



# Escalas de certidumbre y balanzas de argumentos. Una experiencia de construcción de marcos epistemológicos para el trabajo con Pseudociencias en secundaria

Jordi Domènech-Casal

Institut de Secundària Marta Estrada, Granollers (Barcelona); Departament de Didàctica de les Matemàtiques i les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona. España

[Recibido el 26 de diciembre 2018, aceptado el 5 de abril de 2019]

Las Pseudociencias son propuestas no basadas en evidencias científicas que se presentan como científicas. En la Enseñanza de las Ciencias, su tratamiento implica aspectos relacionados con la Naturaleza de las Ciencias. Se han elaborado y aplicado con alumnado de 14-15 años dos andamios didácticos para el trabajo con Pseudociencias y el análisis de argumentos en la lectura crítica de textos. Se han analizado el posicionamiento ante Pseudociencias y las capacidades del alumnado para identificar y conferir valor a argumentos. Los resultados indican que el alumnado identifica mejor los argumentos basados en datos y autoridad que los relativos al modelo y tiene dificultades para identificar los relativos a hábitos. Además existe un leve sesgo de género en la aceptación de Pseudociencias que no está relacionado con distintas preferencias en la elección o valoración de distintos tipos de argumentos. Se discuten vías para el trabajo con Pseudociencias desde las aulas de Ciencias.

**Palabras clave:** Pseudociencias; Naturaleza de la Ciencia; Competencia Científica; Argumentación

## Scales of certainty and arguments weighing. An experience of building epistemic frames to learn about Pseudosciences in secondary education

Pseudosciences are proposals presented as scientific but not based in scientific evidence. Science Education connects to this topic through Nature of Science. We have developed and applied with 14-15 years old students two didactic scaffolds for teaching on Pseudosciences and critic reading. We have analysed students' positioning on Pseudosciences and abilities to identify different kinds of arguments. Our results suggest that students' abilities to identify data and authority as arguments are higher than their abilities to identify those based on scientific models and habits. Moreover, there is a genre-related bias on considering Pseudosciences and technologic innovations. This bias is not related to students' preferences when considering or choosing different kinds of arguments. Ways for teaching practices on Pseudosciences are discussed.

**Keywords:** Pseudosciences; Nature of Science; Scientific Competence; Argumentation

Para citar el artículo. Domènech-Casal, J. (2019). 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. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2019.3.2.4930>

Contacto: [jdomen44@xtec.cat](mailto:jdomen44@xtec.cat)

## Introducción

El desarrollo de la Competencia Científica implica el despliegue de 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) (OCDE, 2013). Esto tiene por objetivo no sólo que el alumnado pueda actuar como científico, sino que pueda abordar la vida cotidiana desde la Ciencia. En este sentido, varios autores reclaman que la enseñanza de las ciencias debe ubicarse en contextos cotidianos participados por la ciencia (Zeidler, Sadler, Simmons y Howes, 2005, Feinstein, 2011) que impliquen la resolución de conflictos y toma de decisiones (Zeidler, Walker, Ackett y Simmons, 2002, Blanco, 2004, Sadler y Zeidler, 2005, Gilbert, 2006, España y Prieto, 2010) y el desarrollo de habilidades como evaluar la certidumbre de proposiciones, el pensamiento crítico y la argumentación (Jiménez-Aleixandre, 2010, Osborne, 2014).

## Las Pseudociencias, una emergencia educativa

El término Pseudociencia en el sentido actual fue usado por primera vez por François Magendie (1843) en referencia a la frenología (la Pseudociencia que asocia la forma del cráneo a características intelectuales). Las Pseudociencias son propuestas de explicación del funcionamiento del mundo que se defienden como científicas o ciertas sin estar basadas en el análisis de evidencias ni en el consenso de la comunidad científica. En el campo de la salud, lo son propuestas de terapias alternativas como la homeopatía, la medicina germánica, el biomagnetismo, la ozonoterapia o el Reiki. En algunas ocasiones comparten público y posiciones epistemológicas con el pensamiento mágico o teorías de la conspiración (como las constelaciones familiares, el movimiento anti-vacunas, o los “chemtrails”) y se sostienen en postulados no probados como “lo similar cura lo similar”(Shermer, 2008).

Las Pseudociencias suelen convencer al público basándose en varios tipos de falacias. Según Bunge (1984), las Pseudociencias presentan un énfasis en la confirmación, crear proposiciones *ad hoc* para anomalías observadas, ausencia de auto-evaluación, fundamentación en testimonios, lenguaje obscurantista y dificultades para conectar su discurso con las ciencias establecidas. En algunos casos, sugieren sofisticación mediante el uso y conexión de términos con aspecto de científicos como “cuántico”, “holístico” o “resonancia”, o conceptos etéreos como “energía” “armonía” o “fluido”. En otros casos, se apoyan en errores epistémicos como el llamado “*amimefuncionismo*” (conozco a alguien que afirma que le funcionó, ergo, no sólo funciona sino su propuesta-modelo es válida) vinculado muchas veces al efecto placebo (por el cual un paciente experimenta mejoría por elementos no vinculados al tratamiento en sí) (Shermer, 2008, López-Nicolás 2016).

Estas propuestas pseudocientíficas tienen una gran presencia social, incluso en espacios públicos o universitarios, y aceptación incluso mayor en personas con formación (Cortiñas-Rovira, Alonso-Marcos, Pont-Sorribes y Escribà-Sales, 2015). Estudios estadísticos muestran que en España es elevado el porcentaje de personas que dan mucha o algo de certidumbre a propuestas pseudocientíficas como la acupuntura (58%), homeopatía (52%), horóscopos (31%), y que esos porcentajes son mayores en mujeres que en hombres (INE, 2013, MINECO, 2016).

Entre el alumnado de secundaria las creencias pseudocientíficas (homeopatía, astrología, visitas de seres extraterrestres) están muy extendidas y se repite el sesgo de género: las alumnas suelen ser menos escépticas que los alumnos. Estas creencias pseudocientíficas son difíciles de cambiar, si bien el escepticismo del alumnado suele incrementarse de los 11 a los 16 años (Preece y Baxter, 2000, Viau, Zamorano, Gibbs y Moro, 2006, García-Molina, 2015).

Entre el profesorado son también frecuentes las visiones pseudocientíficas. En profesorado en formación se detecta bajo escepticismo ante este tipo de propuestas (poderes psíquicos, predicciones de Nostradamus, homeopatía) y la mayor parte acepta como ciertas proposiciones vinculadas a profecías (Yates y Chandler, 2000, Hobson, 2001). Al intentar establecer grupos o asociar los niveles de escepticismo a distintos factores (horas de TV, cognición,...) se halla una sola correlación: de nuevo se repite el sesgo de género: las maestras en formación muestran un menor escepticismo ante estas propuestas que sus compañeros (Uskola, 2016).

Este auge y aceptación de las Pseudociencias tiene importantes consecuencias en la salud de las personas, que se plasman en noticias cada vez más frecuentes en periódicos, relativas a intoxicaciones o personas que han abandonado tratamientos médicos por las promesas vacías de gurús y chamanes. En los últimos meses en España, se han producido reacciones públicas a esta situación, desde asociaciones e iniciativas escépticas primero –como el caso de la iniciativa *No sin evidencia*– y la Sociedad para el Avance del Pensamiento Crítico (<http://www.escepticos.es>) y algunos poderes públicos después, lo que ha generado intensos debates sobre las vías de incidir en la problemática.

Los datos de la reciente VIII Encuesta de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología (MINECO, 2016) y los distintos estudios citados ponen de manifiesto dos dinámicas: 1) el apoyo que reciben las Pseudociencias disminuye con la edad y no está asociado a bajo nivel de estudios; 2) se detecta un sesgo de género según el cual las mujeres son menos escépticas con las Pseudociencias, al tiempo que tienen peor percepción de aspectos tecnológicos como los teléfonos móviles, los transgénicos o el Wi-Fi. Por el momento, no se han descrito las causas de este sesgo de género.

## Marco Teórico

### El enfoque del tratamiento de las Pseudociencias. Visiones de la Filosofía de la Ciencia

Mientras algunos autores (Randi, 1994, Sagan, 1995) exigen el establecimiento de límites metodológicos claros y jerárquicos entre Ciencia y Pseudociencia, otros (Feyerabend, 1975, Laudan, 1996, McNally, 2003) consideran que una oposición en estos términos es en sí mismo acientífica y que la discusión debería considerar las Pseudociencias como proto-ciencias y centrarse en el análisis cuantitativo de la certidumbre que aportan sus pruebas. De hecho, los defensores de Pseudociencias suelen cobijar sus argumentaciones epistémicas en la denuncia de Kuhn y Lakatos: la Ciencia suele ser reacia a aceptar datos e interpretaciones que atacan el paradigma vigente y tiene una reacción poco científica ante la disidencia (Campanario, 2004). Para ellos, la desacreditación de las Pseudociencias desde una postura de autoridad puede incluso generar más simpatía por las Pseudociencias; y se debe acompañar al alumnado en el análisis de pruebas (García-Molina, 2015), considerando las convicciones epistemológicas y ontológicas de los alumnos en las actividades de aula (Hofer y Pintrich, 1997, May y Etkina, 2002). Algunos autores identifican como bases para dar certidumbre a proposiciones elementos como el “sentido común”, los datos y testimonios, la coherencia sobre lo que sabemos de un tema, la fiabilidad y autoridad de las fuentes (Govier, 2010). Para construir una argumentación válida sobre decisiones, en primer lugar es necesario identificar elementos para conferir un valor de “verdadero” a las premisas o proposiciones (Pizarro, 1995). Aun así, algunos autores advierten que personas que justifican su posición basándose en sus propias experiencias suelen ser impermeables a pruebas científicas (Albe, 2008), por lo que además de analizar pruebas es necesaria una intervención que evidencie su valor para la determinación de la veracidad de una proposición. Esta visión conecta con las perspectivas didácticas sobre la Naturaleza de la Ciencia

(NOS) de Lederman (2007), que defiende la necesidad de desarrollar en el alumnado la comprensión de la creación del conocimiento científico, en dos aspectos:

- 1) La Ciencia como práctica discursiva, de la que emergen como productos modelos parciales que permiten hacer predicciones y explicaciones de la realidad, pero que no son la realidad, sino un constructo consensuado sobre ella basado en pruebas (Hodson, 1986, Giere, 1988, Kuhn, 2010).
- 2) El hecho de que la Ciencia no genera un conocimiento definitivo, sino provisional y sujeto a niveles de certidumbre que se pueden analizar. En palabras de Feynman (1956): “las proposiciones de la Ciencia no son sobre lo que es verdad y lo que no es verdad, sino sobre lo que se conoce con distintos grados de certidumbre”.

Es difícil concretar estos distintos grados de certidumbre, pero sí podemos proponer que pueden asociarse al rango (en qué espacios o ámbitos lo que se afirma es razonablemente cierto) o nivel (en qué alcance y sobre qué fundamento damos certidumbre).

### **El trabajo con el análisis crítico y la argumentación**

La bibliografía describe distintas vías de trabajo sobre la toma de decisiones en contextos participados por la Ciencia. Algunos autores (Osborne *et al*, 2001, Vieira, Tenreiro-Vieira y Martins, 2010, Blanco, España-Ramos y Franco-Mariscal, 2017) definen el pensamiento crítico como un conjunto de habilidades o estrategias de razonamiento que incluyen evaluar las fuentes de información, argumentar, desarrollar una visión de la Ciencia y autonomía personal, y tomar decisiones y comunicarlas. Otros autores (Jiménez-Aleixandre, 2010, Solbes y Torres, 2012 y 2013) confieren al pensamiento crítico una descripción más amplia que además de estas habilidades incluye la orientación a la acción y participación social. Una propuesta de trabajo paradigmática es el uso de baterías de preguntas que orienten el razonamiento del alumnado para determinar la certidumbre de una proposición (Girón, Lupión y Blanco, 2015). Un ejemplo de ello es el test C.R.I.T.I.C., en el que se proponen al alumnado distintas preguntas a realizar para analizar la certidumbre de una proposición (analizar el mensaje, el rol e intereses del comunicador, la correspondencia del mensaje con los modelos científicos, la posibilidad de falsar la proposición,...). En experiencias de aula se ha aplicado a la lectura crítica de noticias de prensa o publicidad (Sardà, Márquez y Sanmartí, 2006, Oliveras, Márquez y Sanmartí, 2013, Belova, Chang y Eilks, 2015) y Pseudociencias (Abellán, Rosaleny, Carnicer, Baldoví y Gaita-Ariño, 2014). Varios autores defienden que es importante que el alumnado participe en la evaluación de los criterios de certidumbre (Viau *et al*, 2006).

La OCDE (2006) define la capacidad de usar pruebas como una de las tres capacidades básicas para el desarrollo de la competencia científica, e incluiría tanto la práctica en su uso –determinar tipos de pruebas y su pertinencia o aportación a la certidumbre– como el conocimiento de la Naturaleza de la Ciencia necesario para comprender su papel en la construcción de una proposición o fundamentación de una argumentación (Bravo, Puig y Jiménez-Aleixandre, 2009). Si bien inicialmente se vinculó el uso de pruebas empíricas en el trabajo de indagación (Gott y Duggan, 1996, Bravo, Puig y Jiménez-Aleixandre, 2009), otros autores han desarrollado distintas categorías argumentativas en el uso de pruebas (Justificación, Garantía, Conclusión) (Toulmin, 1958) que permiten la inclusión de pruebas teóricas. Según varios autores, el concepto de prueba es distinto en el contexto científico que en el cotidiano, en el que los alumnos incorporan pruebas empíricas, pero también informaciones superficiales o anecdóticas (Kolsto, 2001), incluyendo factores contextuales y de comunicación, intereses, experiencias y valores personales (Muñoz, 2004, Sadler, Chamber y Zeidler, 2004, Acevedo, 2006, Albe, 2008). Más que desnaturalizar la discusión expulsando de ella estas otras informaciones, conviene incluirlas, tratando sus limitaciones

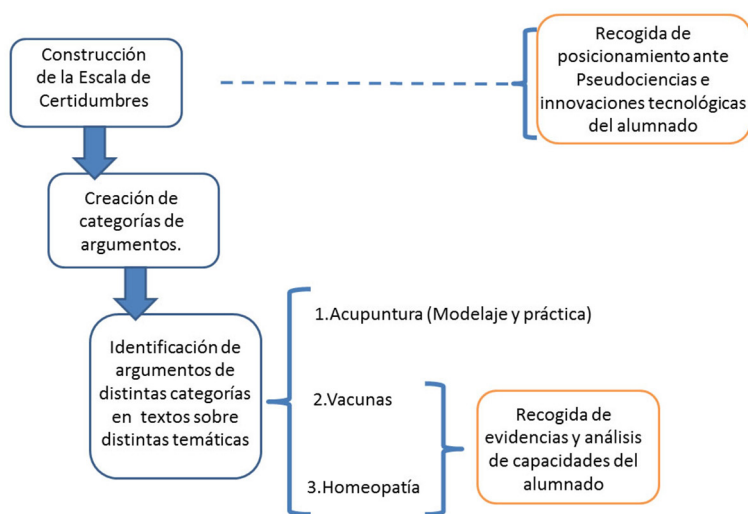
y diferencias con las pruebas científicas (Kolsto, 2001). Aun así, los alumnos presentan dificultades para identificar los tipos de argumentos y su relación con conceptos científicos (McSharry y Jones, 2002), y muestran problemas para identificar pruebas en textos, por lo que es necesario disponer de herramientas analíticas sobre el uso de pruebas (Bravo, Puig y Jiménez-Aleixandre, 2009). El despliegue de iniciativas educativas para abordar el reto de las Pseudociencias requiere conocer cuáles son los posicionamientos iniciales del alumnado y su relación con distintas variables, como sus capacidades de reconocer argumentos.

## Objetivos

- Desarrollar y probar marcos didácticos para el trabajo de los niveles de certidumbre en el aula.
- Evaluar capacidades del alumnado de reconocer distintos tipos de fundamentos para argumentos.
- Analizar concepciones alumnado sobre Pseudociencias y su relación con el género.

## Metodología

El estudio ha sido desarrollado durante el curso 2017-2018 con un total de 35 alumnos (19 alumnos y 16 alumnas) de 3º ESO (14 años), cursando la materia de Ciencia y Sociedad, una asignatura que desarrolla el currículum de las materias de Biología y Geología y Física y Química del currículum oficial. El estudio se realizó a lo largo de distintas actividades (organizadas tal como se describe en la Figura 1 y descritas a continuación) y se divide en dos partes: análisis del uso de argumentos y estudio de las concepciones sobre Pseudociencias.



**Figura 1.** Estructura de la secuencia de actividades aplicada. Los campos en naranja identifican aquéllos en los que se han recogido datos para su análisis.

### 1) Creación de la escala de certidumbres e identificación de tipos de argumentos

En primer lugar, siguiendo una propuesta de actividad previa (Grupo de Trabajo Calamares Gigantes, 2017) se formularon 10 proposiciones (Tabla 1), pidiendo al alumnado que las ordenara de más ciertas a menos ciertas, y justificara su propuesta. Las 10 proposiciones fueron creadas por el profesor, atendiendo a: 1) debían corresponder a distintos niveles de certidumbre evaluables por el alumnado (aspectos cotidianos o accesibles) 2) debían poder ser discutidas y no vinculadas a creencias religiosas ni ser ofensivas.

**Tabla 1.** Listado de proposiciones, ordenado según el alumnado participante

MÁS SEGURO	
	Mañana saldrá el Sol
	La Temperatura del planeta aumentará
	Subirá el precio del petróleo
	Los trenes cumplirán hoy su horario
	El Barça ganará la Liga
	Si lanzo una moneda, saldrá cara
	Este fin de semana lloverá
	Existe vida extraterrestre
	Si compro lotería, me tocará
	Viviré para siempre
MENOS SEGURO	

Después de que cada alumno/a ordenara las proposiciones de más cierta a menos cierta, los alumnos debían discutir en parejas hasta conseguir un consenso. Las parejas se unieron en grupos de cuatro y la dinámica se repitió con grupos cada vez mayores hasta conseguir un consenso general (Tabla 1). Se pusieron en común en la pizarra los distintos argumentos esgrimidos por el alumnado en el proceso y en conversación abierta en gran grupo se buscaron junto con el alumnado similitudes/diferencias entre el sustento o garantía de los distintos argumentos usados. En primer lugar los alumnos identificaron los argumentos de autoridad. Del resto de argumentos se formó un gran grupo que posteriormente se subdividió en dos (Modelo y Datos) y los restantes resultaron aludir todos a Hábitos, resultando 4 categorías de argumentos según en qué se fundamentan: Modelo, Autoridad, Datos y Hábitos, tal como se describen en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Tipos de argumentos identificados y algunos ejemplos

Categoría	Definición	Ejemplos (Frase vinculada)
<b>Modelo</b>	Argumentos que se sustentan en explicar cómo funciona un sistema.	“porque queda poco y <i>por oferta y demanda</i> cuando hay menos el precio sube” (Subirá el precio del Petróleo)
<b>Autoridad</b>	Argumentos que se sustentan en el peso de instituciones o personas.	“Lo dicen <i>los científicos</i> ” (La temperatura del planeta aumentará).
<b>Datos</b>	Argumentos que se sustentan en números, porcentajes e indican tendencias o probabilidades.	“Es probable, porque en los últimos <i>10 años siempre está entre los 3 primeros</i> ” (El Barça ganará la Liga).
<b>Hábitos</b>	Argumentos que se sustentan en experiencias pasadas o su ruptura, regularidad y excepción, modernidad o tradición.	“ <i>Siempre se acaba muriendo</i> ” (Viviré para siempre)

### Uso de los tipos de argumentos

Se realizaron 3 actividades en las que los alumnos debían, de forma individual, leer textos sobre propuestas terapéuticas objeto de controversia. Los alumnos debían identificar en los textos argumentos de las distintas categorías identificadas en la etapa anterior y posicionarse sobre la validez de la propuesta terapéutica, formulada en forma de pregunta. Las tres actividades se realizaron con un intervalo de un mes entre una y otra y se refieren a

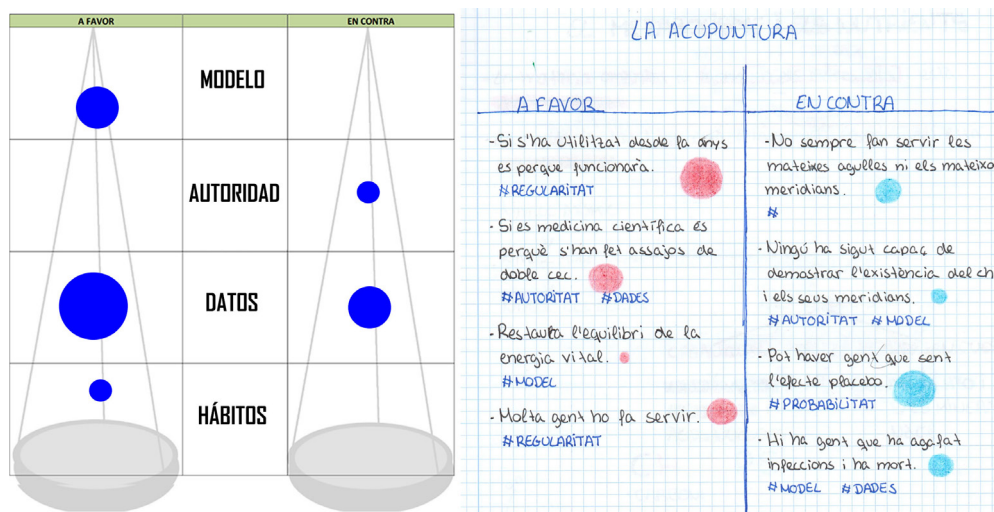
distintos aspectos de fisiología y salud no trabajados anteriormente en el aula. Los textos utilizados contenían los cuatro tipos de argumentos. Las propuestas, textos utilizados y pregunta a la que debían responder los alumnos, se detallan en la Tabla 3 y están disponibles para su descarga <http://bit.ly/2E3I2Je>. Los textos sobre vacunas y homeopatía contenían cada uno idéntico número de argumentos para cada una de las categorías propuestas.

La primera actividad tuvo como objetivo enseñar al alumnado a identificar argumentos de distintos textos. Se consultaron las fuentes y se identificaron y clasificaron argumentos de cada tipo (Modelo, Autoridad, Datos y Hábitos) a favor y en contra de la Acupuntura. Para esta tarea, se proporcionaron al alumnado andamios didácticos, es decir apoyos destinados a ayudar al alumnado a estructurar su acción y razonamiento (Domènech-Casal, 2013). La Balanza de argumentos, creada *ad hoc* (Figura 2), propone dos columnas en las que organizar argumentos a favor y en contra de una proposición. En ella el alumnado determina a qué categoría pertenece cada uno de los argumentos identificados.

Una vez realizada la tarea, se pusieron en común los argumentos categorizados y se revisaron conjuntamente los categorizados correctamente y los que no, razonando la solución. A continuación, se pidió al alumnado que, tomando de referencia la escala de certidumbre descrita anteriormente en la Tabla 1, representara el nivel de certidumbre que aportaba cada argumento –su “peso”– dibujando un círculo (a más certidumbre, mayor tamaño) (Figura 2), comentando los resultados. Los datos de la aplicación de esta dinámica con la Acupuntura no se analizaron, pues su objetivo era familiarizar al alumnado con las herramientas y mecánica y hubo participación del profesor en la resolución.

**Tabla 3.** Temas, preguntas, textos y conceptos propuestos al alumnado

Tema	Pregunta	Textos	Conceptos científicos vinculados
Acupuntura	¿Funciona la acupuntura?	Noticia de periódico y Vídeo	Sistema nervioso, enfermedad
Vacunas	¿Son necesarias y seguras las vacunas?	Ensayo sobre las vacunas.	Sistema inmunológico, Inmunidad específica, Toxicidad, Epidemiología
Homeopatía	¿Funciona la homeopatía?	Ensayo sobre la homeopatía.	Dilución, principio activo, salud



**Figura 2.** Balanza de argumentos, para la selección y análisis de tipos de argumentos representando la certidumbre que aporta cada argumento, para la Acupuntura y las Vacunas. Andamio disponible en: <https://bit.ly/2Mv9CDY>

Después de esta actividad previa se aplicó dos veces la misma dinámica en formato individual con textos relativos a las Vacunas y la Homeopatía, con un mes de separación entre una y otra, que el alumnado desarrolló de forma individual. Ambas actividades tenían como objetivo iniciar temas relativos al estudio de la fisiología humana, de modo que se aplicaron sin haber trabajado todavía los conceptos relativos a estos dos temas con el alumnado. Debido a distintas causas (faltas de asistencia, trabajos no entregados) se dispone del conjunto de datos sólo para 17 alumnos y 14 alumnas. Cada actividad se corrigió y comentó en clase inmediatamente después de su realización.

Para cada una de las dos actividades, se realizó de forma independiente el siguiente análisis:

- 1) Se contó para cada alumno/a el número de argumentos de cada tipo correctamente identificado (atribuido correctamente a su categoría y posición a favor/en contra, en la balanza de argumentos). Se calculó de forma separada para alumnos y alumnas la media de argumentos de cada tipo por persona.
- 2) De los argumentos identificados correctamente, se analizaron los círculos dibujados por el alumnado. Se establecieron tres tamaños (pequeño, mediano, grande) que se asociaron cada uno a un valor distinto (1,2,3, respectivamente). Se calculó el peso total de cada categoría de argumento para cada alumno/a para cada contexto (Vacunas, Homeopatía). A continuación se calculó para cada categoría y contexto la media de pesos de forma separada para alumnos y alumnas. Los resultados se representaron en gráficos separados según el género del alumnado.

Los alumnos participantes completaron un cuestionario en la que se les pidió que valoraran mediante una escala Likert (1-6) su apoyo a distintas valoraciones de los dos andamios didácticos usados. Los resultados se agruparon como Apoya (4-6) o No apoya (1-3) y se representaron en forma de gráfico de barras.

## **2) Concepciones sobre Pseudociencias**

Esta parte del estudio se realizó una vez terminada la anterior. Se propuso al alumnado que explicitara en la escala de certidumbre diseñada inicialmente su valoración de distintas proposiciones relativas a propuestas pseudocientíficas o socialmente controvertidas. Para ello, se formuló una sola pregunta “¿Hasta qué punto crees que es fiable/cierta esta técnica o propuesta?” pidiendo al alumnado que identificara para cada una el nivel de certidumbre del 1 (menor certidumbre) al 10 (mayor certidumbre), y se usó ese valor para contabilizar el grado de certidumbre que otorgaba cada alumno/a a las distintas proposiciones. Se calcularon las medias y representaron los resultados por separado entre alumnos y alumnas, para cada una de las proposiciones.

## **Resultados**

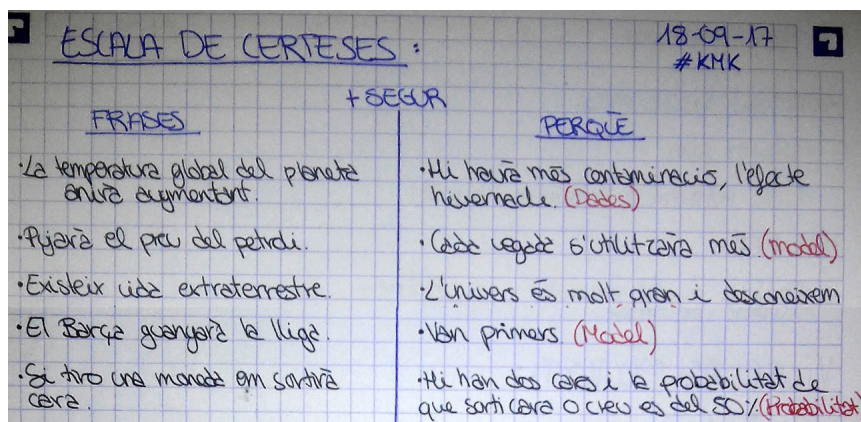
### **Desarrollo de la escala de certidumbre y tipos de argumentos**

La construcción de la escala de certidumbres generó un gran interés entre el alumnado y debates y argumentaciones ricas. Como se describe en la metodología, en la construcción de la escala de certidumbre los alumnos identificaron 4 categorías de argumentos, Modelo, Autoridad, Datos y Hábitos (Figura 3).

La participación del alumnado en la construcción de categorías de argumentos facilitó profundizar en el significado de las distintas categorías y dio pie a comentar los conceptos de sesgo cognitivo y falacia. Se evidenció el carácter relativo de la certidumbre (la propo-



sición “El Barça ganará la Liga” adquiere distinta certidumbre a lo largo del año) y su circunscripción a delimitaciones (la proposición “Subirá el precio del petróleo” puede tener certidumbre distinta en distintos países).



**Figura 3.** Escala de certidumbre elaborada por una alumna, identificando tentativamente los argumentos que sustentan los distintos grados de certidumbre

### Uso de los tipos de argumentos

En la discusión en la aplicación de la primera actividad, los alumnos identificaron varios argumentos a favor y en contra de la acupuntura relativos al modelo: “Es efecto placebo” (A9), “Restaura la energía del chi” (A13), “Nadie ha demostrado que existan meridianos de energía” (A10).

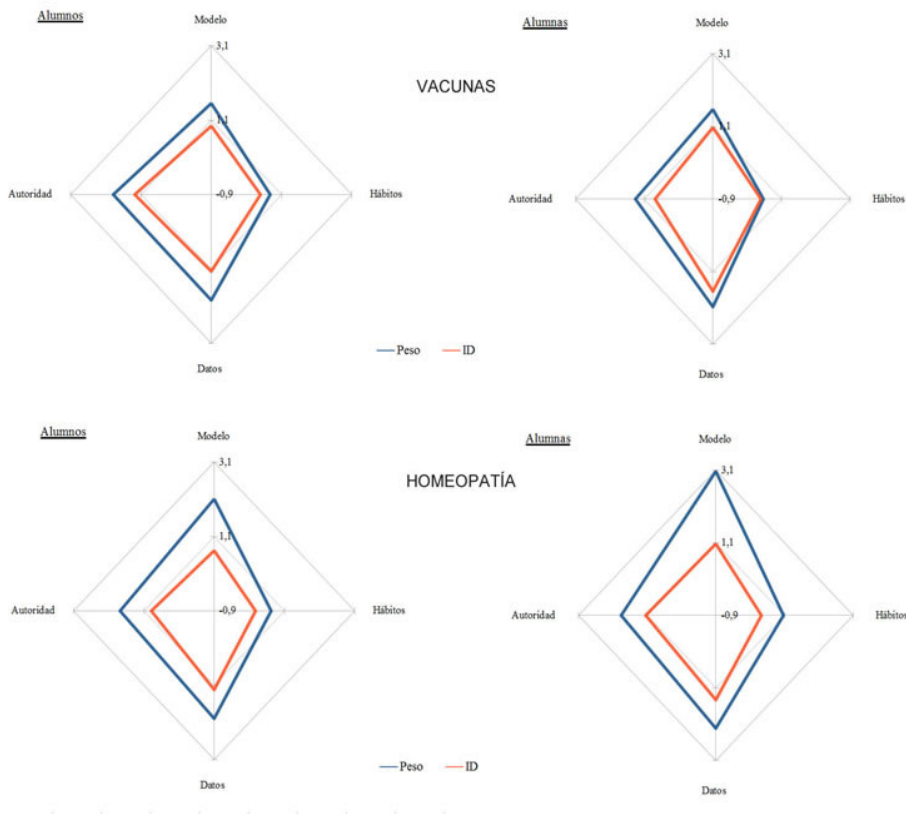
También se identificaron argumentos de autoridad, datos y hábitos, como “Mucha gente lo usa” (A9), “Al menos 86 personas han muerto en los últimos 45 años” (A11) o “Es una técnica muy antigua” (A19). Sólo apareció un argumento difícil de incluir, de tipo epistemológico “Si un tratamiento se ha probado durante mucho tiempo y todavía no se ha podido demostrar, seguramente no funciona” (A13) que se consideró que, más que un argumento, representaba una garantía epistémica de otro argumento, el de la falta de datos: “Hasta ahora no hay datos que demuestren que funciona” (A7).

Al analizar en las balanzas de argumentos sobre Vacunas y Homeopatías qué categorías de argumentos seleccionaba el alumnado y qué peso consideraban que aportaba cada argumento, detectamos que se mantienen datos similares independientemente del contexto de Vacunas u Homeopatía, con un mes de diferencia entre una actividad y la otra (Figura 4). El alumnado identifica mejor los argumentos basados en datos y autoridad que los relativos al modelo y tiene dificultades para identificar como argumentos relevantes aquellos relativos a hábitos. En lo referido al peso que se da a cada tipo de argumento, las proporciones se mantienen, con un único cambio: el alumnado considera que los argumentos basados en hábitos aportan poca certidumbre, y, de media, otorga a los argumentos basados en Modelos un valor similar o incluso más elevado que a los argumentos de Autoridad o Datos, que detectan más fácilmente.

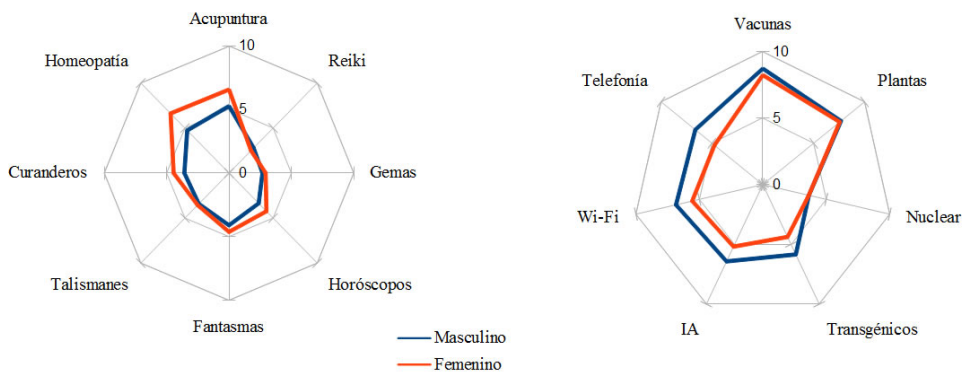
Al comparar entre géneros uniendo los datos de las dos experiencias, no se aprecian grandes diferencias. Las únicas (muy leves) diferencias son que el alumnado masculino tiene en general más dificultades para identificar datos, confiere más peso a los argumentos de autoridad que el alumnado femenino, y éste último da de media más peso a los argumentos basados en el modelo, si bien éste es el único aspecto en que hay una gran variabilidad según el tema (Homeopatía o Vacunas).

### Nivel de certidumbre en propuestas científicas y pseudocientíficas

Al completar la encuesta, algunos alumnos justificaron sus respuestas, usando argumentos que se correspondían con las distintas categorías: “He puesto como ciertas las plantas medicinales porque a mí me han funcionado” (A7), “Los horóscopos son sólo un mito” (A6), “Los médicos lo dicen, así que lo considero seguro (A27). Los alumnos en general otorgan una baja certidumbre al Reiki, las gemas y talismanes y los horóscopos. También coinciden en dar una alta certidumbre al uso de Vacunas y plantas medicinales y baja al uso de la energía nuclear (Figura 5). En el resto de propuestas, se observa una tendencia general: en comparación con los alumnos, las alumnas tienen una mayor tendencia a dar certidumbre a propuestas pseudocientíficas y menor certidumbre a desarrollos tecnológicos.



**Figura 4.** Representación de los valores medios por alumno/a de la cantidad de cada tipo de argumentos que han identificado y el peso que confieren a cada tipo de argumento para tomar una decisión. Datos separados según el género



**Figura 5.** Representación de los valores medios de certidumbre que atribuye el alumnado, separado por géneros, a distintos ítems, relativos a Pseudociencias o Controversias

### Valoración de las herramientas didácticas usadas

Al valorar las herramientas usadas (Figura 6), una parte importante del alumnado (>80%) valora positivamente la balanza de argumentos como herramienta para evitar los engaños, analizar argumentos y aceptar opiniones distintas. La escala de certidumbre ha sido valorada en niveles similares por su aportación a pensar antes de decidir si una proposición es cierta o evitar los engaños. Son muy pocos los alumnos que consideran que los soportes no les son ya necesarios o que consideran que se sienten ahora más cómodos con la incertidumbre.

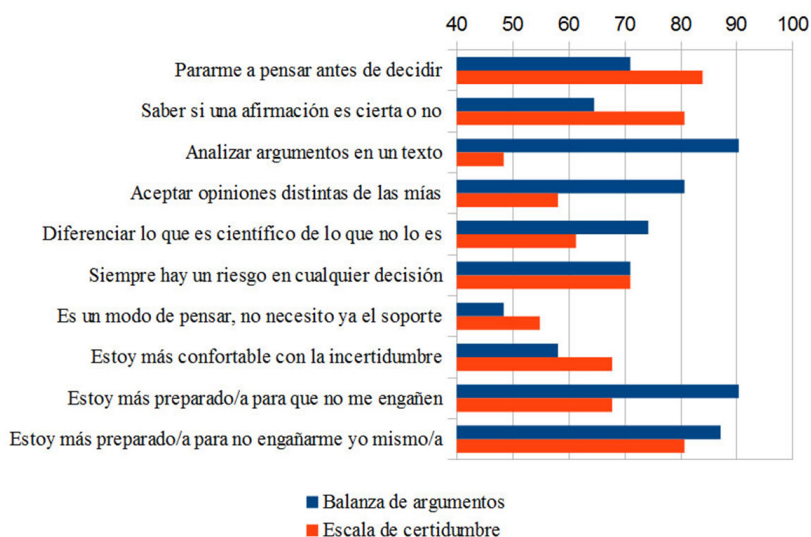


Figura 6. Porcentaje de alumnos que apoya cada afirmación en relación a cada uno de los andamios aplicados

### Discusión

#### Desarrollar y poner a prueba marcos didácticos para trabajar la certidumbre

Consideramos que la dinámica de participación en el diseño de los criterios de certidumbre ha sido muy positiva y conecta con lo propuesto por otros autores (Viau et al, 2006). Las categorías generadas no habían sido previstas anteriormente a la actividad, pero una vez diseñadas con el alumnado se ha comprobado que sintetizan propuestas de varios autores, relativas a la identificación de aspectos plenamente epistémicos como el Modelo o los Datos (Sardà et al, 2006, Oliveras et al, 2013, Belova et al, 2015) y a la inclusión de aspectos como la Autoridad y los Hábitos (Kolsto, 2001, Muñoz, 2004, Acevedo, 2006, Albe, 2008, Govier, 2010).

La balanza de argumentos fue inicialmente difícil de usar para el alumnado, pero después de la modelización con los textos sobre Acupuntura, se desarrolló con facilidad, incrementando su fluidez en la identificación y uso de argumentos. Aun así, una vez conseguido este nivel con la modelización en la actividad inicial (Acupuntura), y a pesar de haber corregido juntamente con el alumnado la segunda actividad (vacunas), no parece que haya progreso en las habilidades de identificar argumentos entre esta actividad y la siguiente (Homeopatía).

Los alumnos han destacado de ambos andamios –escala de certidumbre y balanza de argumentos– su utilidad para evitar ser engañados, analizar argumentos y pensar antes de decidir. En lo referente a actitudes, los alumnos juzgan que los andamios les han sido útiles

para aceptar opiniones distintas a las suyas, si bien consideran que no han conseguido sentirse cómodos con la incertidumbre y que continúan necesitando los andamios para desenvolverse en cuestiones controvertidas.

### **Evaluar capacidades del alumnado de reconocer y dar valor a argumentos de distintos tipos**

Nuestros resultados indican que el alumnado tiene capacidad de identificar distintos tipos de argumentos, si bien identifican con más facilidad aquéllos basados en Datos, en segundo lugar los basados en Autoridad, en tercer lugar los basados en Modelos y, por último, los basados en Hábitos. El alumnado da peso a los argumentos basados en Modelos, pero tiene dificultades en identificarlos como tales. No hay diferencias según el género cuando se trata de identificar o dar importancia a distintos tipos de argumentos, y en general el conjunto del alumnado detecta y usa los mismos tipos de argumentos y en proporciones similares para tratar una proposición científica (Vacunas) que una pseudocientífica (Homeopatía). Esto parece indicar que las diferencias de género en relación a la aceptación de Pseudociencias y avances tecnológicos no se deben a diferencias en preferencias sobre tipos de argumentos o el peso que se les da.

### **Analizar concepciones alumnado sobre Pseudociencias**

El alumnado otorga a nivel global un nivel de certidumbre menor a las Pseudociencias que a los avances tecnológicos. En especial, propuestas como el Reiki, las gemas, los curanderos o los talismanes tienen poca aceptación. Algunos ítems son compartidos independientemente del género, como la elevada aceptación de las vacunas y las plantas medicinales o el bajo apoyo a la energía nuclear. En otros, nuestros resultados confirman un leve sesgo de género en lo relativo a las Pseudociencias y la tecnología. En particular, se aprecian diferencias por género en lo relativo a la aceptación de propuestas pseudocientíficas como la Acupuntura y la Homeopatía y propuestas tecnológicas como la telefonía, el Wi-Fi, la IA y los transgénicos. Las primeras serían mejor aceptadas por las alumnas y las segundas por los alumnos.

### **Conclusiones**

Las diferencias de género mencionadas en la introducción en relación a las actitudes hacia las Pseudociencias o la tecnología se reproducen en nuestros datos, y en datos obtenidos del mismo modo con alumnado de 1º de ESO en experiencias previas (Domènech-Casal, Ruiz, Gasco y Saperas, 2018). Nuestros resultados sugieren que estas diferencias no estarían relacionadas con los elementos epistémicos trabajados en este estudio: los alumnos y las alumnas identifican y dan importancia en proporciones similares a las distintas categorías de argumentos.

Tal como sugieren otros autores (Kolsto, 2001, Muñoz, 2004, Acevedo, 2006), existen motivos no epistémicos que condicionan el posicionamiento ante las distintas propuestas. Hemos considerado la posibilidad de que por roles de género las alumnas hayan dado más certidumbre a las proposiciones relacionadas con los cuidados y los alumnos a las relacionadas con la ingeniería, pero varios ítems (vacunas, Reiki, plantas medicinales, energía nuclear) chocan con esta interpretación. Consideramos que posiblemente estén participando elementos emocionales o identitarios de exclusión entre personas que no perciben en sí mismas la capacidad de participar en la gran conversación de la Ciencia. De hecho, este factor ha sido ya confirmado como causa de sesgo de género en las vocaciones científico-tecnológicas (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walwerg Henriksson y Hemmo, 2008) por la que las alumnas optan en menor grado por estudios científico-tec-

nológicos. Aventuramos que una misma variable (la percepción de exclusión de la Ciencia) podría estar en la base de ambos sesgos de género (las vocaciones STEM y la aceptación de Pseudociencias). Esto tendría dos implicaciones:

En el trabajo en el aula: el despliegue educativo ante el reto de las Pseudociencias no puede centrarse sólo en capacitar al alumnado para usar pruebas, sino que debe promover, por ejemplo, una mayor identificación emocional y sentimiento de pertenencia con la Ciencia.

En la investigación: continuar usando la variable género supone una desviación estereotipada de la variable realmente pertinente: la relación con la Ciencia, independientemente del género. En la elaboración de estudios es recomendable obviar la variable género y analizar las relaciones directas, no secundarias, entre la relación con la Ciencia y el posicionamiento ante Pseudociencias.

La aproximación a las Pseudociencias que proponemos asume la necesidad de un enfoque menos rígido, más exploratorio, en el sentido de conversación constructiva y abierta (Farró y Lope, 2018). La reacción rígida de la Ciencia a las Pseudociencias y la emergencia de un cierto espíritu crítico *naïf* que se conforma con incorporar la actitud, pero no el rigor (Domènech-Casal, 2019) ha generado en entornos pseudocientíficos un discurso victimista y conspirativo, con expresiones como “Existe una Ciencia Oficial cerrada y una Ciencia no Oficial abierta a nuevas posibilidades” o epítetos como “Ciencinazis”. En este sentido, considerar las Pseudociencias como proto-ciencias (ideas interesantes que no han llegado aún –y quizás no llegarán– a recolectar evidencias que las sustenten) puede devolver el debate al espacio al que pertenece, el de las pruebas. Esto debe hacerse de un modo que no genere indefensión ante los engaños y fomentando el rigor. La escala de certidumbres desarrollada puede ser una herramienta útil para el trabajo en el aula de ese concepto “gradual” y basado en pruebas de la certidumbre.

Al ser una propuesta en desarrollo, tanto en lo relativo a las capacidades del alumnado para la detección y uso de argumentos como en el apoyo a Pseudociencias, no disponemos de datos que permitan contrastar antes y después de la intervención didáctica, por lo que las valoraciones de los marcos propuestos se basan en las valoraciones del alumnado. Nos proponemos analizar este efecto en futuras aplicaciones. Consideramos que las herramientas propuestas pueden ser de utilidad para el diagnóstico inicial del alumnado en relación a Pseudociencias.

Además de la información proporcionada en la bibliografía, el lector encontrará de interés las páginas web de la Sociedad para el Avance del Pensamiento Crítico (<http://www.escepticos.es>) y el curso «La Ciencia toma la palabra. Los problemas sociales de las Pseudociencias», organizado por la Universidad de Alicante (<http://gplsi.dlsi.ua.es/lacienciaprenlaparaula>).

## Agradecimientos

Reflexiones incluidas en este artículo se enmarcan en la investigación metodológica del grupo de investigación consolidado LICEC (referencia 2014SGR1492) por AGAUR y financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (referencia EDU2015-66643-C2-1-P). La Escala de Certidumbre es el desarrollo de una idea original co-creada en el encuentro #betacamp17 por el nodo de profesorado #CalamarsGegants <http://www.betacamp.cat/kemestaskontainer/> El autor agradece la colaboración de profesorado y alumnado del Instituto Marta Estrada (Granollers) en la aplicación de las actividades.

## Referencias

- Abellán, G., Rosaleny, L. E., Carnicer, J., Baldoví, J. J. y Gaita-Ariño, A. (2014). La aproximación crítica a las Pseudociencias como ejercicio didáctico: homeopatía y diluciones sucesivas. *Anales de Química*, 110, 211-217. Recuperado de: <http://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/615>
- Acevedo, J. A. (2006). Relevancia de los factores No-Epistémicos en la percepción pública de los asuntos tecnocientíficos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 370-391. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2006.v3.i3.03](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2006.v3.i3.03)
- Albe, V. (2008). Students' positions and considerations of scientific evidence about a controversial socioscientific issue. *Science & Education*, 17, 805-827. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-007-9086-6>
- Belova, N., Chang, S. y Eilks, I. (2015). Advertising and science education: a multi-perspective review of the literature. *Studies in Science Education*, 51(2), 169-200. DOI: <https://doi.org/10.1080/03057267.2015.1049444>
- Blanco, A. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(2), 70-86. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2004.v1.i2.01](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2004.v1.i2.01)
- Blanco, A., España-Ramos E. y Franco-Mariscal, A. J. (2017). Estrategias didácticas para el desarrollo del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 107-115. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2004>
- Bravo, B., Puig, B. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2009). Competencias en el uso de pruebas en argumentación. *Educación Química*, 20, 137-142. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30020-X](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30020-X)
- Bunge, M. (1984). What is pseudoscience? *The Skeptical Inquirer*, 9, 36-46.
- Campanario, J. M. (2004). Científicos que cuestionan los paradigmas dominantes: algunas implicaciones para la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), 257-286. Recuperado de: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen3/REEC\\_3\\_3\\_2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen3/REEC_3_3_2.pdf)
- Cortiñas-Rovira, S., Alonso-Marcos, F., Pont-Sorribes, C. y Escrivà-Sales, E. (2015). Science journalists' perceptions and attitudes to pseudoscience in Spain. *Public Understanding of Science*, 24, 450-465. DOI: <https://doi.org/10.1177/0963662514558991>
- Domènech-Casal, J. (2013). Los andamios didácticos: oportunidades y amenazas: Análisis desde una experiencia con exposiciones orales. *Aula de Secundaria* (2013), 3, 24-29.
- Domènech-Casal, J., Ruiz, N., Gasco, J. y Saperas, A. (2018). Percepciones sobre pseudociencias e innovaciones tecnológicas en alumnado de primer ciclo de ESO. *28 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales: Iluminando el cambio educativo*, pp. 1205-1209. A Coruña: RUC. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/2183/20935>
- Domènech-Casal, J. (2019). *Aprenentatge Basat en Projectes, Treballs pràctics i controvèrsies. 28 experiències i reflexions per a ensenyar Ciències*. Barcelona: Rosa Sensat.
- España, E. y Prieto, T. (2010). Problemas socio-científicos y enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 71, 17-24. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11441/60210>

- Farró L. y Lope S. (2018). Cartas conversacionales para aprender a debatir. *Alambique, Didáctica de las ciencias experimentales*, 91, 49-55.
- Feinstein, N. (2011). Salvaging Science Literacy. *Science Education*, 95, 168-185. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20414>
- Feyerabend, P. (1975). *Tratado contra el método*. Tacnos: Madrid.
- Feynman, R. (1956). *The Relation of Science and Religion*. Transcripción de conferencia de Dr. Feynman en Caltech YMCA Lunch Forum el 2 de Mayo de 1956. Recuperado de: <http://calteches.library.caltech.edu/49/2/Religion.htm> [consultado el 10/01/18] pp. 1].
- García-Molina, R. (2015). Pseudociencia en el mundo contemporáneo. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 81, 25-33.
- Giere, R. (1988). *Explaining Science. A cognitive Approach*. Chicago: The University of Chicago Press. DOI: <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226292038.001.0001>
- Gilbert, J. K. (2006). On the nature of "context" in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690600702470>
- Girón, J.R., Lupión, T. y Blanco, A. (2015). La publicidad en las clases de ciencias. Análisis de un anuncio sobre un producto probiótico. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 81, 34-42.
- Gott R. y Duggan, S. (1996). Practical work: its role in the understanding of evidence in science, *International Journal of Science Education*, 18(7), 791-806. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069960180705>
- Govier, T. (2010). *A practical study of argument*. Wadsworth, Cengage Learning, Belmont, EEUU.
- Grupo de trabajo Calamares Gigantes (2017). *KeMestaskontainer, materiales para el trabajo con Pseudociencias*. Recuperado de: <http://www.betacamp.cat/kemestaskontainer/> [consultado el 10/01/18].
- Hobson, A. (2001). Teaching Relevant Science for Scientific Literacy: Adding a Cultural Context to the Sciences. *Journal of College Science Teaching*, 30(4), 238-243.
- Hodson, D. (1986). Philosophy of Science and Science Education. *Journal of Philosophy of Education*, 20 (2), 215-225. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9752.1986.tb00128.x>
- Hofer, B. K. y Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67, 88-140. DOI: <https://doi.org/10.3102/00346543067001088>
- INE (Instituto Nacional de Estadística) (2013). *Encuesta Nacional de Salud 2011-2012*. Recuperado de: <https://www.ine.es> [[consultado el 10/01/18]
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85 (3), 291–310. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.1011>

- Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. *Science Education*, 94, 810-824. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20395>
- Laudan, L. (1996). *Beyond Positivism And Relativism: Theory, Method, And Evidence*. Oxford and New York: Westview Press.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. En: Abell S. K., Lederman N. G. (Eds.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- López-Nicolás, J. M. (2016). *Vamos a comprar mentiras. Alimentos y cosméticos desmontados por la Ciencia*. Palencia: Ediciones Cálamo.
- Magendie, F. (1843). *An Elementary Treatise on Human Physiology*. John Revere (5th ed.). New York: Harper.
- May, D. y Etkina, E. (2002). College physics students epistemological self-reflection and its relationship to conceptual learning. *American Journal of Physics*, 70 (12), 1249-1258. DOI: <https://doi.org/10.1119/1.1503377>
- McNally, R. J. (2003). The demise of Pseudoscience. *The Scientific Review of Mental Health Practice*, 2(2) 97-101.
- McSharry, G. y Jones, S. (2002). Television programming and advertisements: help or hindrance to effective science education? *International Journal of Science Education* 24(5), 487-497. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690110078851>
- MINECO (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad) (2016). *VIII Encuesta de Percepción Social de la Ciencia*. Recuperado de: <https://t.co/KrH1UmNwLZ> [consultado en 12/12/17].
- Muñoz, E. (2004). Los problemas en el análisis de la percepción pública de la biotecnología: Europa y sus contradicciones. En F. J. Rubia, I. Fuentes, S. Casado, Coord. (2004): *Percepción social de la ciencia*, 127-166. Madrid: Academia Europea de Ciencias y Artes/UNED Ediciones.
- OCDE (2006). *PISA 2006. Marco de la evaluación: Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y lectura*. Santillana /Ministerio de Educación y Ciencia: Madrid, 2006.
- OCDE (2013). *PISA 2015 draft science framework*. <http://www.oecd.org/> [consultado el 10/01/18]
- Oliveras, B., Márquez, C. y Sanmartí, N. (2013). The use of newspaper articles as a tool to develop critical thinking in science classes. *International Journal of Science Education*, 35, 885-905. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.586736>
- Osborne, J. (2014). Teaching critical thinking. New directions in science education? *School Science Review*, 352, 53-62. Recuperado de: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1032459>
- Osborne, J., Erduran, S., Simon, S. y Monk, M. (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *School Science Review*, 82(301), 63-70.
- Pizarro, F. (1995). *Aprender a razonar*. Alhambra Longman, Madrid.
- Preece, P. F. W. y Baxter, J. H. (2000). Scepticism and gullibility: The superstitious and pseudoscientific beliefs of secondary school students. *International Journal of Science Education*, 22, 1147-1156. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690050166724>
- Randi, J. (1994). *Fraudes paranormales. Fenómenos ocultos, percepción extrasensorial y otros engaños*. Girona. Tikal.



- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D. y Lenzen, D., Walweg Henriksson H.Y., Hemmo V. (2008). *Enseñanza de las ciencias ahora: Una nueva pedagogía para el futuro de Europa*. Comisión Europea.
- Sardà, A., Márquez, C. y Sanmartí, N. (2006). Cómo promover distintos niveles de lectura de los textos de ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 5(2), 290-303. Recuperado de: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART5\\_Vol5\\_N2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART5_Vol5_N2.pdf)
- Sadler, T. D., Chamber, W. F. y Zeidler, D. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387-409. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069032000119456>
- Sadler, T. D. y Zeidler, D. (2005). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89(1), 71-93. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20023>
- Sagan, C. (1995). *El mundo y sus demonios*. Planeta, Barcelona.
- Shermer, M. (2008). *Por qué creemos en cosas raras. Pseudociencia, superstición y otras confusiones de nuestro tiempo*. Barcelona: Alba Editorial.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.7203/dces.26.1928>
- Solbes, J. y Torres, N. (2013). ¿Cuáles son las concepciones de los docentes de ciencias en formación y en ejercicio sobre el pensamiento crítico? *Tecné, Episteme y Didaxis* 33, 61-85. DOI: <https://doi.org/10.17227/01213814.33ted61.85>
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Uskola, A. (2016). ¿Los productos homeopáticos pueden ser considerados medicamentos? Creencias de maestras/os en formación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (3), 574-587. DOI: [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2016.v13.i3.05](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i3.05)
- Viau, J., Zamorano, R. O., Gibbs, H. y Moro, L. (2006). Ciencia y Pseudociencia en el aula: el caso del “Bosque Energético”. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5, 451-465. Recuperado de: [http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART4\\_Vol5\\_N3.pdf](http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART4_Vol5_N3.pdf)
- Vieira, M. R., Tenreiro-Vieira, C. y Martins, E. (2010). Pensamiento crítico y literacia científica. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 65, 96-104.
- Yates, G. C. R. y Chandler, M. (2000). Where have all the skeptics gone?: Patterns of New Age beliefs and anti-scientific attitudes in preservice primary teachers. *Research in Science Education*, 30, 377-387. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02461557>
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A. y Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343-367. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.10025>
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L. y Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20048>

