje en autobús hasta el destino), no sería justo realizar la misma evaluación. A todo esto hay que sumar la planificación de los horarios, reserva del autobús, recogida de permisos, pagos, etc. La actividad más difícil de planear puede ser la de la observación nocturna. No solo porque hay que realizarla fuera del horario escolar y en una zona de baja contaminación

lumínica (lo que suele implicar fuera de la ciudad y, por tanto, siendo necesario transportarse al lugar en concreto), sino porque hasta el último momento depende de las condiciones atmosféricas y, además, las observaciones a realizar dependerán de la época del año en la que se realice. También es necesario contar con el equipamiento adecuado, lo cual no es obvio puesto que para algunas observaciones son necesarios telescopios motorizados de buena calidad.

Otra dificultad que puede surgir está relacionada con las creencias en las pseudociencias. Es posible que en clase haya estudiantes con ideas fuertemente arraigadas que vean como un ataque personal la discusión de ciertos temas. En este caso sería conveniente hablar en primer lugar con los estudiantes que se puedan ver afectados de forma privada. Lo ideal sería detectar estos casos en base a la evaluación inicial. Si esto ocurre, y se observa que va a ser perjudicial para el estudiante y que va a empeorar el clima del aula, una posibilidad sería no realizar actividades de este estilo.

La evaluación general de la propuesta también es arriesgada. El alumnado puede enfocararlo como un examen pero está bastante alejado de ser un control al uso. Sería conveniente que el docente prepare a los estudiantes para este tipo de prueba, o que dicha prueba no sea muy relevante para las calificaciones finales.

7. CONSIDERACIONES FINALES

La posibilidad de tratar un tema tan interesante y con tantas posibilidades como el de la exploración del Universo me ha fascinado. Gracias a varios trabajos del máster, como el trabajo de fundamentos, el proyecto de innovación docente o el proyecto didáctico, me he dado cuenta de la importancia de la búsqueda bibliográfica y la cantidad de buen material y buenos estudios que hay publicados en revistas científicas. El de los artículos científicos es de por sí un mundo que me gusta, en el que me encuentro cómodo, principalmente gracias a la realización de la tesis, en la que la búsqueda bibliográfica es un aspecto importante. Esa comodidad me ha permitido bucear por entre distintas investigaciones en educación y ha sido un gran descubrimiento observar que es posible compaginar la educación con la investigación. Como ambas me gustan, para mí ha sido uno de los grandes hallazgos que me ha proporcionado el máster. De hecho, ya estoy pensando en cómo llevar a la práctica las diferentes actividades propuestas de cara a evaluarlas adecuadamente para intentar obtener resultados suficientemente interesantes como para su publicación.

Por otro lado, el hecho de descubrir que hay muchos temas de los que tendré que dar clase de los cuales desconozco mucha información también me ha motivado. De alguna manera refleja esa posibilidad de seguir aprendiendo que permite la docencia y que para mí es uno de los principales factores a tener en cuenta para decidirme a trabajar de profesor. No solo de entender nuevos conceptos, o descubrir nuevas historias, sino de encontrar relaciones entre distintos temas, actividades que llevar a cabo, diferentes formas de enseñar un mismo contenido. Se tratan de retos que, estoy seguro, añadirán entretenimiento a la labor docente (en pequeñas cantidades, claro).

La realización de este trabajo también ha despertado en mí el interés por la historia de la ciencia y por la naturaleza de la ciencia. El interés por entender realmente cómo se genera y evoluciona el conocimiento científico, que es algo que, en general, no se enseña ni siquiera en las carreras científicas, y que muchas veces es necesario trabajar un tiempo en investigación una vez terminada la carrera para poder hacerse una idea realista de su funcionamiento. He descubierto que es posible hilar los contenidos con sus contextos históricos, sus repercusiones, sus aplicaciones. Hacer ver más allá de una ecuación, una ley o una teoría. Relacionarla con sus implicaciones y con los problemas que solucionaron o crearon.

En conclusión, debido a varios de los trabajos realizados, algunas asignaturas del máster me han ayudado a ver las posibilidades de aprender que entrañan la labor docente, así como el uso de la historia de la ciencia, de su contexto, de su naturaleza, para enseñar un conocimiento con contexto, y haciendo uso de dinámicas, recursos cinematográficos y distintos tipos de actividades.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of Science in Science Education: Toward a Coherent Framework for Synergistic Research and Development. En B. J. Fraser, K. Tobin y C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1041-1060). Dordrecht, Holanda: Springer.

Acevedo-Díaz, J. A., y García-Carmona, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19.

Afonso, A. S. y Gilbert, J. K. (2010). Pseudo- science: A meaningful context for assessing nature of science. *International Journal of Science Education*, 32(3), 329-348.

Banet, E. (2010). Finalidades de la educación científica en educación secundaria: Aportaciones de la investigación educativa y opinión de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), 199-214.

Blasco, A. y González, M. (2013). Revisitando aspectos elementales de física a través de los videojuegos. *XXIII Encuentro ibérico para la enseñanza de la física*. Valencia: R.S.E.F.

Carmona, A. (2015). Aprendiendo de la pseudociencia. *Claridades: revista de filosofía*, 7(1), 31-43.

Chapela, A. (2014). Entre ficción y ciencia: El uso de la narrativa en la enseñanza de la ciencia. *Educación química*, 25(1), 2-6.

Driver, R., Newton, P., y Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science education*, 84(3), 287-312.

Gallego, A.P. (2007). Imagen popular de la ciencia transmitida por los comics. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 141-151.

García, E. C., Fernández, P. G., y Díaz, L. L. (2012). La historia de la ciencia como recurso didáctico en Física y Química desde un punto de vista constructivista. *Tiempo y sociedad*, (8), 68-88.

Harvard Smithsonian Center for astrophysics. *Cosmic Questions: Our place in space and time*. <https://lweb.cfa.harvard.edu/seuforum/exhibit/resources/CQEdGuide.pdf>

Ibáñez, C. (2012). *El cine y las series de ficción como recurso didáctico en Física y Química* (Trabajo de Fin de Máster). Universidad Internacional de la Rioja.

Irzik, G. y Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607.

Jiménez Aleixandre, M. P., & Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359-370.

Kolb, D. (1984). *Experiential Learning*, Englewood cliffs: Ed.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. En Abell, S. K. y Lederman, N. G., (Eds.), *Handbook of research on science education*, (pp. 831-879). Mahwah, EEUU: Lawrence Erlbaum Associates.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. y Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.

Lederman, N. G., y Lederman, J. (2014). Research on teaching and learning of nature of science. En N. Lederman y S. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education, volume II* (pp. 600–620). Nueva York, EEUU: Routledge.

López, A. B. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 70-86.

Lundström, M., y Jakobsson, A. (2009). Students' ideas regarding science and pseudo-science in relation to the human body and health. *Nordic Studies in Science Education*, 5(1), 3-17.

Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 255-277.

Matthews, M. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). En M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research* (pp. 3-26). Dordrecht, Holanda: Springer.

McComas, W. F., y Kampourakis, K. (2015). Using the history of biology, chemistry, geology, and physics to illustrate general aspects of nature of science. *Review of Science, Mathematics and ICT education*, 9(1), 47-76.

Moreno, M. (1997). Secuenciación de contenidos y enseñanza de la Astronomía «La Tierra en el Universo». *Alambique*, 14, 61-71.

Navarro, A. V. (2001). Tenerife tiene seguro de sol (y de Luna): representaciones del profesorado de primaria acerca del día y de la noche. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 19, 31-44.

Ogan- Bekiroglu, F. (2007). Effects of model- based teaching on pre- service physics teachers' conceptions of the moon, moon phases, and other lunar phenomena. *International Journal of Science Education*, 29(5), 555-593.

Orden currículo de la Educación Secundaria Obligatoria (Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo). Boletín Oficial de Aragón, nº105, 2016, 2 de junio.

Palomar Fons, R., y Solbes Matarredona, J. (2015). Evaluación de una propuesta para la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 91-111.

Perales- Palacios, F. J., & Vílchez- González, J. M. (2005). The Teaching of Physics and Cartoons: Can they be interrelated in secondary education?. *International Journal of Science Education*, 27(14), 1647-1670.

Pérez, M. F. P., y Matarredona, J. S. (2012). La ciencia ficción y la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 55-72.

Pérez, M. F. P., y Matarredona, J. S. (2016). El cine de ciencia ficción en las clases de ciencias de enseñanza secundaria (I). Propuesta didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 311-327.

Pérez González, N. (2017). *El cine como recurso en la enseñanza de la Física* (Trabajo de Fin de Máster). Universidad de Salamanca.

Pérez, M. F. P., y Matarredona, J. S. (2015). El cine de ciencia ficción en las clases de ciencias de enseñanza secundaria (I). Propuesta didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 311-327.

Petit, M. F., y Solbes, J. (2016). El cine de ciencia ficción en las clases de ciencias de enseñanza secundaria (II). Análisis de películas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 176-191.

Ripoll Gómez, S. (2020). Análisis de las ideas pseudocientíficas del alumnado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato.

Rodríguez, U. P. y Lires, M. M. Á. (2009). Desacreditando la astrología mediante las nuevas tecnologías. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (60), 95-99.

Santamaría Herrera, A. (2019). *Empleo de recursos cinematográficos para la enseñanza de contenidos de Física y Química* (Trabajo de Fin de Máster). Universidad de Burgos.

Sardà i Jorge, A., y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicament: un repte de les classes de ciències. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 405-422.

Schoon, K. J. (1995). The origin and extent of alternative conceptions in the earth and space sciences: A survey of pre-service elementary teachers. *Journal of elementary science education*, 7(2), 27.

Serradó, A., Azcárate, P. y Cardenoso, J. M. (2009). "Numbers: Zona cero"(I): método científico de investigación estadística. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6 (1), 47-62.

Silva, J. G. (2016). Cine de ciencia ficción y enseñanza de las ciencias. Dos escuelas paralelas que deben encontrarse en las aulas. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 13(1), 137-148.

Solbes, J., y Traver, M. (2003). Against a negative image of science: history of science and the teaching of physics and chemistry. *Science and Education*, 12(7), 703-717.

Trumper, R. (2001). A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. *International Journal of science education*, 23(11), 1111-1123.