



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster
En Profesorado de E.S.O., F.P. y Enseñanzas de
Idiomas, Artísticas y Deportivas
Especialidad de Física y Química

La enseñanza de las ciencias a través del enfoque
CTS

The teaching of science through the STS approach

Autor/es

Hugo García Juan

Director/es

Juan Luis Pueyo Sánchez

FACULTAD DE EDUCACIÓN
Año 2019

ÍNDICE

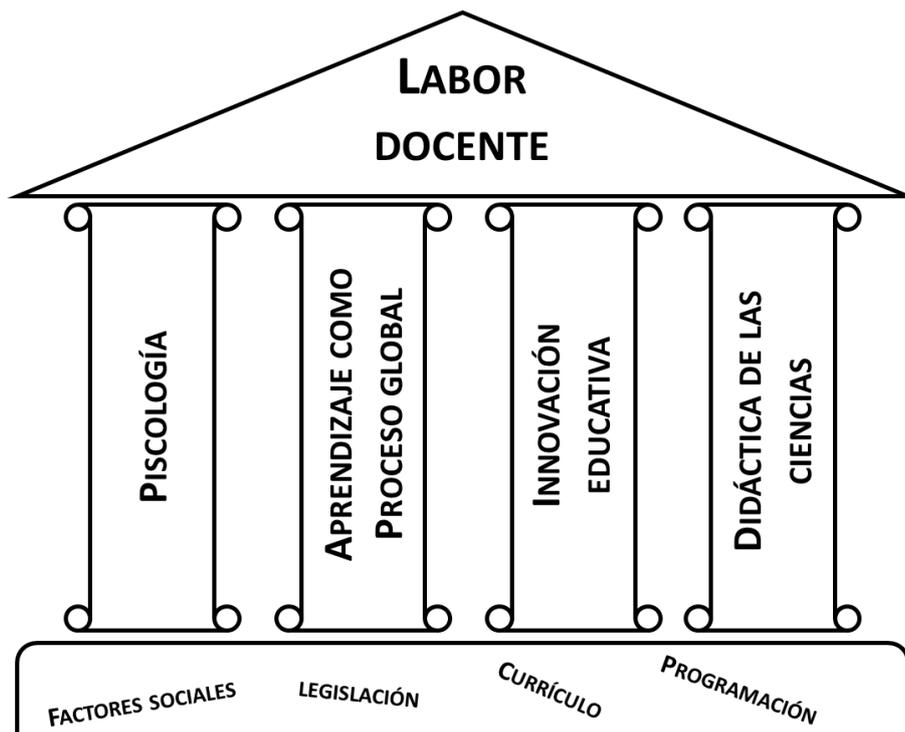
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LOS PROYECTOS ELEGIDOS DESDE LA ÓPTICA DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS	6
2.1. JUSTIFICACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL PROYECTO DIDÁCTICO.....	8
2.2. JUSTIFICACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE.....	11
3. PRESENTACIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS DESTACADOS DE LOS TRABAJOS.....	15
3.1. ASPECTOS MÁS DESTACADOS DEL PROYECTO DIDÁCTICO.....	15
3.2. ASPECTOS MÁS DESTACADOS DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE	19
4. REFLEXIÓN SOBRE LOS TRABAJOS Y PROPUESTA DE MEJORA	23
4.1. REFLEXIÓN SOBRE EL PROYECTO DIDÁCTICO.....	23
4.2. REFLEXIÓN SOBRE EL PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE	24
4.3. REFLEXIÓN GLOBAL SOBRE AMBOS TRABAJOS.....	26
5. CONCLUSIONES.....	27
6. BIBLIOGRAFÍA	28
7. ANEXOS	30

1. Introducción

Desde mis tiempos como alumno en el instituto hasta ahora, siempre he sentido cierta vocación docente y una gran pasión por las ciencias y la experimentación. Es por esto último que en su momento decidí estudiar química. Sin embargo, una vez finalizada mi licenciatura comencé mi tesis doctoral, dejando un poco de lado la vocación docente. Por suerte, en el desarrollo de la misma pude dar clases prácticas a los alumnos del casi recién implantado grado, así como enseñar y ayudar a los estudiantes recién llegados a mi laboratorio durante sus primeras semanas en él. Disfruté enormemente de estas actividades, seguramente más que de la propia investigación. Esto, sumado a mi experiencia como profesor de clases particulares, me llevó a pensar que lo que en realidad me gustaba era enseñar y que quería dedicarme a ello. Ahora que estoy próximo a finalizar mi doctorado, he creído que era un buen momento para retomar mi ilusión de ser docente y matricularme en este Máster.

Siempre he pensado, ahora sé que de forma completamente equivocada, que ser docente es “dar clase” y poco más. Que bastaba con tratar de ser claro en las explicaciones y atento en el trato hacia los alumnos y con llevarlos al laboratorio para despertar su amor por las ciencias. Incluso veía un poco innecesario este Máster, un poco “tontería”, un trámite. Tras mi paso por él, queda más que claro que esto no es así. Si bien ser docente conlleva lo dicho antes, engloba a su vez otros muchos factores que hay que cuidar meticulosamente. Como docentes de Secundaria y Bachillerato, tenemos en nuestras manos a unos adolescentes que están viviendo años cruciales que muy posiblemente marcarán el resto de sus vidas. En esta edad, posiblemente forjarán su personalidad y algunas de sus más íntimas amistades, también decidirán lo que quieren estudiar y adquirirán las competencias necesarias para ello. Además, esto lo realizarán en todas las asignaturas, aunque nada tengan que ver con los estudios que cursarán *a posteriori*. Es nuestra responsabilidad que este proceso se desarrolle de forma adecuada y con el máximo provecho para el alumnado.

A continuación, voy a exponer brevemente los pilares sobre los que, creo, que se podría basar la profesión docente reflexionando sobre las asignaturas que más interesantes me han parecido y sobre qué he aprendido de ellas.



En primer lugar, un pilar creo que debería ser la psicología. En la asignatura de *Interacción y convivencia en el aula*, vimos cómo trabajaremos con alumnos en plena adolescencia y cómo ésta afecta a su actitud y predisposición hacia el aprendizaje. En esta etapa de su desarrollo, están sometidos a grandes cambios físicos, psicológicos y sociales que, sin duda, les afectan de forma personal. Vimos qué es el ‘efecto Pigmalión’ y la importancia que tienen las expectativas que tenemos de los estudiantes en su rendimiento. Trabajamos mucho sobre la autoestima y el autoconcepto, sobre qué son y qué factores les afectan. Me pareció especialmente interesante el trabajo práctico que realizamos, en tanto que ponía en práctica gran parte de los contenidos vistos en clase, que consistía en valorar mediante unos test a unos adolescentes de nuestro entorno. Estos test nos dieron información sobre su autoestima y sobre otros aspectos relacionados con la motivación o la ansiedad. A través de esta información tuvimos que trazar sus perfiles y proponer soluciones a algunas de las problemáticas que pudieran presentar. En esta asignatura también reflexionamos sobre los locus de control (interno o externo) -podríamos definirlo como la sensación que tenemos de controlar lo que pasa a nuestro alrededor, si es debido a causas propias o ajenas- y cómo hay que favorecer los locus de control internos en los alumnos para que esto pueda reforzar su autoestima. Desde una perspectiva práctica, como docentes, hemos de trasladar a los alumnos que, para lo bueno y para lo malo, ellos son los responsables de sus actos y de las consecuencias que éstos tienen y que tienen la

capacidad de dirigir su rumbo; evitar mensajes del tipo “*te he aprobado/suspendido*” y cambiarlos por “*has aprobado/suspendido*”, de tal manera que el alumno sea consciente del control que tiene sobre sus actos, y no los vea como algo externo que no puede controlar. También trabajamos las dinámicas y procesos de grupo y la necesidad, sobre todo como tutores, de intentar formar grupos de iguales eficientes y con unas buenas relaciones interpersonales. En mi caso particular cursé también la asignatura *Atención a los alumnos con necesidad específica de apoyo educativo*, en la cual pudimos trabajar y pensar sobre cómo hay que atender a dicho alumnado y favorecer su inclusión, así como la importancia de diseñar estrategias para ellos, ya sea mediante adaptaciones curriculares o mediante cierto tipo de actitudes a nivel docente o a nivel de grupo. Considero fundamental este tipo de formación y me ha sorprendido lo poco que se trata este tema en las asignaturas troncales.

El segundo pilar sería el de concebir el aprender como un proceso global. Seguramente influido por mi experiencia como alumno, tenía instalado en mi cabeza el esquema “*explicación teórica-examen*” como tótem del proceso de aprendizaje. Tal y como hemos trabajado en asignaturas como *Procesos de enseñanza-aprendizaje* y *Evaluación e innovación docente e investigación educativa en Física y Química*, esto no podría estar más alejado de la realidad. El proceso de enseñanza-aprendizaje consta de diversas etapas. Empieza antes de la explicación teórica y continúa después de la evaluación. Especialmente interesante considero la importancia de la evaluación en dicho proceso, cosa que en la que nunca había pensado antes de llegar al Máster. Habitualmente confundida con la calificación, la evaluación no consiste en poner nota sino en establecer una meta hacia la que caminar con el alumno, en promover unos ciertos tipos de aprendizaje frente a otros. Un alumno no se enfrenta igual a un examen (en el que hay que estudiar contenidos teóricos o hacer ciertos tipos de problemas) que, por ejemplo, al desarrollo de un proyecto (en el que hay poca o nula carga memorística y mucha carga práctica y de diseño). No es que el tradicional examen esté mal y hayamos de evitarlo - de hecho, en mi humilde opinión, es muy necesario-, sino que es necesario realizar otro tipo de evaluaciones (producciones orales y escritas, trabajos por proyectos, etc.) capaces de promover otro tipo de desarrollos competenciales que, sin duda, les van a ser necesarios a los alumnos el día de mañana. También es importante retroalimentar a los alumnos, es decir, hacerles ver las distintas formas de evaluación como una posibilidad de valorar sus conocimientos y habilidades y con ello mejorar y, en definitiva, aprender.

Relacionado con el pilar anterior -psicología- la evaluación influye notablemente en el estado psicológico del alumnado y ciertos tipos de evaluación, como por ejemplo el examen final, pueden producir en ellos ansiedad inhibidora del rendimiento, llevando a que los resultados que obtengan estén por debajo de sus posibilidades.

El tercer pilar sería el de la innovación educativa. La enseñanza tradicional, existente aún en mis tiempos de estudiante de instituto, ha dado mucho peso a la clase teórica y magistral, a repetir una y otra vez los mismos temarios y las mismas explicaciones. Es evidente que esto ha de cambiar y se han de ir introduciendo progresivamente innovaciones metodológicas que, tal y como está demostrado, mejoran los procesos de aprendizaje. No se trata tampoco de innovar por innovar. La innovación educativa ha de perseguir unos objetivos claros y por ello, creo, que nuestra obligación es introducirla poco a poco, viendo que funciona y que no. Se debería llevar a cabo una progresiva transición, sin grandes saltos, pero con constancia y afán de mejorar. Tal y como quedó claro en las distintas exposiciones de los Proyectos de Innovación Docente, los alumnos agradecen la innovación y se producen mejoras en la motivación y en sus aprendizajes.

El último gran pilar, en mi opinión, sería la didáctica de las ciencias y sus peculiaridades. Una pequeña crítica que se le podría hacer al máster es que, en ocasiones, se habla de la didáctica en general sin atender a las peculiaridades que presentan las asignaturas científicas. Esto lleva a que se puedan hacer afirmaciones rotundas que, en mi opinión, están en ocasiones alejadas de la realidad al menos en lo que respecta a mi especialidad. Por suerte, hemos tenido asignaturas específicas de didáctica de las ciencias. En *Fundamentos de diseño instruccional y metodologías de aprendizaje en las esp. de Física y Química y Biología y Geología*, se nos dio unas pinceladas de las peculiaridades de esta didáctica. Cabría destacar, en mi opinión, el tema de las ideas alternativas y la influencia que éstas tienen en la construcción de modelos de conocimiento con los que los alumnos interpretan la realidad o el uso de las imágenes en clase de ciencias, entre otros. La asignatura *Diseño, organización y desarrollo de actividades para el aprendizaje de Física y Química*, ya centrada en nuestra especialidad, recoge todas esas ideas y las aplica en el diseño de actividades para un buen aprendizaje. Me quedo con varias ideas de esta asignatura. La primera es la necesidad de realizar trabajos o experiencias prácticas, pero no de cualquier manera. Los trabajos prácticos han de perseguir un fin concreto, un objetivo específico de aprendizaje. Por ello, han de ser simples y sencillas (en el buen sentido de la palabra), evitando todo aquello que pueda interferir con dicho objetivo. De

hecho, tal y como señala Hodson (1994), muchas veces estas experiencias prácticas en el laboratorio pueden ser sustituidas por experiencias de cátedra o demostraciones del profesor en el aula sin necesidad de acudir al laboratorio, siendo incluso más eficientes. Otra idea interesante es la de enseñar mediante un buen uso de las preguntas. Posiblemente es más interesante preguntar en clase por qué si los ríos están constantemente desembocando en el mar éste no sube de nivel, que limitarnos a explicar el ciclo del agua. El reflexionar sobre estas cuestiones de forma previa a la explicación teórica, creo, puede conducir a una mejor construcción de modelos, así como a acercar la ciencia al ámbito real. Esto me lleva a otra idea interesante que es la de acercar la ciencia a los alumnos, que no la vean como algo teórico y difícil de interpretar, sino como algo que nos rodea y con lo que convivimos día a día.

Han quedado fuera de los puntos anteriores otros aspectos que podríamos decir que actúan de cimientos para esos cuatro pilares, como podrían ser el contexto educativo (legislativo y social) en el que se realiza la actividad docente o el diseño curricular (en sus distintos niveles). Es evidente que la docencia se realiza en un entorno concreto y particular que sin duda afecta a los procesos de aprendizaje. En *Contexto de la actividad docente*, estudiamos la legislación educativa española y las distintas reformas educativas que han tenido lugar, con sus peculiaridades, fortalezas y debilidades. También estudiamos unos fundamentos de sociología de la educación y pudimos valorar cuán importante es el entorno socioeconómico del alumnado en el desarrollo de su proceso educativo. En *Diseño curricular de Física y Química y Biología y Geología*, vimos cómo se elaboran los currículos educativos y cómo a partir de ellos se realiza una programación didáctica, pieza clave en la organización educativa de los departamentos y que marca el día a día en las clases.

No quisiera acabar esta breve reflexión sobre la profesión docente sin hablar de mi paso por el centro educativo, en mi caso por el IES Goya, en el que pasé varias semanas de curso distribuidas en tres periodos distintos. En ellas pude poner en práctica algunas de las cosas que he aprendido en el máster y darme cuenta de mis carencias como docente que sin duda deberé reflexionar y mejorar. Lo más inmediato es ver la realidad de un centro, en ocasiones alejada del plano teórico trabajado en clase. No es lo mismo diseñar actividades sobre el papel que luego llevarlas a cabo en el aula, donde factores muy importantes, como por ejemplo es el comportamiento de los alumnos, son completamente impredecibles. Me di cuenta también de lo importante que tener una evaluación previa

del alumnado e información sobre ellos para poder darles un trato cercano, adecuado y adaptado a sus características personales. Por otro lado, como bien se dice siempre, la experiencia es un grado. Es necesaria, creo, para poder impartir clase con soltura y confianza, sabiendo en qué suelen fallar los alumnos, cuáles son sus dificultades de aprendizaje, para enfatizar en ellos si es necesario. En mi caso, proveniente del ámbito académico, una de las mayores dificultades que afronté fue la de ponerme en el lugar de los alumnos a la hora de pensar en cómo preparar la clase y en cómo de difícil iban a encontrar los contenidos.

En resumidas cuentas, mi visión sobre la profesión docente ha cambiado enormemente tras mi paso por este Máster. He podido comprobar la difícil tarea que supone y las debilidades que a día de hoy creo que tengo como futuro docente y que, cuanto antes, tendré que intentar mejorar. Sin embargo, creo que dicha tarea es apasionante y motivadora, además de fundamental para nuestro futuro como sociedad.

2. JUSTIFICACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LOS PROYECTOS ELEGIDOS DESDE LA ÓPTICA DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

Para la elaboración de este Trabajo Fin de Máster (TFM) he elegido como trabajos mi Proyecto de Innovación Docente (PID) y mi Proyecto Didáctico (PD). La principal razón que me lleva a elegir estos trabajos es que considero que son los que culminan lo aprendido en el Máster. De una forma u otra, en mayor o menor medida, de forma implícita o explícita, incluyen (o intentan incluir) todo aquello que se ha trabajado con anterioridad. Ambos proyectos, al margen de la denominación que se les dé, tratan de innovar y alcanzar unos objetivos concretos de aprendizaje para el alumnado. Una secuencia lógica para el diseño de proyectos didácticos podría ser la representada en el siguiente esquema.



1. *Selección del contenido*: en primer lugar, debemos determinar un contenido científico y realizar un análisis que nos permita extraer lo que subyace a él.

Para ello es fundamental que el docente conozca a la perfección dicho contenido y reflexione profundamente sobre si esto es así, buscando ideas alternativas que tenga o afianzando dichos contenidos. Difícilmente se puede explicar algo que no se domina a la perfección.

2. *Identificación de dificultades:* en este segundo paso es fundamental identificar el nivel de profundidad con el que queremos trabajar el tema o contenido y realizar una buena transposición didáctica, identificando las posibles dificultades de aprendizaje que puedan tener los alumnos teniendo en cuenta sus conocimientos previos.
3. *Concreción de objetivos de aprendizaje:* se han de elegir unos objetivos concretos, bien definidos y alcanzables para el nivel del curso en el que se haya de desarrollar el proyecto.
4. *Secuenciación de actividades:* una vez claros los objetivos se han de plantear actividades que permitan alcanzarlos. Tal y como hemos visto en la asignatura de *Diseño, organización y desarrollo de actividades para el aprendizaje de Física y Química*, las actividades que diseñemos han de perseguir objetivos concretos con lo que una buena estrategia sería la de preparar una actividad por cada objetivo en la medida en que esto sea posible.
5. *Evaluación del proyecto y del aprendizaje:* en esta fase se ha de evaluar tanto los conocimientos adquiridos por el alumnado como el proyecto en sí, identificando sus fortalezas y debilidades con el fin de mejorarlo en sus distintas etapas para sucesivas puestas en marcha. Como ya he mencionado antes, el proceso de enseñanza-aprendizaje ha de entenderse como un global donde la evaluación es un paso más que, además de para calificar, sirve para que el alumno aprenda y mejore. Esta evaluación revertirá en las fases anteriores que deberían ser modificadas y mejoradas atendiendo a lo observado en la fase de evaluación.

Una vez establecidos los pasos a seguir y entendiendo este proceso como algo global en el que todas las fases son igual de fundamentales, paso a justificar desde un punto de vista personal cada trabajo en concreto atendiendo a estas fases, las razones que me han llevado a realizarlos y una ligera fundamentación teórica de los mismos.

2.1. JUSTIFICACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL PROYECTO DIDÁCTICO

Selección del contenido

El contenido elegido para mi Proyecto Didáctico (PD) son las pseudociencias y cómo tratarlas en un aula. La razón de elegir este tema es que, a pesar de no haber mostrado evidencia alguna de su eficacia, una parte importante de la población sigue considerándolas como ciertas. Esto no sería más que una anécdota de no ser porque mucha gente sigue gastando dinero en tratamientos o terapias que no sirven para nada, causando en ocasiones problemas de salud e incluso la muerte (Pereda y Raffio, 2019). Mención especial merece en estos días el movimiento antivacunas que está trayendo de vuelta enfermedades prácticamente olvidadas, como el sarampión. Desde el sistema educativo no se puede estar al margen y se ha de fomentar el escepticismo hacia este tipo de estafas. Para ello, creo que es necesario conocer las características que tienen (lenguaje y apariencia científica, se basan en testimonios particulares, rechazan el método científico, etc.) y cómo formulan su argumentación para ser capaz de detectarlas y ser crítico hacia ellas. Este contenido, aunque no es propiamente curricular, podría enmarcarse dentro de la asignatura de Cultura Científica, en el primer bloque de 1º de Bachillerato denominado “Procedimientos de trabajo”.

Identificación de dificultades

Para elaborar un buen proyecto didáctico sobre las pseudociencias lo primero que hemos de entender es por qué creemos en ellas si la ciencia repite reiteradamente que no funcionan. Losh y Nzekwe (2011) dan una serie de ideas -factores cognitivos, factores religiosos y la influencia de los medios de comunicación- que sumadas al estudio de Lundström y Jakobsson (2009) -que mostró como no basta con un buen nivel en competencia científica para rechazar las pseudociencias- me llevaron a identificar ciertas dificultades de aprendizaje basadas principalmente en las posibles ideas previas del alumnado y el componente emocional que les lleve a tener una posible opinión favorable al respecto. Decía Ausubel (1983) que, si tuviera que reducir la psicología de la educación a un solo principio, éste sería que lo que más influye en el aprendizaje es lo que ya se conoce y que hay que averiguarlo y enseñar de acuerdo a ello. Siguiendo esta filosofía, es importante conocer las ideas pseudocientíficas de los alumnos y trabajar acorde a ellas.

Creo que es importante mencionar que, al no ser un contenido propiamente curricular, es poca la literatura que existe al respecto sobre el tema y no es fácil encontrar propuestas didácticas al respecto.

Concreción de objetivos de aprendizaje

No planteé este proyecto como una serie de actividades que pretendieran rebatir ideas alternativas sobre las pseudociencias a los alumnos -esto, creo, sería desde un punto de vista conductista- sino como una oportunidad de fomentar su espíritu crítico y su capacidad de razonar encontrando argumentos a favor y en contra sobre distintos temas, usando eso sí las pseudociencias como eje central. Considero que el escepticismo hacia las pseudociencias es el resultado de un largo proceso de reflexión interno y por eso no tiene sentido pretender desmentir esas ideas en unas pocas sesiones, pero sí dar a los alumnos las herramientas para que puedan hacerlo por ellos mismos. Por todo esto, decidí adoptar una perspectiva constructivista en la que guiar al alumno hacia la elaboración de su propio conocimiento sobre las pseudociencias mediante actividades principalmente grupales. El constructivismo considera que la construcción de nuevos conocimientos se ha de hacer sobre saberes ya asimilados (Carretero, 2009). Me parece interesante la diferencia entre *significante* y *significado*, en el marco del constructivismo, que hace Marín (2014), según la cual lo que llega del libro o del docente al alumno es un cúmulo de significantes que no tienen apenas significado para ellos. La reconstrucción de estos significados solo es posible “*con actividades socialmente compartidas y empíricamente recontextualizadas*”. Creo que esto podría traducirse al tema de las pseudociencias en que tratar de rebatir ideas pseudocientíficas (significantes) no llevaría a un mayor escepticismo de las mismas (significado).

Este PD podría trabajar también la competencia de aprender a aprender, según la cual el alumno debe ser capaz de iniciar y desarrollar su propio aprendizaje, y la competencia lectora, quizás la gran olvidada en la clase de ciencias, mediante el trabajo con textos y la búsqueda de información.

Secuenciación de actividades

Para alcanzar esos grandes objetivos, desde una óptica constructivista, propuse en primer lugar el trabajo con textos de índole pseudocientífica en los que se identificarían características propias de las pseudociencias. Esto, creo, que puede trabajar la competencia lectora de los alumnos y favorecer la comprensión y análisis de textos

científicos. Una vez los alumnos sean capaces de identificar las características de las pseudociencias creo que deberían ser capaces de sospechar cuando se encuentren frente a un texto similar y ser críticos con su contenido.

Por otro lado, se plantea en este PD una liga de debate en la que los alumnos se han de ver obligados a argumentar a favor o en contra de un tema, aunque no estén necesariamente de acuerdo con esa posición. Numerosos autores señalan la argumentación como clave para construir conocimiento científico. Muestra de la importancia del debate y la argumentación en la construcción del conocimiento es la próxima implantación de la asignatura de Oratoria en la CCAA de Aragón. También está descrito cómo la ciencia presenta un lenguaje propio que difiere del coloquial (Sardá y Sanmartí, 2000) (usamos el término ‘cristal’ de forma coloquial para referirnos al vidrio, por ejemplo). Por tanto, aprender ciencias sería, en cierto modo, como adquirir una segunda lengua. Sardá y Sanmartí (2000) argumentan que si bien hay ciertos temas que forman parte del “núcleo duro de la ciencia” -esto sería temas *“cuya solución ya ha sido consensuada y es ampliamente compartida por los miembros de la comunidad científica”*- existen otros, como el uso de los alimentos transgénicos o temas medioambientales, que no están tan cerrados y que dan pie a trabajar el debate y la argumentación y, por tanto, a la adquisición de lenguaje científico. En su opinión, argumentar bien incluye aprender a hablar, escribir y leer ciencias, así como a construir ese lenguaje científico del que he hablado anteriormente. Por eso creo que las ligas de debate van en esa dirección y son una buena actividad para plantear en la clase de ciencias.

En tanto que siempre está en debate la (no) eficacia de las pseudociencias, pienso que es buena llevar a cabo una experiencia práctica con una. Para mi PD elegí la homeopatía, puesto que es una de las que más en debate están a día de hoy. La realización de esta práctica podría tener dos subobjetivos: conocer el supuesto fundamento de una pseudociencia (en este caso la supuesta memoria del agua) y comprobar experimentalmente que el agua no presenta dicha propiedad (propiedad que defienden los homeópatas), así como trabajar el contenido de disolución y dilución más propio de la asignatura de Física y Química.

La última actividad, en la que se plantea la invención de una nueva pseudociencia, creo que podría trabajar la parte más alta de la taxonomía de Bloom (proceso *crear*), ya que requeriría que una vez conocidas las características de las pseudociencias, éstas se usen para diseñar un producto de similares características. Volviendo al aprendizaje de las

ciencias, en el que según Sardá y Sanmartí (2000) es necesario aprender a escribir ciencia, esta actividad podría trabajar esa competencia.

Evaluación del proyecto y del aprendizaje

Considero clave dos actividades para el apartado de evaluación: la liga de debate y el diseño de una nueva pseudociencia. Creo que pueden ser la muestra de que se ha alcanzado el objetivo general del proyecto, que podríamos concretar en un fomento del espíritu crítico, en general y, en este caso particular, hacia las pseudociencias. En caso de no alcanzar un grado de cumplimiento óptimo en sus correspondientes objetivos se habría de revisar el proyecto, en todas sus etapas, a fin de mejorarlo para sucesivas puestas en marcha.

Por un lado, el grado de éxito de la liga de debate se podría medir en tanto a la calidad argumental del mismo. Puesto que está pensada para que los alumnos tengan que defender posturas que, en muchas ocasiones serán contrarias a sus opiniones, la construcción de buenos argumentos bien fundamentados supondrá un esfuerzo para ellos. Sardá y Sanmartí (2000) describen un modelo de buen argumento, basado en las aportaciones de Toulmin (1993), el cual, según este modelo, debería estar formado por unos *datos* (o *fenómenos observados*), *justificados* o *fundamentados* en conocimiento científico aceptado que lleven a establecer una *conclusión*.

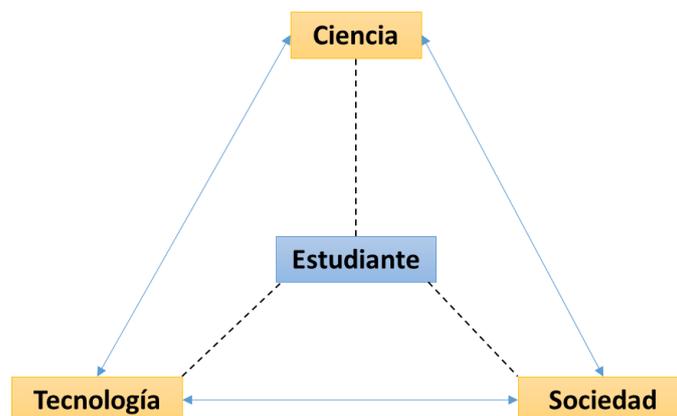
Por otro lado, en la creación de una nueva pseudociencia se pondría de manifiesto si los alumnos han sido capaces de interiorizar las características que presentan los textos pseudocientíficos. Considero además que, si son capaces de construir por ellos mismos un texto con estas características, serán capaces de identificarlas cuando se presenten ante ellos.

2.2. JUSTIFICACIÓN Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE

Selección del contenido

Para mi Proyecto de Innovación Docente (PID) elegí el cambio climático como contenido. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático de la ONU (más conocido por sus siglas en inglés, IPCC) lleva alertando años de la gravedad que supone el problema del cambio climático y las emisiones de efecto invernadero (Planelles,

2018). Pese a que muchos negacionistas se resistan a aceptar las evidencias que apuntan a que existe un cambio climático y que éste es producido esencialmente por la acción humana, esto es cada día más evidente y existe unanimidad al respecto entre la comunidad científica. Este tema se presta a abordar un enfoque CTS (ciencia, tecnología y sociedad) ya que aúna los tres componentes del mismo (Juan, 2006). Por un lado, tiene un fuerte componente científico en tanto que el cambio climático se origina por una serie de fenómenos físicos y químicos. Por otro, la tecnología juega un papel crucial tanto como causa (revolución industrial, etc.) como posible solución (energía nuclear, energías renovables, etc.). Finalmente, tiene un gran impacto social. El aumento de las temperaturas se traduce en una multitud de consecuencias que no solo afectan al clima, sino a la salud o a la proliferación de conflictos armados (Mach *et al.*, 2019). Muestra de la importancia social que tiene son los viernes por el clima, en lo que multitud de estudiantes se manifiestan en todo el mundo reclamando medidas contundentes contra el cambio climático y crear conciencia en la sociedad sobre este problema. El enfoque CTS engloba además el objetivo de la alfabetización científica, de tal manera que los debates científicos se abran a toda la población independientemente de que cursen o no una carrera científica (Pedrinaci, 2006).



El cambio climático lleva asociados de forma paralela otros aspectos en tanto que puedan ser causa, consecuencia o actores principales en el mismo. Estos temas, entre otros, podrían ser la energía nuclear, las energías renovables, los efectos del cambio climático en la salud, etc. Creo que es importante que sean tratados todos en conjunto para poder construir un modelo real, un escenario completo e integral, de lo que es el

cambio climático. Creo que los centros educativos son un buen lugar para concienciar sobre este tema que ha de ser abordado de forma crítica y extensa para generar conciencia en las generaciones venideras que, desgraciadamente, deberán librar esta batalla.

Durante la preparación de este PID he leído en abundancia sobre estos distintos temas, lo que me ha permitido aprender cosas que desconocía pero que sin duda es necesario dominar para poder impartir este tema en clase. También creo oportuno especificar que, a diferencia del PD, este proyecto ha sido llevado a cabo en un aula real durante mi Prácticum III.

Identificación de dificultades

Respecto al tema del cambio climático considero importantes las consideraciones ideológicas que los alumnos tengan sobre el tema. Indudablemente, este tema tiene mucha carga política e ideológica que puede afectar a las percepciones que tenga el alumnado. Así mismo, pueden existir ideas alternativas sobre el efecto invernadero (qué es, cómo funciona), el papel que juegan los gases de efecto invernadero, etc. Generalmente se confunde ‘tiempo atmosférico’ y ‘clima’ y no se entiende la dificultad de predecir el primero y la relativa facilidad de anticipar el segundo (¿cómo vamos a saber que va a pasar dentro de 50 años si no sabemos si va a llover mañana?, dirían), así como se piensa que el clima ha cambiado siempre sin presencia humana y que eso puede estar sucediendo ahora de forma natural, con lo que lo único que podemos hacer es adaptarnos.

Concreción de objetivos de aprendizaje

El objetivo general de este proyecto sería la construcción de un modelo adecuado en torno al funcionamiento de la atmósfera, en lo que al cambio climático se refiere. Para ello se plantearon varios subobjetivos que podrían ser: entender qué es el cambio climático y por qué éste es antropogénico, ser capaces de debatir sobre los distintos temas que se relacionan con el cambio climático y llegar a conclusiones sobre los mismos, y entender diversos fenómenos relacionados con el cambio climático mediante la realización de experiencias prácticas.

Secuenciación de actividades

Para la consecución de estos objetivos se diseñaron varias actividades, intentando dar un enfoque constructivista al igual que en PD, de tal manera que los alumnos construyan su propio conocimiento a través de las mismas.

En primer lugar, como punto de partida del proyecto, consideré que había que discutir sobre los factores que afectan al clima y cómo se concluye que la acción humana es necesaria para entender el calentamiento global que se lleva produciendo en las últimas décadas. Para esto planteé una clase teórica haciendo uso de las TIC para mostrar gráficos e infografías que me permitiesen dar una visión integral y divulgativa de la ciencia que hay detrás del cambio climático.

La segunda de las actividades, retomando la metodología constructivista, consistió en la elaboración por parte de los alumnos de un pequeño trabajo por parejas sobre uno de los siguientes temas: energía nuclear, energías renovables, coche eléctrico, salud y fenómenos climáticos extremos, ganadería y agricultura y economía. La selección obedece a un criterio personal según el cual los considero representativos para dar un panorama general de todo aquello que influye o a lo que afecta el cambio climático. Se hizo especial hincapié en el que los trabajos debían mostrar una visión global sobre los distintos temas, con argumentos a favor y en contra del tema en cuestión cuando procediera. Además de entregar este trabajo por escrito, consideré importante realizar un pequeño debate en clase en el que cada pareja tuvo que exponer lo más relevante que hubiera leído sobre su tema para ser debatido y comentado por todos. Recupero aquí la discusión realizada en la justificación del PD sobre la importancia del debate en la clase de ciencias, tanto para adquirir un lenguaje científico como para construir nuevo conocimiento.

En último lugar, se llevó a cabo una sesión de experiencias prácticas guiadas para ver de forma experimental diversos aspectos sobre el calentamiento global como, por ejemplo, el papel de los océanos o la lluvia ácida. Ya he hablado en la introducción de la importancia que tienen los trabajos prácticos en el aprendizaje de las ciencias y como éstos han de estar bien diseñados para que den con un buen aprendizaje de los contenidos. Basándome en esas ideas, realicé en clase una serie de pequeños experimentos a modo de demostración con la idea de establecer aprendizaje claros y concisos. También planteé una experiencia a modo de indagación, que ampliaré en el siguiente punto de este TFM, para que los alumnos propusieran explicaciones a la fenomenología que observaron y poder construir conocimiento a partir de la experiencia.

Evaluación del proyecto y del aprendizaje

En este caso, se planteó como evaluación a los alumnos la realización del trabajo escrito, para el cual diseñé un modelo de rúbrica.

En cuanto a la evaluación del proyecto, se planteó un cuestionario inicial al principio de las sesiones, que se repitió al finalizar las mismas. En este, se valoraban las posiciones sobre distintas cuestiones que fueron tratadas posteriormente, con el objetivo de ver si había cambios en las mismas. También se les repartió un cuestionario de opinión al finalizar las sesiones en el que se les pedía que pusieran cosas que habían aprendido, así como comentarios generales sobre el desarrollo de las sesiones.

De nuevo, aunque en este caso no se planteó como una liga de debate sino como un debate abierto en el que cada alumno podía expresar su punto de vista o sus inquietudes, un buen indicador sobre el grado de éxito del proyecto sería la calidad del debate que se llevó a cabo sobre los distintos temas mencionado arriba, medido a través de la calidad argumental del mismo.

3. PRESENTACIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS DESTACADOS DE LOS TRABAJOS

Una vez justificada la realización de ambos trabajos y la forma de plantearlos, voy a exponer a modo de resumen lo que considero más destacado de cada uno de los trabajos. Aunque en la justificación de los trabajos ya se ha esbozado ligeramente algunos de los aspectos de ambos trabajos, voy a exponerlos aquí de forma más ordenada y clara, detallando más sobre las distintas actividades que se plantearon.

3.1. ASPECTOS MÁS DESTACADOS DEL PROYECTO DIDÁCTICO

En primer lugar, es importante destacar que este PD no ha sido llevado a la práctica real en un aula y, por tanto, se trata de una propuesta teórica con la que trabajar las pseudociencias. También, como he mencionado antes, no abundan las referencias en la bibliografía de propuestas didácticas concretas sobre cómo abordar este tema en clase. Existen numerosos estudios sobre la alarmante incidencia de las pseudociencias entre los estudiantes y docentes de educación secundaria, así como los ya mencionados anteriormente que detectan que una buena competencia científica no tiene correlación con un escepticismo frente a las pseudociencias. Por otro lado, como se ha mencionado brevemente en la justificación, y en contra de la opinión de algunos autores como por

ejemplo Good (2012), las pseudociencias no aparecen como contenido en el currículo oficial. Según este autor, las pseudociencias deberían ser un contenido más del currículo y ser estudiadas en contraposición al método científico, ya que aumentaría el escepticismo hacia éstas y ayudaría a entender cómo se construye el conocimiento científico. Partiendo de estos antecedentes, lo que planteé para mi PD es una serie de actividades que puedan ser realizadas para fomentar un espíritu crítico hacia estas pseudociencias que, a su vez, puede ser útil para que sean críticos frente a otros temas políticos o sociales, por ejemplo. Intenté abordar de forma transversal diversos aspectos de carácter pseudocientífico como temas relacionados con la salud y las mal llamadas terapias alternativas, las dietas milagro y la alimentación, así como otros temas científicamente controvertidos. Este PD se podría enmarcar en el primer bloque de la asignatura Cultura científica, tanto en 4º de ESO como en 1º de Bachiller, así como en los cursos de Física y Química, dentro del bloque donde se trabaja el método científico.

Me parece interesante el análisis didáctico previo realizado en el que traté de entender por qué creemos en las pseudociencias si la evidencia científica nos dice una y otra vez que no superan el efecto placebo. Basándonos en el estudio de Losh y Nzekwe (2011), pueden ser tres los factores que contribuyan a esto:

- Factores cognitivos: tendemos a dividir problemas complejos en partes más sencillas de resolver, lo que nos puede llevar a pensar que existen soluciones fáciles a problemas complejos. Esto, aplicado a problemas de salud, puede llevar a creer que un remedio pseudocientífico pueda ser igual de válido que uno médico.
- Factores educativos o religiosos: determinadas creencias pueden llevar a validar planteamientos pseudocientíficos.
- Influencia de los medios de comunicación: constantemente somos bombardeados con información confusa, en ocasiones avalada por famosos a los que otorgamos autoridad, y que puede llevarnos a validar ideas pseudocientíficas.

Relacionado con el último punto, en los últimos años se ha producido un auge de las *fake news*, que sumadas al sesgo de confirmación, nos llevan a planteamientos pseudocientíficos y equivocados sobre numerosos temas relacionados con la salud y la alimentación. Creo que es interesante reflexionar sobre la cantidad de información que

tenemos a nuestra disposición y la, paradójica, desinformación que genera en ocasiones. Es importante aprender a procesarla de forma adecuada y con sentido crítico. Creo que esto se ha de realizar en todas las asignaturas y, por supuesto, la clase de ciencias no ha de ser una excepción.

Con esto, creo que dos podrían ser las principales dificultades de aprendizaje para este tema. Una serían las ideas previas que los alumnos puedan tener sobre el tema (testimonios familiares, ideas alternativas sobre su funcionamiento, la creencia de que son una especie de “ciencia alternativa”, etc.). Otra sería el componente emocional que tiene el conocimiento. No solo es importante el componente racional del mismo sino el componente emocional que nos lleva a dar más autoridad a un conocimiento dependiendo de la fuente de la que provenga y de la confianza que depositemos en ella.

Así pues, partiendo de este análisis previo establecí cuatro objetivos de conocimiento para este PD:

1. Analizar textos pseudocientíficos identificando algunas de sus principales características.
2. Ser capaz de debatir encontrando argumentos a favor y en contra en lo que respecta a distintos temas y aplicarlos para valorar la veracidad de las pseudociencias.
3. Evaluar de forma experimental la veracidad de las pseudociencias.
 - a. Conocer el supuesto principio de funcionamiento que tienen.
 - b. Aplicar dicho supuesto en la práctica real mediante experiencias observables.
4. Reflexionar sobre la facilidad de construir un producto de carácter pseudocientífico mediante el uso de las características vistas en clase.

Siguiendo la estrategia de una actividad por cada objetivo, diseñé cuatro actividades más una sin objetivo concreto, a modo de evaluación inicial.

La primera de estas actividades, como ya he dicho, sería una evaluación inicial. Esta actividad creo que es fundamental ya que, tal y como he mencionado antes, las ideas previas del alumnado son fundamentales de cara a enfocar el resto de actividades y hacer énfasis en aquellos aspectos que se detecte un mayor desconocimiento o una mayor cantidad de ideas alternativas. Esta evaluación se llevaría a cabo mediante un cuestionario inicial en el que los alumnos habrían de puntuar de 1 a 10 diversas frases con enunciados

pseudocientíficos. Luego, se realizaría un pequeño debate sobre diversas cuestiones a fin de ver qué argumentos dan frente a distintas preguntas.

La segunda de las actividades es el análisis de las características de las pseudociencias enumeradas anteriormente y que se encuentran más detalladas en el trabajo (lenguaje y apariencia científicas, testimonios dudosos, etc.). Como muestra de éstas, se les entregaría un texto sobre el ‘fecomagnetismo’. Ésta es una pseudoterapia inventada por dos biólogos que, usando las características propias de los textos pseudocientíficos, crearon un portal web en el que describen la historia, fundamento y propiedades de esta terapia. Quisieron demostrar la estafa que suponían las pseudociencias y lo consiguieron puesto que, antes de desvelar el engaño, se dio validez a su creación en revistas de índole pseudocientífico. Creo interesante enfrentar a los alumnos a textos de este tipo para ver qué opinión les merece y, a continuación, desvelar la historia real de esta pseudociencia y analizar las características que en ella se plasman. La actividad proseguiría con el análisis por grupos de textos sobre otras pseudociencias (flores de Bach, biomagnetismo, etc.) para que destaquen estas características en los mismos.

La tercera actividad sería la liga de debate sobre la que he hablado en la parte de justificación, destacando la apuesta que muchos autores hacen por el debate como forma de construir conocimiento científico. En esta liga de debate se dividiría a la clase en cuatro equipos y se debatiría sobre diversos temas. En el PD propongo varios a modo de ejemplo, pero se podrían elegir otros según lo observado en la primera actividad de evaluación. Dos de estos equipos se tendrían que situar de forma obligatoria a favor del tema a debate, mientras que los otros tendrían que argumentar en contra. A cada equipo se le daría una hoja con una serie de ideas para que les sirvan de punto de partida en la consiguiente búsqueda de información. Ya he hecho énfasis en la importancia de construir buenos argumentos, lo cual se remarcaría de forma previa a la actividad, por lo que no discutiré más sobre esta cuestión.

La cuarta actividad sería una práctica de laboratorio en la que los alumnos podrían comprobar por ellos mismos la eficacia de la homeopatía, realizando sucesivas diluciones como lo haría un homeópata. Para ello, primero habría que analizar el supuesto funcionamiento de la misma (desconocido para muchos seguramente) y ponerlo en práctica. Podría usarse el bicarbonato de sodio para este propósito ya que muchas veces es usado medicamente como antiácido estomacal, comprobando si al diluir conserva dichas propiedades como sostienen los homeópatas. Además, como ya he mencionado,

esta actividad serviría para repasar los conceptos de disolución y dilución más propios de la clase de ciencias.

La quinta y última actividad sería la creación por parte de los alumnos de una nueva pseudociencia mediante el uso de las características analizadas en la segunda actividad. Tendrían, pues, que preparar un tipo de folleto informativo en el que se explique la historia de su pseudociencia, cómo funciona, para qué sirve, etc. También tendrían que exponerla y defenderla ante el resto de la clase. Finalmente se reflexionaría sobre lo sencillo que es construir un producto que aparentemente suene bien y pueda funcionar.

3.2. ASPECTOS MÁS DESTACADOS DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE

Como ya he dicho, mi PID gira en torno al cambio climático como problema global. También he comentado previamente que los objetivos del trabajo serían dar una visión integral del cambio climático y todo lo que lo rodea, así como generar un debate de ideas sobre distintos temas que afecten o se vean afectados por dicho cambio.

Este PID se llevó a cabo durante tres sesiones en un aula de 12 alumnos de 1º de Bachiller de Ciencias Sociales del IES Goya de Zaragoza.

En el día previo al comienzo de las sesiones, se les repartió un cuestionario en el que se valoraba su posicionamiento frente a cuatro cuestiones:

1. ¿Existe el cambio climático y, en caso de existir, es culpa del ser humano o de otro tipo de factores?
2. ¿Qué consecuencias tiene el cambio climático? ¿Afecta sólo al clima o tiene implicaciones incluso de nivel económico y político?
3. ¿La energía nuclear puede ser de ayuda para mitigar el cambio climático debido a sus reducidas emisiones o, por el contrario, ésta no ha de usarse nunca debido a sus problemas?
4. ¿Las energías renovables no son tecnológicamente viables aún como única fuente de energía o sí que lo son, pero existe una falta de voluntad para implantarlas?

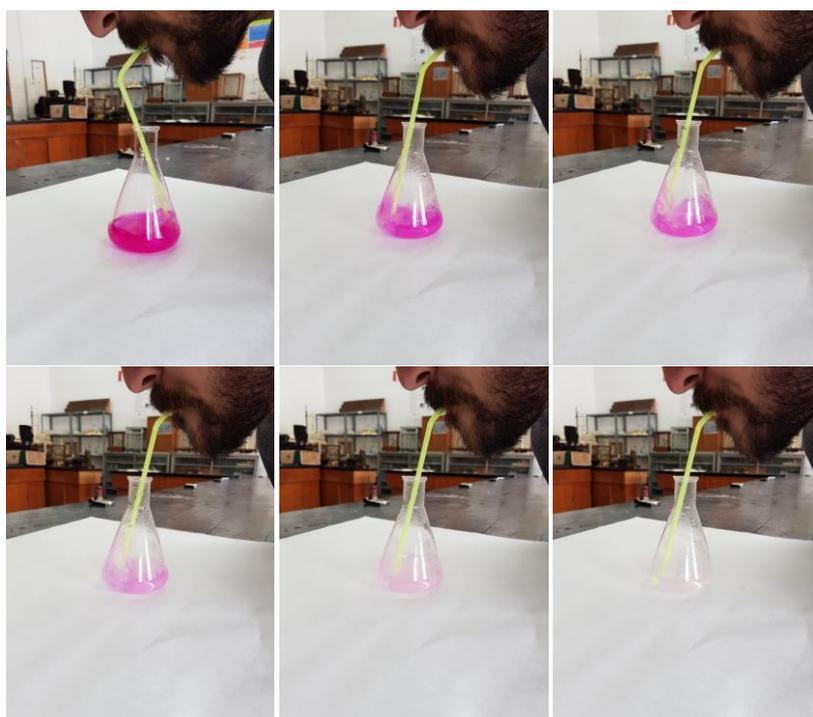
Para ello, cada alumno tenía que elegir entre cuatro frases y marcar aquella con la que más de acuerdo estuvieran de cada uno de los bloques. Con esto, se pretendía evaluar de forma inicial las opiniones de los alumnos. Creo importante destacar que en la primera

pregunta unos pocos alumnos optaron por la opción 2 (“Hay indicios que apuntan a que existe un cambio climático, pero es pronto para valorarlo. Hacen falta más evidencias.”) que denota cierto negacionismo, aunque en general los alumnos tenían conciencia sobre el problema en tanto que valoraban las graves consecuencias que el cambio climático puede llegar a generar.

En la primera sesión, como ya he anticipado, se realizó una sesión teórica en la que con ayuda de las TIC mostré un panorama general sobre la ciencia del cambio climático. Para ello, en primer lugar, trabajamos la diferencia entre clima y tiempo atmosférico y las irrefutables evidencias que hay respecto al calentamiento global del planeta. A continuación, vimos los distintos factores que pueden influir en el clima, cómo el CO₂ es uno, cómo este cambio climático en concreto es debido a él y cómo la ciencia sabe que procede de la quema de combustibles fósiles y no de la deforestación o los volcanes. Al finalizar la clase se les planteó el trabajo que tenían que realizar.

Durante la segunda sesión se inició la exposición de trabajos. Para ello, los alumnos expusieron lo más relevante que hubieran encontrado y se dejó libertad al resto de alumnos para exponer sus ideas y opiniones respecto a los distintos temas con el fin de completar la información aportada por los oradores y generar una confrontación de ideas. Me quedé satisfecho con esta actividad ya que, aunque fue muy frenética y creo que algunos debates fueron relativamente superfluos, los alumnos aportaron muchas cosas interesantes y se sintieron cómodos en el debate. Por falta de tiempo, las exposiciones se tuvieron que prolongar durante parte de la tercera sesión.

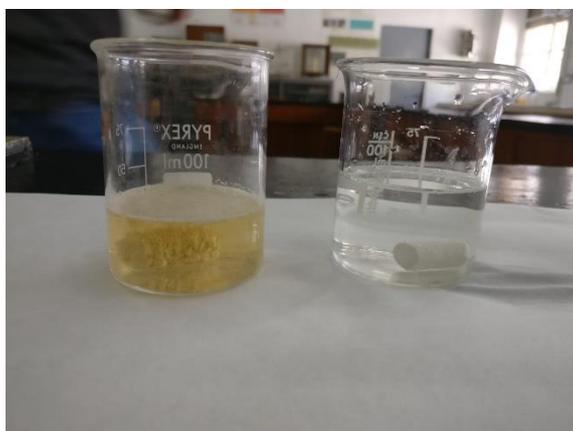
La última actividad consistió en la realización de las experiencias prácticas. En ellas se pretendió tratar de forma visual aspectos relacionados con el cambio climático. La primera de estas experiencias fue planteada a modo de indagación para que los alumnos propusieran qué estaba pasando a partir de una fenomenología observada. Así pues, se les repartió una disolución desconocida de color rosado y una pajita con la cual tenían que soplar dentro. Tras unos segundos de borboteo, la disolución se tornaba incolora y los alumnos tuvieron que proponer una explicación. El líquido rosado era una disolución de sosa diluida con fenolftaleína como indicador. Al borbotear aire, el CO₂ de nuestra respiración es capaz de reaccionar con la sosa bajando el pH y cambiando el color de la disolución. Se fue guiando a los alumnos hacia esta solución y posteriormente se explicó el papel de los océanos como sumideros de CO₂ (concepto no trabajado hasta ese momento) y el problema del calentamiento y acidificación de los mismos.



La segunda, y desgraciadamente fallida experiencia, fue simular el efecto invernadero en clase. Para ello, se introdujeron dos termómetros con sonda en el interior de los matraces Erlenmeyer. Uno de estos, había sido borboteado con CO_2 previamente, mientras que el otro, no. A continuación, ambos fueron irradiados con una lámpara infrarroja (región del espectro electromagnético susceptible de ser absorbida por el CO_2 y responsable del aumento de la temperatura en la atmósfera). Era de esperar, y así está descrito en procedimientos que encontré en internet, que el que contiene CO_2 aumentase su temperatura, cosa que en esta ocasión no sucedió. Aun así, el experimento fue mostrado a través de un vídeo de la plataforma YouTube para explicar por qué el CO_2 produce efecto invernadero a diferencia de otros gases.



La tercera y última experiencia fue introducir tiza en agua y en vinagre para observar el efecto que el ácido tiene sobre ella y así mostrar qué es la lluvia ácida y cómo afecta a bosques y construcciones.



Finalmente, se repitió el cuestionario inicial. Cabe reseñar que, en esta ocasión, nadie eligió la opción 2, lo que supone un avance respecto al inicio de las sesiones. También se les dio un cuestionario abierto en el que habían de anotar cosas que hubieran aprendido, así como qué opinión les mereció las sesiones realizadas. Los resultados fueron satisfactorios ya que, en general, las sesiones gustaron, aprendieron cosas nuevas que

desconocían y les resultó una forma más amena de dar clase respecto a lo que están acostumbrados.

4. REFLEXIÓN SOBRE LOS TRABAJOS Y PROPUESTA DE MEJORA

En este apartado, voy a hacer una reflexión general sobre ambos trabajos aportando posibles puntos de mejora, así como una visión global de los dos. En el caso del PD, al no haber sido realizado en una clase real, destacaré aquello a lo que prestaría atención si se llevara a la realidad. En cuanto al PID, propondré posibles mejoras basándome en mis observaciones en clase, en los cuestionarios finales que realicé a los alumnos, así como en mi visión docente una vez próximo a finalizar el Máster.

4.1. REFLEXIÓN SOBRE EL PROYECTO DIDÁCTICO

En este trabajo me enfrenté a un reto interesante: plantear una serie de actividades que permitieran trabajar las pseudociencias. Muchas veces siento impotencia cuando al hablar de este tema con amigos o conocidos y veo como dan validez a este tipo de ideas. Por ello, creo que de algún modo es un tema que se debería tratar en las aulas. Otra posible aproximación, diferente a la de mi trabajo, podría ser incluir las pseudociencias como elemento transversal en las programaciones didácticas y que se hubiera de trabajar a lo largo del curso dentro de las distintas unidades didácticas. Numerosos contenidos darían pie a debatir sobre este tema (energía, disoluciones, método científico, etc.).

Otra reflexión importante que creo que hay que hacer es la dificultad de elegir unos objetivos concretos, por dónde empezar y dónde acabar. Como ya he mencionado antes, creo que es mejor idea dotar a los alumnos de herramientas para que ellos mismos puedan ir construyendo su conocimiento sobre las pseudociencias que intentar convencerles de que son un engaño. Esto último considero que sería inabarcable dado el fuerte componente emocional de este tipo de creencias (y que hay que ir trabajando poco a poco de forma interna) y la exposición constante a las ideas pseudocientíficas que tenemos en nuestro día a día.

Una posible mejora de este PD sería estudiar los orígenes e historia de distintas pseudociencias para entender su éxito actual. Por ejemplo, es sabido que, en su momento, la homeopatía era la alternativa a otros tratamientos de nula eficacia médica, como las

sangrías y las purgas. Es de entender que en ese contexto gozara de aceptación. Una aceptación que, ya fuera de ese contexto, ha llegado a nuestros días. Por otro lado, el actual movimiento antivacunas se remonta al año 1998 en el que se publicó un artículo en *The Lancet* que relacionaba vacunas y autismo. Aunque ha sido desmentido por la ciencia ininidad de veces y sus autores rechazaron el artículo admitiendo mala praxis, esas ideas siguen colando y el movimiento antivacunas es más fuerte que nunca, con el peligro que entraña. Una vez más se manifiesta la necesidad de conocer el pasado para entender el presente.

No están incluidos en el PD, pero seguramente deberían, los conceptos de efecto placebo y las relaciones causa-efecto. Ambas son necesarias para entender las pseudociencias. Éstas no han logrado superar nunca el efecto placebo, aunque lo producen. Por ello es interesante conocerlo. En cuanto a las relaciones de causa-efecto, son interesantes porque mucha gente tiende a relacionar efectos positivos cuya causa sería un tratamiento pseudocientífico, cuando esto no es así. Por ejemplo, ante un catarro, le apliquemos un tratamiento o no, nos recuperaremos en un par de días. Sin embargo, podemos relacionar esta mejoría no con el paso de los días, sino con la toma de un tratamiento homeopático, por ejemplo.

El trabajo con textos ha sido planteado para detectar las características propias de las pseudociencias, pero también podría haber sido planteado el trabajo con cuestionarios CRITIC (Oliveras y Sanmartí, 2009). En estos cuestionarios no se pregunta sobre el contenido, sino que llevan a una reflexión sobre los intereses e intenciones que tiene el texto. En definitiva, requiere un análisis crítico y contextualizado del texto trabajado.

4.2. REFLEXIÓN SOBRE EL PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE

Disfruté mucho de la elaboración y puesta en marcha de este Proyecto de Innovación Docente en tanto que era mi primera experiencia docente en la que yo diseñaba las sesiones. Supuso un reto interesante enfrentarme al cambio climático siendo que es algo que desde pequeños se nos viene inculcando. ¿Cómo darle una vuelta extra y hacerlo interesante para los alumnos?

Intenté ponerme en el lugar de los alumnos y pensar qué inquietudes podía tener yo a su edad sobre este tema. Además, creo que era interesante diseñarlo teniendo en cuenta

que se trataba de un grupo de Ciencias Sociales, con lo que seguramente es esta parte la que les puede interesar más que la propiamente científica. Sin olvidar esta última parte, creo que fue un acierto centrar la evaluación de los alumnos en un trabajo de índole social más que científica, y dejar la parte científica para un ámbito divulgativo en la clase y basado en la práctica.

Aun así, consideré necesaria una sesión teórica en la que trabajar ciertos conceptos que generalmente se obvian en la discusión sobre el calentamiento global. Generalmente se nos dice que el aumento de la concentración de CO₂ atmosférico, en paralelo al aumento de las temperaturas, es el responsable del cambio climático. Esto es una media verdad. Sin ser una mentira, no se corresponde con lo amplia que es la ciencia del cambio climático. Tras haberlos observado en las sesiones previas a mi Prácticum III, consideré que mis alumnos tenían la madurez intelectual y personal suficiente como para abordar más en profundidad este tema, aunque fuese a nivel divulgativo y sin convertirlo en objeto de evaluación. Así pues, y como ya he dicho antes, abordamos en una sesión los distintos factores que pueden afectar al clima y qué nos lleva a determinar que el CO₂ es el causante del cambio climático actual. Como ya he mencionado antes, se observó una disminución del negacionismo del cambio climático.

Las sesiones de debate considero que fueron exitosas. Tuve la impresión de que los alumnos se sintieron cómodos y motivados, aportando sus opiniones respecto de los distintos temas que fueron tratados, lo que muestra la viabilidad de este tipo de propuestas. Creo que es buena idea dejar que los alumnos se expresen y argumenten sus ideas y sus dudas e inquietudes. Creo que esto ayuda a la construcción de conocimiento y a mejorar su motivación. Pese a esto, una mejora necesaria creo que sería dedicar más sesiones, ya que me quedé con la impresión de que algunos debates fueron un poco superfluos por la falta de tiempo. Lo ideal quizás sería tratar dos temas por sesión, o tres como máximo, lo que serían tres sesiones en total. Otra buena idea a implementar podría ser convertir esta actividad en una liga de debate similar a la planteada en el PD. Los temas planteados, sobre todo la energía nuclear, la energía renovable y el coche eléctrico, presentan muchos puntos a favor y en contra que darían lugar a una liga de debate muy interesante en la que los alumnos podrían lucirse y elaborar argumentos interesantes y bien fundamentados.

La preparación de las sesiones prácticas también fue didácticamente muy interesante. ¿Cómo encontrar experiencias con las que trabajar el cambio climático que sean

representativas? Tras una búsqueda en la red me decanté por las incluidas en el trabajo. Sin embargo, el ayudarme de experiencias ya diseñadas y probadas no me eximió de tener que probarlas yo antes hasta dar con las condiciones adecuadas, cosa que con la simulación del efecto invernadero no logré. Esto resalta la necesidad de probar las cosas antes de llevarlas al aula. Por otro lado, pese a que a juzgar por los cuestionarios la sesión práctica gustó, detecté ideas alternativas en los mismos. Algunos alumnos no terminaban de entender el papel del CO_2 en el cambio de color de la disolución, por ejemplo. Por tanto, creo que una propuesta de mejora sería perfilar mejor la explicación final de la práctica, posterior a la indagación, para minimizar estas ideas.

4.3. REFLEXIÓN GLOBAL SOBRE AMBOS TRABAJOS

He disfrutado mucho de la elaboración de ambos trabajos. Ambos escapan a los contenidos que se corresponden con el núcleo duro de la ciencia, aquel que contiene todo aquello que ya es conocido desde hace tiempo y ha sido discutido ampliamente y aceptado como definitivo por la comunidad científica. Sin embargo, creo que en las clases de ciencias también es necesario trabajar cosas fuera de este “núcleo”. Tanto el cambio climático como las pseudociencias conviven con nosotros y, modestamente, creo que es tan o más importante conocer sobre ellos que sobre otros muchos contenidos en los que se hace énfasis y la mayoría de la población no necesitará en sus vidas diarias. Ambos afectan a nuestro día a día, a nuestra salud y a todos como sociedad y, por ello, es importante que desde el sistema educativo se trabajen. En mi caso, ambos están planteados para la asignatura de Cultura científica, pero serían perfectamente extrapolables a Física y Química, así como a Biología. Se trata de temas muy transversales y abordables desde diferentes puntos de vista. Considero que la ciencia es una parte de la cultura tan importante como el arte o la literatura, pero no se trata como tal. A nadie se le pasa por la cabeza que alguien no sepa quién escribió el Quijote, pero a casi nadie le resulta extraño que alguien no sepa qué es la ecuación de los gases ideales. Desde la comunidad docente y científica hemos de hacer autocrítica al respecto y potenciar el fomento de la ciencia como pilar de la cultura y del saber humano, es decir, fomentar la alfabetización científica de la sociedad. Hemos de reflexionar sobre por qué después de pasar horas y horas en clase de ciencias es enorme la incultura científica que existe en la sociedad y que se manifiesta en temas como la creencia en pseudociencias o el negacionismo del cambio climático.

Desde un punto de vista didáctico, ambos proyectos trabajan varias competencias además de la científica. Se trabaja la competencia en comunicación lectora, así como la social y cívica o la digital. También la competencia de aprender a aprender, ya que ambos proyectos se plantean desde el constructivismo, para que los alumnos obtengan las herramientas que luego les permitan completar y ampliar su conocimiento por ellos mismos.

5. CONCLUSIONES

Es evidente que es muy largo el camino que me queda por andar para convertirme en un buen docente, aunque seguramente sea un camino sin fin en el que siempre quede algo por pulir. Este Máster me ha servido para empezar a andar, espero que con buen ritmo. A lo largo del mismo, he podido trabajar y reflexionar sobre cosas que desconocía por completo y que son, sin duda, necesarias para el ejercicio de una buena actividad docente. Espero haberlas interiorizado y el día de mañana poder ponerlas en práctica con buen provecho. He intentado plasmar todo esto tanto en mi Proyecto Didáctico como en mi Proyecto de Innovación Docente, espero que con buenos resultados, así como en mi periodo de prácticas en el IES Goya.

La visión global que me llevo del Máster es bastante positiva. Aunque en ciertos momentos parece que se están tratando cosas sin sentido, con poca concreción y sin conexión con la realidad, al menos con lo que respecta al aula de ciencias, el global creo que me ha dotado de una serie de herramientas de las que, desde luego, no disponía antes de empezar esta titulación. Como ya he reseñado en la Introducción he echado en falta más formación en atención a la diversidad en las asignaturas obligatorias. Por otro lado, muchos otros aspectos también señalados en la Introducción dan una visión integral de la labor docente que me ha permitido ampliar mis miras.

Para construir mi modelo docente me baso en los pilares establecidos en la Introducción. Creo en la importancia de cuidar la predisposición y la actitud hacia los alumnos, dándoles un trato todo lo individualizado que sea posible, confiando en ellos y no generando expectativas que tal y como está demostrado influyen, en muchas ocasiones para mal, en los resultados finales. También veo imprescindible que como docente considere el aprendizaje como un proceso global, realizando distintos tipos de evaluación, procurando que todos ellos sean formativos para el alumno contribuyan a su aprendizaje.

La innovación quiero que sea otra seña de identidad de mi modelo docente, tratando de introducir constantemente innovaciones y evaluando su idoneidad y su contribución al aprendizaje de los alumnos. Como ya he dicho antes, no se trata de innovar por innovar, sino de introducir cambios y mejoras que puedan contribuir a mejorar el aprendizaje de los alumnos. Y en último lugar prestaré atención a las peculiaridades de la didáctica de las ciencias. Para ello, conectando con la innovación, diseñaré o adaptaré con cuidado actividades de aprendizaje, así como trabajos prácticos, teniendo en cuenta lo trabajado durante el Máster. También he recalcado la importancia de hacer buenas preguntas para poder construir buenos modelos. Finalmente, como ha quedado plasmado en mi PD y en mi PID, tengo un compromiso con la alfabetización científica y la importancia social que esto tiene. La escuela tiene que ser algo más que un transmisor de conocimientos, ha de ser un lugar en el formar personas críticas y conscientes de lo que pasa a nuestro alrededor. Esto incluye que en clase de ciencias no sólo se ha de tratar lo que antes se ha denominado núcleo de la ciencia, sino otros aspectos como el cambio climático, las pseudociencias o los transgénicos.

A partir de ahora, creo, que me queda ganar mucha experiencia docente, preferiblemente en centros educativos reglados, que me permita implementar estos aprendizajes de forma autónoma en mi día a día docente y poder evaluar mi acción didáctica en periodos prolongados de tiempo. Habré de ser cuidadoso en mis explicaciones, haciendo una buena transposición didáctica. Proveniente del ámbito de la investigación, creo que tendré que hacer un periodo de adaptación en el que deberé esforzarme en ponerme en la piel de mis alumnos e identificar correctamente donde pueden tener dificultades de aprendizaje. También habré de prestar atención a seguir formándome como docente. Ésta es una dedicación profesional en la que nunca se deja de aprender, siempre hay cosas que mejorar y margen para innovar. Hay que ser consciente de ello, no perderlo nunca de vista y continuar formándonos todo lo que sea posible.

En pocas palabras, considero fructífero el paso por el Máster. Estoy satisfecho de haberlo realizado, ha cambiado por completo mi visión de la enseñanza y espero que sea el principio de una larga carrera docente.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian H. (1983). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognitivo*. México: Trillas.
- Carretero, M., (2009). *Constructivismo y Educación*. Buenos Aires: Paidós
- Good, R. (2012). Why the study of pseudoscience should be included in nature of science studies. En M.S. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research* (pp. 97-106). Springer Netherlands.
- Hodson D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 12 (3), 299-313.
- Juan, X. (2006). ¿Está cambiando el clima de la Tierra? *Didáctica de las ciencias experimentales*, 49, 61-70.
- Losh, S. C. y Nzekwe, B. (2011). The Influence of Education Major: How Diverse Preservice Teachers View Pseudoscience Topics. *Journal of Science Education and Technology*, 20, (5), 579-591.
- Lundström, M. y Jakobsson, A. (2012). Students' Ideas Regarding Science and Pseudoscience in Relation to the Human Body and Health. *Nordic Studies in Science Education*, 5(1), 3.
- Mach, K. J., Kraan, C. M., Adger, W. N., Buhaug, H., Burke, M., Fearon, J. D., ... von Uexkull, N. (2019). Climate as a risk factor for armed conflict. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1300-6>
- Marín Martínez, N. (2014). Enseñanza de las ciencias desde el punto de vista del constructivismo orgánico. *Enseñanza de las ciencias*, 32 (2), 221-237.
- Oliveras, B. y Sanmartí, N. (2009). Lectura crítica, una herramienta para mejorar el aprendizaje de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 926-930
- Pedrinaci, E. (2006). Ciencias para el mundo contemporáneo: ¿Una materia para la participación ciudadana). *Didáctica de las ciencias experimentales*, 49, 9-19.
- Pereda, O. y Raffio, V. (2019). *Las pseudoterapias matan cada año a más de mil personas en España, según un informe*. Recuperado 15/6/2019, de

<https://www.elperiodico.com/es/ciencia/20190121/las-pseudoterapias-matan-cada-ano-en-espana-a-mil-personas-7257921>

Planelles M. (2018). *Los expertos de la ONU urgen a tomar medidas drásticas contra el cambio climático*. Recuperado 1/7/2019, de https://elpais.com/sociedad/2018/10/07/actualidad/1538927816_045192.html

Sardá, A. y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18 (3), 405-422.

Toulmin, S.E. (1993). *Les usages de l'argumentation*. París: PUF. (1ª. ed. *The uses of Argument*, 1958).

7. ANEXOS

A continuación se adjuntan los dos trabajos discutidos en este TFM: mi Proyecto Didáctico y mi Proyecto de Innovación Docente.

PROYECTO DIDÁCTICO

Introducción y justificación

Pese a que es bien sabida por la comunidad científica la nula efectividad de las pseudociencias, como el reiki o la homeopatía, una parte importante de la población sigue convencida de su efectividad. Es por esto que a día de hoy siguen gozando de popularidad y muchas personas son todavía usuarias de estas pseudoterapias. Como muestra, un 60% de la población española confía en la acupuntura y un 53%, en la homeopatía (FECYT, 2017). En el mejor de los casos, estas pseudociencias sólo suponen una merma en los bolsillos de sus consumidores, pero en los peores pueden conducir a problemas graves de salud e incluso a la muerte, ya que en ocasiones estos tratamientos están contraindicados con tratamientos médicos reales o bien porque ciertas personas acaban abandonando estos últimos para centrarse en las mal llamadas terapias alternativas. También se producen otro tipo de ideas alternativas en temas relacionados con la cosmética (cremas anti-edad) o con la alimentación (alimentos perjudiciales-beneficiosos, alimentos de moda, mitos alimentarios, etc.).

El sistema educativo, creo, no solo tiene que actuar como transmisor de contenidos sino como formador de personas libres y críticas. Por ello, la escuela puede jugar un papel importante para acabar, o al menos minimizar, con esta lacra que las pseudociencias suponen para el conjunto de la sociedad. Además, fomentar este sentido crítico entre el alumnado no sólo ha de conducir a combatir las pseudociencias, sino a un pensamiento más crítico en lo que a otros temas de tipo social o político se refiere.

Pese a que se recoge en el currículo oficial, el método científico apenas se trata en las aulas. No se responde a las preguntas “qué es ciencia” o “cómo se hace la ciencia”, sólo se tratan contenidos sin valorar como se construyen. Esto puede inducir a que los alumnos puedan confundir la ciencia y la pseudociencia, en tanto que ésta muchas veces se disfraza de ciencia mediante el uso de cierto lenguaje.

Por otro lado, está ampliamente descrito en la literatura como un mayor nivel de competencia científica no está asociado a un mayor escepticismo frente a las pseudoterapias. Por ejemplo, Lundström y Jakobsson (2009) realizaron a alumnos de secundarias sendos test en los que evaluaban sus conocimientos científicos y su nivel de acuerdo con las pseudociencias, encontrando que alumnos con unos excelentes conocimientos aceptaban el poder curativo de la acupuntura o la influencia de la Luna en la salud, entre otros.

Es por ello que ciertos autores, como Good (2012), concluyen que no basta con fiar el rechazo a las pseudociencias a un mayor conocimiento científico, sino que es necesario atacar estas ideas pseudocientíficas directamente y contraponerlas al verdadero método científico. Según el autor, las pseudociencias deberían ser parte del currículo ya que esto fomentaría una idea más precisa de cómo se genera el conocimiento, ayudaría a que los alumnos fuesen más críticos con sus ideas y podría ser de utilidad para combatir las pseudociencias.

Análisis del contenido

Este proyecto podría enmarcarse en la asignatura de Cultura Científica, en los cursos de 4º de la ESO y 1º de Bachiller, dentro del primer bloque llamado “Procedimientos de trabajo”:

CULTURA CIENTÍFICA		Curso: 1.º
BLOQUE 1: Procedimientos de trabajo		
CONTENIDOS: El método científico. Textos científicos: estructura, interpretación y redacción. Tratamiento y transmisión de la información científica: bases de datos y búsqueda bibliográfica científica. La divulgación científica. La ciencia y la investigación como motores de la sociedad actual. El impacto de la ciencia en la sociedad.		
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	COMPETENCIAS CLAVE	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
Crit.CCI.1.1. Obtener, seleccionar y valorar informaciones relacionadas con temas científicos de actualidad.	CCL-CMCT	Est.CCI.1.1.1. Analiza un texto científico o una fuente científico-gráfica, valorando de forma crítica, tanto su rigor y fiabilidad, como su contenido mediante cuestiones de comprensión lectora y gráfica.
		Est.CCI.1.1.2. Busca, analiza, selecciona, contrasta, redacta y presenta información sobre un tema relacionado con la ciencia y la tecnología, utilizando tanto los soportes tradicionales como Internet. Diferencia fuentes de información confiables de las que no lo son.
Crit.CCI.1.2. Valorar la importancia que tiene la investigación y el desarrollo tecnológico en la actividad cotidiana.	CMCT-CSC	Est.CCI.1.2.1. Analiza el papel que la investigación científica tiene como motor de nuestra sociedad y su importancia a lo largo de la historia.
Crit.CCI.1.3. Comunicar conclusiones e ideas en distintos soportes a públicos diversos, utilizando eficazmente las Tecnologías de la Información y Comunicación para transmitir opiniones propias argumentadas.	CMCT-CSC	Est.CCI.1.3.1. Realiza comentarios analíticos de artículos divulgativos relacionados con la ciencia y la tecnología, valorando críticamente el impacto en la sociedad de los textos y/o fuentes científico-gráficas analizadas y defiende en público sus conclusiones.

Tanto los criterios de evaluación como los estándares de aprendizaje recogidos en este bloque dan pie a un estudio de las pseudociencias en contraposición a la ciencia y al método científico como mecanismo para construir conocimiento.

Además, las edades que comprenden estos cursos empiezan a dotar a los alumnos de una madurez y un desarrollo cognitivo suficiente como para emprender un debate de este tipo. El objetivo de este trabajo no es necesariamente que los alumnos rechacen completamente las pseudociencias al final de las sesiones, puesto que esto es parte de un largo proceso, sino fomentar su espíritu crítico y su capacidad de procesar mejor el aluvión de información, en muchas ocasiones confuso, al que estamos expuestos.

Identificación de las dificultades para el aprendizaje de los contenidos

Para identificar las dificultades para el aprendizaje primero es necesario valorar qué nos lleva a creer en las pseudociencias. Losh y Nzekwe (2011) dan una serie de fuentes de pensamientos pseudocientíficos:

- *Factores cognitivos*: nuestra mente tiende a dividir problemas complejos en partes más sencillas que nos permitan resolver el conjunto de forma más simple. Quizás para algunas personas es más fácil creer que una determinada alimentación pueda curar el cáncer que tratar de entender lo complejo de esta enfermedad.
- *Factores educativos o religiosos*: pseudociencias como el creacionismo o el diseño inteligente tienen su origen en creencias de tipo religioso.
- *Medios de comunicación*: la pseudociencia y sus ideas alternativas asociadas se promulgan de forma masiva en los medios de comunicación (Pereda y Raffio, 2018). En mi opinión, sumaría aquí los productos o ideas promovidas por gente famosa o deportistas, debido a que son seguidos y tomados como ejemplo por numerosa gente.

Además, en los últimos años se ha producido un auge de las llamadas *fake news*. Éstas se podrían definir como noticias intencionadamente falsas cuyo objetivo es desinformar e influir en el pensamiento de las personas. A estas *fake news* hay que sumar otro factor llamado sesgo de confirmación, por el cual tenemos tendencia a prestar atención y dar validez a informaciones que confirmen nuestras ideas previas, rechazando todo aquello que las pueda contradecir. La combinación de ambos lleva a una desinformación y un desconocimiento en temas de índole política o científica, entre otros, que puede conducir a ideas pseudocientíficas. Sin duda este fenómeno se ha acentuado con la llegada de las redes sociales, culpables del aumento de información disponible que tenemos a nuestro alcance pero que, paradójicamente, en ocasiones contribuye a la desinformación y al desconocimiento.

Teniendo en cuenta todo esto se podrían identificar las siguientes dificultades de aprendizaje:

- *Sesgos cognitivos*: las ideas previas que tenga el alumnado sobre los distintos temas a tratar puede conducir a un sesgo a la hora de debatir de forma racional los postulados pseudocientíficos. Por esto es importante conocerlas.

- *Componentes del conocimiento y factores emocionales:* podríamos decir que el conocimiento tiene un componente racional, del cual sin duda bebe la ciencia como rama del saber, pero tiene un componente emocional muy importante sobre el cual es difícil luchar y nos condiciona constantemente en nuestra toma de decisiones.

Determinación y secuenciación de los objetivos de aprendizaje

Se podrían establecer una serie de objetivos en este proyecto didáctico:

1. Analizar textos pseudocientíficos identificando algunas de sus principales características.
2. Ser capaz de debatir encontrando argumentos a favor y en contra en lo que respecta a distintos temas y aplicarlos para valorar la veracidad de las pseudociencias.
3. Evaluar de forma experimental la veracidad de las pseudociencias.
 - a. Conocer el supuesto principio de funcionamiento que tienen.
 - b. Aplicar dicho supuesto en la práctica real mediante experiencias observables.
4. Reflexionar sobre la facilidad de construir un producto de carácter pseudocientífico mediante el uso de las características vistas en clase.

Secuencia de actividades de Enseñanza-Aprendizaje

Actividad 1: cuestionario inicial y debate con el grupo

Durante la primera sesión se realizaría una evaluación inicial que permita conocer las opiniones e ideas que tienen los alumnos frente a las pseudociencias. Para ello, se pasaría una encuesta inicial a los alumnos en la que se pediría valorar de 0 a 10 el acuerdo con ciertas frases (Anexo I). Con ésta se valoraría qué ideas alternativas predominan en la clase. A continuación se llevaría a cabo un pequeño debate con la clase sobre las siguientes cuestiones:

- ¿Qué es una pseudociencia? ¿Cuáles conocen? ¿En qué consisten?
- ¿Son efectivas? ¿Por qué?
- ¿Por qué les damos validez? ¿Conoces estudios que las sostengan?
- ¿Qué cosas positivas se pueden decir? ¿Y negativas?

- ¿Alguno es usuario de estas terapias alternativas?
- ¿Existe mala fe detrás de las pseudociencias? ¿Es ético engañar a la gente?
¿Qué intereses puede haber detrás?

La idea sería anotar todo aquello que pudiera ser de interés para detectar qué ideas previas existen respecto al tema. Con todo esto, se generaría una línea base sobre la que trabajar en las siguientes sesiones. Habría que detectar qué pseudociencias gozan de mayor respaldo entre la clase y cuáles menos para enfocar bien los argumentos. También sería interesante anotar qué argumentos se dan a favor y en contra de las mismas, para poder enfocar bien los posteriores debates.

Actividad 2: análisis en textos de las características más habituales de las pseudociencias

La segunda sesión sería una clase en la que se introduzcan las características generales que tienen las pseudociencias y cómo tratan de engañarnos usando lenguaje de aspecto científico para generar confianza. En mi opinión, se podrían reseñar las siguientes características:

- *Lenguaje*: usan un lenguaje complejo con vocabulario propio del ámbito científico inventando incluso términos mediante combinación de palabras de tal manera que suenen sofisticados y llamativos.
- *Apariencia científica*: aluden a supuestos expertos (científicos o médicos) que avalan estas ideas a fin de darles credibilidad.
- *Ofrecen soluciones sencillas a problemas muy graves*: los remedios milagrosos no existen, cuando algo dice serlo tenemos que tener sospechas.
- *Se basan en testimonios particulares*: mucha gente cree en su efectividad por el testimonio de algún amigo o familiar. Sin embargo, no existen estudios con muestras grandes que validen su efectividad.
- *Reniegan de la ciencia*: ante la falta de argumento y de pruebas siempre acusan al método científico de no estar lo suficientemente avanzado como para poder validar las pseudociencias.
- *Se basan en casos de mala praxis científica*: en ciertas ocasiones, por mala praxis, se han llegado a conclusiones equivocadas sobre ciertos temas. Pese a que estas ideas hayan sido rechazadas, siguen en el imaginario colectivo y dan lugar a movimientos pseudocientíficos.

Para dar cuenta de algunos de estos aspectos, sería interesante usar la metodología del estudio del caso (más que una perspectiva teórica puramente), consistente en trabajar ciertos aspectos teóricos mediante el estudio de casos prácticos, en lugar de una clase teórica tradicional. Un caso interesante sería el del *fecomagnetismo*. Esta pseudociencia es una supuesta terapia que fue inventada por unos científicos con el objetivo de denunciar la estafa que eran las pseudociencias y la falta de criterio que ciertos sectores tienen para otorgar credibilidad a ciertas ideas. Yendo a su página web, se pueden apreciar aspectos arriba reseñados como el uso de una apariencia científica y el aval de dos falsos doctores con supuestos estudios en universidades inexistentes. Lo que empezó por una broma, acabó siendo publicado en revistas pseudocientíficas, mostrando la nula credibilidad y criterio de las mismas. Se les daría a los alumnos el primer texto del Anexo II (sin subrayar) para ser leído en clase y dar pie a un pequeño debate sobre qué opinión les merece el artículo y su veracidad. Incluso podría ser dado al final de la clase anterior para ser leído y reflexionado en casa.

Como caso de mala praxis científica se puede usar el movimiento antivacunas. Éste tiene su germen en un artículo en la revista *The Lancet*, una de las revistas científicas más prestigiosas del mundo. En este artículo se establecía una supuesta relación entre las vacunas y el autismo. Como se supo después, estaba gravemente manipulado y progresivamente algunos firmantes del artículo fueron retirando su apoyo al *paper*, hasta que finalmente fue retirado por la revista. Pese a esto, fue el germen del movimiento tan en boga hoy en día y contra el que se está alertando desde la comunidad científica por el peligro que supone. Finalmente se puede exponer otros casos de pseudociencias que en su día gozaron de mucho apoyo, como fueron las pulseras *Power Balance* o la frenología. Esto permitiría ver cómo muchas veces son modas pasajeras sin soporte científico.

Después, se daría a los alumnos diversos artículos extraídos de portales de internet en los que se habla de las supuestas bondades de algunas pseudoterapias que hoy en día se practican en centros de terapias alternativas (se pueden encontrar ejemplos en el Anexo II). Para ello, se podría dividir a la clase en grupos de 4 alumnos, repartir los textos y que ellos vayan marcando y discutiendo las cosas que les parezcan sospechosas. Finalmente se pondrían las conclusiones en común para tener una muestra más amplia de cómo funcionan las pseudociencias y cómo disfrazan de científicas sus ideas.

En este momento, se les pediría que empezasen a realizar la última actividad (nº 5), la creación de una nueva pseudociencia basada en estas características, de tal manera que tengan tiempo para prepararla y trabajarla mientras se realizan el resto de actividades y poder tener un *feedback* de la misma.

Actividad 3: liga de debate sobre pseudociencias u otros temas científicamente controvertidos

Una vez vistas las características de las pseudociencias se plantea una actividad de debate en la que los alumnos se tengan que poner obligatoriamente a favor y en contra de distintos temas. Para ello habría que dividir la clase en cuatro grupos, para grupos más numerosos, o en dos, para grupos más reducidos.

Durante dos sesiones, se abordarán cuatro debates (dos por sesión) en los que los distintos grupos se posicionarán forzosamente a favor o en contra de cuatro temas con cierta controversia. Se dan algunos orientativos pero que pueden ser modificados según lo observado en la Actividad 1:

- Homeopatía
- Dietas y cáncer (o dietas milagro para perder peso)
- Vacunas
- Llegada del hombre a la Luna

En cada debate, habrá dos equipos que argumenten a favor y otros dos en contra. El papel del docente es de moderador otorgando turnos de palabra y controlando que los distintos equipos hablen por igual (5 minutos en total por equipo, por ejemplo). Previamente a las sesiones de debate se dará a los alumnos unos puntos de apoyo respecto a las posiciones que han de tomar con pequeñas ideas a favor o en contra sobre las que poder ampliar sus argumentos (ejemplo en Anexo III). Así mismo, sería interesante que dentro de cada grupo se pueda disponer de ordenadores con los que buscar información durante los debates para poder rebatir ideas que expongan los equipos contrarios. Los roles dentro del grupo, que deberán rotar a lo largo de los distintos debates, se dividirían entre portavoces y buscadores de información.

En el Anexo IV se puede encontrar una posible ficha de observación con la que valorar la actividad de los distintos equipos. Es de gran interés los argumentos y las formas de argumentar que den los estudiantes para poder realizar luego una valoración de su aprendizaje y de la actividad. Estos argumentos deberían estar bien respaldados, con

una buena fundamentación teórica y bien justificados. De no ser así, se debería intentar llamar la atención al respecto a fin de corregir la argumentación de los alumnos.

Actividad 4: ¿el agua tiene memoria?

Los homeópatas afirman que el agua tiene memoria y que ésta almacena las propiedades curativas de un medicamento que ha estado previamente en contacto con el agua mediante una sucesión de diluciones en serie.

Esta práctica consistiría en realizar diluciones homeopáticas, tal y como supuestamente las haría un homeópata, de distintos reactivos químicos y probar las propiedades químicas de las distintas diluciones. Las diluciones a realizar son las siguientes:

Escala C	Razón	Nota
----	1:10	Disolución de partida
1C	1:100	
2C	1:10000	
3C	1:1000000	
4C	1:100000000	
30C	1:10 ⁶⁰	Disolución defendida por el creador de la homeopatía como la más efectiva en la mayoría de los casos.
200C	1:10 ⁴⁰⁰	Disolución del popular remedio homeopático para la gripe Oscillococcinum.

Se podrían utilizar varios compuestos químicos:

- *Bicarbonato*: utilizado como antiácido para el estómago habitualmente. Se podría medir su pH o hacerlo reaccionar con un ácido para ver el (no) burbujeo.

- *Permanganato de potasio*: de color fuertemente violeta serviría para ver visualmente el grado de dilución. Se podría hacer reaccionar frente a yoduro de potasio por ejemplo.

Actividad 5: creación de una pseudociencia o dieta milagro

La última actividad, que además podría servir de evaluación, sería la invención por parte de los alumnos de una nueva pseudociencia o una dieta milagro, haciendo uso de las características trabajadas anteriormente. Pese a su intención humorística, puede servir de ayuda este artículo web de Ramírez (2017). Los alumnos se dispondrían en parejas o tríos y habrían de elaborar un folleto informativo (un tríptico por ejemplo) sobre la pseudociencia que hayan inventado, así como realizar una pequeña y breve exposición en clase tratando de vender el producto a los demás compañeros.

Para ello tendrían que inventar un nombre creativo, cómo actúa y por qué, cuáles son sus orígenes y descubridores, etc.

En el Anexo V aparece una rúbrica que puede servir de orientación para corregir la actividad, además de facilitar a los alumnos su labor en tanto que pueden ver donde focalizar sus esfuerzos y qué se espera de ellos.

Propuesta de mejora y reflexión final

Propuesta de mejora

Este trabajo no ha podido ser puesto en marcha en la práctica real. Sin embargo es fácil identificar posibles puntos débiles del mismo. El primero y, creo, más importante es el componente emocional implicado en la creencia en las pseudociencias. Habría que prestar especial atención a este factor y tenerlo en cuenta para posibles revisiones. Una posible mejora en este aspecto sería indagar más en la historia de las distintas pseudociencias, tratando de conocer su origen y la procedencia de su popularidad. Por ejemplo, la homeopatía tuvo un gran éxito en sus orígenes debido a que en la medicina todavía se usaban como tratamiento las sangrías. Obviamente, cualquier alternativa tenía buen recibimiento y ganó popularidad rápidamente. Este tipo de reflexiones pueden en mi opinión trastocar ese componente emocional que nos empuja en ocasiones a este tipo de creencias y nos ciega frente a argumentos racionales.

Especial inquietud me produce la actividad del debate en tanto que los derroteros a los que puede llevar son inciertos. De nuevo en los debates confluye el factor emocional con el carisma de los alumnos que debatan, lo que puede llevar a que éstos tengan más poder de ganar el debate que los propios argumentos, por muy buenos que éstos sean. Por ello, es importante el papel docente aclarando conceptos y moderando el debate de tal manera que se desarrolle propiamente.

En cuanto a la creación de una nueva pseudociencia, si sale bien y hay “invenciones” originales se podría llegar a ampliar la actividad mediante la creación de perfiles en redes sociales a fin de observar si son capaces de captar seguidores.

Fuera de este proyecto quedan otros factores que considero importantes como el efecto placebo (estrechamente relacionado a los experimentos de doble ciego) o la relación causa-efecto (y la ilusión de que algo puede ser beneficioso que esta relación nos puede hacer llegar a creer). Sin duda son factores a incorporar en futuras actividades relacionadas con este proyecto.

Reflexión final

En este proyecto didáctico he intentado abordar el tema de las pseudociencias en el aula. Existe muy poca bibliografía al respecto sobre cómo tratarlo. Aunque sean numerosas las referencias que recogen una serie de recomendaciones para afrontarla y la incidencia que tienen entre la población, pocas son las actividades concretas que se pueden encontrar para realizar en el aula. Las razones pueden ser varias. Por un lado, la pseudociencia no aparece como contenido en los currículos con lo que no se trata de forma explícita. Por otro lado es un tema muy difícil de tratar, debido al componente emocional que tiene. Es difícil secuenciar unos objetivos con sus correspondientes actividades para conseguir llegar a un fin claro. Es más, es difícil determinar siquiera este punto final (¿el objetivo final es el rechazo total a las pseudociencias? ¿nos conformamos con que reflexionen sobre ellas?). Con esta serie de actividades no pretendo tratar de convencer a nadie del engaño que suponen las pseudociencias, sino dotar a los estudiantes de sus propias herramientas para poder desenmascarar dichos engaños mediante la mejora de su capacidad para debatir y encontrar argumentos a favor y en contra del tema a tratar y mediante la percepción de cómo muchos textos nos confunden con el objetivo perverso de convencernos de algo

que es manifiestamente falso. En definitiva, busco que piensen de forma crítica y no se dejen llevar.

Considero que un punto fuerte de este proyecto es el trabajo de la competencia lectora, posiblemente una de las grandes olvidadas en las asignaturas científicas. Es importante leer y, más importante aún, es pensar de forma crítica sobre lo que leemos. Creo que esto se ha de trabajar en las distintas asignaturas con sus respectivas peculiaridades, tal y como se recoge en la legislación. Queda en el tintero la realización de otro tipo de actividades, como los cuestionarios CRITIC, que sin duda reforzarían esta competencia en los alumnos.

En lo personal, he disfrutado mucho pensando sobre este proyecto. Las pseudociencias, y las ideas alternativas en general, es un tema que me interesa bastante y en ocasiones me he sentido frustrado al hablar sobre él con gente cuya posición era favorable a las pseudociencias, ya que es un debate difícil de manejar desde el plano racional. Por eso, creo que la mejor herramienta para combatirla es dotar a los alumnos de sus propias armas para que ellos mismos puedan hacerlo internamente.

Referencias

- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). (2017). Octava encuesta de percepción social de la ciencia y la tecnología - 2016. Nota de prensa. Madrid: FECYT. Recuperado el 26/12/2018 de <https://www.fecyt.es/es/noticia/crece-el-interes-de-las-mujeres-por-la-ciencia-y-la-tecnologia>
- Good, R. (2012). Why the study of pseudoscience should be included in nature of science studies. En M.S. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research* (pp. 97-106). Springer Netherlands.
- Lundström, M., y Jakobsson, A. (2012). Students' Ideas Regarding Science and Pseudoscience in Relation to the Human Body and Health. *Nordic Studies in Science Education*, 5(1), 3.
- Pereda, O. y Raffio, V. (2018). *La culpa de los medios de comunicación en el auge de la pseudociencia*. Recuperado 20/5/2019, de <https://www.elperiodico.com/es/ciencia/20181111/culpa-medios-comunicacion-auge-pseudociencia-7137660>

Ramírez, J. (2017). *Tutorial: cómo crear tu propia pseudociencia desde casa sin esfuerzo*. Recuperado 20/5/2019, de <https://laratayelperro.wordpress.com/2017/02/23/tutorial-como-crear-tu-propia-pseudociencia-desde-casa-sin-esfuerzo/>

ANEXO I

Cuestionario inicial

Puntúa de 1 a 10 el grado de acuerdo (1 sería el mínimo y 10 el máximo) con las siguientes afirmaciones:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
La acupuntura es una terapia efectiva frente a multitud de enfermedades y dolencias.										
La homeopatía es un método efectivo de tratar problemas de salud sencillos.										
La osteopatía es un tipo de fisioterapia muy útil para tratar problemas de espalda y articulares.										
La ingesta de ciertos alimentos disminuye de forma considerable la probabilidad de padecer ciertos tipos de cáncer.										
Una copa de vino al día es saludable.										
El ciclo lunar puede afectar la salud y el comportamiento humano.										
La Tierra es plana.										
La llegada del hombre a la Luna fue un montaje.										
El signo del zodiaco puede determinar la personalidad de las personas y la compatibilidad entre ellas.										
Se puede mover objetos con la mente.										
Las vacunas no son necesarias hoy en día porque muchas enfermedades están ya erradicadas y estas vacunas presentan muchos efectos secundarios.										

ANEXO II

Ejemplos de textos pseudocientíficos para trabajar en clase:

FECOMAGNETISMO

La terapia fecomagnética es un enfoque de la salud desde una perspectiva holística, que contempla la enfermedad como un proceso natural que no hay que combatir, sino comprender, para lograr el restablecimiento de la salud, sustituyendo al anticuado paradigma sostenido por la medicina academicista. Este sistema terapéutico fue desarrollado por dos doctores a partir del 2004. Hugh Nielsen, especialista en biomagnetismo, estaba estudiando como afectaba la urea a los diferentes pacientes, y Leslie Laurie, especialista en terapias alternativas y homeopatía, estudiaba la combinación de ambos procesos. En esta terapia se utilizan potentes mezclas homeopáticas de residuos corporales imantadas, para combatir parásitos, bacterias, hongos, virus y otros gérmenes que son la causa de diversas enfermedades, basándose todo ello en terapias perfectamente descritas como el biomagnetismo y la homeopatía. Estos doctores desarrollaron toda una nueva tecnología a partir de su descubrimiento, y crearon un centro de investigaciones médicas para esta nueva terapia, los centros Byethost-7. Para ver más información científica acuda al apartado de referencias.

El sistema consiste en la existencia de puntos de energía alterados en el organismo humano, que en conjunto provocan una enfermedad. Como todos sabemos, nuestro cuerpo es un continuo. Lo que afecta al corazón puede manifestarse en las extremidades, y un daño en el cerebro manifestarse en cualquier parte del cuerpo. Las enfermedades se localizan en los órganos o en tejidos en desequilibrio entre cargas positivas y negativas. Y, tal y como ha demostrado la terapia biomagnética del doctor Issac Goiz, si se corrige la alteración iónica, desaparece el problema, ya que se retorna al punto de equilibrio.

LA INFLUENCIA DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS EN EL CUERPO HUMANO. BIOMAGNETISMO

INFORMACIÓN OBTENIDA DE [LA PÁGINA MEDICAL AUTHORITY ON MAGNETIC FIELD THERAPY](#)

Para comprender mejor cómo el cuerpo interactúa y responde a los campos magnéticos, debemos considerar que **nuestro cuerpo es electromagnético**.

Los campos magnéticos internos del cuerpo son generados por la **extraordinaria cantidad de actividad eléctrica interna** que mantiene a nuestros cuerpos con vida.

Estos campos biomagnéticos interactúan con todos los demás campos magnéticos del planeta y **controlan nuestra química básica**.

El cuerpo adulto está compuesto por más de 70 billones de células individuales, sin contar con los millones de bacterias que transportamos en nuestro intestino.

Cada uno de esos billones de células lleva a cabo **varios miles de procesos metabólicos por segundo**. Para que ese nivel de complejidad funcione sin problemas, debe haber una **gran cantidad de comunicación entre y dentro de estos billones de células**. Afortunadamente, nuestras células están programadas para este tipo de comunicación y pueden realizar cambios en una fracción de segundo cuando sea necesario.

El cuerpo humano produce una actividad eléctrica compleja en varios tipos diferentes de células, incluidas las neuronas, las células endocrinas y las células musculares, todas llamadas **"células excitables"**. Como toda electricidad, **esta actividad también crea un campo magnético**.

Los campos biomagnéticos del cuerpo, aunque extremadamente pequeños, se han medido con técnicas que incluyen **magnetoencefalografía (MEG)** y **magnetocardiografía (MCG)**.

LA ACUPUNTURA Y SUS BENEFICIOS

El término acupuntura describe un conjunto de procedimientos que implican la estimulación de ciertos **puntos anatómicos** utilizando variedad de técnicas. La variante de acupuntura que se aplica con más frecuencia, y cuyos **posibles efectos beneficiosos se han estudiado con mayor profundidad**, es la variante en la que se insertan finas agujas en la piel, en determinados **puntos estratégicos**, con el objetivo de **aliviar una amplia gama de patologías**.

La acupuntura ha sido **practicada en China** y otros países asiáticos **durante miles de años**. Hoy en día, es una terapia muy conocida también en el mundo occidental, **millones de personas recurren** a la acupuntura como una terapia alternativa, para aliviar distintas afecciones y **mejorar su calidad de vida**. **Según algunos estudios** realizados, la acupuntura **podría ser efectiva** para el tratamiento de:

- Dolores lumbares crónicos.
- Osteoartritis de rodilla.
- Dolores de cabeza, migrañas.
- Síndrome de túnel carpiano.
- Fibromialgia.
- Calambres menstruales.
- Dolores a nivel de cuello, contracturas.

FLORES DE BACH

Las Flores de Bach son una serie de **esencias naturales** utilizadas para tratar diversas situaciones emocionales, como miedos, soledad, desesperación, estrés, depresión y obsesiones. Fueron **descubiertas por Edward Bach** entre los años 1926 y 1934.

El **Dr. Bach** era **un gran investigador, además de médico** y homeópata. Experimentó con diversas flores silvestres nativas de la región de Gales, en Gran Bretaña, de donde él era originario, hasta encontrar 38 **remedios naturales**, cada uno con **propiedades curativas para distintos problemas emocionales**. A estas 38 flores se les llaman Flores de Bach.

Su teoría era que las enfermedades físicas tienen un origen emocional, y que si los conflictos emocionales subsisten por mucho tiempo, la enfermedad del cuerpo empieza a aparecer, Sin embargo, al restaurar el equilibrio emocional se resuelve la enfermedad física. Fue de esta forma que desarrolló la Terapia de las emociones.

Después de más de 70 años, las Flores de Bach han sido probadas como un magnífico sistema para tratar los problemas físicos, mentales y emocionales de los seres vivos.

REIKI

Una sesión de Reiki puede durar aproximadamente cuarenta y cinco minutos y el paciente permanecerá acostado en una camilla, descalzo y vestido. Durante la sesión se utiliza música suave y aromas como incienso o esencias (aromaterapia).

Se colocan las manos sobre una serie de ubicaciones en el cuerpo y la Energía Reiki fluye.

Durante un tratamiento, se siente una relajación profunda, una gran sensación de paz. Muchas personas se quedan dormidas, cosa que no influye para nada en el resultado final, algunas sienten un cosquilleo, calor o frío en diferentes partes del cuerpo según fluye la energía, otras personas ven colores, experimentan una sensación de «flotar» o sienten emociones que salen a la superficie y otras no sienten nada y no por ello el Reiki no está funcionando.

Se pueden hacer sesiones individuales para obtener una profunda relajación y sensación de bienestar momentáneo o bien el tratamiento de cuatro sesiones donde se trabaja más a fondo para sacar al paciente de algún estado de desarmonía.

Al finalizar este tratamiento se podrán tomar sesiones individuales con la frecuencia que el paciente necesite

Se aumentan tu energía y tus ánimos, dándote un punto de vista más positivo sobre la vida. Situaciones anteriores de estrés parecen no preocuparte como antes.

Muchos pacientes tras recibir sus primeras sesiones experimentan unos cambios que pueden resultar molestos. Es habitual, que en los días siguientes a la sesión se puedan tener sensaciones de náuseas, vómitos, diarrea, dolor de garganta o simplemente se pase una semana enfadado o de sentimientos a flor de piel. Entonces esta persona piensa que el Reiki le ha ido mal y que está peor que antes de empezar las sesiones. Esto es lo que se llama una crisis de sanación.

ANEXO III

Ideas para Liga de debate

VACUNAS:

A FAVOR....

- Salvan vidas
- Inmunidad de grupo
- Enfermedades erradicadas
- Seguridad demostrada

EN CONTRA....

- Efectos secundarios
- Estudios que lo relacionan con autismo
- Negocio
- ¿Son seguras?

ANEXO IV

Ficha de observación para Liga de debate

EQUIPO _____

TEMA _____

	MAL	ACEPTABLE	EXCELENTE
1. Debate de forma ordenada respetando los turnos de palabra.			
2. Es capaz de dar argumentos a favor y en contra de la posición que le toca defender a lo largo de los debates.			
3. La argumentación es sólida y convincente.			

ANEXO V

Rúbrica de corrección de la actividad final

	EXCELENTE	ACEPTABLE	NECESITA MEJORAR
NOMBRE DE LA PSEUDOCIENCIA INVENTADA	El nombre es original.	El nombre es original pero se parece a alguna pseudociencia ya existente.	El nombre ya existe.
CARACTERÍSTICAS	El folleto informativo recoge 3 o más de las características más reconocibles de las pseudociencias.	El folleto informativo recoge 1-2 características de las pseudociencias.	El folleto informativo no tiene ninguna de las características trabajadas en clase.
VOCABULARIO	El folleto informativo tiene un vocabulario sofisticado que dota al trabajo de apariencia científica.	El vocabulario usado es en ocasiones sofisticado, dando cierta apariencia científica.	El folleto informativo tiene un vocabulario pobre.
ORTOGRAFÍA	El folleto informativo no presenta faltas de ortografía.	El trabajo presenta algún error de acentuación o puntuación.	El folleto informativo tiene faltas graves de ortografía (b/v, y/ll, etc.)
PRESENTACIÓN EN CLASE	Los alumnos no usan soportes físicos durante la exposición.	Los alumnos se ayudan de un soporte físico pero exponen hablando a la clase.	Los alumnos exponen leyendo directamente de un papel.
DISEÑO Y ESTILO	Tanto la presentación como el folleto informativo presentan un diseño y una estética cuidada.	El diseño y la estética están cuidados sin resultar especialmente llamativos.	El diseño del folleto informativo y de la presentación es pobre y poco llamativo.

El cambio climático como problema global: un enfoque a través del debate y la práctica

Hugo García Juan (Física y Química)

Introducción y objetivos

Desde la comunidad científica se viene alertando desde hace décadas de un cambio climático debido al aumento en la atmósfera de los llamados gases de efecto invernadero. Éstos provocan el denominado calentamiento global, que consiste en el aumento sostenido de las temperaturas globales a lo largo de los años. Pese a que existe un acuerdo prácticamente unánime en la comunidad científica de que este calentamiento global se está produciendo a causa del aumento de la concentración de CO₂ atmosférico desde el inicio de la Revolución Industrial hasta nuestros días provocado por la quema de combustibles fósiles para la obtención de energía, todavía existen voces discordantes que, por mera ignorancia e irracionalidad, niegan este problema. Entre estos negacionistas del cambio climático podemos encontrar políticos ilustres de la talla de Donald Trump o Jair Bolsonaro, que se niegan a aceptar las evidencias que apuntan al factor humano en este calentamiento global retrasando así la puesta en marcha de medidas que pudieran ayudar a combatir este problema. Es por ello importante que las sociedades estén concienciadas de este problema. Por otro lado, en los últimos meses, hemos podido ver jóvenes activistas de todo el mundo manifestándose para reclamar medidas contra el cambio climático. Así pues, considero importante seguir concienciando desde los centros educativos a los jóvenes que, sin duda, vivirán este problema en sus carnes y habrán de actuar para paliarlo. Para ello, puede ser de interés el desarrollo de nuevas actividades que ayuden a construir modelos adecuados en torno al problema del cambio climático, sus causas, sus consecuencias y sus posibles soluciones, dado que es bien sabido que suelen existir ciertos problemas al respecto (García-Rodeja y Lima, 2012).

Los objetivos del trabajo serían dos principalmente. El primero, dar una visión científica global sobre la ciencia del cambio climático y el origen antropogénico del mismo. El segundo, generar un debate de ideas que haga dudar a los alumnos de sus posiciones iniciales, fomentando así su capacidad crítica y de buscar argumentos a favor y en contra sobre los distintos temas a tratar.

Metodología y resultados

Este trabajo ha sido desarrollado en una clase de la asignatura de Cultura científica de 1º de Bachillerato de la rama de CCSS formada por 12 alumnos (11 alumnas y 1 alumno). Las actividades diseñadas se han llevado a cabo en tres sesiones: una sesión teórica (con el objetivo de exponer de forma divulgativa la ciencia que hay detrás del cambio climático y su origen antropogénico), una sesión de exposición de los trabajos realizados con un posterior debate y, finalmente, una sesión práctica para experimentar con distintos conceptos relacionados con el cambio climático.

Previamente a la primera sesión, al final de la clase del día anterior concretamente, se entregó unos alumnos un cuestionario inicial anónimo (Anexo I), en el que tenían que elegir la frase con la que más de acuerdo estaban respecto de cuatro temas que iban a ser tratados en clase, ya fuera en la teoría o en los trabajos que los propios alumnos realizaron. Se hizo especial énfasis en que fueran sinceros y no contestasen lo que ellos pudieran creer políticamente correcto. Estos temas o cuestiones serían los siguientes:

5. ¿Existe el cambio climático y, en caso de existir, es culpa del ser humano o de otro tipo de factores?
6. ¿Qué consecuencias tiene el cambio climático? ¿Afecta sólo al clima o tiene implicaciones incluso de nivel económico y político?
7. ¿La energía nuclear puede ser de ayuda para mitigar el cambio climático debido a sus reducidas emisiones o, por el contrario, ésta no ha de usarse nunca debido a sus problemas?
8. ¿Las energías renovables no son tecnológicamente viables aún como única fuente de energía o sí que lo son pero existe una falta de voluntad para implantarlas?

Las respuestas fueron planteadas de tal manera que impliquen un mayor o menor grado de acuerdo, es decir, que permitieron obtener una puntuación entre 1 y 4 que nos permite situar las respuestas en el eje que cruza a las posturas opuestas, siendo 1 y 4 los extremos 2,5 una posición intermedia. Los resultados obtenidos se recogen en la siguiente tabla:

<i>Tema</i>	<i>Puntuaciones obtenidas</i>												<i>Puntuación media</i>	<i>Nota aclaratoria</i>
Cambio climático y causas	4	4	4	3	3	2	2	4	3	3	4	4	3,3	1 implicaría negacionismo absoluto, mientras que 4 implicaría creencia en el cambio climático y su origen antropogénico
Consecuencias	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3,3	1 implicaría que no tiene consecuencias y 4 que tiene consecuencias graves, incluso conflictos bélicos
Energía nuclear	3	3	4	3	4	3	3	3	3	2	3	3	3,1	1 quiere decir pronuclear y 4, antinuclear
Energías renovables	2	4	4	3	2	3	2	2	2	3	4	3	2,8	1 significa considerar que las energías renovables no están lo suficientemente desarrolladas, mientras que 4 significa que sí lo están y que es falta de voluntad política

Se puede apreciar como inicialmente ya muestran un acuerdo con la teoría del cambio climático (solo dos alumnos apuntaron que aunque haya indicios es pronto para valorarlo, esto era la opción 2), aunque hay alumnos que no terminan de ver claro el origen antropogénico del mismo (opción 3). Por otro lado, son conscientes de que tiene consecuencias graves que van más allá del aumento de las temperaturas. En cuanto a la cuestión energética, son mayoritariamente antinucleares. En cuanto a las energías renovables, cuya puntuación es la que más cerca queda del punto medio, hay una división entre los que creen que aún presentan problemas de uso generalizado y los que creen que ya están listas para ser la única fuente de energía.

Una vez analizado el cuestionario inicial se realizó la sesión teórica, cuyo objetivo principal es explicar en qué consiste exactamente el cambio climático –y el efecto invernadero- y toda la evidencia científica que explica el origen antropogénico del mismo. Para ello fue especialmente útil dos vídeos del *youtuber* y divulgador científico Quantum Fracture en colaboración con Iberdrola, en los que explica de forma divulgativa muchos

aspectos interesantes sobre el cambio climático adecuadamente documentado y soportado en literatura científica. Así pues, partiendo de la pregunta “¿Existe el cambio climático realmente?”, la explicación se planteó para ir respondiendo preguntas que se fueron cumplimentando a la vez que se planteaba el problema a resolver en la siguiente etapa. La clase siguió el siguiente esquema:

- ¿Existe el cambio climático? → Sí, las estadísticas muestran un aumento de las temperaturas especialmente desde 1950, pero... → ¿Es debido al CO₂ tal y como se nos viene repitiendo constantemente?
- ¿El CO₂ influye en la temperatura del planeta? → Sí, así lo demuestran las series históricas desde hace cientos de miles de años, pero... → ¿El cambio climático actual podría deberse a otros factores cuya influencia pudiese ser mayor?
- ¿Qué otros factores influyen en el clima? → Se sabe que influyen también los ciclos solares y la órbita terrestre, aunque tanto los ciclos solares como los cambios en la órbita terrestre que pueden provocar cambios climáticos significativos son muy lentos como para provocar un cambio tan rápido como el actual. Esto los descarta como desencadenantes del cambio climático actual y apunta al CO₂ únicamente, pero... → ¿El aumento de CO₂ es culpa del ser humano o puede deberse a fenómenos naturales como los volcanes o la deforestación?
- ¿Qué origen tiene el aumento en la concentración de CO₂? ¿Puede tener origen natural? → Podría ser, pero los estudios isotópicos del CO₂ atmosférico demuestran que provienen de seres vivos muertos hace miles de años, lo que indica que el aumento de éste se debe a la quema de combustibles fósiles principalmente.
- En conclusión, se está produciendo un calentamiento del planeta provocado por CO₂ de origen antropogénico.

El objetivo de esta clase no fue que los alumnos aprendiesen todos los pormenores de la ciencia del cambio climático, sino exponer a nivel divulgativo pero con rigor científico su esencia, a fin de que vean por qué existe tal unanimidad entre la comunidad científica a propósito del cambio climático.

Para la siguiente sesión (que finalmente se prolongó durante parte de la tercera) se planteó la búsqueda de información sobre seis temas relacionados con el cambio climático: energía nuclear, energías renovables, el coche eléctrico, salud y cambio climático, agricultura y ganadería, y economía. El objetivo fue que los alumnos expusieran ante sus compañeros las conclusiones más relevantes sobre estos temas, presentando argumentos a favor y en contra (cuando procediese) generando un debate de ideas sobre estos temas tan cruciales. Mi papel en estos debates fue de moderador a la vez que también formé parte del debate intentando dar el contrapunto a la idea manifestada en un momento determinado con el objeto de generar debate. Durante este debate los alumnos, en su mayoría, mostraron claridad y diversidad de ideas y argumentos. Éste se produjo de forma sosegada y se pudieron ver posturas y opiniones muy interesantes. A continuación voy a enumerar algunas de las ideas que me parecieron más interesantes de entre las planteadas para los distintos temas:

- Energía nuclear: los alumnos se mostraron muy escépticos respecto a su utilización principalmente por la problemática en el tratamiento de los residuos nucleares y la posibilidad de accidente nucleares como el ocurrido hace pocos años en Fukushima. Consideraron que es hipotecar el futuro haciendo que futuras generaciones se tengan que hacer cargo de estos residuos con los

riesgos que ello entraña. Por otro lado, valoraron positivamente sus menores emisiones de gases de efecto invernadero y la posibilidad de su uso como fuente de energía durante la transición hacia el uso total de las energías renovables.

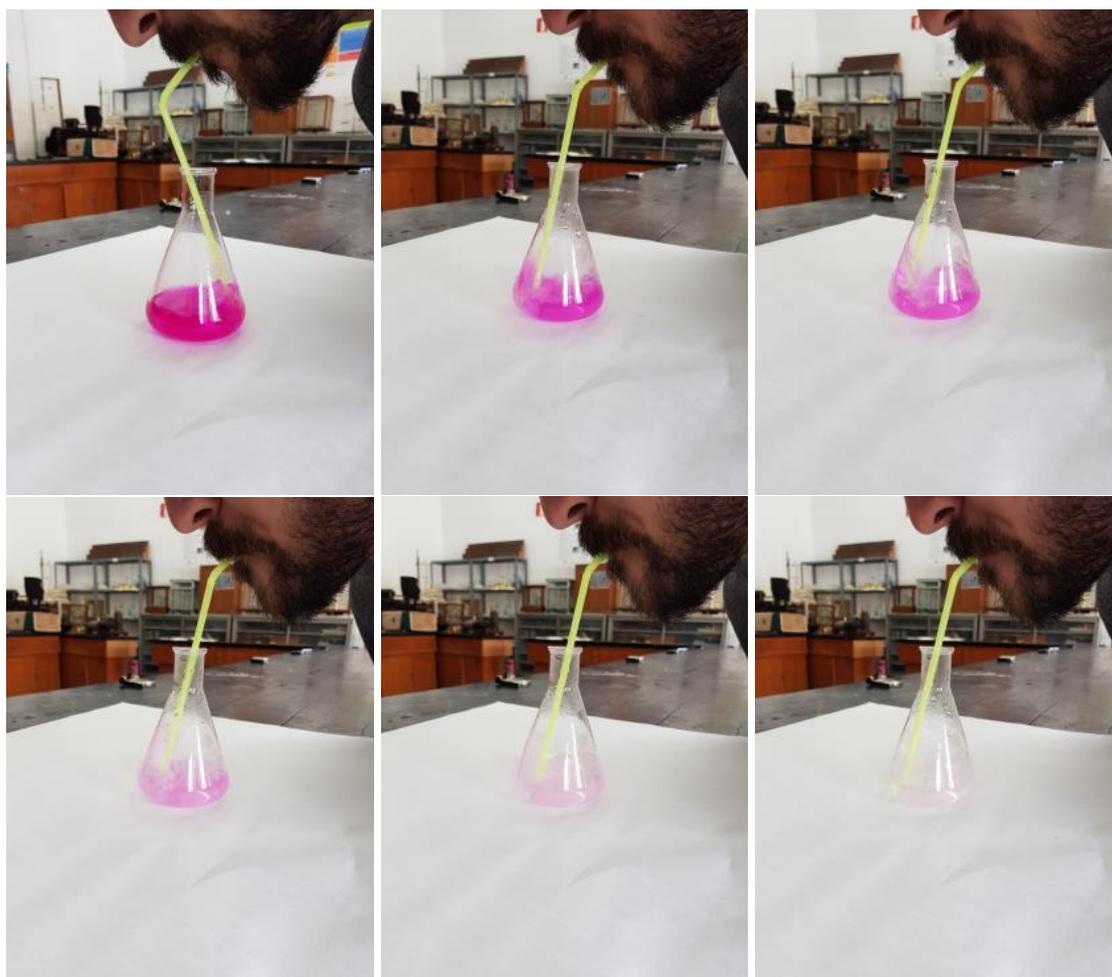
- Energías renovables: parte de los alumnos manifestaron que en su opinión las energías renovables podrían ser ya la única fuente de energía del planeta. Surgió la problemática de su disponibilidad intermitente y su difícil almacenamiento. Según una alumna sería cuestión “de conectar la red eléctrica de forma adecuada” para que el exceso de energía producido en un sitio abastezca a otro deficitario en un momento dado. Apuntaron además la posibilidad que presenta la energía hidroeléctrica de ser almacenada mediante el bombeo de agua a mayores alturas cuando hay excedentes de energía, tal y como se hace en la zona de Canfranc y Villanúa. También hicieron hincapié en la necesidad de “investigar” más para mejorar las tecnologías de almacenamiento.
- Coche eléctrico: se valoró lo beneficioso que puede ser para las grandes ciudades en donde la contaminación por motores de combustión es un grave problema. Sin embargo, su limitada autonomía se valoró negativamente, así como la posibilidad de que si la electricidad con la que se mueve el coche proviene de fuentes no renovables, no supone un avance significativo. Apunté también lo relativo de su sostenibilidad en tanto que se explotan minas para la obtención de metales necesarios para fabricar las baterías, así como lo difícil que es el desarrollo de baterías mejores que las actuales, ante lo cual los alumnos de nuevo mostraron compromiso con la necesidad de investigar más.
- Salud y cambio climático: se apuntó cómo los fenómenos climáticos extremos provocan muertes y cómo el aumento de temperatura y consiguiente cambio en el clima de determinadas regiones puede traer especies de mosquitos que actúan como vectores de enfermedades como el dengue a zonas donde estas enfermedades no estaban presentes. También se dijo que supone un problema en lo que respecta al agua. Cada vez hay más zonas desérticas y, por otro lado, el aumento de las temperaturas puede provocar la proliferación de bacterias en el agua que provoquen problemas de salud.
- Agricultura y ganadería: las alumnas encargadas de este tema no realizaron una búsqueda todo lo profunda que hubiera sido deseable y el debate por su parte no fue tan interesante como en los casos anteriores. Sin embargo, me pareció interesante la concienciación que algunos alumnos tenían con el consumo de productos de temporada y de proximidad como forma de reducir las emisiones de CO₂. También se remarcó en gran número de especies que hay en peligro de extinción a causa del cambio climático.
- Economía y conflictos: las alumnas remarcaron cómo vivimos en una economía basada en el consumo y cómo este consumo lleva aparejado indisolublemente las emisiones de CO₂. En su opinión, urge cambiar estos hábitos. Señalaron cómo el control sobre ciertos recursos puede desencadenar conflictos y problemas en ciertas regiones del planeta y cómo el cambio climático puede afectar a regiones pobres y a sus ya maltrechas economías. También fue interesante el debate que surgió a propósito del trabajo que generan unas energías y otras y la difícil transición de unas a otras. Se puso como ejemplo Andorra, cuya planta y minas están en proceso de cerrar lo que amenaza seriamente la economía del municipio y de sus habitantes, a pesar de

los múltiples planes que se han desarrollado para intentar dar trabajo a las gentes del lugar.

Este trabajo había de ser entregado por escrito en la tercera y última sesión. Se diseñó una rúbrica con la que evaluarlo (Anexo II). Sin embargo, el trabajo sobre la energía nuclear no fue entregado a tiempo y en cuatro de los otros cinco trabajos fue detectado plagio de sendas páginas webs. Es por esto que se les ha dado un *feedback* a todos los alumnos para que puedan corregir y mejorar sus trabajos, excepto en uno que ha de ser repetido por completo –agricultura y ganadería– por ser un copia-pegar entero de la correspondiente entrada de Wikipedia.

En la última sesión, además de finalizar los debates, se llevaron a cabo varias experiencias prácticas cuyo objetivo fue visualizar ciertos fenómenos relacionados con el cambio climático (Anexo III).

La primera de ellas pretendía trabajar el concepto de sumidero de CO₂. Para ello, los alumnos, al entrar en clase, encontraron unos matraces Erlenmeyer en sus puestos con una disolución rosa que contenía una pequeña concentración de sosa y fenolftaleína (rosa a pH básico), dato que los alumnos desconocían. Se les pidió que soplasen durante unos segundos en ellos con ayuda de unas pajitas. A consecuencia del borboteo de aire, que contiene CO₂, la sosa se consumió, el pH disminuyó y el indicador viró, haciendo desaparecer el color rosa, tal y como se aprecia en la imagen.

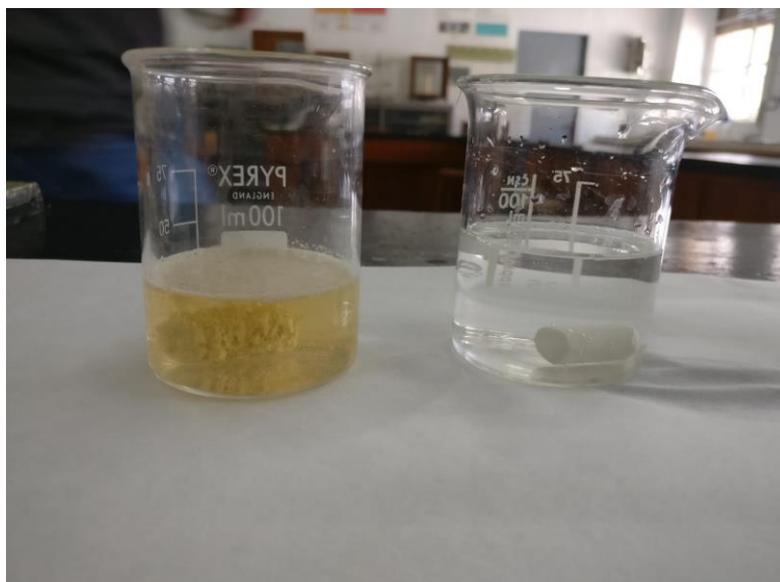


Esta experiencia se planteó desde el punto de vista de la indagación. Se le pidió a los alumnos que planteasen lo que estaba ocurriendo y a qué podía ser debido. Surgieron ideas como que al soplar el colorante “se evaporaba”, que era “como lo de la col” (en alusión al experimento de indicador de pH universal hecho de col lombarda, presumiblemente hecho en cursos previos) o que “era algo por el oxígeno”. Pronto surgió la posibilidad del CO₂ como causante del fenómeno, aunque se dejó más tiempo para la elucubración. Una vez se concluyó definitivamente que el CO₂ era el causante del fenómeno se pidieron ideas sobre el papel que jugaba en el cambio de color. Los alumnos pronto acudieron al concepto del pH, posiblemente por su experiencia previa con la col lombarda, aunque no tenían claro el concepto de escala de acidez. Tras una breve explicación sobre el comportamiento ácido del CO₂ al ser disuelto en el agua, se detalló la importancia que tiene esto en lo que concierne al cambio climático. Se explicó el concepto de sumidero –nuevo para ellos en su mayoría tal y como quedó luego reflejado en los cuestionarios finales-, su importancia y cómo los principales son los océanos y los bosques, en este orden. Se mostraron sorprendidos de que los océanos pudieran ejercer este papel, posiblemente porque tradicionalmente se hace énfasis en los bosques como útiles para contrarrestar las emisiones de CO₂. También se reseñó como el aumento de CO₂ atmosférico puede provocar la acidificación de los océanos, pudiendo dañar al plancton que, en definitiva, es el que fija el CO₂ mediante la fotosíntesis, contribuyendo a disminuir su concentración en la atmósfera. Por otro lado, el aumento de las temperaturas hace que la solubilidad de los gases disminuya, haciendo que el efecto sumidero de los océanos decrezca, siendo esto un problema para combatir el aumento de CO₂ atmosférico.

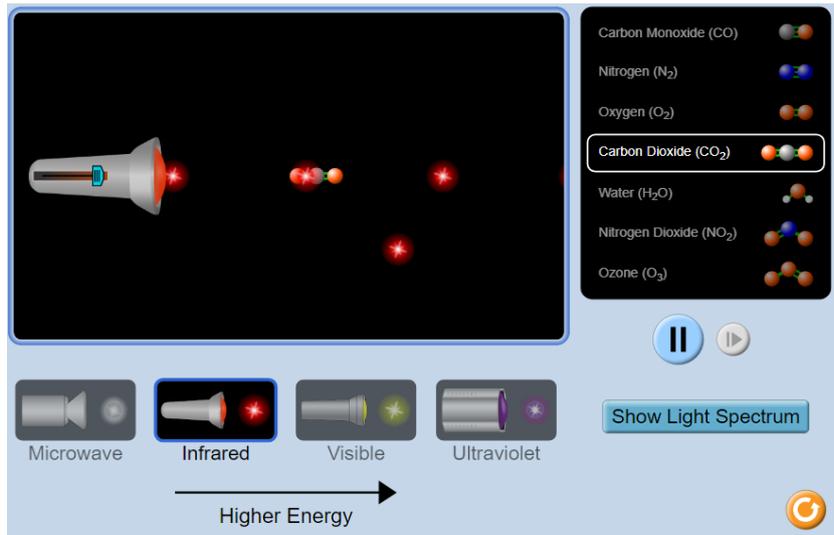
Una segunda experiencia consistió en simular un efecto invernadero en el laboratorio basándonos en un experimento del canal de YouTube ‘CienciaBit’. Para ello, se borboteó CO₂ dentro de un Erlenmeyer, se introdujo un termómetro con sonda y se cerró. Se usó otro Erlenmeyer conteniendo aire y, de nuevo, se introdujo un termómetro y se cerró. Ambos matraces se irradiaron con una lámpara infrarroja con el objetivo de que, debido a la capacidad de absorber la radiación infrarroja, la temperatura del matraz que contenía este gas aumentase más su temperatura que el otro. Aunque esto sucedía así en el vídeo, no se logró reproducir el experimento en clase. Aun así, se explicó el fundamento del experimento y cómo es esta capacidad de “atrapar” la radiación infrarroja que se refleja en la Tierra la responsable del efecto invernadero.



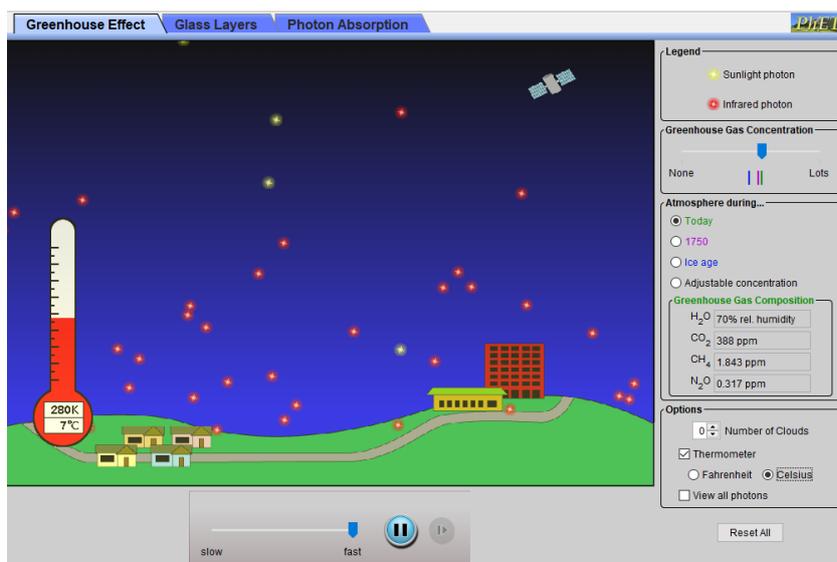
La tercera y última experiencia que se pudo llevar a cabo fue la de disolver una tiza con vinagre, que dio pie a hablar de la lluvia ácida. A modo de comparación, otra tiza se introdujo en un vaso con agua para comprobar la diferencia evidente entre una y otra. Este fenómeno está ligado al cambio climático en tanto que es otra consecuencia de la quema de combustibles fósiles. Se discutió cómo afecta a bosques “quemándolos” y dañándolos provocando deforestación, lo que desencadena más emisiones de CO_2 , y a monumentos y formaciones geológicas, que son atacados por esta lluvia ácida. En particular, se comentó que esto afecta al carbón principalmente y cómo el presente en las minas de Andorra era especialmente rico en azufre, provocando lluvia ácida en otras regiones del continente.



Quedaron en el tintero unas simulaciones de ordenador diseñadas por la Universidad de Colorado, que venían a completar lo trabajado en clase. Una de ellas era sobre la absorción de distintas longitudes de onda por parte de distintos gases que se encuentran en la atmósfera (metano, ozono, etc.). El objetivo sería hablar de los distintos componentes de la atmósfera y cómo están relacionados con distintos problemas medioambientales, entre los que se encuentra el cambio climático. De esta manera se podría ayudar a elaborar un modelo adecuado sobre el funcionamiento de la atmósfera y los problemas medioambientales con los que está relacionada.



Otra simulación incluida en este portal trataría sobre el cambio climático y cómo la concentración de gases de efecto invernadero afecta a la temperatura global. La simulación permite comparar las condiciones atmosféricas en distintos momentos de la Historia, como son la época actual, la época preindustrial o las edades de hielo. Una vez elegidas estas condiciones, se ve como llegan los fotones de luz solar y algunos son reflejados en forma de fotones de radiación infrarroja. Esta radiación vuelve al suelo, o no, dependiendo de la cantidad de gases de efecto invernadero que hayamos puesto, afectando así a la temperatura.



Se podría trabajar incluso una tercera sobre glaciares, para explicar su dinámica y cómo muchos de ellos se encuentran casi derretidos por completo a causa del cambio climático.

Discusión y consideraciones finales

Cuestionario final y evaluación del proyecto

Una vez finalizadas las sesiones se repitió el cuestionario inicial realizado antes de las mismas, así como se les pidió que anotasen qué cosas habían aprendido y diesen una opinión breve sobre su aprendizaje. Los resultados del cuestionario final se recogen en la siguiente tabla junto con los datos obtenidos en el cuestionario inicial:

<i>Tema</i>	<i>Puntuaciones obtenidas (en este caso faltó una alumna)</i>												<i>Puntuación media (entre paréntesis la media inicial)</i>	<i>Nota aclaratoria</i>
Cambio climático y causas	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	3	-	3,5 (3,3)	1 implicaría negacionismo absoluto, mientras que 4 implicaría creencia en el cambio climático y su origen antropogénico
Consecuencias	4	3	3	4	4	3	4	4	3	4	3	-	3,5 (3,3)	1 implicaría que no tiene consecuencias y 4 que tiene consecuencias graves, incluso conflictos bélicos
Energía nuclear	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	-	2,8 (3,1)	1 quiere decir pronuclear y 4, antinuclear

Energías renovables	4	4	2	4	4	3	2	3	3	2	3	-	3,1 (2,8)	1 significa considerar que las energías renovables no están lo suficientemente desarrolladas, mientras que 4 significa que sí lo están y que es falta de voluntad política
---------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----------	--

Existen modificaciones que, aunque leves, son interesantes. Parece haber aumentado la conciencia del grupo sobre el origen humano del cambio climático y sus potenciales consecuencias desastrosas. En el caso de la primera pregunta, nadie elige la opción 2 que se inclina por un cierto negacionismo del cambio climático. El apoyo a la energía nuclear aumenta un poco (esto es que baja la media), posiblemente porque durante el debate surgieron posiciones a favor de ésta debido a sus bajas emisiones de gases de efecto invernadero. Incluso un alumno/a eligió la opción 1, cosa que no había sucedido en el test inicial, y nadie elige la 4, a diferencia del primer día. Por otro lado, las energías renovables parecen ganar apoyo.

En cuanto al cuestionario sobre qué cosas nuevas habían aprendido y qué opinión le merecían las sesiones (Anexo IV), las respuestas de los alumnos han sido muy interesantes de cara a mejorar el proyecto y ver qué cosas han fallado y cuáles han funcionado. La práctica de la pajita parece haber gustado ya que numerosos alumnos señalan haber aprendido el concepto de sumidero de CO₂. Sin embargo, veo cierta confusión en lo que a la química del proceso se refiere (hay dos alumnos que confunden O₂ y CO₂, otro dice que “el CO₂ cambia el color de los ácidos”). Un alumno señala haber aprendido que el ser humano es el causante del cambio climático actual, siendo este uno de los objetivos del proyecto. Valoran también el debate que se ha generado en torno a los distintos temas que se han tratado, ya que o “los desconocían” o “les han permitido ampliar cosas que ya sabían”. Valoran positivamente “la manera en que las sesiones han sido planteadas”, que ha sido “una forma amena de aprender sobre el tema”, “que debería haber durado más” y que “ha sido una forma de dar clase más didáctica”. Hay división de opiniones al valorar el tema: a alguno le parece “aburrido”, “hay temas mejores”; para otros “no era conocido”, “ha cambiado su opinión al respecto”, “han seguido investigando”, etc. Aunque en líneas generales, se podría decir que salvo excepciones ha sido un tema interesante para ellos. La sesión práctica ha tenido buena acogida, les pareció “interesante” en varios casos y muestra de ello es que, como ya he dicho, muchos alumnos señalaron haber aprendido qué era un sumidero de CO₂.

Propuesta de mejora

Este proyecto tiene evidentes posibilidades de mejora. En primer lugar son necesarias más sesiones. En mi opinión, serían necesarias 5-6 sesiones, dependiendo del grado de avance de las mismas. Creo que las sesiones de debate se deberían ampliar a tres (frente a la sesión y media que se usó), de tal manera que se debatan dos temas por día. Quizás los debates fueron demasiado frenéticos por la falta de tiempo y no se terminó de perfilar bien todo lo que rodeaba a los distintos temas, tratando algunas posiciones de manera vaga y superficial. Esto contrasta con uno de los objetivos principales del proyecto, que era que los alumnos pensasen más allá de sus ideas previas y viesen la dificultad de encontrar soluciones a los problemas que origina el cambio climático. La sesión práctica se podría ampliar a dos, introduciendo las simulaciones que no se pudieron realizar en esta ocasión así como otro tipo de experimentos que demuestren la menor solubilidad de los gases en los líquidos al aumentar la temperatura. Esto permitiría profundizar más en

la construcción de un modelo que ayude a entender mejor el funcionamiento de la atmósfera y de los sumideros de CO₂, respectivamente.

Aportación personal

Adaptando materiales ya diseñados, les he dado una forma de tal manera que me permitieran seguir los pasos que yo quería para mis explicaciones. Mi objetivo era ir un paso más allá de la tradicional enseñanza del cambio climático que se limita a relacionar concentración de CO₂ y temperatura en los últimos años, dando lugar a un modelo incompleto fuente de ideas alternativas, que en algunas personas provoca negacionismo. Por otro lado, he tenido que leer bastante a propósito de los temas que se han tratado en las clases con un objetivo muy importante: que los distintos debates no cayeran en un punto muerto en el que se produjera un acuerdo total. Para esto, constantemente he tenido que tener ideas y argumentos contrapuestos a los de los alumnos, aunque no estuviera siempre de acuerdo con ellos. Finalmente, realicé prácticas no hechas antes en el centro y que pueden ser de utilidad para trabajar tanto el cambio climático como otros conceptos relacionados con la física y la química.

Opinión y reflexión personal

En la preparación de estas sesiones he aprendido mucho, ya no sólo sobre el cambio climático, sino sobre el resto de temas que se han tratado en clase. Es interesante escuchar las opiniones y las visiones de adolescentes respecto a un tema tan crucial para el futuro del planeta.

Por otro lado, he podido comprobar la dificultad de diseñar experiencias prácticas para el laboratorio. En primer lugar, no siempre es fácil conseguir reproducir cosas ya hechas previamente. En segundo lugar, pese a salir bien, ser sencilla y llevarse a cabo adecuadamente, no tiene por qué conducir a un correcto aprendizaje de los conceptos (la confusión ‘oxígeno-CO₂’ detectada en los cuestionarios finales, por ejemplo).

Otra es que nunca llueve a gusto de todos. La mayoría de los alumnos valoraron de forma positiva las sesiones, aunque hubo un par de excepciones. Es evidente que es muy difícil diseñar actividades que capten la atención y motiven a todos los estudiantes al mismo tiempo.

La conclusión general es satisfactoria y más aun viendo el enorme margen de mejora que tiene el proyecto, que aunque reitero una vez gustó a los alumnos, está todavía un poco verde, nunca mejor dicho.

Referencias

- [CienciaBit: Ciencia y tecnología]. (4 de agosto de 2018). Efecto Invernadero. EXPERIMENTO. [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=LvdV61Q6otI>
- [CienciaBit: Ciencia y tecnología]. (13 de julio de 2014). CO₂: Experimentos para la Detección de Dióxido de Carbono. [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=PYSjYqOEyY0>

Garcia-Rodeja, I. y Lima, G. (2012). Sobre el cambio climático y el cambio de los modelos de pensamiento de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 30 (3), pp. 195-218

[Quantum Fracture]. (4 de diciembre de 2018). El Cambio Climático es Culpa Nuestra y Puedo Convencerte. [Video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=JQHtjT-_c7U

[Quantum Fracture]. (25 de octubre de 2018). Lo que Trump (y Tú) Deberíais Saber sobre el Cambio Climático. [Video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=kHb4XY5VLVc>

ANEXO I

Cuestionario inicial/final

Marca con una X la afirmación con la que más estés de acuerdo:

	El cambio climático no existe.
	Hay indicios que apuntan a que existe un cambio climático, pero es pronto para valorarlo. Hacen falta más evidencias.
	El cambio climático existe, no hay duda de ello. Es posible que sea debido a la acción humana pero también a otros factores.
	Se está produciendo un cambio climático y no cabe duda de que es provocado por la acción del hombre.

	El cambio climático no tiene por qué afectar a los seres humanos como civilización.
	El cambio climático puede afectar ciertos aspectos de la vida humana como la agricultura.
	El cambio climático no sólo afecta a la agricultura o la ganadería, sino que afecta a muchos otros aspectos.
	El cambio climático tiene consecuencias dramáticas, pudiendo desencadenar incluso conflictos bélicos.

	La energía nuclear es clave para obtener energía de forma limpia y libre de emisiones de efecto invernadero.
	La energía nuclear es clave para mitigar el efecto invernadero, pero se ha de iniciar, conforme la tecnología lo permita, una transición hacia energías renovables.
	Se ha de primar una transición hacia las energías renovables desde el modelo actual, haciendo uso de la energía nuclear sólo si fuera necesario.
	La energía nuclear no se ha de usar nunca por sus peligros y por el difícil tratamiento de sus residuos.

	Las energías renovables están muy "verdes" aún como para ser consideradas en el modelo energético.
	Las energías renovables pueden ser una fuente de energía libre de emisiones, pero todavía presentan problemas para su uso generalizado.
	Las energías renovables cada vez están más desarrolladas y es de esperar que en unos años desplacen a las actuales fuentes de energía no-renovables (combustibles fósiles y nuclear).
	Las energías renovables podrían ser ya la única fuente energética, es cuestión de poner en marcha las políticas adecuadas.

ANEXO II

Rúbrica de corrección del trabajo

	Insuficiente	Suficiente	Bien
<i>Ortografía</i>	El trabajo presenta fallos ortográficos o de redacción graves, haciendo difícil su lectura.	El trabajo presenta fallos ortográficos leves que no dificultan la lectura del mismo.	El trabajo no tiene faltas de ortografía.
<i>Redacción</i>	La redacción del texto es inconexa y el texto es farragoso de leer.	El texto presenta una redacción que permite su lectura, sin que esta sea clara y concisa.	El trabajo está bien redactado, de forma ordenada, exponiendo sus ideas de forma ordenada.
<i>Objetividad</i>	El trabajo es tendencioso y solo recoge una cierta corriente de pensamiento.	Se presentan varias corrientes de pensamiento pero se destaca una sobre las demás, dejando de lado contrargumentos de peso.	Se presentan de forma rigurosa ideas de distintas corrientes sin destacar unas sobre otras.
<i>Vocabulario</i>	El vocabulario usado es pobre.	El vocabulario usado pertenece al ámbito científico pero sigue siendo mejorable.	Se usa un vocabulario adecuado al contexto y ámbito del trabajo.
<i>Bibliografía</i>	El trabajo no tiene bibliografía.	Aparecen las fuentes bibliográficas pero éstas son de dudoso rigor.	Las fuentes utilizadas son rigurosas y pertenecen a distintas corrientes de pensamiento.

ANEXO III

PRÁCTICA SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

En esta práctica vamos a hacer una serie de experiencias prácticas y simulaciones sobre el cambio climático.

Al llegar a tu puesto, habrás encontrado un matraz Erlenmeyer con un líquido rosa. Al soplar en él con una pajita durante varios segundos habrás observado como esta coloración desaparece.

1. Discute con tus compañeros qué ha pasado y a qué puede deberse.
2. ¿Qué relación tiene este experimento con el cambio climático?

A continuación, observa la demostración del profesor. Dos Erlenmeyer aparentemente vacíos serán irradiados con una lámpara infrarroja, como las que se usan en medicina o fisioterapia. Ambos tienen un termómetro con sonda en su interior. La temperatura de uno de ellos aumentará más al encender la lámpara.

1. Discute con tus compañeros a qué se debe este fenómeno.
2. ¿Cómo nos ayuda esta experiencia a comprender el calentamiento global?

ANEXO IV

Cuestionario final

1. Nombra conceptos o ideas nuevas que hayas aprendido en estas sesiones sobre cambio climático (máximo 5):

-
-
-
-
-

2. Escribe un comentario breve (6-7 líneas máximo) sobre qué te han parecido estas sesiones en las que hemos trabajado el cambio climático (algunas ideas: ¿has aprendido cosas nuevas o has ampliado las que ya conocías? ¿qué cosas te han sorprendido más? ¿era un tema conocido ya para ti? ¿ha cambiado tu percepción al respecto?)