

**MÁSTER EN PROFESOR DE EDUCACIÓN SECUNDARIA
OBLIGATORIA Y BACHILLERATO, FORMACIÓN
PROFESIONAL Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS
ESPECIALIDAD: BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA**



Universidad de Valladolid

*APROXIMACIÓN DIDÁCTICA A LAS PSEUDOCIENCIAS Y
MITOS CIENTÍFICOS EN LOS ALUMNOS DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA*

Autor: Ana María Merino Morán

Tutor: Jaime Delgado Iglesias

Curso: 2020/2021



**APROXIMACIÓN DIDÁCTICA A LAS
PSEUDOCIENCIAS Y MITOS CIENTÍFICOS EN LOS
ALUMNOS DE EDUCACIÓN SECUNDARIA**

*DIDACTIC APPROACH TO PSEUDOSCIENCES AND SCIENTIFIC
MYTHS IN SECONDARY EDUCATION STUDENTS*

Trabajo fin de Máster presentado en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valladolid
el 19 de julio de 2021.

AGRADECIMIENTOS

Tras un año atípico y difícil para alumnos y profesores, agradecer a todos los docentes del Máster en Profesor de Educación Secundaria, tanto del módulo genérico como de la especialidad de Biología y Geología, su esfuerzo por mantener una enseñanza de calidad y accesible para todos.

Gracias a mi tutor, Jaime Delgado Iglesias. A pesar de encontrarse en un periodo de convalecencia, su afán por hacer de este un documento de calidad, ha sido siempre constante.

A mis compañeros Laura, Luis, María y Natalia, espadachines contra las pseudociencias y excelentes compañeros, me sentiré una privilegiada sin en un futuro formamos parte del mismo claustro.

ÍNDICE

LISTADO DE ABREVIATURAS.....	I
RESUMEN.....	II
ABSTRACT.....	III
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Ciencia vs pseudociencia.....	1
1.2 Estrategias de las pseudociencias.....	2
1.3 Influencia de las pseudociencias en la sociedad contemporánea.....	4
1.3.1 Legislación en el ámbito sanitario.....	5
1.3.2 Paradojas del sistema educativo.....	6
1.3.3 Las dos caras de los medios de comunicación.....	8
1.4 Cómo combatir la pseudociencia.....	10
1.4.1 Con más pseudociencia.....	10
1.4.2 Con más ciencia.....	10
1.4.3 Con más educación: naturaleza de la ciencia y pensamiento crítico.....	12
1.5 Cómo combatir las pseudociencias en el aula.....	13
2. JUSTIFICACIÓN.....	16
2.1 El sistema educativo.....	16
2.2 Los medios de comunicación y las TIC.....	17
3. OBJETIVOS.....	20
4. FUNDAMENTO TEÓRICO: PRUEBAS Y EXPERIMENTOS PARA FALSAR LAS PSEUDOCIENCIAS.....	21
4.1 Homeopatía.....	21
4.2 Reiki.....	23
4.3 El 5G.....	26
4.3.1 El 5G y el coronavirus están relacionados.....	27
4.3.2 El 5G colapsará las ciudades con altas frecuencias y más antenas.....	27
4.3.3 La vacuna contra el coronavirus nos convertirá en antenas 5G.....	28

4.4. Astrología.....	29
4.4.1 La pandemia del coronavirus ya fue predicha en 2014.....	30
4.4.2 La actividad sísmica de la Tierra depende de la posición de los astros	31
4.4.3 La personalidad y la elección de pareja está escrita en las cartas astrales	31
5. METODOLOGÍA	33
6. PROPUESTA DIDÁCTICA.....	35
6.1 Contextualización.....	35
6.2 Competencias	36
6.3 Objetivos	37
6.4 Descripción de la actividad	38
6.5 Metodología de la actividad	40
6.6 Espacios y recursos	41
6.6.1 Recursos materiales.....	41
6.6.2 Recursos humanos.....	41
6.6.3 Grupos, tiempos y espacios.....	41
6.7 Evaluación.....	42
6.7.1 Criterios de evaluación.....	42
6.7.2 Instrumentos de evaluación.....	42
6.7.3 Criterios de calificación	43
6.8 Atención a la diversidad.....	44
7. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN	45
8. CONCLUSIONES	49
9. REFLEXIÓN PERSONAL.....	50
10. BIBLIOGRAFÍA.....	51
ANEXO I: CUESTIONARIO UTILIZADO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE APROBACIÓN DE LAS PSEUDOCIENCIAS	i
ANEXO II: ENTREVISTA FENOMENOLÓGICA	ii
ANEXO III: PORTADA DE LA REVISTA	iii

ANEXO IV: PLANTILLA PÓSTER CIENTÍFICO iv

ANEXO V: RÚBRICA UTILIZADA PARA EVALUAR EL ARTÍCULO CIENTÍFICO v

ANEXO VI: RÚBRICA UTILIZADA PARA EVALUAR EL PÓSTER..... vi

ANEXO VII: ESCALA DE VALORACIÓN PARA EVALUAR EL TRABAJO EN EL AULA..... vii

LISTADO DE ABREVIATURAS

APETP	Asociación para Proteger al Enfermo de las Terapias Pseudocientíficas
CCARS	Comité Científico Asesor en Radiofrecuencias y Salud
CTSA	Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente
ESO	Educación Secundaria Obligatoria
FECYT	Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología
ICNIRP	Comisión Internacional de Radiación No Ionizante
IES	Instituto de Educación Secundaria
NOS	Naturaleza de la Ciencia
OMS	Organización Mundial de la Salud
STEM	Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas
TIC	Tecnologías de la Informática y la Comunicación
TFM	Trabajo Fin de Máster
UE	Unión Europea
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

RESUMEN

Las pseudociencias se convierten en un arma muy peligrosa cuando son admitidas por la ciudadanía como un complemento del saber científico. En la sociedad postradicional del siglo XXI el rápido acceso a las fuentes de información lejos de disipar dudas, confunde al ciudadano. Los estudiantes de educación secundaria se empapan de manifiestos científicos totalmente erróneos a través de los medios de comunicación. Desde los centros de enseñanza se debe establecer una dialéctica entorno a la realidad del estudiante y las controversias a las que se enfrenta tratando de revalorizar el pensamiento crítico.

Conocer el porcentaje de alumnos que confían en falacias científicas y su grado de adherencia a las pseudociencias servirá de base para el desarrollo de una propuesta didáctica.

Se propone la realización de una revista científica y un póster por parte de los estudiantes de 4º de la ESO. A través del aprendizaje colaborativo y el aprendizaje basado en problemas, los educandos juzgarán la evidencia científica que hay detrás de algunos de los titulares de actualidad.

Palabras clave: pseudociencia, educación secundaria, medios de comunicación, método científico.

ABSTRACT

Pseudoscience becomes a dangerous weapon when it is accepted by the citizens as a complement to the scientific knowledge. In the post-traditional society of the 21st century, the quick access to the sources of information, far from dispelling doubts, confuse people. The high school students are steeped in flawed scientific declarations. From the educational institutions, a dialectic must be established. Teachers should know the reality of their students. Trying to encourage critical thinking, educators can help young people to face their daily controversies.

Knowing the percentage of students who trust scientific fallacies and the extent to which they have taken hold of them, will serve as the basis to develop a didactic proposal.

It is proposed to carry out a poster and a scientific journal by the 4th year ESO students. Through the collaborative learning and the problem-based learning, adolescents will judge the scientific evidence behind some of the current headlines.

Key words: pseudoscience, secondary education, mass media, scientific method.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo sondea el posicionamiento de los estudiantes de **Educación Secundaria Obligatoria (ESO)** ante las pseudociencias y mitos científicos. Se persigue conocer cuáles son las terapias alternativas y falsas creencias que más calado tienen entre los estudiantes de un centro de educación secundaria. Partiendo de estas ideas previas, se pretende dotar a los estudiantes de las herramientas necesarias para que construyan un criterio propio basado en la evidencia científica.

Los apartados «metodología», «propuesta didáctica» y «datos» presentados en este escrito, se basan en el trabajo realizado por la autora durante la asignatura del Prácticum del máster al que hace referencia este documento. Dicho periodo de prácticas tuvo lugar del 5 de febrero al 25 de marzo de 2021 en el Instituto de Educación Secundaria (IES) Zorrilla de la ciudad de Valladolid.

1.1 Ciencia vs pseudociencia

El hombre como ser racional que es, trata de comprender el mundo y los sucesos que le rodean. En este afán de entender la naturaleza aparece la ciencia. Podemos definir **ciencia** como el tipo de conocimiento cuyos rasgos esenciales son la racionalidad y la objetividad. Por conocimiento **racional** se entiende que: (1) está constituido por conceptos, juicios y raciocinios y no por sensaciones, imágenes, comportamientos... (2) los conceptos pueden combinarse de acuerdo con un conjunto de ideas lógicas con el fin de producir nuevos conocimientos y (3) estas ideas no se amontonan caóticamente, sino que se organizan en sistemas de ideas. Que el conocimiento científico es **objetivo** significa que: (1) busca la verdad fáctica y (2) verifica la adaptación de las ideas a los hechos recurriendo a la observación y el experimento (Bunge, 2013).

La herramienta que utiliza la ciencia para dar respuesta a las preguntas es el **método científico**, entendido como el conjunto de procedimientos en los que se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis científicas (Bunge, *op. cit.*).

Como contraposición a la ciencia está la pseudociencia. Aunque etimológicamente **pseudociencia** significa falsa ciencia, su definición no es tan sencilla. Según algunos autores, bajo el paraguas de pseudociencia encontraríamos: (1) el conjunto de prácticas que aparentan estatus científico (2) mediante la exposición de unos resultados aislados, no demostrables, y

subjetivos, (3) obtenidos de manera irreflexiva, no sistemática, interesada e imprecisa, (4) para generar un conocimiento no acumulable ni válido científicamente, que (5) opera en ámbitos donde la ciencia no llega o donde todavía no ha ofrecido una solución y que (6) suele ser diestro en el manejo de los **medios de comunicación** y de las **emociones** del público (Alonso y Cortiñas, 2014).

A pesar de la manifiesta falta de solvencia de las pseudociencias, la sociedad actual las acepta con naturalidad. De la memoria colectiva han salido las imágenes de gente con la cara picada de viruela o de tullidos por la polio, llegando en consecuencia a infravalorar y cuestionar el logro que para la humanidad han supuesto las vacunas. Gracias a la cloración del agua se salvan millones de vidas en el mundo, pero en los países civilizados crece la quimiofobia y la desconfianza ante todo lo que no es natural. Esta desconfianza en el progreso científico supone un caldo de cultivo para que las pseudociencias desplieguen sus estrategias embaucadoras.

1.2 Estrategias de las pseudociencias

Dentro del amplio mundo de las pseudociencias se pueden distinguir tres categorías generales, (1) los **impulsores de pseudoteorías** (2) los **negacionistas de la ciencia** y (3) los **constructores de falsas controversias** (Hanson, 2017).

En el primer caso, se trata de doctrinas que seleccionan de forma deliberada la parte de la ciencia que les interesa para sostener sus propias afirmaciones; por ejemplo, la homeopatía, la astrología, la agricultura biodinámica, o la arqueología extraterrestre. En el segundo caso, se trata de negar ciertos resultados científicos; ejemplos de esto son el creacionismo, los terraplanistas o los antivacunas. La tercera estrategia, consiste en desorientar al ciudadano, haciéndole creer que como en ciencia no hay ningún dogma definitivo, cualquier propuesta «alternativa» es factible. Los negacionistas del cambio climático o las conspiraciones en torno a la tecnología 5G serían un claro ejemplo de esta tercera categoría. Estos activistas se amparan en una supuesta falta de consenso científico para sostener sus argumentos irracionales (Hanson *op. cit.*).

Estas tres tácticas podrían considerarse inocuas y ser respaldadas bajo el argumento de que: «mientras no se haga daño a nadie, cada uno puede pensar lo que quiera». Precisamente detrás de esta frase es donde se esconde el peligro. ¿Por qué? Porque estas estrategias no son advertidas por el público en general, ni siquiera por políticos y funcionarios públicos que

deben tomar decisiones importantes. De tal forma que las pseudociencias se convierten en un arma muy peligrosa cuando son admitidas por la ciudadanía como un complemento del saber científico.

Se presenta como ejemplo de la peligrosidad de las falsas creencias científicas el discurso de un cargo público. A continuación, se muestran las declaraciones hechas por Mariano Rajoy, presidente del gobierno de España de 2011 a 2018, en el Faro de Vigo en 1983:

«La desigualdad natural del hombre viene escrita en el código genético, en donde se halla la raíz de todas las desigualdades humanas: en él se nos han transmitido todas nuestras condiciones, desde las físicas: salud, color de los ojos, pelo, corpulencia... hasta las llamadas psíquicas, como la inteligencia, predisposición para el arte, el estudio o los negocios».

Estas declaraciones no son aisladas. Ana Mato, ministra de Sanidad del Gobierno de España entre 2011 y 2014 afirmó lo siguiente (Martín, 2014):

«Sacaremos del vademécum medicamentos de escaso valor terapéutico que se pueden sustituir por algo natural».

Estos manifiestos señalan conceptos científicos totalmente erróneos, el darwinismo social en el caso Rajoy, y la supuesta inocuidad y prevalencia de lo natural por parte de Mato. No obstante, el lenguaje utilizado en las declaraciones les da un estatus científico que legitima las decisiones tomadas por el poder político en temas como la educación o la sanidad.

La pregunta que inevitablemente subyace a lo anteriormente expuesto es: ¿por qué funcionan las estrategias pseudocientíficas? Una primera respuesta sería que la ciencia es compleja y que la evidencia empírica es inaccesible a la mayoría de la población. En contrapartida, las terapias alternativas apelan en numerosas ocasiones al uso directo de los **sentidos** y las **emociones**. Por ejemplo, los terraplanistas apelan a observar la tierra plana cuando miran al horizonte o se suben a un avión; otro ejemplo serían las falsas terapias en el ámbito sanitario, que sacan partido al estado de vulnerabilidad y miedo a la muerte de los enfermos para vender falsas esperanzas en forma de pócimas mágicas y palabras sanadoras (Álvarez, 2019).

Para dar una segunda respuesta a la inquietante pregunta planteada en el párrafo anterior recurriremos a la neurociencia. El cerebro humano procesa mejor las **historias** que los datos.

Las pruebas y la argumentación lógica suponen un mayor esfuerzo y un mayor gasto de energía. De esto se aprovechan las falsas teorías para crear afirmaciones verdaderas en contextos equivocados. Por ejemplo, el rechazo a las vacunas está basado en datos ciertos (dar carácter médico a problemas sociales, mercado farmacéutico que prioriza beneficios económicos, la continua revisión del conocimiento científico...), pero su aplicación es errónea e inapropiada al contexto de la vacunación (Flichtentrei, 2019).

Otra de las fortalezas de las pseudociencias radica en su **aparición de ciencia**, en sus atractivas afirmaciones y en su rápida difusión desde los medios de comunicación (Minerva *et al.*, 2019).

Estas respuestas iniciales pueden resultar reduccionistas si no se hace un análisis más profundo de la sociedad. Para ello, en el siguiente punto se hará un pequeño estudio de la sociedad española en el s. XXI con el fin de dar una argumentación más completa.

1.3 Influencia de las pseudociencias en la sociedad contemporánea

España tiene una tasa de alfabetización de la población adulta (personas de 15 años o más) del 98,3 % y un 74,8 % de la población tiene al menos algún tipo de formación secundaria. Ambos parámetros son considerados por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) como indicadores de desarrollo humano de un país (Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, 2018).

Estos datos, aunque mejorables, reflejan que la gran mayoría de la población española tiene una formación media adecuada. Sin embargo, estos buenos valores no se ven reflejados en el interés de la ciudadanía por la ciencia y la tecnología.

La última encuesta de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), revela que una de cada seis personas (14,2 %) manifiesta interés por los temas de ciencia y tecnología. Aunque la brecha de género es considerable, manifestando los hombres mayor interés por la ciencia y la tecnología (18,8 %) que las mujeres (9,9 %). La encuesta también pone de manifiesto que la sociedad española cuestiona los beneficios de la ciencia, ya que el 45,9 % considera que son mayores que sus perjuicios, el 30,5 % piensa que los beneficios y perjuicios de la ciencia están equilibrados y un 12,9 % opina que la ciencia presenta más inconvenientes que beneficios (FECYT, 2020).

De los datos descritos en el párrafo anterior podemos inferir que, a pesar del bajo interés por la ciencia que tienen los españoles, un alto porcentaje considera la labor científica provechosa para el bienestar social. Podríamos entonces sacar como conclusión lógica que la mayor parte de la población no confía en las pseudociencias. Por desgracia, esto no es así.

El 3,7 % de la población cree que la utilidad de las vacunas para la salud es poca o ninguna (este porcentaje representa a 1 275 000 personas). Además, un 24,8 % de la población cree que los niños se ponen demasiadas vacunas. Estas cifras son mayores entre las personas con menor nivel educativo (FECYT, *op. cit.*). Hay que matizar que estos resultados provienen de una encuesta realizada por el Ministerio de Ciencia e Innovación entre julio y octubre de 2020. Dado la alta presión mediática que han tenido las vacunas durante la primera mitad de 2021 puede que estos datos hayan sufrido una ligera modificación.

Los datos relacionados con las terapias mal llamadas «alternativas» tampoco son muy positivos. El 17,2 % de los españoles ha utilizado tratamientos homeopáticos, un 23,8 % la acupuntura y un 5,2 % los ha utilizado en sustitución a la medicina convencional, mientras que un 14,4 % como tratamiento complementario (FECYT, *op. cit.*).

Así mismo, el 25,4 % de la población dice confiar en los efectos beneficiosos de la homeopatía y el 16 % en el reiki. Las mujeres usan más tratamientos pseudocientíficos, un 20,7 % frente al 14,0 % de los hombres. El 21,6 % de la población cree que la homeopatía tiene carácter científico, una cifra similar a la acupuntura (23,3 %). La creencia del carácter científico de estas prácticas es menor entre personas con un mayor nivel educativo (FECYT, *op. cit.*).

Como se indicó al final del subapartado [1.2 Estrategias de las pseudociencias](#), los fraudes existentes alrededor de la ciencia crean un discurso elaborado con palabras agradables y convincentes que esconden seducción y engaños; pero, la explicación social del éxito de las pseudociencias es compleja. A continuación, se exponen algunos de los puntos que pueden justificar tanto los datos de la encuesta de la FECYT del año 2020, como la aceptación social de ciertas falacias científicas.

1.3.1 Legislación en el ámbito sanitario

La influencia de las pseudociencias en la medicina es sin duda el ámbito más peligroso de las falsas ciencias. En Europa, más de 150 pseudoterapias obtienen lucro económico vendiendo tratamientos a personas apremiadas por la incertidumbre de una enfermedad. El porcentaje de personas vulnerables que confía en falsas terapias no es irrisorio: el 25,9 % de

los europeos (192 millones de personas), afirma haber utilizado pseudoterapias (Minerva *et al.*, 2019).

En España, diversas asociaciones como la Asociación para Proteger al Enfermo de las Terapias Pseudocientíficas (APETP) luchan para que la Unión Europea (UE) desarrolle una legislación apropiada que proteja al paciente. La directiva europea permite la comercialización de medicamentos para uso humano cuya evidencia científica no ha sido probada. Un ejemplo de estos medicamentos son: medicamentos homeopáticos, medicamentos ayurvédicos, cristaloterapia, flores de Bach...A pesar de las dificultades para aplicar la metodología estadística convencional sobre ensayos clínicos a estos productos, se permite su distribución por las farmacias de toda Europa (Directiva 2001/83/CE, 2001). Además, en España los medicamentos homeopáticos están respaldados por una ley específica, el Real Decreto 2208/1994 (Ministerio de Sanidad y Consumo - España, 1994).

Los huecos en la legislación, permiten a importantes lobbies la posibilidad de redefinir qué es un medicamento y vender azúcar a personas enfermas. La presencia de gurús, falsos médicos o incluso médicos titulados que dicen poder curar el cáncer (o cualquier otra enfermedad) manipulando chacras, aplicando frecuencias cuánticas... suponen un riesgo para la población (Minerva *et al.*, *op. cit.*).

Carl Sagan, físico y divulgador científico de finales del s. XX, atribuía el poder de las pseudociencias a su capacidad para ofrecer asideros emocionales que mitigan miedos inherentes al ser humano: «*las pseudociencias seducen con falsas promesas a aquellos individuos que pasan por momentos difíciles*» (Sagan, 2016). Así, aprovechándose de los estados más vulnerables del ser humano, las pseudociencias consiguen su permanencia y expansión en el tejido social (Marcos, 2014).

1.3.2 Paradojas del sistema educativo

A pesar de la potencial peligrosidad de las pseudociencias, las instituciones educativas parecen dejar de soslayo el tratamiento riguroso de la ciencia y hasta cierto punto confabularse con los vendedores de conspiraciones y creencias no objetivas.

En España, el **Ministerio de Educación y Formación Profesional** es el Departamento de la Administración General del Estado encargado de la política en materia educativa (Portal de la Transparencia, 2021). Dicho organismo, utiliza la «Nomenclatura Internacional de la UNESCO para los campos de la Ciencia y la Tecnología» para la organización de sus proyectos. En esta clasificación con el código 6110 se encuentra el campo de la parasicología,

subdividida en las disciplinas: percepción extrasensorial e hipnosis (Ministerio de Educación y Ciencia - España, 1983). La parasicología es una materia que no utiliza el método científico y que está basada en las experiencias y creencias personales de los sujetos; sin embargo, la categoría científica que le otorga la UNESCO permite al Ministerio de Educación dedicar fondos para su estudio y financiación (Lifshitz, 2017).

Bajando por la escalera del sistema educativo español, el siguiente escalón donde merece la pena detenerse es en la **universidad**. Las universidades son la cuna del pensamiento crítico, una fuente de sabiduría que desde su nacimiento a mediados del s. XII enarbola el estandarte del conocimiento. Los ciudadanos confían en el criterio de los responsables de estos centros educativos por excelencia. Por ello, las disciplinas no científicas no deberían tener cabida en esta institución (Riol, 2015).

Empero, la realidad es muy diferente. Muchas universidades españolas tanto públicas como privadas ceden sus instalaciones a prácticas pseudocientíficas, dándoles el marchamo de calidad académica. En lugar de convertirse en la vanguardia contra las pseudociencias, en las universidades encontramos cursos como los siguientes: «Curso de Iniciación a la Astrología», «Máster en Medicina Homeopática», «Máster en Medicina Naturista», «Máster en Osteopatía», «Curso de Astrología Psicológica», «Curso de Alimentación, Emociones y Terapias Naturales Anticáncer», «Charla sobre el Biocampo Energético», etc. (Frías, 2017). El fin de este trabajo no es señalar con el dedo, sino invitar al lector a reflexionar sobre la condescendencia con la que se trata a la falsa ciencia desde los órganos de gobierno; por eso, se ha decidido no vincular el nombre del curso con la Universidad en el que se imparte.

Una vez analizada la tolerancia con la que es tratada la falsa ciencia desde las altas instituciones educativas, se pone el foco en la **ESO**, último contacto con el sistema educativo para un porcentaje considerable de la sociedad.

Según un estudio de la Universidad de Valencia, un 7,6 % del profesorado de ciencias de los institutos consideran que el cambio climático no está generado por el ser humano, el 10,7 % cree que en el pasado la Tierra fue visitada por civilizaciones extraterrestres que dejaron numerosas pruebas de su visita y un 13,7 % recurre a la astrología para dilucidar su porvenir. Ante la frase: «*La fase en la que se encuentra la Luna puede afectar en cierta medida a asuntos como la salud, el nacimiento de los niños o determinadas labores agrícolas*» el 64,9 % de los educadores la consideran correcta (Solbes *et al.*, 2018).

En el ámbito de la Biología los resultados son igualmente alarmantes. El 10,7 % del profesorado no rechaza las ideas creacionistas, un preocupante 21,4 % piensa que la inteligencia se hereda y que es poco modificable por el ambiente familiar y un 40,5 % da por válido las teorías del darwinismo social (Solbes *et al.*, *op. cit.*).

Cuando se abordan temas relacionados con la salud, la creencia en mitos se dispara. El 16,8 % de los docentes confía en la telepatía; el 42 % en la curación cuántica y más de la mitad (51,9 %) en la homeopatía. Pero, la pseudociencia con más acogida es la acupuntura, con un 78,6 % de aceptación por parte de los docentes de ciencias (Solbes *et al.*, *op. cit.*).

Los resultados del estudio de la Universidad de Valencia resumido en los párrafos anteriores deberían ser motivo de intranquilidad, pues resuelve el enfoque que los docentes con formación superior en ciencias dan a sus alumnos sobre las prácticas sin propiedad científica.

La permisividad por parte de las autoridades competentes, y la falta de rigor en los diferentes escalafones del sistema educativo hace que la penetración de las pseudociencias en la sociedad sea cada vez mayor. Aunque también hay que decir que la presión de la comunidad científica ha hecho que muchos organismos estén eliminando parte de las enseñanzas que carecen de rigor científico.

1.3.3 Las dos caras de los medios de comunicación

En la sociedad postradicional del s. XXI, se desvanece el poder de la tradición como núcleo estructural de la sociedad. La ruptura con las costumbres establecidas afecta también a la ciencia y a su divulgación. Los artículos, libros, conferencias y seminarios tradicionales dan paso a nuevas herramientas de difusión del conocimiento científico como las redes sociales y los programas de televisión. Muchos científicos utilizan las **Tecnologías de la Informática y la Comunicación (TIC)** como herramienta para salvar el hueco existente entre su trabajo en el laboratorio y el ciudadano de a pie (Vizcaíno *et al.*, 2020).

Como ejemplo de buena divulgación científica encontramos los canales de *YouTube* de «El Pakozoico» (paleontólogo que divulga sobre geología y biología evolutiva); «Date un blog» (doctor en física que transmite en lenguaje coloquial las teorías que rigen el universo); «La hiperactina» (graduada en biomedicina que explica de forma amena conceptos sobre Biología y Medicina). En *Instagram* destacan las cuentas de Débora García Bello, (licenciada en Química por la Universidad de A Coruña) y Alfredo Corell Almuzara (catedrático de Inmunología en la Universidad de Valladolid), ambos han realizado una intensa labor

divulgativa durante la pandemia causada por el SARS-CoV-2. La televisión también se ha unido a transmitir información científica de calidad con programas como «Órbita laica», retransmitido por La 2 de Televisión Española.

Al mismo tiempo, la información que carece de una evidencia precisa y objetiva campa a sus anchas en los medios de comunicación, reflejando la amenaza que suponen los mitos y falsas creencias científicas en un mundo globalizado (Alonso y Cortiñas, 2014). Son frecuentes las afirmaciones de personajes públicos que ponen en entredicho el papel de la ciencia.

Pónganse como ejemplo las declaraciones del cantante español Miguel Bosé en el programa de La Sexta, «Lo de Évole» (Rodríguez, 2021):

«Estoy del lado de la verdad, por eso soy negacionista. El coronavirus no tiene ni la altura de una epidemia: ha matado a 2,6 millones de personas de 7 700 millones que viven en el mundo. ¿Dónde está la pandemia?».

Estas declaraciones fueron escuchadas por 2 650 000 espectadores (Galaz, 2021). Más allá de la tremenda irresponsabilidad de tales declaraciones, científicamente son erróneas. No es el número de muertos lo que cataloga a una enfermedad infecciosa como pandemia o epidemia. El parámetro que se tiene en cuenta es el aumento en la tasa de la incidencia de la enfermedad en una población sin anticuerpos para dicha enfermedad. Si afecta a una población local, tendrá el grado de epidemia y si afecta a la población mundial tendrá el grado de pandemia (Madigan *et al.*, 2004).

En la red social, *Instagram* numerosos creadores de contenido como «Marina Yers» con 1.5 millones de suscriptores, se enmarcan en la moda espiritual Nueva Era o *New Age* y envían mensajes a sus seguidores carentes de evidencia y rodeados de misticismo. Son los creadores de contenido de las redes sociales los que más calado tienen entre los adolescentes. Los mensajes que mandan confunden a los jóvenes entre lo que es la ciencia y lo que es superstición (Madigan *et al.*, *op. cit.*).

Nunca antes la sociedad había tenido tanto conocimiento al alcance de su mano. Sin embargo, esta sobredosis de información lejos de aclarar dudas o facilitar la toma de decisiones razonadas, confunde al usuario y lo aleja del pensamiento crítico (Madigan *et al.*, *op. cit.*).

La forma de obtener la información condiciona el uso que se hace de ella y el subsiguiente comportamiento social. Para el caso que atañe este trabajo, los jóvenes y adolescentes, sus formas de consumo mediático reflejan las siguientes características: (1) acceso casual a la noticia desde las redes sociales, (2) predilección por la información breve e instantánea y (3) preferencia por las noticias en la red debido a su bajo coste y fácil acceso. Los adolescentes necesitan satisfacer al instante su necesidad de información y no se detienen a verificar la veracidad del contenido que reciben (García *et al.*, 2018).

Pese a sus habilidades para manejar las herramientas *online*, el desarrollo de las habilidades cognitivas y emocionales de los adolescentes no está completo. Su mente se encuentra en proceso de formación, lo que puede repercutir especialmente en el sesgo de juicios realizados por líderes de opinión (García *et al.*, *op. cit.*). Aunque son numerosos los puntos sobre los que intervenir para combatir las pseudociencias, los docentes deben tener una actitud activa en el aula para desenmascarar las mentiras que contienen los mensajes pseudocientíficos (García, 2015).

1.4 Cómo combatir la pseudociencia

1.4.1 Con más pseudociencia

«Vender mierda es muy fácil». Así es como comienza el libro «El arte de vender mierda», escrito por el biólogo Fernando Cervera. Este científico consideró que la mejor forma de combatir las pseudociencias era demostrar lo fácil que resulta timar al ser humano. Junto con otros colegas se inventó el «Fecomagnetismo», disciplina para curar enfermedades a través de excrementos humanos. Lo que empezó como una parodia contra los mitos científicos, acabó recibiendo ofertas para vender su producto y colaborar con otras estafas biomédicas (Cervera, 2014). Cervera combate la pseudociencia con más pseudociencia. Su escatológica ironía nos invita a ser escépticos, exigir pruebas y desconfiar de soluciones sorprendentes.

1.4.2 Con más ciencia

Al igual que en el subapartado [1.2 Estrategias de las pseudociencias](#), recurriremos de nuevo a la neurociencia para aplicar el conocimiento y combatir las pseudociencias. Los atajos mentales que toma nuestro cerebro para manejar información y tomar decisiones son condición propia del ser humano. Los métodos que la ciencia ha diseñado para juzgar la

información y aprender a reconocer estos atajos mentales son (Lam y Hernández, 2014; Velázquez, 2018; Rampello, 2019):

- Heurística de la afectividad: toma de decisiones basándose en emociones presentes. Conduce a un sesgo, pues se le da más importancia a aquella información que tiene una carga emocional mayor, desechando la información objetiva.
- Heurística de la disponibilidad: resolución que se lleva a cabo teniendo en cuenta ejemplos que vienen a la mente de forma inmediata. Dirige al ciudadano a un error sistemático haciendo que aquellos actos que son más memorables parezcan más probables que aquellos que son menos memorables, pero más probables.
- Sesgo de omisión: tendencia a juzgar acciones dañinas como peores que inacciones igualmente dañinas. El ser humano prefiere errar por omisión que por acción.
- Sesgo de confirmación: inclinación a dar más valor a toda aquella información que refuerza una opinión previa.
- Efecto Dunning-Kruger: efecto por el que la propia ignorancia en un tema concreto dificulta el juzgar el nivel de conocimiento que se posee de este tema.
- Efecto placebo y efecto nocebo: efectos sugestivos reales que resultan de la interacción entre la actividad mental y el estado funcional del organismo. En el efecto placebo se perciben unos efectos inespecíficos y positivos acerca de un tratamiento, y en el efecto nocebo efectos negativos.
- Ilusión de causalidad: creer que dos sucesos independientes se relacionan causalmente. El modo en el que se interpreta la evidencia disponible lleva a emparejar de forma errónea una causa potencial con un efecto.

Teniendo en cuenta estas malas pasadas que nos puede jugar la mente, numerosas instituciones públicas y privadas pretenden refutar quimeras y concienciar sobre el peligro de las pseudociencias. Desde el Ministerio de Ciencia e Innovación, la campaña «coNprueba» forma parte del plan del Gobierno de España para acabar con las pseudoterapias y las pseudociencias. El concurso «Cazadores de Mitos» que organiza la FECYT, pretende fomentar el pensamiento crítico entre los alumnos de educación secundaria mediante la resolución de retos cotidianos. Las charlas del ciclo «Increíble... pero falso», que organiza el Museo de la Ciencia de Valladolid, o las conferencias organizadas por «*Pint of Science*» a lo largo de todo el territorio nacional, son otro claro ejemplo de lucha contra las pseudociencias, en este caso con más ciencia.

1.4.3 Con más educación: naturaleza de la ciencia y pensamiento crítico

Desde el ámbito educativo se debe pensar en el fenómeno de las pseudociencias como una oportunidad antes que como una amenaza. Es necesario, además de enseñar de ciencia, enseñar sobre ciencia: cómo se validan los conocimientos, qué vale como evidencia y qué no, cómo se construyen las teorías y los modelos científicos (González y Adúriz, 2014).

La ardua empresa de apelar a la razón no debe hacerse desde la posición de superioridad que tiene el profesor en el aula. Se persigue convencer, no vencer; por ello la mejor herramienta es la ciencia misma (García, 2015).

El punto de partida podría ser pensar que los estudiantes carecen de la información apropiada, y que este déficit de información los lleva a confiar en pseudoteorías. De lo cual se puede inferir que, proporcionando las aclaraciones necesarias, el adolescente rechazaría las pseudociencias. Por desgracia no es tan sencillo. Muchos autores advierten que a veces se prefieren explicaciones incorrectas, basadas en experiencias y en la tribu con la que se comparten, a las evidencias científicas. El individuo cae en el sesgo de confirmación; por ello, tratar esa ignorancia con datos y artículos rigurosos no parece funcionar (Nogués, 2018).

La clave parece estar en aprender cómo se construye el conocimiento científico. Este es un trabajo que no se logra de forma espontánea y desde los institutos se debe tener en cuenta que la comprensión de los conceptos elaborados por la ciencia depende del conjunto de conocimientos que condicionan las formas de entender e interpretar el mundo que tienen los estudiantes. Es por eso que en el aula se deben realizar actividades de reflexión metacognitiva, porque existe una correlación entre el aprendizaje y las creencias de los estudiantes (Reif y Larquin, 1991).

Esta visión enlaza con las perspectivas didácticas sobre la **Naturaleza de la Ciencia** (NOS, del inglés *Nature of Science*), que defiende la necesidad de desarrollar en el alumnado la comprensión de la creación del conocimiento científico, en dos aspectos (Doménech-Casal, 2019a):

- 1) La ciencia como práctica de la que surgen modelos parciales que permiten hacer predicciones y explicaciones de la realidad, pero que no son la realidad, sino una construcción consensuada sobre ella basada en pruebas.
- 2) La ciencia no se rige por dogmas ni sentencias indiscutibles, sino que genera un conocimiento provisional y sujeto a niveles de certidumbre que se pueden analizar.

Muy ligado a la NOS está el concepto de **pensamiento crítico**, definido por algunos autores como el «conjunto de estrategias de razonamiento que incluyen evaluar las fuentes de información, argumentar, desarrollar una visión de la ciencia y autonomía personal, tomar decisiones y comunicarlas» (Solbes y Torres, 2012). Trasladar los aspectos de la NOS y las habilidades implícitas al pensamiento crítico puede convertirse en una laboriosa tarea para el docente ¿Por qué?

El educando posee un razonamiento acerca del mundo diario que le rodea que viene condicionado por una epistemología espontánea de relaciones simples, la cual está dirigida por la percepción y es ampliamente compartida por su grupo de iguales, lo que la hace difícil de modificar. Por eso, en el aula se debe establecer una dialéctica en torno a la realidad del estudiante y las controversias a las que se enfrenta tratando de revalorizar al pensamiento crítico. Se debe insistir sobre la existencia de un conjunto de robustos criterios mediante los cuales se puede caracterizar la ciencia, de tal forma que la observación ordinaria de los alumnos deje de estar condicionada por sensaciones y se dirija hacia a un pensamiento más ecuánime (Viau *et al.*, 2006).

Una de las ideas previas más asentadas entre los jóvenes es considerar como criterio de rigor científico que a mayor número de citas o referencias, mayor calidad tiene la teoría que se expone, olvidándose por completo de la importancia de la metodología. En consecuencia, es necesario remarcar que una teoría científica debe tener coherencia, no sólo lógica sino también metodológica. En las pseudociencias, por el contrario, los elementos explicativos quedan aislados, no se establecen correlaciones coherentes (Elby, 2001).

Como científicos y docentes, no hay que actuar como si las controversias falsas fueran reales ni encaminarnos únicamente a la crítica de la pseudociencia. Nuestra tarea es, en cambio, exponer sus estrategias, y las características pseudocientíficas de su argumentación. Se necesita incorporar emoción a la ciencia y, frente al misterio o a la duda, no oponer certezas, sino invitar a pensar juntos (García, 2015).

1.5 Cómo combatir las pseudociencias en el aula

Las pseudociencias suponen una amenaza para el estado del bienestar, por eso su tratamiento en el aula debe ser transversal y englobar no solo aspectos puramente científicos sino también sociales, económicos, ambientales y tecnológicos.

En la década de los 70 el rechazo poblacional a los avances y progresos científicos constituía un tema de diálogo y preocupación en la comunidad educativa. Con la intención de mejorar la aceptación social de la ciencia emerge la **educación de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA)**, que pretende mejorar el aprendizaje contextualizando y conectando la ciencia con los intereses de los estudiantes (Solbes, 2019).

Al mismo tiempo, se establecen conexiones con los movimientos de **alfabetización científica**, considerándolo un factor esencial en el desarrollo de las personas y de los pueblos. Se pretende huir del concepto de que «la ciencia es para los científicos» y educar en ciencias a todos los ciudadanos en conjunto para que puedan participar en una sociedad cada vez más moldeada por la investigación y el desarrollo en ciencia y tecnología (Solbes, *op. cit.*).

En el siglo XXI formar a los estudiantes para que sean capaces de resolver dilemas o controversias sociales que tienen en su base nociones científicas sigue siendo prioritario. Los últimos artículos en didáctica señalan como propuesta innovadora el desarrollo interdisciplinar de la **Ciencia**, la **Tecnología**, la **Ingeniería** y las **Matemáticas (STEM, del inglés, Science Technology Engineering and Mathematics)** para favorecer las habilidades prácticas vinculadas a la autonomía, el trabajo en equipo y el pensamiento crítico. Dichas capacidades permitirán al adolescente y futuro adulto que intervendrá de forma activa en la sociedad, tomar decisiones participativas por la ciencia identificando e instrumentalizando los modelos científicos en contextos cotidianos (Doménech, 2019b).

La familiaridad de los alumnos con la metodología científica es tan importante como el conocimiento de los contenidos puramente teóricos, sobre todo para aquellos chicos y chicas que no tienen intención de continuar su formación tras finalizar la ESO. Para conseguir integrar el pensamiento científico en la rutina de trabajo de los adolescentes, las investigaciones realizadas hasta el momento sugieren que el profesor realice una serie de actividades de reflexión sobre la naturaleza de la ciencia y la adquisición del conocimiento. Los resultados conseguidos en el transcurso de estas actividades se resumen en los siguientes puntos (Viau *et al.*, 2006; Bravo *et al.*, 2009):

- No basta con la realización de experimentos y pruebas para conseguir cambiar las ideas preconcebidas de los alumnos. Hay que trabajar de forma conjunta sobre todo lo que implica el conocimiento científico en sus aspectos históricos, filosóficos y epistemológicos.

- Para un porcentaje elevado de alumnos la vigencia de una idea queda determinada por los factores contextuales que la envuelven, siendo las TIC grandes moldeadoras de estos contextos.
- El despliegue de iniciativas educativas para abordar el reto de las pseudociencias requiere conocer cuáles son los posicionamientos iniciales del alumnado, así como su capacidad de reconocer argumentos.
- La confianza en las pseudociencias surge porque las experiencias sensoriales de la vida se integran en unos modelos conceptuales simples de causalidad centrados en datos inmediatos, que son luego utilizados de forma válida en cualquier contexto. Además, estos modelos conceptuales sencillos, resultan efectivos para el desarrollo social del adolescente ya que, son ampliamente compartidos por otras personas de su entorno.
- Dada la gran resistencia al cambio de las ideas preconcebidas, se deben emplear una variedad de estrategias de enseñanza que fomenten el debate entre las propias ideas que tienen los estudiantes y las que «dicta» la ciencia. Un clima de aula tranquilo y un vínculo de confianza entre alumno-profesor facilitará un diálogo abierto sin que el adolescente tenga miedo a ser ridiculizado por sus ideas.
- La educación en ciencia debe ampliar su panorama poniendo más énfasis en los aspectos conceptuales (usar modelos científicos para interpretar la realidad), procedimentales (habilidades de razonamiento científico) y epistémicos (conocer la naturaleza del conocimiento científico y diferenciar ciencia de lo que no lo es). De esta forma se podrá superar la generalizada insatisfacción hacia las ciencias que hay en la educación secundaria, donde existe una actitud negativa respecto de la ciencia y paralelamente un creciente interés por las concepciones mágicas.

Para mantener la sociedad del bienestar y no caer en el oscurantismo de la Edad Media, es deseable que todas las personas tengan una actitud crítica y fundamentada frente al conocimiento científico. Una labor clave del profesor de educación secundaria será dar pábulo a las mentes de sus estudiantes para que no teman a lo desconocido y se conviertan en ciudadanos capaces de reconocer aquellas formas del saber que no se corresponden con los cánones científicos (Álvarez, 2019).

2. JUSTIFICACIÓN

La ciencia da una versión de la realidad más allá de la opinión subjetiva. La frase, «*Caminamos a hombros de gigantes*», refleja que el avance del conocimiento científico es un empeño comunitario. El sistema social que cubre las necesidades básicas del ser humano y del cual gozamos en el siglo XXI, se debe a grandes retos científicos como la potabilización de las aguas o las vacunas. Así pues, el desarrollo de la ciencia promueve el desarrollo económico y el bienestar de todas las personas.

Pero el ser humano no solo es ciencia, el ser humano es un ser social y como tal, está influido por los cuatro agentes socializadores que intervienen de manera más decidida en el proceso de socialización: la familia, el grupo de iguales, los **medios de comunicación** y las **TIC** y el **sistema educativo** (García, 2015).

La justificación para realizar este Trabajo Fin de Máster (TFM) se focaliza en los dos últimos agentes socializadores por los motivos que se disponen a continuación.

2.1 El sistema educativo

El primer motivo por el que se realiza este trabajo es con la intención de aportar propuestas para contribuir a que desde el sistema educativo se combata el avance de las pseudociencias. Las sugerencias planteadas pretenden dar un enfoque positivo al escepticismo científico para que los docentes lo puedan aplicar en el aula de forma amena y cercana.

El sistema educativo tal y como lo conocemos actualmente, es el resultado de un largo proceso de institucionalización que ha implicado numerosas reformas en cuanto al papel que deben jugar las instituciones educativas en la sociedad (Pereda *et al.*, 2010).

La herramienta más potente contra los cantos de sirena de las pseudociencias es la educación. Supone un reto para el profesor de ESO salvar la brecha entre el conocimiento especializado que se desarrolla en los centros de investigación y el conocimiento que ha de impartir a sus estudiantes. Es una tarea que requiere un gran esfuerzo por parte del educador, pues debe hacerse sin perder la rigurosidad que requiere todo trabajo científico, pero haciendo llegar la información de manera clara y sencilla (Pereda *et al.*, *op. cit.*).

En el mundo plural en el que vivimos es labor del profesor guiar al alumno para que aprenda a detectar noticias falsas e información errónea. Esta labor se debe abordar de forma honesta y sin ridiculizar las terapias alternativas, su intención debe ser **convencer, no vencer**

(García, *op. cit.*). Desde los institutos se debe proporcionar unas herramientas de crítica y un modelo definido sobre qué es ciencia y qué no lo es (Nogués, 2018). Parece que hasta ahora esta labor no se ha llevado a cabo de forma correcta en los centros educativos.

Los últimos sondeos muestran que el 40,6 % de los españoles considera que el nivel de educación científica que ha recibido en su paso por el sistema educativo ha sido bajo o muy bajo. Por otra parte, aunque el 56,9 % de la población piensa que es importante saber sobre ciencia y tecnología, el 51,2 % de los ciudadanos asegura tener dificultades para comprenderla (FECYT, 2020).

En los centros de enseñanza se forma a los ciudadanos del futuro, se transmite a los alumnos las características que la sociedad considera que son buenas para la supervivencia de la misma. Los porcentajes anteriores ponen de manifiesto una sociedad que no sabe interpretar la ciencia, y una sociedad sin ciencia no sobrevive. Si en la enseñanza secundaria no se transmite una cultura científica, la ciudadanía queda abocada a la luctuosa ignorancia (Fernández, 2006).

El profesor como especialista del conocimiento y columna vertebral del sistema educativo, debe ser consciente de su papel socializador, debe ser un intelectual transformador. Con su presencia en la clase, el docente no solo transmite unos conocimientos técnicos, también transmite una forma de ver el mundo. Además, el profesor de ciencias en particular, posee los recursos necesarios para dotar a sus alumnos de las herramientas adecuadas que les permitan cuestionarse la ingente cantidad de información que encuentran en los medios de comunicación y las TIC (Fernández, *op. cit.*).

2.2 Los medios de comunicación y las TIC

La importancia que tienen los medios de comunicación y las TIC como transmisores de conocimiento de manera formal e informal es otra de las razones que motivan la realización de este documento. Peligrosas declaraciones esgrimidas por personajes públicos que muchos adolescentes toman como referente inundan los medios de comunicación. Lejos de ocultar estas afirmaciones, se usan como pretexto para trabajar de forma rigurosa las pseudociencias en un ámbito tan sumamente atractivo para el estudiante como son las redes sociales.

Conocer el ambiente del alumno es vital para desarrollar una actividad didáctica que tenga calado y adherencia en los adolescentes. Entender el mundo que les rodea, y en este caso el

mundo pseudocientífico, conlleva percatarse de la información con la que se encuentran en las redes sociales y los testimonios de los adalides de la pseudociencia.

A diferencia de las sociedades tradicionales de mediados del s. XX, la sociedad del siglo XXI gracias al poder de los medios de comunicación vive en un **mundo postradicional**. Entre las implicaciones de la sociedad postradicional, destaca que la ventana al mundo es mucho más grande, han desaparecido las certezas y los ciudadanos se cuestionan todo. A nivel de la educación esto supone un reto importante. En el pasado, lo que se enseñaba en las escuelas era incuestionable. Hoy en día, la información disponible a un clic, hace que la información de la escuela sea cuestionable. Es importante establecer criterios entre los alumnos para saber cuál es la información adecuada. Una de las labores más importantes de los institutos del s. XXI es generar criterio entre sus estudiantes, deben saber qué información es buena y cual no (Fernández, *op. cit.*).

El nivel de profesionalización de algunas prácticas pseudocientíficas proviene básicamente de su dominio sobre las herramientas del mundo globalizado: el mercado y las TIC. Este dominio del sistema contribuye a la aceptación social de prácticas como la homeopatía, cuya presencia en la vida cotidiana se ha normalizado. Esta escena es peligrosa para todo el público en general, pero sobre todo para los mayores usuarios de las TIC, los adolescentes. Los jóvenes rechazan las directrices de los adultos y buscan referentes entre sus iguales. Muchos de estos referentes se encuentran en las redes sociales, donde no se aplica ningún filtro y el rigor científico en la mayoría de los casos brilla por su ausencia (Minerva *et al.*, 2019).

Los medios de comunicación, como entes estructurantes de la sociedad en la que vivimos, tienen la capacidad de normalizar conductas y opiniones, y esa capacidad de imponer narrativas sobre la realidad facilita la interiorización por parte del adolescente de una nociva sensación de familiaridad ante los fenómenos pseudocientíficos (Sagan, 2016).

El uso de las redes sociales como fuente de información ha aumentado desde un 52,7 % en 2010 a un 63,4 % en 2018. Internet supera a la televisión como fuente de información científica entre personas de 15 a 34 años. Además, internet es también la primera fuente de información para quienes demuestran un interés alto por temas científicos y tecnológicos (80,3 %), seguida de la televisión (72 %). Sin embargo, para quienes manifiestan un interés bajo en temas científicos y tecnológicos, la televisión es la primera fuente de información (78,8 %), frente al 38,2 % de internet (FECYT, 2020).

Un docente debe conocer la realidad de sus alumnos. Los alumnos del s. XXI viven rodeados de las redes sociales y de la tecnología. Un educador que desconoce las redes sociales no sabe cómo es la realidad de sus alumnos. Memorizar es necesario e imprescindible en la educación. Por ejemplo, aprendemos las letras y números de memoria, y eso nos permite posteriormente escribir y hacer cuentas. Pero, se debe poner en valor la gestión de la información, muy por encima de la memorización. No demonizar las redes sociales y utilizarlas como aliados para empoderar al alumnado contra las pseudociencias es tarea del nuevo profesorado. Si esto se consigue, lo que el alumno aprenda no queda en la burbuja del aula y podrá aplicar el pensamiento crítico en su día a día.

3. OBJETIVOS

Los objetivos perseguidos en este trabajo son los siguientes:

1. Demostrar que se han adquirido las competencias propias del Máster en Profesorado, especialidad Biología y Geología, que capacitan al alumno para iniciar su actuación como docente de esta especialidad en un centro de educación secundaria.
2. Ofrecer una alternativa en positivo al discurso de la pseudociencia mostrando la ciencia como una vía de emancipación social.
3. Conectar temáticas que resultan atractivas para el alumnado con la comprensión de la producción del conocimiento científico.
4. Determinar el grado de aceptación de las pseudociencias en los estudiantes de 4º de ESO en un centro público de educación secundaria.
5. Desarrollar un marco didáctico que trabaje habilidades tales como evaluar la certidumbre de proposiciones, el pensamiento crítico y la argumentación, para que el alumno pueda abordar los conflictos de la vida cotidiana desde la ciencia, entendiendo esta como cuerpo de conocimiento objetivo.

4. FUNDAMENTO TEÓRICO: PRUEBAS Y EXPERIMENTOS PARA FALSAR LAS PSEUDOCIENCIAS

A continuación, se expone el argumento teórico de las cuatro pseudoteorías científicas que más controversia generaron en el diálogo mantenido con los estudiantes: la homeopatía, el reiki, las conspiraciones entorno al 5G y la astrología. Las declaraciones de los defensores de estos mitos científicos inundan las redes sociales. Partiendo de sus afirmaciones, se muestra la evidencia científica que existe al respecto y que servirá de base para desarrollar el apartado [6.](#)

Propuesta didáctica.

4.1 Homeopatía

Erróneamente se cree que la homeopatía es una pseudoterapia reciente o que tiene un origen difuso, pero nada más lejos de la realidad. Esta pseudociencia fue creada por el médico alemán Samuel Hahnemann a mediados del s. XVIII. Hahnemann, se alejó paulatinamente de la medicina convencional de la época, pues consideraba que esta hacía más mal que bien (Avello *et al.*, 2009). Teniendo en cuenta que los tratamientos médicos en aquel entonces los hacían cirujanos-barberos, que no se conocía el concepto de asepsia, ni la anestesia, en este sentido a Hahnemann no le faltaba razón.

Tras años de estudio Hahnemann propuso la «Ley de los semejantes», en la que proponía que lo similar cura a lo similar. De tal forma que, según este facultativo, cuanto más diluido estaba el remedio, más efecto tenía en el paciente. Incluso pensaba que las sacudidas que sufrían los frascos durante su transporte, potenciaban el efecto del líquido homeopático. Denominó a este fenómeno «potenciación», indicando que si sacudías un remedio homeopático aún tenía mayor efecto (Avello *et al.*, *op. cit.*).

En 1807 Hahnemann acuñó la palabra *homeopathy*, que venía del griego *hómoios* y *páthos*, que significa: sufrimiento similar. Veinte años después la homeopatía tenía hospitales en toda Europa en incluso había cruzado el Atlántico (Merino, 2014). De hecho, cuando estalló la guerra civil americana (1861-1865), ya había unos 2500 médicos colegiados que eran homeópatas y había más de 100 hospitales, pero a la mayoría de ellos se les negó su participación en el ejército, pues en aquella época ya había bastante controversia con la homeopatía (Lainie *et al.*, 2004).

Al mismo tiempo, en Inglaterra se comenzaron a hacer estudios para comprobar las tasas de supervivencia entre hospitales homeópatas y hospitales convencionales. Se concluyó que las tasas de supervivencia eran un 40 % superiores en hospitales homeópatas que en hospitales convencionales (Lainie *et al.*, *op. cit.*). Este resultado explica muy bien el éxito que tuvo la homeopatía en aquella época, pero hay que ponerlo en contexto.

En el s. XIX, la práctica médica se autodenominaba medicina heroica pues incluía sangrías, purgas intestinales, sudoraciones... todo tipo de prácticas que causaban estrés en

cuerpos ya debilitados (Merino, 2014). Además, muchos medicamentos incluían mercurio o arsénico que hoy en día se sabe que son extremadamente tóxicos (**Figura 1**).



Figura 1. Medicamento con mercurio. Tratamiento para distintos males usado hasta 1954. Museo Nacional de Irlanda del Norte.

Incluso Benjamin Franklin (1706-1790) llegó a decir: «*Todos los médicos que administran medicinas son unos charlatanes*». Y Voltaire (1694-1778) escribió: «*Los doctores recetan medicamentos de los que saben poco, para curar enfermedades de las que saben menos, en humanos de los que no saben nada*» (Singh y Ernst, 2018).

Desde entonces la homeopatía ha tenido momentos mejores y momentos de casi olvido, hasta que llegó el Tercer Reich (1933-1945). El gobierno alemán quiso incluir la homeopatía dentro de la disciplina médica, pues en su convencimiento de la supremacía aria todo lo creado por un alemán era apropiado implantarlo (Singh y Ernst, *op. cit.*).

Después de la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) casi todos los médicos despreciaban la homeopatía llegando a manifestar que la única afección para la que tenía efectos demostrados era, la deshidratación (Singh y Ernst, *op. cit.*).

Desde el punto de vista científico es imposible explicar cómo un medicamento que no tiene un ingrediente activo puede hacer un efecto real sobre una enfermedad, dejando aparte el evidente efecto placebo. Los defensores de la homeopatía argumentan el concepto de la «memoria del agua», que significa que el ingrediente final tiene algún tipo de memoria sobre lo que fue en inicio (Merino, 2014). ¿Tiene esto alguna base?

En 1988, la prestigiosa revista científica *Nature*, publicó un artículo donde un grupo de investigadores había descubierto que una disolución ultradiluida (1×10^{120}) de un alérgeno, desencadenaba una cascada de reacciones en los neutrófilos (células con receptores para dichos antígenos) (Davenas, 1988). ¿Cómo era esto posible si no se explicaba con la memoria del agua?

Años más tarde James Randi, (escritor canadiense famoso por revelar fraudes relacionados con las pseudociencias) junto con el director de la revista *Nature*, John Maddox, hicieron varias réplicas de este experimento. Concluyeron que la investigación original tenía fallos metodológicos y las réplicas salieron negativas (Maddox *et al.*, 1988).

Que algo no sepamos que no funciona, no significa que no lo haga, sobre todo en medicina. Lo que ayuda a cerrar el debate son los ensayos clínicos. El mayor metaanálisis que se ha hecho hasta la fecha sobre la homeopatía es el que hizo el doctor Aijins Shang, analizando todos los estudios que había sobre homeopatía hasta el año 2004. La conclusión a la que llegó es que la homeopatía solo era ligeramente más efectiva de media que un placebo, sin llegar a ser significativo (Shang *et al.*, 2005).

¿Significa este beneficio marginal que la homeopatía cura? En los estudios sobre medicamentos convencionales, las diferencias con respecto a los grupos control son abismales. En el caso de la homeopatía los beneficios con respecto al grupo placebo no son significativos. Cientos de ensayos durante años han fallado en su intento de demostrar la evidencia de la homeopatía en algún malestar en particular o en alguna enfermedad (Avello *et al.*, 2009).

4.2 Reiki

La palabra reiki viene de *rei*, que significa alma o espíritu y *ki* que significa energía. Es una práctica inventada en 1922 por el moje budista Mikao Usui. Este religioso afirmaba que en una de sus meditaciones tuvo un momento de revelación divina en el que le fueron

mostrados los poderes del reiki. Se basa en la creencia de que existe una energía universal que se puede canalizar a través de las manos. Con la imposición de las manos, se supone que se puede canalizar la energía del universo y curar enfermedades físicas o emocionales (Caballo y Salazar, 2019).

Hoy en día el reiki se utiliza tanto como método terapéutico complementario en hospitales o centros privados, pero en sus inicios no tenía esta función (Caballo y Salazar, *op. cit.*). En las obras originales del propio fundador se reconoce que el reiki no está hecho para curar ninguna enfermedad física sino más bien para curar el corazón y mantener el cuerpo sano (Niño, 2018):

«Si reflexionamos, el principal objetivo de este Rei Ho no es sanar las enfermedades físicas. Su propósito último está en cultivar el corazón para mantener el cuerpo sano, a través del poder misterioso del Universo, Rei No, que se nos otorga para disfrutar de los buenos actos de la vida».

¿Qué nos dice la ciencia del reiki? En 1996 Emily Rosa, una niña norteamericana de 9 años demostró mediante un sencillo experimento que las personas que se proclamaban como maestros reiki y que decían poder detectar el campo de energía que todos los humanos tenemos, realmente no eran capaces de detectarlo más allá del azar. El ensayo fue realizado por la joven investigadora estadounidense en la feria anual de su colegio (Caballo y Salazar, 2019).

¿En qué consistía el experimento? Veintitrés supuestos sanadores de reiki se colocaron detrás de un biombo con dos agujeros por donde introducían las manos. Sin llegar a tocar a los sanadores, Emily colocaba sus manos encima de las de los curanderos y estos debían adivinar sobre qué mano tenía Emily colocadas las suyas, si sobre la mano derecha o sobre la mano izquierda (**Figura 2**) (Rosa *et al.*, 1988).

Emily hizo diez intentos con cada sanador. Los terapeutas acertaron un 44 % de las ocasiones. Lo que estadísticamente se puede asociar al azar. La niña publicó dos años después su experimento en la prestigiosa revista *Journal of American Medical Association*, dejando claro que el toque terapéutico o reiki no funciona más allá del efecto placebo (Rosa *et al.*, *op. cit.*).

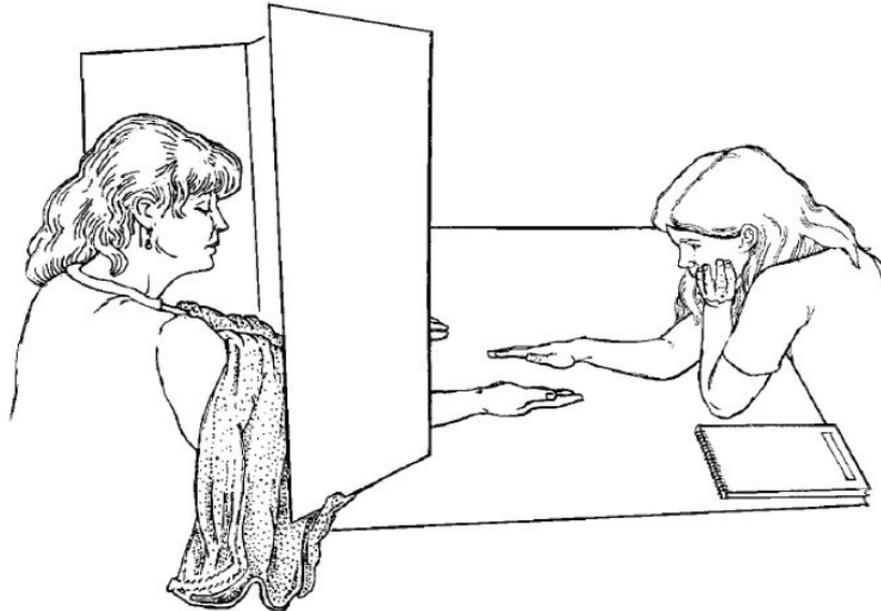


Figura 2. Representación del experimento de Emily Rosa. Rosa *et al.*, 1988.

Emily contaba con 11 años cuando el artículo fue publicado, entrando en el «Libro *Guinness* de los Récords», como la autora más joven en publicar un artículo científico. Por desgracia, a nivel práctico este artículo no tuvo ninguna repercusión ya que más de dos décadas después en muchos hospitales de EE. UU. se sigue practicando el reiki. En España, aunque cada vez se cierra más el cerco, se sigue ofreciendo en algún hospital público, principalmente de la costa mediterránea (Caballo y Salazar, 2019).

Por lo tanto, el reiki postula la existencia de una energía mística que no es observable ni medible de forma objetiva. La postura de la comunidad científica ante los posibles efectos sobre la salud del reiki es que se explican con el efecto placebo, con una evolución natural de la enfermedad o con una relajación (Caballo y Salazar, *op. cit.*).

En el año 2008 el investigador Ernest y su equipo realizaron un metaanálisis con todos los datos que se tenían hasta la fecha sobre el reiki. Cabe destacar que Edzard Ernst es profesor de la universidad de Exeter (Reino Unido), y ostenta la cátedra de medicina complementaria de dicha universidad, por lo que no se le puede acusar de tendencioso. En la investigación que realizó con sus compañeros se revisaron más de 200 estudios sobre el reiki publicados en los últimos veinte años. La conclusión a la que llegaron fue categórica. Los únicos estudios que daban unos efectos reales sobre la salud al reiki, tenían graves efectos metodológicos o los resultados no eran significativamente concluyentes. Los efectos que se podían conseguir con el reiki se podían aplicar al efecto placebo (Lee *et al.*, 2008).

4.3 El 5G

En 2021, los últimos mitos científicos y teorías de la conspiración giran alrededor de la tecnología 5G. En países como Reino Unido se han quemado antenas para acabar con el supuesto peligro que estos dispositivos suponen para la salud (Schraer y Lawrie, 2020).

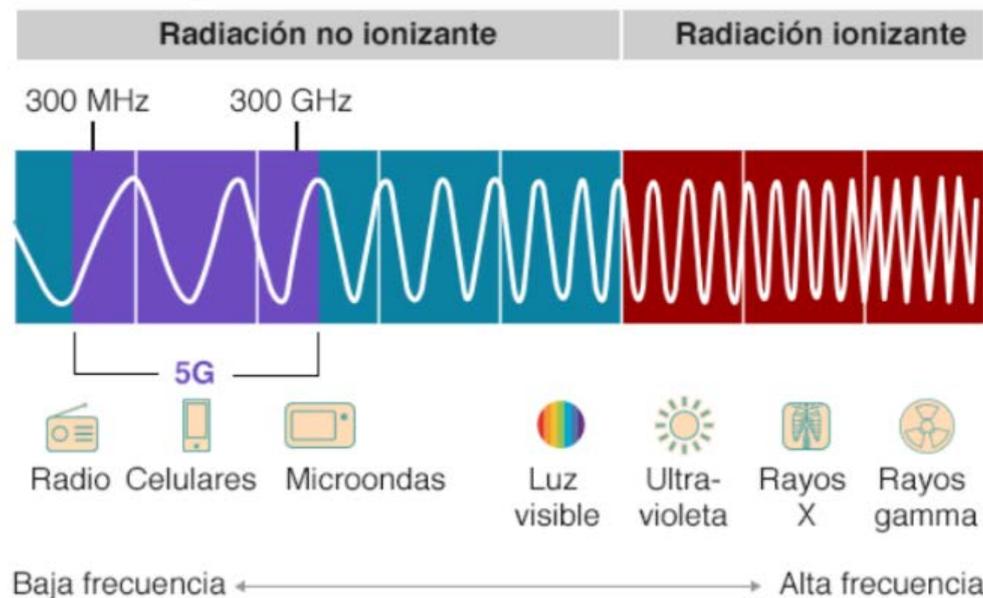


Figura 3. Posición de la tecnología 5G en el espectro electromagnético. Schraer y Lawrie, 2020.

El 5G es una nueva generación de telefonía móvil con la que se consigue más ancho de banda, más latencia y más capacidad de los dispositivos móviles. La comunicación 5G se mueve en el mundo de la radiación electromagnética, que no son más que ondas que se propagan por el campo electromagnético que nos rodea. Sin este campo electromagnético no podríamos vivir, pues es el responsable de mantener pegados nuestros átomos y moléculas (Schraer y Lawrie, *op. cit.*).

Dentro del espectro electromagnético se distinguen las radiaciones ionizantes (capaz de romper moléculas y alterar el ADN) y las no ionizantes (no pueden alterar el ADN) (**Figura 3**). Ejemplo de radiaciones ionizantes serían los rayos UV o los rayos X. Dentro de las radiaciones no ionizantes están las microondas y las radiofrecuencias como el 5G (Schraer y Lawrie, *op. cit.*).

A partir de esta base se explican las afirmaciones de los **subapartados 4.3.1, 4.3.2 y 4.3.3.**

4.3.1 El 5G y el coronavirus están relacionados

El precursor de esta teoría es el médico estadounidense Thomas Cowan que en diversas conferencias ha afirmado que los virus son toxinas producidas por el envenenamiento debido al 5G. Aunque este facultativo se encuentra a prueba por el comité médico de California, sus palabras han hecho mucho daño (Maldita Ciencia, 2020).

Ni los virus son toxinas, ni las células liberan virus cuando están intoxicadas. Esto no tiene ninguna base científica. Si una célula está «intoxicada» sufrirá una serie de cascadas metabólicas que la llevarán a sufrir muerte celular, ser fagocitada, etc. No hay ninguna evidencia de que las radiaciones de los teléfonos móviles afecten a las células humanas (Nájera, 2021).

Otra de las afirmaciones que se utilizan para relacionar el 5G con el coronavirus es que Wuhan, foco de la pandemia por el SARS-CoV-2, fue la primera ciudad en implantar el 5G. Esto también es falso. Ciudades como Pekín o Shanghái lo implantaron antes, y países como Corea del Sur ya tenían esta tecnología establecida desde hace años (Mena, 2020).

Otra falacia contra la tecnología 5G afirma que en África no hay coronavirus, pues allí no hay antenas. De nuevo falso. Hasta la fecha, la COVID-19 ha causado casi cuatro millones de muertos en África (Tovar, 2021).

La evidencia científica es vinculante, la COVID-19 tiene su origen en la infección por el virus SARS-CoV-2, y ningún sistema de comunicación inalámbrico está involucrado en su transmisión o síntomas (Nájera, 2021).

4.3.2 El 5G colapsará las ciudades con altas frecuencias y más antenas

Que la llegada del 5G va a ser muy peligrosa pues llenará las ciudades de más antenas, y altas frecuencias que generarán problemas para la salud, es otro de los mitos que circula por los medios de comunicación (Aísa, 2020). Los titulares alarmistas generan un miedo infundado.

Empero, el Comité Científico Asesor en Radiofrecuencias y Salud (CCARS) aclara que con la tecnología 5G no va a haber más frecuencia. El 5G va a ocupar una frecuencia que ya existe; englobará la frecuencia del 4G, el wifi, la TDT y la televisión por satélite. Al hablar de antenas hay que tener en cuenta tres factores: la frecuencia (a más frecuencia, menor alcance); la potencia y la cantidad. La potencia de las antenas que ya existen no se puede subir porque entonces se rebasarían los límites permitidos por la ley. Como la frecuencia por pura física no

se puede aumentar más, la única solución es aumentar la cantidad de antenas, pero de bajo nivel (CCARS, 2020).

La frecuencia que se usará en las ciudades será de hasta 4 GHz que, si lo comparamos con por ejemplo con el wifi de nuestras casas, el de última generación alcanza los 5 GHz, luego diariamente en nuestras casas estamos sometidos a más o menos la misma frecuencia con la que estaremos sometidos en la calle a las antenas 5G (CCARS, *op. cit.*).

Además, la radiación de las telecomunicaciones siempre se emite por debajo de lo estipulado por la Comisión Internacional de Radiación No Ionizante, (ICNIRP). Una revisión de veintidós estudios comparó las medidas de intensidad en varios países europeos y mostró que estaban alrededor de 200 veces por debajo del límite estipulado, tanto fuera de los hogares como dentro (Sagar *et al.*, 2017).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) cataloga la radiación de los móviles como posible carcinógeno de categoría 2B, grupo que comparte con el aloe vera, los pepinillos y trabajar como carpintero. La OMS explica que se encuentran en este grupo en base al principio de precaución, pues no ha pasado el suficiente tiempo como para demostrar que el efecto a largo plazo de las microondas sea totalmente inocuo (OMS, 2014).

4.3.3 La vacuna contra el coronavirus nos convertirá en antenas 5G

La ginecóloga y líder negacionista, Christiane Northrup ha realizado las siguientes declaraciones en diversos medios de comunicación (Woodard, 2021):

«Lo que no me gusta de las vacunas son los metales tóxicos que hay en ellas que convierten nuestro cuerpo literalmente en una antena 5G...esta vacuna tendrá nanopartículas que en realidad son como pequeños robots que funcionan como pequeñas antenas».

Estas manifestaciones llevan a los usuarios de las redes sociales a difundir a la velocidad de un tsunami noticias como las que se pueden leer en la **Figura 4**; recogidas de un usuario de *Twitter* cuya identidad ha sido borrada deliberadamente.



Figura 4. Difusión del bulo sobre las vacunas y el 5G en la red social Twitter. Declaraciones hechas por un usuario de la red social confiando en las palabras de la ginecóloga. *Twitter*.

que el sistema inmunitario trabaje de forma más eficaz (Golós y Lutynska, 2015).

El gran problema de esta teoría, es que la premisa parte de una doctora en Medicina, cuyo testimonio debería ser cauteloso y estar asentado en pruebas empíricas. Queda patente que, aunque una persona sea experta en un campo no está libre de postularse del lado de las pseudociencias.

Todas las teorías científicas hay que demostrarlas con experimentos que sigan una metodología ajustada y precisa. La evidencia dice que el 5G no es más peligroso que otras frecuencias con las que ya llevamos conviviendo años (OMS, 2014).

4.4. Astrología

Leer el futuro en las estrellas no es algo nuevo. El ser humano ha observado el firmamento para predecir su sino desde el inicio de los tiempos. Desde los grandes monarcas hasta el pueblo llano se encomendaban a las estrellas para saber si habría posibilidad de ganar una batalla, si un matrimonio era conveniente, o si el territorio sería assolado por una hambruna. Contradictoriamente, en el siglo XXI diferentes personajes públicos continúan confiando en la posición de los cuerpos celestes para la toma de sus decisiones.

Las declaraciones de esta doctora parecen sacadas de un libro de ciencia ficción y no se pueden rebatir con un artículo científico, pues nadie se dedica a estudiar si el ser humano es una antena 5G. Pero sí se puede desmontar la afirmación en la que asegura que las vacunas tienen metales tóxicos. Para favorecer las respuestas inmunitarias contra antígenos proteicos las vacunas se administran con coadyuvantes como el sulfato potásico de aluminio (alumbre). La concentración en la que se usa el alumbre es segura, y hace

Que una práctica no haya evolucionado desde hace miles de años ya es sospechoso de que no tiene nada que ver con el saber científico. La ciencia no se estanca, el conocimiento evoluciona con el paso del tiempo. La astrología es una pseudociencia y se puede desmontar de muchas formas. Se muestran a continuación tres de los mitos más expuestos durante el año 2021.

4.4.1 La pandemia del coronavirus ya fue predicha en 2014

Los creyentes en la astrología son fervientes defensores de la capacidad de adivinación de esta doctrina. En 2021, mantienen que la COVID-19 fue vaticinada por uno de sus maestros hace más de seis años. El astrólogo André Barbault predijo la llegada de la pandemia por el SARS-Cov-2 en 2014, basándose en que Júpiter y Saturno se situaban en conjunción en la misma constelación, al igual que había sucedido con el resto de pandemias y pestes que han asolado el planeta (Barbault *et al.*, 2016).

Esta premisa no es cierta. La gran conjunción Júpiter y Saturno se produce aproximadamente cada 20 años (**Figura 5**). Si hacemos una revisión histórica cada 20 años desde 2020, no ha habido ninguna otra gran pandemia. Es más, durante las dos grandes epidemias de la historia, la propagación de la peste (1345), y la mal llamada gripe española (1918), Saturno y Júpiter no estaban en conjunción (Federación de Asociaciones Astronómicas de España, 2020).

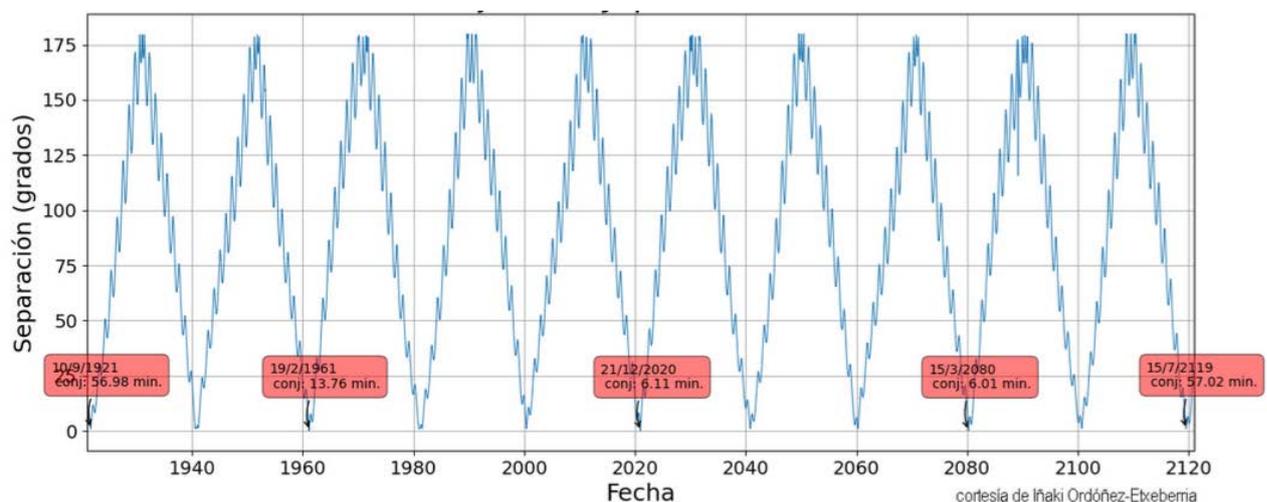


Figura 5. Conjunción Júpiter-Saturno. Distribución temporal de la alineación de Júpiter y Saturno desde 1940 a 1920. Federación de Asociaciones Astronómicas de España.

4.4.2 La actividad sísmica de la Tierra depende de la posición de los astros

Las personas que se dedican a la astrología consideran que esta materia es la madre de todas las ciencias, y que a partir de estudiar el firmamento surgieron la Física, la Química, las Matemáticas...Es por ello que realizan vaticinios en todas las ramas del conocimiento. La Geología no se escapa al influjo de la astrología.

Los astrólogos aseguran que los terremotos se deben la situación de los planetas en el universo. Esgrimen un estudio de Johnston en el que se asocia los grandes terremotos de la historia con la posición de los planetas. Si se analiza el estudio, esta vez determinadas posiciones de los planetas en el espacio sí que coinciden con un gran terremoto en la Tierra. Pero el estudio tiene muchos errores metodológicos, entre otras cosas el margen en la posición de los planetas es tan grande que la probabilidad de que coincida con un terremoto es muy alta. La falta de precisión en el método hace que todo encaje. Además, un estudio en que se analizaron más de 200 terremotos de gran magnitud, desmiente definitivamente este aspecto (McRitchie, 2018).

4.4.3 La personalidad y la elección de pareja está escrita en las cartas astrales

Esta es la premisa clásica de la astrología y la que más adeptos tiene, especialmente entre los más jóvenes. La astrología se rodea de lenguaje científico para confundir al ciudadano. Los astrólogos aseguran leer las cartas usando los mismos datos que los astrofísicos y complicados cálculos matemáticos.

El científico David Voas comprobó los signos zodiacales de más de diez millones de parejas para ver si encontraba alguna correlación. En el estudio estadístico que realizó llegó a la conclusión de que las asociaciones entre signo del zodiaco y pareja no eran significativas y que toda coincidencia era debida al azar. Estas investigaciones se han seguido repitiendo, ampliando la muestra a 27 millones de parejas, y el resultado ha sido siempre el mismo, los signos solares no tienen ningún efecto en cómo elegir a la pareja (Voas, 2007).

La ciencia explica la asociación que hace la astrología entre la personalidad de una persona y los astros con el efecto Forer. El psicólogo y profesor de la universidad de California Bertram Forer, repartió entre sus estudiantes un test psicológico. En vez de procesar estos test, los descartó y devolvió a sus alumnos un supuesto test psicológico personalizado, cuando en realidad le estaba devolviendo exactamente a cada alumno el mismo test. Ordenó a los alumnos que puntuaran del 1 al 5 cuán de acertado era el resultado. La nota media fue un 4.26 (Maero, 2014).

Una disciplina no puede ser una ciencia empírica si no estudia un fenómeno que sea real y las influencias astrales no son reales, porque cuando se intentan demostrar el resultado es negativo. La ambigüedad siempre juega favor del astrólogo.

5. METODOLOGÍA

La metodología a seguir viene marcada por los puntos señalados en el epígrafe [6.3 Objetivos](#) y queda moldeada por el tiempo y recursos de los que se dispuso durante la realización del Prácticum. Trabajo realizado en una clase de 4º de la ESO con 21 alumnos (9 chicos y 12 chicas), con edades comprendidas entre los 15 y 16 años.

1. Se determinará el **nivel de aprobación** de las pseudociencias y mitos científicos mediante la recogida de datos cuantitativos. Se utilizará la **entrevista estructurada o cuestionarios**. Se diseña una lista de 10 preguntas cuya estructura es siempre la misma: ¿Confías en las premisas de «X»? Donde «X» representa una teoría o pseudociencia diferente en cada pregunta ([Anexo I](#)). Las preguntas se hicieron a toda la clase en conjunto. Los alumnos levantaban la mano en caso de ser su respuesta positiva. Se escoge este método porque facilita la comunicación directa entre el alumno y el profesor, permitiendo al docente aclarar dudas y obtener información más compleja.
2. Se utilizará la **fenomenología** (metodología cualitativa) para comprender la **realidad social** acerca de las pseudociencias. Se realizarán entrevistas en las que se recogerán preguntas como ¿Qué figura tienes de los científicos? o ¿Qué sientes cuando te sometes a una terapia alternativa? ([Anexo II](#)). Se clasificaron las respuestas en dos factores que condicionan la influencia de las pseudociencias en los adolescentes: factores internos y factores externos.

La investigación fenomenológica permite conocer la cotidianidad del aula en la que se trabaja, la experiencia no conceptual de los estudiantes. Se pretende discernir el proceso de interpretación que hacen los educandos del mundo que les rodea y actuar en consecuencia. Dado que es un método que requiere mucho tiempo, la opción más viable será hacer la entrevista de forma grupal a la clase, en vez de alumno por alumno.
3. La **metodología pedagógica** a seguir dependerá de los resultados obtenidos en los puntos uno y dos. Como premisa se plantea como método de enseñanza el **aprendizaje cooperativo y el aprendizaje basado en problemas**. Se trabaja en grupos reducidos de forma que, a través de la resolución conjunta de tareas, los miembros del grupo conozcan las habilidades utilizadas por sus compañeros y

descubran un abanico de estrategias a la hora de enfrentarse a un problema. Los alumnos trabajan juntos para maximizar su aprendizaje y el de los demás.

Si los resultados cuantitativos y cualitativos recogidos muestran una gran adherencia a los mitos científicos se planteará una metodología pedagógica más formal en la que el profesor pueda guiar a los estudiantes de una forma más controlada.

6. PROPUESTA DIDÁCTICA

La actividad propuesta es la creación de una revista científica. El nombre de la revista será «*Science Things*» y el hilo conductor de la misma serán las noticias de televisión, anuncios, declaraciones de personajes públicos... que estén relacionadas con las pseudociencias y mitos científicos. Siguiendo la máxima que dirige este documento que no es otra que sumergirse en la realidad del alumno, se escoge como título de la publicación «*Science Things*» como guiño a la serie de *Netflix* «*Stranger Things*» que tiene gran acogida entre el público adolescente. En este serial un grupo de jóvenes se dedica a resolver los misterios que ocurren en su ciudad. Orientados por el profesor, los alumnos deberán hacer lo mismo que los protagonistas de la obra, dilucidar los entresijos que hay detrás de las falsas ciencias ([Anexo III](#)).

6.1 Contextualización

La propuesta está enmarcada en la asignatura de Biología y Geología de 4º de la ESO, dentro del «Bloque 4. Proyecto de investigación» recogido en el currículo de la Orden EDU/362/2015. Algunos de los alumnos que cursan esta asignatura será la última vez que traten contenidos relacionados con Biología y Geología, dentro de su paso por el sistema educativo. Otros incluso abandonarán la enseñanza y se insertarán en el mercado laboral. Es por eso crucial en esta etapa indicar a los educandos qué caracteriza a la ciencia y qué a las pseudociencias.

Sería recomendable desarrollar la actividad hacia mediados o finales de curso, cuando el alumno ya está acostumbrado a la dinámica del instituto y tiene unos conocimientos sólidos sobre los que trabajar.

Además de desenmascarar las pseudociencias, el proyecto supone una buena oportunidad para relacionar los conceptos teóricos del libro de texto con el día a día del estudiante, con su entorno cotidiano. La intención es que el adolescente no se sienta un mero espectador en el aula, sino que descubran que desde su posición de estudiante puede usar las herramientas científicas para resolver los dilemas y controversias del mundo contemporáneo.

Varias veces en este escrito se ha señalado la por desgracia gran variedad de pseudociencias que existen. Por lo tanto, es una actividad transversal que se puede realizar con la colaboración de profesores de la asignatura de Matemáticas, Física, Química...evitando así que los alumnos tengan las ideas en compartimentos estancos y favorecer el aprendizaje

significativo. La transversalidad de todo proyecto que se realice en el aula supone un valor añadido que contribuye a desarrollar las competencias clave y a la consecución del objetivo marcado.

Como se ha mostrado en el apartado [4. Fundamento teórico](#), muchos gurús de las pseudociencias argumentan sus fraudes con supuestos artículos científicos y numerosas referencias a estudios. Es por ello, que se considera especialmente importante mostrar a los alumnos cuál es el punto que discierne de forma mordaz la ciencia de la pseudociencia. Este punto no es otro que la metodología. La clave de un buen artículo científico es la metodología, pues es la forma que el científico tiene de demostrar que ha sido imparcial en lo que muestra. Un artículo con poca metodología, basado simplemente en referencias, no es un buen artículo. Las referencias y fuentes pueden estar sesgadas, de tal forma que el autor puede elegir las referencias que a él le interesen mostrar y omitir información.

6.2 Competencias

En el desarrollo de este subapartado se ha considerado la Recomendación del Parlamento Europeo del 18 de diciembre de 2006, sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente. En dicho documento se define competencia como una *«combinación de conocimientos, capacidades o destrezas, y actitudes adecuadas al contexto»*. Se considera que *«las competencias clave son aquellas que todas las personas precisan para su realización y desarrollo personal, así como para la ciudadanía activa, la inclusión social y el empleo»*.

En la **Tabla I** se muestran las competencias clave y los descriptores que se usarán para trabajar cada competencia en esta propuesta didáctica.

Tabla I. Competencias clave y descriptores para su desarrollo.

<i>Competencias</i>	<i>Descriptores</i>
CL	- Aprender el vocabulario científico. - Redacción de un artículo científico de forma rigurosa y crítica.
MCCT	- Tomar decisiones basadas en pruebas y argumentos.
D	- Manejo de las TIC para buscar información.
AA	- Resolución de varios problemas y conflictos de la vida cotidiana del alumno.
SC	- Capacidad de adaptación a una actividad nueva. - Comprender los riesgos que suponen para la ciudadanía las teorías de la conspiración y las pseudociencias. - Conocimiento de la desigualdad social que supone no discernir entre el conocimiento objetivo y las afirmaciones sesgadas.
SIE	- Planificación y organización para el diseño de un artículo. - Capacidad de adaptación para trabajar en grupo y gestionar la resolución de un problema.
CEC	- Conocer la diversidad de necesidades que tiene el ser humano y hacer una crítica desde el respeto y nunca desde la burla.

AA: Aprender a Aprender; **CEC:** Conciencia y Expresiones Culturales; **CL:** Comunicación Lingüística; **D:** Digital; **MCCT:** Matemática y Competencia básica en Ciencia y Tecnología; **SC:** Social y Cívica; **SIE:** Sentido de Iniciativa y Espíritu emprendedor; **TIC:** Tecnologías de la Informática y la Comunicación.

6.3 Objetivos

La formulación de los objetivos específicos de la propuesta didáctica que se recogen en este apartado se ha realizado en base a los objetivos generales de este TFM marcados en el capítulo [3. Objetivos](#).

Al finalizar esta propuesta didáctica el alumno será capaz de:

- Reconocer la estructura básica de un artículo científico: título, resumen, material y métodos, resultados, discusión y conclusión (O1).
- Identificar declaraciones en las TIC susceptibles de estar sesgadas y condicionadas (O2).
- Interpretar si una pseudoterapia tiene evidencia científica o es fruto de la charlatanería (O3).

- Analizar con criterio y rigor aspectos de la vida cotidiana relacionados con falacias científicas, teniendo en cuenta la realidad social que los envuelve (O4).
- Argumentar qué es ciencia y qué es pseudociencia (O5).
- Producir un artículo y un póster en el que se plantee el problema a resolver y las hipótesis seguidas para llegar a una conclusión con evidencia científica (O6).

En la **Tabla II** se establece una relación entre los objetivos y las competencias.

Tabla II. Relación de objetivos y competencias. Se representa con una X las competencias cubiertas con cada objetivo.

<i>Objetivo</i>	<i>Competencias</i>						
	CL	MCCT	D	AA	SC	SIE	CEC
O1	X						
O2			X				
O3		X			X		
O4					X	X	X
O5		X					
O6	X			X			

AA: Aprender a Aprender; **CEC:** Conciencia y Expresiones Culturales; **CL:** Comunicación Lingüística; **D:** Digital; **MCCT:** Matemática y Competencia básica en Ciencia y Tecnología; **O:** objetivo; **SC:** Social y Cívica; **SIE:** Sentido de Iniciativa y Espíritu emprendedor; **TIC:** Tecnologías de la Informática y la Comunicación.

6.4 Descripción de la actividad

Tomando como base los apartados de un artículo científico y simplificándolos para adaptarlos a una intención pedagógica, la actividad se desarrollará por grupos de alumnos de la siguiente manera:

- **Título:** cada grupo seleccionará el comentario de una red social, un titular amarillista de un periódico, un anuncio de la televisión o cualquier otro enunciado que haya llamado la atención a los estudiantes para cuestionar las pseudociencias. Se pone como ejemplo uno de los titulares nombrados en el apartado **4. Fundamento teórico:** «La ginecóloga, Christiane

Northrup, advierte y denuncia que las vacunas contra la COVID-19, convierten al cuerpo humano en antena móvil 5G».

• **Resumen:** breve síntesis de lo que transmite la comunicación pseudocientífica seleccionada y las pruebas científicas que la refutan.

• **Material y métodos:** por cuestiones prácticas este será el apartado que más se desviará de la metodología científica experimental (toma de medidas, formulación de pruebas, análisis en el laboratorio...). En la mayoría de los casos en el apartado materiales solo se podrá indicar la red social de la que se extrae la noticia y el material utilizado para refutarla, que serán artículos científicos o documentos de medios oficiales. Aunque, en algunos casos como en el reiki, se puede realizar un experimento.

• **Resultados:** exposición de los argumentos planteados por la ciencia y la pseudociencia.

• **Discusión:** razonamiento y desarrollo crítico de la validez de ambos tipos de argumentos.

• **Conclusión:** idea final después de considerar todos los datos y circunstancias descritos en las secciones anteriores. Los estudiantes deben llegar a este apartado convencidos de que la teoría pseudocientífica seleccionada no tiene ningún rigor ni evidencia. Debe ser una tarea que realicen de forma autónoma, aunque debidamente conducida por el profesor.

• **Comunicación:** presentación de los resultados en forma de artículo y exposición a través de un póster.

Las pautas generales para el formato de la revista serán las siguientes:

- La extensión máxima de cada artículo será de 5 páginas. El resumen tendrá un límite de 120 palabras. Teniendo en cuenta la agrupación de los alumnos descrita en el epígrafe [6.3.3 Grupos tiempos y espacios](#), y valorando una clase de aproximadamente 24 alumnos, la extensión total de la revista será de 30 páginas.
- El tipo de letra será *Times New Roman* tamaño 12.
- Se trabajará con márgenes laterales, superiores e inferiores de 2,5 cm y un interlineado de 1,5.

Para la temporalización de los contenidos de la propuesta didáctica se ha tenido presente que la asignatura de Biología y Geología en 4º de la ESO consta de 4 sesiones semanales repartidas a razón de 50 minutos cada sesión. La actividad se realizará en un total de 8 sesiones (**Tabla III**). En la séptima sesión los alumnos entregarán el artículo al profesor en

formato .pdf según las pautas descritas anteriormente. El docente se encargará de cohesionar todos los artículos e imprimir la revista. En las sesiones 7 y 8 se expondrá a modo de póster un resumen de cada artículo científico. Para realizar el póster los alumnos se guiarán por la plantilla proporcionada por el profesor ([Anexo IV](#)). Cada grupo dispondrá de 5 minutos para presentar su propuesta. Finalizado este tiempo se dispone de otros 5 minutos para responder preguntas.

Se trabajará siempre en el centro educativo para que el estudiante comprenda que la labor científica no es un trabajo individual, sino que requiere la ayuda y colaboración de muchos profesionales en busca de un fin común.

Tabla III. Temporalización de la unidad didáctica y relación de contenidos con objetivos.

<i>Sesión</i>	<i>Contenido</i>	<i>Objetivo</i>
1	El método científico: el artículo científico	O1
2	Heurísticas, sesgos e ilusiones	O2
3	Trabajo en clase y resolución de dudas	O3, O4, O5
4	Trabajo en clase y resolución de dudas	O3, O4, O5
5	Trabajo en clase y resolución de dudas	O3, O4, O5
6	Trabajo en clase y resolución de dudas	O3, O4, O5
7	Entrega del artículo y comienzo de la presentación de los pósteres	O6
8	Presentación de pósteres	O6

O: objetivo

6.5 Metodología de la actividad

Teniendo en cuenta la naturaleza de la propuesta didáctica, las metas que se pretenden conseguir y los condicionantes planteados en la introducción, se seguirá lo expresado en el punto 3 del apartado [5. Metodología](#).

6.6 Espacios y recursos

6.6.1 Recursos materiales

Aula de informática donde cada alumno tenga acceso a internet. Así mismo será necesario un proyector o una pizarra para la resolución de dudas por parte del profesor.

En el caso de que el centro educativo no tenga aula de informática, la actividad se realizará en la clase habitual en la que al menos habrá un ordenador con conexión a internet y un proyector para que el profesor actúe como cicerone en la búsqueda por la red.

Si el instituto no dispone de recursos informáticos el profesor entregará a cada alumno un guion basado en la información dispuesta en el apartado [fundamento teórico](#) de este documento.

En el caso de que el centro tuviera presupuesto, la revista podría llevarse a una imprenta para encuadernar varias copias, lo cual sería un estímulo para los alumnos y serviría como fuente de consulta para los futuros estudiantes.

6.6.2 Recursos humanos

Si se presenta la posibilidad de desarrollar la actividad de forma transversal con otros departamentos, requeriría la colaboración de como mínimo otro profesor. Cuanta mayor cooperación entre la plantilla de educandos, mayor beneficio para el alumno, aunque también mayor complejidad del proyecto.

6.6.3 Grupos, tiempos y espacios

Esta actividad se realizará en grupos de cuatro personas. El profesor organizará los grupos de forma heterogénea en cuanto al nivel y destrezas, prestando especial atención en no organizar grupos solo de chicas o solo de chicos. No se asignarán roles, los alumnos trabajan en conjunto para maximizar su aprendizaje y el de los demás. Será un trabajo a realizar en horario escolar para que el docente pueda dedicar tiempo a hacer las aclaraciones teóricas necesarias, guiar a los estudiantes, y resolver las posibles dudas.

Cada grupo desarrollará un artículo científico. Al final de la actividad todos los artículos se juntarán para formar la revista.

6.7 Evaluación

6.7.1 Criterios de evaluación

Se tendrá en cuenta todo el proceso de enseñanza aprendizaje, no solo el resultado final, para conseguir así una evaluación formativa e integrada. En la **Tabla IV** se muestran los criterios de evaluación relacionándolos con los objetivos.

Tabla IV. Relación de los criterios de evaluación con su correspondiente objetivo.

<i>Criterio de evaluación</i>	<i>Objetivo</i>
Se ha desarrollado la propuesta didáctica siguiendo las secciones de un artículo científico.	O1
Se ha seleccionado y explicado de forma razonada las pseudociencias y falsas teorías que circulan por las TIC.	O2, O3, O4
Se han desmontado las falacias de la falsa ciencia comparándolas con la meticulosa metodología de la ciencia.	O5
Se ha elaborado un artículo y un póster científico usando el pensamiento crítico y siguiendo las directrices pautadas en la actividad.	O6

O: objetivo

6.7.2 Instrumentos de evaluación

Para facilitar la evaluación del alumnado y para mejorar la calidad de la evaluación se han utilizado diferentes técnicas e instrumentos de evaluación. En cualquier caso, los métodos empleados para estimar el aprendizaje del alumnado se han elaborado para permitir la integración de todas las competencias en un marco de evaluación congruente.

Los resultados obtenidos de la encuesta fenomenológica y de la encuesta para conocer las terapias pseudocientíficas con mayor calado que se muestran en el [Anexo I](#) y en el [Anexo II](#), serán tomadas como evaluación inicial a nivel individual, aunque no es calificable. En el [Anexo V](#) y en el [Anexo VI](#) se muestran las rúbricas que se emplearán para el análisis del artículo científico y del póster como ejemplo de evaluación final grupal (grupos de trabajo). En el [Anexo VII](#) se muestra la escala de valoración que se empleará para valorar el trabajo en clase como ejemplo de evaluación continua individual.

6.7.3 Criterios de calificación

El peso aproximado que se otorga a las diferentes actividades y que se tendrá en cuenta para conformar la calificación de esta propuesta didáctica es:

- Artículo revista: 55 %
- Póster: 35 %
- Trabajo en aula: 10 %

La nota del póster y del artículo será grupal utilizando para la evaluación los [Anexos V](#) y [VI](#), recibiendo cada miembro la nota del grupo.

Con el objetivo de motivar la participación e integración del estudiante en el aula, siempre que se entregue la tarea, esta nunca será calificada con un cero.

Los criterios de calidad empleados en cada instrumento se han adaptado a la evaluación por competencias, teniéndose en cuenta en todos ellos el uso de un lenguaje científico apropiado (comunicación lingüística); la capacidad de interpretar distintos tipos de actividades pseudocientíficas (competencias básicas en ciencia y tecnología); el uso de las herramientas tecnológicas adecuadas (competencia digital); la organización del tiempo de trabajo y las pautas a seguir (aprender a aprender); la comunicación constructiva con compañeros y profesores (competencia social y cívica); la proactividad del alumno (competencia de iniciativa y espíritu emprendedor); su sensibilidad y sentido estético (conciencia y expresiones culturales). Se pueden observar ejemplos de estos criterios tanto en las rúbricas como en la escala de valoración de los [Anexos V](#), [VI](#) y [VII](#).

Tanto en el artículo como en el póster, se penalizará con 0,1 puntos cada falta de ortografía (tildes u otros errores ortográficos), con hasta un máximo de 2 puntos por actividad.

La nota final de la propuesta didáctica será la media ponderada de las calificaciones obtenidas en el artículo científico, el póster y el trabajo en clase. El peso de esta actividad en la nota final de la asignatura será del 20 %. En caso de no superar la asignatura en la convocatoria ordinaria (nota ≥ 5), se conservará la nota de la actividad y se tendrá en cuenta en la calificación de la convocatoria extraordinaria.

6.8 Atención a la diversidad

En el caso de existir un alumno con necesidades específicas se reforzará la actividad teniendo en cuenta el informe recibido del Departamento de Orientación.

7. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

La **Figura 6** muestra el nivel de aprobación de las pseudociencias y mitos científicos en una clase de 4º ESO del IES Zorrilla en marzo de 2021.

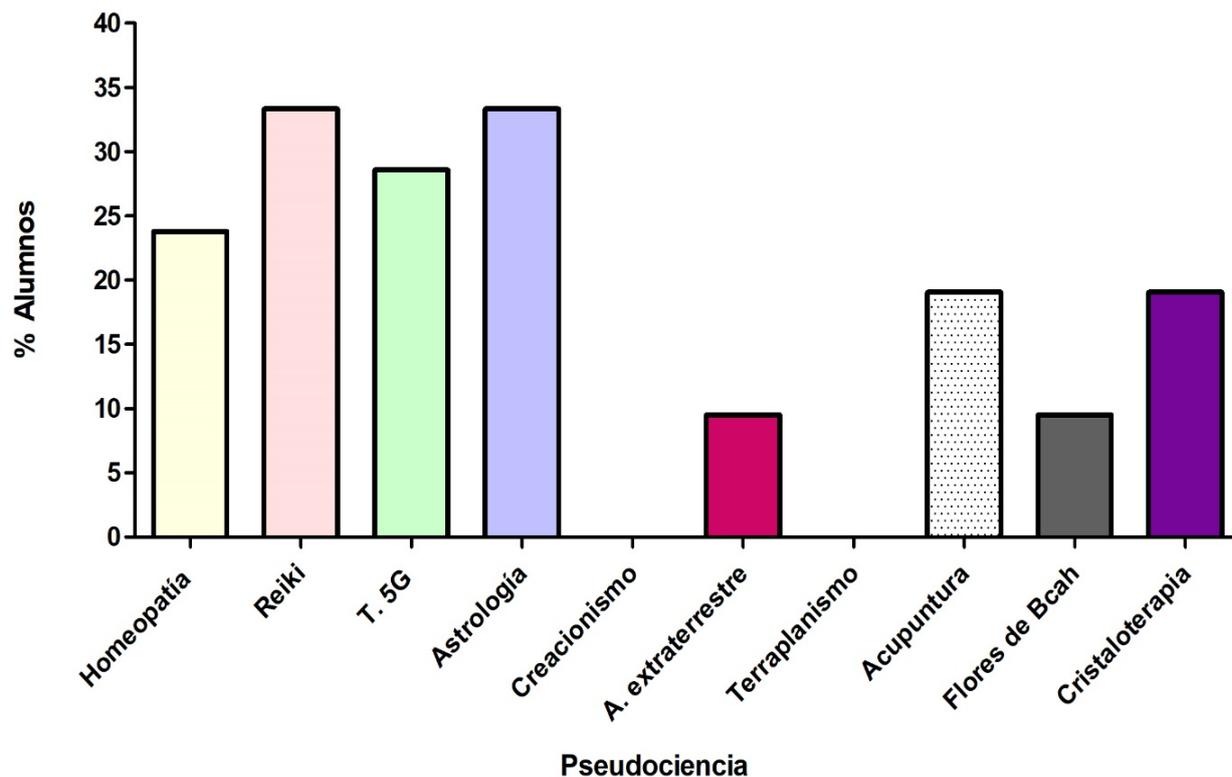


Figura 6. Porcentaje de alumnos que confía en diferentes pseudociencias y pseudoteorías. A: arqueología; T: tecnología.

De las diez pseudociencias analizadas, la astrología y el reiki son las que más confianza generan (33,33 %) en la muestra de alumnos analizada. Con un 28,57 % y un 23,8 % las conspiraciones en torno a la tecnología 5G y la homeopatía ocupan el segundo y tercer lugar respectivamente en la lista de falacias científicas a las que dan credibilidad los estudiantes.

Todos los educandos encuestados niegan que el creacionismo o el terraplanismo tengan alguna evidencia científica.

A continuación, se comparan las cuatro pseudociencias que parecen tener más calado entre los estudiantes de educación secundaria (reiki, homeopatía, astrología y tecnología 5G) con los estudios mencionados a lo largo de este trabajo.

De estas cuatro pseudociencias, en la encuesta de la FECYT del año 2020 señalada en el epígrafe [1. Introducción](#), se hace referencia a la confianza de la población española en el reiki y la homeopatía, pero no nombra ni la astrología ni las conspiraciones en torno al 5G por

lo que estos datos no se podrán comparar. La homeopatía presenta el mismo grado de confianza en la población general que en los educandos. Sin embargo, los estudiantes parecen tener más fe en el reiki que la ciudadanía general (**Figura 7**).

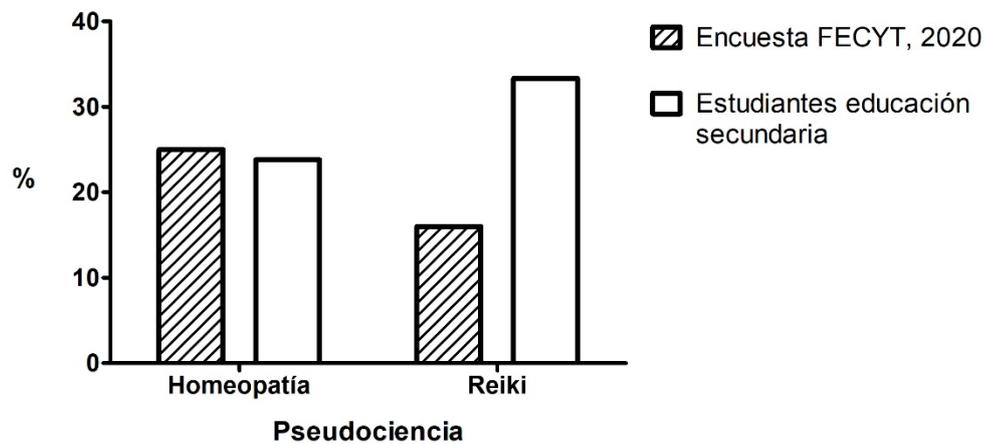


Figura 7. Prevalencia de la homeopatía y el reiki en la población general vs los estudiantes de educación secundaria.

En el estudio de Solbes *et al.*, de la Universidad de Valencia referido en el subapartado [1.3.2 Paradojas del sistema educativo](#), se analiza el calado de las pseudociencias entre el profesorado. Con este estudio se pueden contrastar los datos referentes a la homeopatía y la astrología (**Figura 8**). El número de profesores que creen la homeopatía duplica al de estudiantes, mientras que la astrología reina entre los más jóvenes.

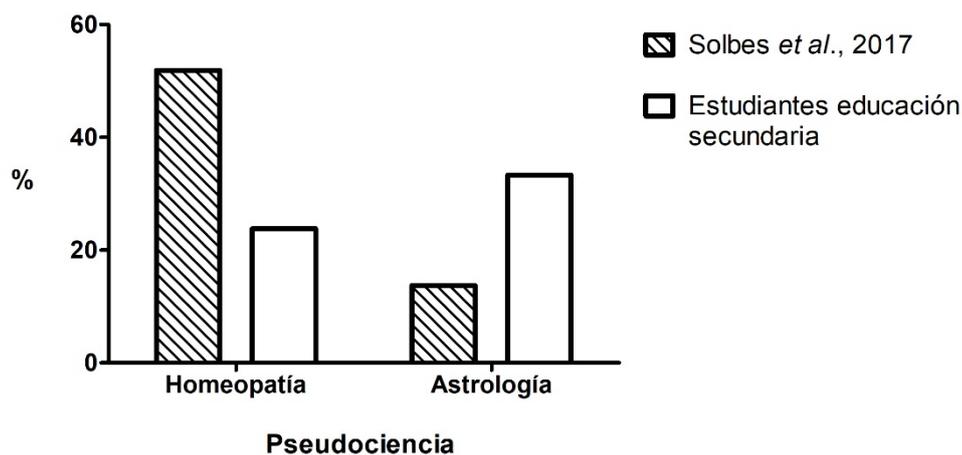


Figura 8. Prevalencia de la homeopatía y la astrología en el profesorado de ciencias vs los estudiantes de educación secundaria.

No se ha encontrado ningún estudio donde se considere la confianza de la población en la tecnología 5G. No obstante, es una falacia científica creciente entre los alumnos de educación secundaria.

En la **Tabla IV** se exponen las categorías de análisis encontradas a partir de las respuestas obtenidas tras realizar la entrevista señalada en el **Anexo II**. Se muestran ejemplos narrativos de las declaraciones más significativas expresadas por el grupo de estudio en relación a las pseudociencias.

Tabla IV. Factores que condicionan la aceptación de las pseudociencias. En *cursiva* aparecen las declaraciones de algunos estudiantes.

ACEPTACIÓN SOCIAL DE LAS PSEUDOCIENCIAS	
Factores internos	Factores externos
Ansiedad e incertidumbre por el futuro <i>«Yo soy tauro, es un signo de tierra, soy una persona firme pero que tiene que luchar por lo que quiere».</i>	Presiones familiares o del grupo de iguales <i>«Siempre consulto el horóscopo con mis amigas al comenzar la semana».</i>
Miedo <i>«Las farmacéuticas buscan enriquecerse. No nos dicen la cura del cáncer para seguir ganando dinero».</i>	Mensajes peligrosos desde los medios de comunicación <i>«Yo he escuchado a uno en el programa de Iker Jiménez, diciendo que en las pirámides se comunican con los extraterrestres».</i>
Esperanza <i>«A mi tío el médico le dio un mal pronóstico, pero fue a hacerse una terapia de reiki y le dijeron que en 5 sesiones estaría curado».</i>	Sistema sanitario congestionado, que dedica poco tiempo al paciente <i>«Cuando voy al médico no me hace mucho caso, siempre me atiende con prisas».</i>
Consuelo <i>«Puede que no sea verdad, pero cuando me echan las cartas entiendo por qué pasan las cosas y me quedo tranquila».</i>	Accesibilidad <i>«Mi madre compra homeopatía en la farmacia cada vez que le duele algo».</i>
Desconocimiento <i>«Yo es que en clase me duermo. Lo que veo en Instagram es más práctico y la gente que sigo está bien informada, siempre te dan muchas referencias».</i>	Falta de divulgación científica en los institutos <i>«Nunca nos habían dicho nada».</i>

Al igual que lo sostenido por autores como Hanson (2017) y García (2015), en los datos de la encuesta fenomenológica se observa que sentimientos como la ansiedad y la necesidad de esperanza y consuelo son factores internos que inclinan la balanza a favor de las pseudociencias en la mayoría de los entrevistados.

La necesidad de inserción en un grupo y la desinformación que circula por los medios de comunicación forman parte de los factores externos que condicionan la credibilidad en la falsa ciencia. Este resultado viene a corroborar lo defendido en los trabajos de Vizcaino *et al.*

8. CONCLUSIONES

Se redactan las conclusiones en base a los [objetivos generales](#) planteados en este TFM:

1. Se ha construido una **crítica** demoledora contra las pseudociencias, pero de forma **constructiva**. Se pone de manifiesto que el conocimiento científico es uno de los elementos necesarios para comprender el calado de las ideas ficticias e inexactas, pero no es el único. Es necesario tener en cuenta que los sesgos, las emociones y otras variables, también juegan un papel importante en la conducta y creencias humanas.
2. La pervivencia de las pseudociencias en los medios de comunicación acorrala el espíritu crítico de los adolescentes. La realidad de los alumnos son las TIC. Se puede apelar al escepticismo del educando de forma eficiente si se realizan **actividades que conectan con su día a día**. Las afirmaciones realizadas por personajes públicos que el adolescente considera parte de su grupo de iguales, son un gancho para captar su atención y conducirles hacia un pensamiento escéptico.
3. Las **teorías de la conspiración** y las **reflexiones anticientíficas** están presentes en la población de estudio. Las respuestas de los alumnos obtenidas tanto en el cuestionario ([Anexo I](#)), como en la encuesta fenomenológica ([Anexo II](#)), pueden estar sesgadas debido a la falta de anonimato. Dado el escaso tiempo disponible para implementar la propuesta, los educandos respondían a las preguntas de la profesora de forma pública. En estudios posteriores sería apropiado realizar el cuestionario y la encuesta de forma individual y privada.
4. La **propuesta didáctica** permite que el alumno entienda cuáles con las formas de explicación utilizadas por la ciencia, cuál es la caracterización ontológica de los objetos que describe, cuáles son sus propósitos y cómo se diferencian de las conjeturas pseudocientíficas. Las actividades planteadas conducen al educando a la reflexión sobre la validez de los episodios y sentencias presentes en su ambiente.

La falta de tiempo ha constituido un impedimento pues hubiera sido interesante realizar una investigación posterior a la realización de la propuesta didáctica. Un análisis ulterior permitiría analizar si realmente la posición pseudocientífica de los adolescentes ha cambiado con el desarrollo de la actividad.

9. REFLEXIÓN PERSONAL

A través de las redes sociales se explotan las debilidades de percepción de los más jóvenes, como el sesgo de confirmación o la ilusión de causalidad. Basándose en sus líderes de opinión los adolescentes encuentran una explicación a fenómenos mucho más complejos.

Aunque las ideas pseudocientíficas aparecen en todos los escalafones de la sociedad, no todos los jóvenes son igual de vulnerables; por eso considero que el informe presentado en este TFM sería interesante aplicarlo en los diferentes niveles de la ESO y en institutos situados en barrios con distinto nivel socioeconómico. Sin duda, la pobreza es un factor clave en la toma de decisiones y en el acceso a la información de calidad.

En el mundo de la sobreinformación, las noticias verdaderas quedan enterradas bajo toneladas de información no contrastada. La forma de combatir esta desinformación es aprendiendo a discernir; y es tarea de la educación enseñar a desarrollar el pensamiento crítico. Una base sólida en ciencias es necesaria tanto para los estudiantes de ciencias como para los de humanidades o ciencias sociales. No solo hay que evitar compartimentar el conocimiento, hay que educar a los adolescentes a aprender a detectar las pseudociencias y a contrastar la información.

Los bulos científicos y teorías de la conspiración son muy seductoras porque simplifican la realidad. Es muy fácil pensar que un supuesto poderoso enemigo está llevando a cabo un plan malvado, y encontrar así respuesta a todas las preguntas. Las pseudociencias funcionan porque los seres humanos queremos tener control y certezas, porque lo imprevisible da miedo. Pero, dejar las decisiones en manos de supersticiones sin fundamento oprime nuestra libertad de elegir. La educación en ciencias es la herramienta que libera esa opresión y otorga el conocimiento necesario para tomar decisiones libres.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Aísa, T. (2020, 25 de septiembre). Las antenas 5G desatan la polémica en Leganés: los vecinos, preocupados por la instalación masiva. *Madridiario* [en línea]. Disponible en: <https://www.madridiario.es/vecinos-de-leganes-norte-denuncian-la-masiva-instalacion-de-antenas-5g> [2021, 8 de junio].
- Alonso, F. y Cortiñas, S. (2014). La pseudociencia como (des)información tóxica. Una taxonomía para comprender el fenómeno y sus manifestaciones. *Ámbitos*, 24, 1-13.
- Álvarez, M. (2019). Elementos para el análisis de las pseudociencias. En D. Galperin, y G. Bengochea, *Actas de las Primeras Jornadas Internacionales de Promoción de la Cultura Científica en Astronomía*, 46-50. Bariloche: Universidad Nacional de Río Negro.
- Avello, M., Avendaño, C., Mennickent, S. (2009). Aspectos generales de la homeopatía. *Revista médica de Chile*, 137, 155-120.
- Barbault, A., Johnston, K., y Gillett, R. (2016). *Planetary Cycles, Mundane Astrology*. Londres: The Astrological Association.
- Bravo, B., Puig, B. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2009). Competencias en el uso de pruebas en argumentación. *Educación Química*, 20, 137-142.
- Bunge, M. (2013). ¿Qué es la ciencia? En M. Bunge, *La ciencia. Su método y su filosofía*. (pp.10-33). Pamplona: Laetoli.
- Caballo, V. y Salazar, I. (2019). *Ingenuos. El engaño de las terapias alternativas*. Madrid: Siglo XXI.
- CCARS (2020, marzo). *Informe del CCARS sobre 5G y salud* [en línea]. Disponible en: <https://ccars.org.es/component/search/?searchword=229ysearchphrase=allyItemid=111> [2021, 8 de junio].
- Cervera, F. (2014). *El arte de vender mierda: el fecomagnetismo, la homeopatía y otras estafas*. Pamplona: Laetoli.
- Davenas, E., Beauvais, J., Amara, M., Oberbaum, M., Robinzon, B., Miasonnai, A., Tedeschi, A., Pomeranz, B., Fortner, P., Belon, P., Sainte-Laudy, J., Poitevin, B., y Benveniste, J. (1988). Human basophil degranulation triggered by very dilute antiserum against IgE. *Nature*, 333, 816-818.

- Directiva 2001/83/CE de 2001. Por la que se establece un código comunitario sobre medicamentos para uso humano. En Diatio Oficial de la Unión Europea N° 311. Parlamento Europeo, Consejo de la Unión Europea.
- Doménech-Casal, J. (2019a). Escalas de certidumbre y balanzas de argumentos. Una experiencia de construcción de marcos epistemológicos para el trabajo con Pseudociencias en secundaria. *Ápice. Revista de educación científica*, 3(2), 37-53.
- Doménech-Casal, J. (2019b). STEM: oportunidades y retos desde la enseñanza de las ciencias. *Revista de Ciències de l'Educació*, 1, 155-168.
- Elby, A. (2001). Helping physics students learn how to learn. *American Journal of Physics, Physics Education Research Supplement*, 69(7), 54-64.
- FECYT (2020). *Informe Encuesta de Percepción Social de la Ciencia 2020*. Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Gobierno de España. Disponibles en: <https://icono.fecyt.es/informes-y-publicaciones/percepcion-social-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-en-espana> [13 de junio 2021].
- Federación de Asociaciones Astronómicas de España (2020, diciembre). Conjunción Júpiter Saturno [en línea]. Disponible en: <https://federacionastronomica.es/index.php/actividades-y-eventos/conjuncion-jupiter-saturno> [2021, 8 de junio].
- Fernández, F. (2006). Las funciones sociales de la escuela. En F. Fernández Palomares, *Socialización y escuela* (pp.117-137). Madrid: Pearson Educación.
- Flichtentrei, D. (2019). Mi vecino es antivacunas. *Revista Anfibia*, [en línea]. Disponible en: <https://revistaanfibia.com/ensayo/mi-vecino-es-antivacunas/> [2021, 5 de abril].
- Frías, F. (2017). La lista de la vergüenza en *Naukas*, [en línea]. Disponible en: <https://listadelaverguenza.naukas.com/> [2021, 30 de mayo].
- Galaz, M. (2021, 18 de abril) Miguel Bosé, bulos sobre la pandemia en horario de máxima audiencia. En *El país* [en línea]: Disponible en: <https://elpais.com/gente/2021-04-18/miguel-bose-bulos-sobre-la-pandemia-en-horario-de-maxima-audiencia.html> [2021, 2 de junio].
- García, R. (2015). Pseudociencia en el mundo contemporáneo. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 81(81), 25–33.

- García, A., Tur-Viñes, V. y Pastor, Y. (2018). Consumo mediático de adolescentes y jóvenes. Noticias, contenidos audiovisuales y medición de audiencias, *Icono 14*, 16(1), 22-46.
- Golós, A., y Lutynska A. (2015). Aluminium adjuvanted vaccines: a review of the current state of knowledge. *Przegląd epidemiologiczny*, 69, 731-734.
- González, L. y Adúriz, A. (2014). Por qué la astrología no es una ciencia. *Si muove*, 8, 19-26.
- Hanson, S. (2017). Science denial as a form of pseudoscience. *Studies in History and Philosophy of Science*, 63, 39-47.
- Lainie, W., Rutkow, J., Ira, M. (2004) Homeopaths, Surgery, and the Civil War. *Archives of Surgery*, 139, 785-791.
- Lam, R. M., Hernández, P. (2014). El placebo y el efecto placebo. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 30(3), 214-222.
- Lee, M. S., Pittler, M. H. Ernst, E. (2008). Effects of reiki in clinical practice: a systematic review of randomised clinical trials. *International Journal of Clinic Practice*, 62(6), 947:954.
- Lifshitz, A. (2017). La pseudociencia y los falsos investigadores. *Medicina Interna de México*, 33(4),439-441.
- Maddox, J., Randi, J., y Stewart W. W. (1988). "High-dilution" experiments a delusion. *Nature*, 334, 287-290.
- Madigan, M.T., Martinko J.M., Parker, J. (2004). Epidemiología. En M.T. Madigan, J.M. Martinko, J. Parker. *Nutrición, cultivo y metabolismo microbiano*. (pp. 839-841). Madrid: Pearson Educación.
- Maero, F. (2014, julio). Escribo artículos porque soy de Aries: el efecto Forer y el horóscopo. *Psyciencia*. [en línea]. Disponible en: https://www.psyciencia.com/escribo-articulos-porque-soy-de-aries-el-efecto-forer-y-el-horoscopo/?doing_wp_cron=1561187140.5925951004028320312500 [2021, 9 de junio].
- Maldita Ciencia (2020, junio). Las afirmaciones falsas sobre el 5G y la COVID-19 del vídeo de Thomas Cowan. [en línea].Disponible en: <https://maldita.es/malditaciencia/20200605/video-coronavirus-5g-covid19-thomas-cowan/> [2021, 7 de junio].

- Marcos, A. (2014). La pseudociencia y el poder de los medios de comunicación . La problemática ausencia de bases teóricas para afrontar el fenómeno. *Historia y comunicación social*, 19, 93-103.
- Martín, F. (2014, 27 de noviembre). Las perlas de Ana Mato al frente del Ministerio de Sanidad. *Información*. Disponible en: <https://www.informacion.es/nacional/2014/11/28/perlas-ana-mato-frente-ministerio-6418592.html> [2021, 1 de junio].
- McRitchie, K. (2018). The students' critical thinking guide regarding science and astrology. *ISAR International Astrologer*, 36(1), 36-42.
- Mena, M. (2020, junio). El despliegue del 5G en el mundo. *Statista* [en línea]. Disponible en: <https://es.statista.com/grafico/23241/nivel-de-desarrollo-de-la-tecnologia-5g-en-el-mundo/> [2021, 7 de junio].
- Merino, B. (2014). ¿Homeopatía? No, gracias (Y sin ellas). *Naukas* [en línea]. Disponible en: <https://naukas.com/2014/07/10/homeopatia-gracias-y-sin-ellas/>[2021 5 de junio].
- Minerva, M., Ibáñez, I., Romero, C., y Jiménez, P. (2019). ¿ *Qué ciencia se presenta en los libros de texto de Educación Secundaria ? Which type of science is presented.* 3, 49-71.
- Ministerio de Educación y Ciencia - España (1983, 23 de septiembre). Resolución 27254 por la que se publica la realción total de campos, disciplinas y subdisciplinas de especialización científica y tecnológica. En *Boletín Oficial del Estado N° 246* [en línea] Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/1983/10/14/pdfs/A27855-27868.pdf> [2021, 2 de junio].
- Ministerio de Sanidad y Consumo - España (1994, 16 de noviembre). Real Decreto 2208/1994 por el que se regula los medicamentos homeopáticos de uso humano de fabricación industrial. En *Boletín Oficial del Estado N° 284* [en línea]. Disponible en : <https://www.boe.es/eli/es/rd/1994/11/16/2208/dof/spa/pdf> [2021, 2 de junio].
- Nájera, A. (2021). El 5G no tiene nada que ver con la COVID-19: ni «exacerba la pandemia» ni «debilita la inmunidad del huésped» ni aumenta la virulencia del SARS-CoV-2». *Comité científico asesor en radiofrecuencia y salud*, [en línea]. Diponible en: <https://ccars.org.es/noticias-home/maldita-radiofrecuencia-noticias-lateral/288-el-5g->

- no-tiene-nada-que-ver-con-la-covid-19-ni-exacerba-la-pandemia-ni-debilita-la-inmunidad-del-huesped-ni-aumenta-la-virulencia-del-sars-cov-2 [2021, 7 de junio].
- Niño, J. A. (2018). Historia del Reiki u Mikao Usui. EN J. A. Niño, *Manual Reiki Shoden (nivel 1)*(pp. 22-27). Málaga: Escuela Española de Reiki Profesional.
- Nogués, G. (2018). *Pensar con otros. Una guía de supervivencia en épocas de posverdad*. Buenos aires: Abre.
- OMS (2014, octubre). *Campos electromagnéticos y salud pública* [en línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/electromagnetic-fields-and-public-health-mobile-phones> [2021, 8 de junio].
- Orden EDU/362/2015 de 2015. Por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. En Boletín Oficial de Castilla y León Nº 86. Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León.
- Pereda, C., De Prada, M. A., y Actis, W. (2010). *Posiciones y expectativas de las familias en relación al sistema educativo. Exploración cualitativa*. Ministerio de Educación. Gobierno de España.
- Portal de la Transparencia. Ministerio de Educación y Formación Profesional. *Gobierno de España*. [en línea]. Disponible en: https://transparencia.gob.es/transparencia/transparencia_Home/index/PublicidadActiva/OrganizacionYEmpleo/Funciones/Funciones-MEFP.html [2021, 1 de junio].
- Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (2018). *Índices e indicadores de desarrollo humano*. Actualización estadística de 2018 [en línea]. Disponible en: http://hdr.undp.org/sites/default/files/2018_human_development_statistical_update_es.pdf [2021, 19 de mayo].
- Rajoy, M. (1983, 4 de marzo). Igualdad humana y modelos de sociedad. *Faro de Vigo*. p. 2.
- Rampello, S. (2019). Los sesgos en la toma de decisiones. *Revista Perspectivas de las Ciencias Económicas y Jurídicas*, 9, 85-94.
- Recomendación del Parlamento Europeo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente (2006). En Diario Oficial de la Unión Europea Nº394. Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea.

- Reif, F. y Larkin, J. (1991). Cognition in scientific and everyday domains: Comparisons and learning implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 733-761.
- Riol, J.M. (2015). Las pseudociencias y las universidades. *Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular*, 184, 4-6.
- Rodriguez, R. (2021, 18 de abril). «Hay un plan para ocultar la verdad». Las 18 confesiones del negacionista Miguel Bosé sobre el coronavirus. *El Español* [en línea]. Disponible en: https://www.elespanol.com/corazon/famosos/20210418/ocultar-verdad-confesiones-negacionista-miguel-bose-coronavirus/574693237_0.html [2021, 2 de junio].
- Rosa, L., Rosa, E., Sarnier, L., Barrett S. (1988). A close look to therapeutic touch. *JAMA Network*, 279,1005-10.
- Sagan, C. (2016). Ciencia y esperanza. En C. Carl, *El mundo y sus demonios. La ciencia como una luz en la oscuridad*. (Trad. V. de Undina). Barcelona: Planeta (Original en inglés, 1995).
- Sagar, S., Dongus, S., Schoeni A., Roser K., Eeftens, M., Struchen B., Foerster M., Meier, N., Adem S., Rösli, M. (2017). Radiofrequency electromagnetic field exposure in everyday microenvironments in Europe: A systematic literature review. *Nature*, 28, 147-160.
- Schraer, R. y Lawrie, E. (2020, 6 de abril). Coronavirus: las teorías conspirativas sobre el 5G y el Covid-19 que llevaron a la quema de mástiles de telefonía celular en Reino Unido. *BBC News* [en línea]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-52182841> [2021, 7 de junio].
- Shang, A., Huwiler-Müntener, K., Nartey, L., Jüni P., Dörig, S., Sterne, J., Pewsner, D., y Egger, M. (2005). Are the clinical effects of homeopathy placebo effects? Comparative study of placebo-controlled trials of homeopathy and allopathy. *The Lancet*, 366, 726-732.
- Singh, S. y Ernst, E. (2018) ¿Truco o tratamiento? La medicina alternativa a prueba. (Trad. V. de Rubio, P. y Chicano, M. A.). Madrid: Capitán Swing. (Original en inglés, 2008).
- Solbes, J. (2019). Cuestiones socio-científicas y pensamiento crítico una propuesta para cuestionar las pseudociencias. *Revista Tecné Espisteme y Didaxis: TED*, 46, 81-99.

- Solbes, J. y Torres, N. (2012). Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones sociocientíficas: un estudio en el ámbito universitario. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 26, 247-269.
- Solbes, J., Palomar R., Domínguez M. C. (2018). ¿En qué grado afectan las pseudociencias al profesorado? Una mirada al pensamiento de los docentes de ciencias en formación. *Metodé Science Studies Journal*, 96, .29-35.
- Tovar, J. (febrero, 2021). Un año de covid en África: casi 4 millones de casos y muy pocas vacunas. *Efe salud* [en línea]. Disponible en: <https://www.efesalud.com/covid-africa-aniversario-primer-caso/> [2021, 7 de junio].
- Velázquez, A. (2018). Pensamiento crítico en Medicina. *Universidad de Buenos Aires - Argentina* [en línea]. Disponible en: https://www.fmed.uba.ar/sites/default/files/2018-02/7_0.pdf [2021, 3 de junio].
- Viau, J., Zamorano R., Gibbs H. y Moro L. (2006). Ciencia y pseudociencia en el aula: el caso «Bosque energético». *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(3), 451-465.
- Vizcaíno, A.; Casas, P. y Contreras, P. (2020). Divulgación científica en youtube y su credibilidad para docentes universitarios. *Educación XXI*, 23(2), 283-306.
- Voas, D. (2007). Ten million marriages: A test of astrological 'love signs. *University of Manchester: Cathie Marsh Centre for Census and Survey Research* [en línea]. Disponible en: <https://astrologiaexperimental.files.wordpress.com/2014/05/voasastrology.pdf> <https://astrologiaexperimental.files.wordpress.com/2014/05/voasastrology.pdf> [2021, 3 de junio].
- Woodard, C. (2021, 5 de mayo). Meet Christiane Northrup, doctor of disinformation. *Portland Press Herald* [en línea]. Disponible en: <https://www.pressherald.com/2021/05/02/meet-christiane-northrup-doctor-of-disinformation/> [2021, 8 de junio].

ANEXO I: CUESTIONARIO UTILIZADO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE APROBACIÓN DE LAS PSEUDOCIENCIAS

Se realizó siempre la misma pregunta: ¿Confías en las premisas de «X»? Donde «X» representa una teoría o pseudociencia diferente en cada pregunta. Las falacias científicas escogidas y las respuestas de los estudiantes fueron las siguientes:

PREGUNTA	SÍ	NO
¿Confías en las premisas de la homeopatía ?	5	16
¿Confías en las premisas del reiki ?	7	14
¿Confías en las premisas que defiende la tecnología 5G ?	6	15
¿Confías en las premisas de la astrología ?	7	14
¿Confías en las premisas del creacionismo ?	0	21
¿Confías en las premisas que defiende la arqueología extraterrestre ?	2	19
¿Confías en las premisas del terraplanismo ?	0	0
¿Confías en las premisas de la acupuntura ?	4	17
¿Confías en las premisas de las flores de Bach ?	2	19
¿Confías en las premisas de la crystaloterapia ?	4	17

ANEXO II: ENTREVISTA FENOMENOLÓGICA

1. ¿Qué imagen tienes de los científicos?
2. ¿Crees que los científicos tienen un papel relevante en la sociedad?
3. ¿Consideras que el trabajo de los científicos tiene aplicación en la vida cotidiana?
4. ¿Sueles leer alguna noticia científica en los medios de comunicación?
5. ¿Qué sientes cuando te sometes a una terapia alternativa?
6. ¿Hay algún peligro en las pseudociencias?
7. ¿Recomendarías a algún amigo someterse a una terapia pseudocientífica?
8. ¿Recurre a las redes sociales para obtener información?
9. ¿Las declaraciones de personajes influyentes influyen en tus opiniones?
10. ¿Habéis trabajado alguna vez las pseudociencias en el aula?

ANEXO III: PORTADA DE LA REVISTA

Gran parte de los usuarios de la plataforma de comunicación *Netflix* son adolescentes. Para captar la atención e interés de los alumnos, en la portada de la revista se hace un juego de palabras entre la «ciencia» y una de las series con más adeptos entre los adolescentes, «*Stranger Things*».



ANEXO IV: PLANTILLA PÓSTER CIENTÍFICO

Dimensiones: cartulina tamaño A2 (50 x 65 cm).

TÍTULO	
RESUMEN	
MATERIAL Y MÉTODOS	DISCUSIÓN
RESULTADOS	CONCLUSIÓN

ANEXO V: RÚBRICA UTILIZADA PARA EVALUAR EL ARTÍCULO CIENTÍFICO

*En negrita se muestran los criterios que se deben cumplir para alcanzar la calificación correspondiente en cada apartado y que difieren del apartado anterior.

**La nota obtenida será ponderada al 55 % correspondiente al peso de la actividad.

ASPECTOS	EXCELENTE (2.5 puntos)	SATISFACTORIO (2 puntos)	MEJORABLE (1.5 puntos)	INSUFICIENTE (1 punto)
CANTIDAD DE INFORMACIÓN	Utiliza numerosas y diversas fuentes de información (bibliografía webgrafía, entrevistas...) que están relacionadas con el tema.	Utiliza numerosas y diversas fuentes de información (bibliografía webgrafía, entrevistas...) aunque no todas aportan información relevante.	Utiliza escasas y poco diversas fuentes de información, aunque todas están relacionadas con el tema.	Las fuentes consultadas son escasas, no aportan información relevante y algunas no están relacionadas con el tema.
CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	Todas las fuentes son de alta calidad, fiables y actualizadas. Completa con imágenes, gráficos, dibujos...	La mayoría de las fuentes son de calidad, fiables y están actualizadas. Completa con alguna imagen o gráfico.	Algunas de las fuentes de información consultadas no son fiables o no están actualizadas. Los recursos complementarios no aportan información relevante.	Las fuentes de información consultadas no son fiables o no están actualizadas. No aporta recursos complementarios.
CONCLUSIONES E IDEAS CLAVE	Responde correctamente a la pregunta/reto presentado. Expresa con claridad las ideas clave del tema usando un vocabulario adecuado.	Responde correctamente a la pregunta presentada. Expresa sus ideas de manera clara y sencilla.	Aunque contesta a la pregunta transmite las conclusiones de manera confusa e imprecisa.	No contesta correctamente a la pregunta ni identifica las ideas clave del tema.
PRESENTACIÓN	Información muy bien redactada. Sin errores gramaticales, ortográficos ni de puntuación. Resalta las ideas principales y utiliza recursos que ayudan a la comprensión del tema.	Información bien organizada y redactada. Sin errores gramaticales, ortográficos ni de puntuación.	La información está organizada, aunque en su redacción hay algún error gramatical, ortográfico o de puntuación.	La información no está organizada y en su redacción hay bastantes errores gramaticales, ortográficos y de puntuación.

ANEXO VI: RÚBRICA UTILIZADA PARA EVALUAR EL PÓSTER

*En negrita se muestran los criterios que se deben cumplir para alcanzar la calificación correspondiente en cada apartado y que difieren del apartado anterior.

**La nota obtenida será ponderada al 35 % correspondiente al peso de la actividad.

ASPECTOS	EXCELENTE (2.5 puntos)	SATISFACTORIO (2 puntos)	MEJORABLE (1.5 puntos)	INSUFICIENTE (1 punto)
CONTENIDO	Ofrece detalles concisos que van más allá de lo obvio o predecible.	Los detalles de apoyo y la información están relacionados, pero algún aspecto clave está sin apoyo.	Los detalles de apoyo y la información están relacionados, pero varios aspectos clave están sin apoyo.	Los detalles de apoyo y la información no están claros o no están relacionados con el tema.
ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	La información está muy bien organizada , tiene un orden detallado y es fácil de leer.	La información está bien organizada y facilita la lectura del poster, pero el orden seguido no es el apropiado de un póster científico.	Se organiza la información, pero la lectura del póster no es fácil ni cómoda.	La información está desordenada y no es fácil la lectura del póster.
LENGUAJE ICONOGRÁFICO	Todas las imágenes apoyan el mensaje con un pie de foto y tienen las dimensiones necesarias de acuerdo al póster.	Algunas imágenes apoyan el mensaje con un pie de foto y tienen las dimensiones necesarias de acuerdo al póster.	La mayoría de imágenes no tienen las dimensiones necesarias, son desproporcionadas, poco claras y no sirven de apoyo al mensaje.	Carece de imágenes que apoyen el mensaje y el póster es solo texto.
FORMATO DE FONDO Y FUENTE	Fondo apropiado para la visualización de textos y gráficos. Fuente (tamaño, color, negrita, cursiva, etc.) planeada para una legibilidad óptima.	Fondo adecuado para la visualización de textos y gráficos, aunque la fuente (tamaño, color, negrita, cursiva, etc.) es inapropiada y hace que algunas veces sea difícil leer el contenido.	El fondo y el formato elegidos son inadecuados para la lectura del póster a una distancia prudencial.	No sigue un único fondo y formato resultado caótica la lectura del póster.

ANEXO VII: ESCALA DE VALORACIÓN PARA EVALUAR EL TRABAJO EN EL AULA

CRITERIOS A EVALUAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capacidad de aprendizaje										
Administración de trabajo con sus compañeros										
Preparación y organización del material de trabajo para elaborar la actividad con éxito										
Habilidades de comunicación oral y escrita										
Sentido de la responsabilidad										
Facilidad de adaptación										
Iniciativa										
Implicación personal										
Motivación										
Puntualidad										
Aplicación de los conocimientos teóricos										

Nota final:

*La nota final será calculada como el promedio de cada uno de los criterios a evaluar.

