



La dimensión epistémica de la competencia científica. Ejes para el diseño de actividades de aula

Epistemic dimension of scientific competence. Focal points for designing classroom activities

DOI: 10.7203/DCES.42.21070

Jordi Domènech Casal

Universitat Autònoma de Barcelona. Institut Marta Estrada (Granollers), jdomen44@xtec.cat

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7324-0000>

Anna Marbà Tallada

Universitat Autònoma de Barcelona, anna.marba@uab.cat

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8780-2422>

RESUMEN: La competencia científica incluye una dimensión epistémica, relativa a los modos que tiene la ciencia de validar conocimiento. La integración de esta dimensión en las actividades de aula es compleja. En este artículo partimos de marcos teóricos de distintos autores para proponer tres ejes de actuación (Argumentación, Naturaleza de la Ciencia, Cognición epistémica). Para cada eje proponemos estrategias concretas para ayudar al profesorado a integrar la dimensión epistémica en sus actividades y se ejemplifica con actividades de distintos autores.

PALABRAS CLAVE: Competencia científica, cognición epistémica, dimensión epistémica, diseño didáctico, argumentación

ABSTRACT: Scientific competence includes an epistemic dimension related to the ways science validates knowledge. The integration of this dimension in classroom activities is complex. In this article, we merge theoretical frameworks from different authors and propose three focal action points (Argumentation, Nature of Science, Epistemic Cognition). For each focal point, we offer specific strategies to help teachers integrate the epistemic dimension into their classroom activities and exemplify this with classroom activities from several authors.

KEYWORDS: Scientific competence, epistemic cognition, epistemic dimension, didactic design, argumentation

Fecha de recepción: junio de 2021

Fecha de aceptación: octubre de 2021

Investigación asociada al proyecto financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad ESPIGA, *Epistemic School Performances, Goals and Critical thinking* con referencia PGC2018-096581-B-C21 (El pensamiento y las prácticas científicas en la era de la post-verdad: Promoviendo desempeños epistémicos en la escuela para una ciudadanía crítica y empoderada).

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los retos más reivindicados para la enseñanza competencial de las ciencias es el de capacitar a la ciudadanía para interpelar el mundo desde la Ciencia y la Tecnología. Aikenhead ya en 1994 reivindicaba espacios de participación donde la ciudadanía aspirara cada vez a decidir más, sobre más ámbitos (qué vacuna ponerse contra la COVID-19, qué tipo de compañía eléctrica preferimos, etc.) y de forma más directa. Esta ampliación del espacio político de la ciudadanía ha coincidido en un momento de efervescencia de las pseudociencias (defensores del terraplanismo, reiki, etc.). Distintos estudios describen que la aceptación de pseudociencias como la acupuntura y la homeopatía en el público en general es muy alta (INE, 2013; MINECO, 2016) y que están muy extendidas entre profesorado y alumnado (Preece y Baxter, 2000; García-Molina, 2015; Hobson, 2001; Uskola, 2016; Quevedo-Ortiz, González-García y Fernández-Ferrer, 2019). Las recientes campañas de organizaciones anti-vacunas, asociaciones promotoras de la financiación pública para la homeopatía o el movimiento anti-mascarillas en la pandemia COVID-19 son solo algunos ejemplos preocupantes del efecto de la falta de competencia científica en una ciudadanía emancipada.

La escuela, con la inclusión de la enseñanza competencial, tiene el encargo que el alumnado desarrolle la habilidad necesaria para poder dar respuesta, usando el conocimiento científico, a estas cuestiones. En este sentido, desde la didáctica de las ciencias se han ido construyendo desde hace ya muchos años marcos teóricos en relación a la Naturaleza de las Ciencias, la Argumentación y del pensamiento crítico (que el lector podrá encontrar referenciados a lo largo del artículo), que últimamente están siendo ampliados en relación al papel de los valores y las emociones. La inclusión, por parte del profesorado de estos posicionamientos en el diseño de las actividades de aula no es evidente. Como han descrito varios autores, el profesorado en formación inicial y en activo tiene dificultades en la comprensión o aplicación didáctica de estos principios (Lederman, 1999; Carvajal y Gómez, 2002; Rodríguez-Pineda y López- Mota, 2006). En este artículo presentamos un marco teórico sobre la dimensión epistémica y a partir de él se presentan estrategias para enriquecer el diseño de actividades y se ejemplifican en actividades ya publicadas, con el propósito de servir de apoyo para los docentes en el trabajo en el aula.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Las dimensiones de la Competencia científica

Las distintas definiciones de competencia científica se vinculan a prácticas de indagación, modelización y argumentación (Gráfico 1, Giere, 1990), y pueden caracterizarse en relación al diseño de actividades y la evaluación en tres dimensiones (Kind y Osborne, 2016; OCDE, 2015):

- a) **La dimensión conceptual** refiere a la capacidad de interpretar fenómenos o contextos en relación a modelos científicos e interrelacionar modelos científicos entre sí. Esta dimensión se asocia a los saberes científicos que el alumnado debe construir, que están relacionados con las grandes ideas o modelos de ciencia, y podemos asociarla a la Modelización en el Gráfico 1 (Giere, 1990; Harlen, 2010).

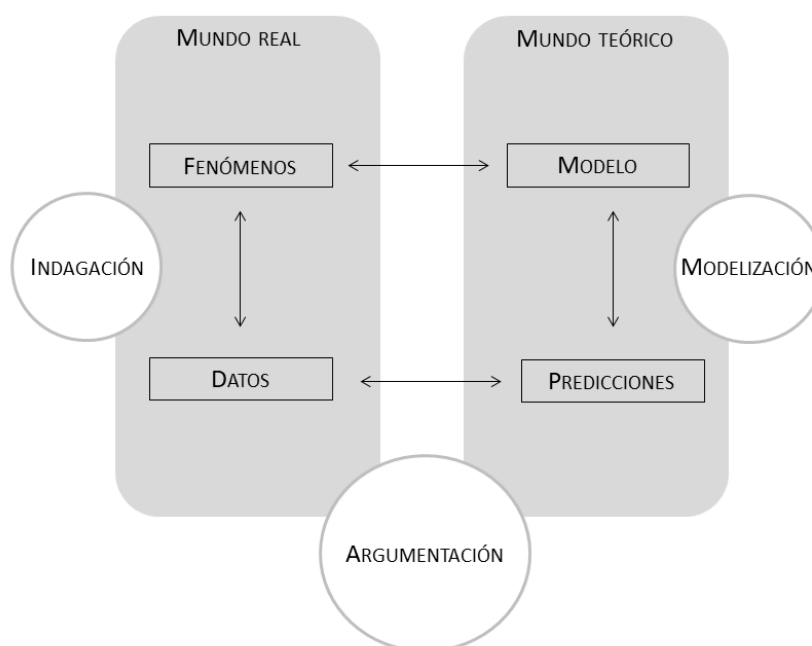
-b) **La dimensión procedimental** denomina las habilidades de razonamiento científico, como identificar pautas, razonamiento inductivo y deductivo, o diseñar experimentos. Esta dimensión se suele asociar al desarrollo de “Inquiry Skills” (Llewellyn, 2005; Bybee, 2006; Windschitl, Thompson y Braaten, 2008), y podemos asociarla a la Indagación en el Gráfico 1.

- c) **La dimensión epistémica** identifica todos los aspectos relacionados con el modo que tiene la ciencia de validar conocimiento mediante la argumentación (parte inferior del Gráfico 1), incluyendo tanto dinámicas sociales como marcos lógicos, y suele asociarse al trabajo con

situaciones de Historia de la Ciencia, controversias científicas y dinámicas epistémicas argumentativas (Duschl, 2008; Jiménez-Aleixandre, 2010; Osborne, 2014).

Por ejemplo, ante el anuncio de un terremoto, pueden activarse la dimensión conceptual (asociar ese evento al movimiento de las placas tectónicas o los terremotos para interpretarlo), la dimensión procedimental (analizar una gráfica sobre cuándo y dónde se han producido los terremotos y poder predecir el próximo) y la dimensión epistémica (establecer hasta qué punto es segura la explicación o la predicción con los datos que tenemos y su origen).

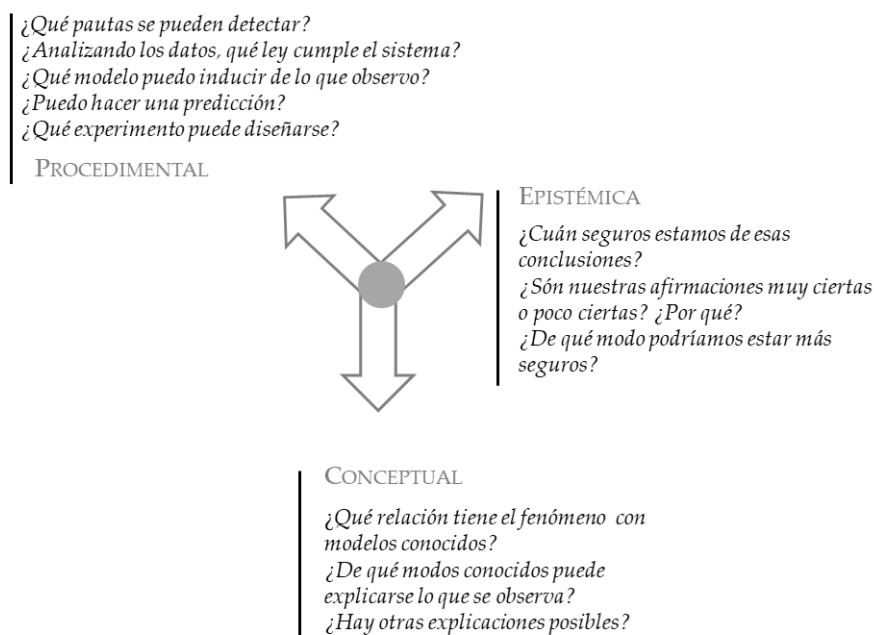
GRÁFICO 1. Esquema de la actividad científica basado en (Giere, 1990), adaptado por Garrido-Espeja (2016).



Todas las dimensiones participan en cómo cada uno de nosotros construye el conocimiento científico a partir de las diversas interacciones que tenemos con el mundo real y con la ciencia (sobre todo en la escuela, pero también con las noticias de prensa, los comentarios de personas en TV o redes sociales, etc.). Tradicionalmente, en la escuela se han trabajado principalmente la conceptual y la procedimental, y desde hace poco se empieza a poner el foco en la dimensión epistémica. Esta dimensión juega un papel clave en la aceptación de pseudociencias y su despliegue requiere no sólo la inclusión de distintas habilidades y conocimientos (National Research Council, 2012), sino también la vinculación de éstas con el propio sistema de valores y la acción del individuo en el entorno (Berland, Schwarz, Krist, Kenyon, Lo y Reiser, 2016).

El despliegue de las tres dimensiones de la competencia científica en las actividades y dinámicas de aula requiere interpelar el diseño de las actividades, algo que puede hacerse, por ejemplo, usando preguntas en relación a las distintas dimensiones (Gráfico 2) para identificar posibilidades de modificación del diseño de las actividades.

GRÁFICO 2. Dimensiones de la competencia científica e instancias que pueden ayudar a enriquecer el diseño didáctico de actividades para desarrollarlas (Domènech-Casal, 2019).



2.2. Integrar la dimensión epistémica en el diseño de las actividades de aula

Varios autores han propuesto que integrar la dimensión epistémica implica el desarrollo de prácticas científicas en el aula que emulen los procesos de construcción del conocimiento científico, como la modelización, la argumentación, y la comunicación científica (Osborne, 2011, Giere, 2001). Esto no se reduce a “ir al laboratorio”, sino a la construcción de escenarios que promuevan la apropiación de los criterios epistémicos y de construcción social de la ciencia (Duschl y Grandy, 2012, García-Carmona, 2021), el pensamiento crítico (Oliveras, Márquez Bargalló y Sanmartí 2013) y la formulación de juicios reflexivos y explícitos sobre los posicionamientos epistémicos (Chinn, Buckland y Samarapungavan, 2011). Implica, por ejemplo, trabajar cómo se resolvieron controversias científicas históricas (la aceptación de los trabajos de Pasteur o Copérnico, o la negación de las evidencias de Semmelweis, etc.) para identificar el tipo de argumento que se usaba para validar nuevos conocimientos. Pero también reflexionar sobre qué tipo de argumentos usamos para construir nuestro propio conocimiento científico. Es decir: qué se está poniendo en práctica cuando nos tomamos un medicamento porque nos lo ha recomendado un amigo, o cuando empezamos una dieta que promociona un deportista famoso, etc.) (Domènech, Márquez, Marbà-Tallada y Roca, 2015).

Muchos autores han propuesto distintos tipos de actividades para trabajar la dimensión epistémica, entre las que destacamos: las controversias socio-científicas (Sadler, 2011; Díaz y Jiménez-Liso, 2012; Solbes y Torres, 2012), el análisis crítico (Jiménez-Taracido y Otero, 2019), el estudio de casos de historia de la ciencia (García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2012; Izquierdo, 1996), el uso de pruebas y la argumentación (Erduran y Jiménez-Aleixandre, 2008), la relación entre Ciencia, Tecnología y Sociedad, o CTS (Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar y Duschl, 2003; Osborne, 2011; Lederman, y Lederman, 2004; Sadler, 2011; Vázquez, Manassero y Ortiz, 2013), las prácticas de aula de Indagación y Modelización (Windschitl, Thompson y Braaten, 2008; Couso, 2014) o trabajos específicos sobre la Naturaleza de la Ciencia (McComas, Clough y Almazroa, 1998; García-Carmona, 2012).

En todos ellos, se visibiliza un amplio consenso en que para integrar la dimensión epistémica deben tenerse en cuenta dos aspectos:

1) La importancia de incorporar los aspectos epistémicos de forma transversal e imbricada con el desarrollo de aspectos conceptuales y procedimentales, más que desarrollar unidades específicas sobre aspectos epistémicos, vacías de conceptos (Ferrés-Gurt, 2017; Jiménez-Liso, López-Gay y Martínez-Chico, 2012).

2) La necesidad de incorporar la metareflexión (Flick y Lederman, 2004; Schwartz y Lederman, 2002) en el desarrollo de aspectos epistémicos de la ciencia, y en particular, de la cognición epistémica (“*Conocer cómo se*”), que incluye también los valores personales, intereses, emociones, etc. (Chinn, Buckland y Samarapungavan, 2011).

Esto sugiere que lo razonable y práctico, más que construir actividades para trabajar la dimensión epistémica, sería identificar vías para “epistemizar” las prácticas de enseñanza, transformándolas o enriqueciéndolas mediante actuaciones epistémicas y preguntas metareflexivas. A continuación proponemos tres ejes de actuación para esa “epistemización” y ejemplificamos estrategias de diseño útiles para desplegarlos.

2.3. Ejes de actuación para la dimensión epistémica

De acuerdo con el marco teórico descrito en el marco interior, integrar la dimensión epistémica implica también desarrollar una mirada evaluadora de lo que se afirma. Esa mirada evaluadora puede dirigirse a sus fundamentos, a cómo se ha validado el conocimiento científico (uso de pruebas, naturaleza de la ciencia), pero también a identificar y ponderar intereses, valores y estructuras de poder. Tanto desde el ámbito colectivo (comunidad, cultura, etc.) como desde el ámbito de los sesgos personales (cognición epistémica). Éste último es un aspecto de especial trascendencia, porque se ha descrito que muchas personas justifican su posición en controversias científicas o pseudociencias en base a propias experiencias, siendo impermeables a pruebas científicas (Albe, 2008), por lo que ayudar al alumnado a identificar los aspectos (tradiciones, emociones, valores...) que influyen en esos posicionamientos es también parte fundamental del despliegue de la dimensión epistémica. Hemos considerado útil para el análisis y apoyo en el diseño de actividades de aula estructurar esas miradas en tres ejes de actuación, que presentamos a continuación.

Las destrezas de uso de pruebas y argumentación “¿En qué me baso?”

Este eje incluye la capacidad de construir y analizar argumentaciones y usar pruebas (Bravo, Puig y Jiménez-Aleixandre, 2009; Jiménez-Aleixandre, 2010) y analizar críticamente proposiciones (Marbà, Márquez y Sanmartí, 2009) para tomar decisiones sobre la certidumbre de afirmaciones o la oportunidad de determinadas decisiones. Por ejemplo, ante una afirmación sobre las propiedades de un alimento, la capacidad de saber identificar qué datos son pertinentes para evaluar esa afirmación (contenido nutricional, biodisponibilidad,...) y distinguirlos de opiniones (“*a mí me ha funcionado*”, “*es nuevo*”, “*opino que sí*”) para emitir un juicio contrastado sobre la certidumbre (sobre si el alimento reúne o no esas propiedades) o sobre la conveniencia (si conviene o no adquirirlo).

El conocimiento de la Naturaleza de la Ciencia (“¿Cómo sabe la Ciencia?”)

Por Naturaleza de la Ciencia (NOS) se entiende el modo de conocer, o los valores y creencias inherentes al conocimiento científico o su desarrollo (Lederman, 2007; Michel y Neumann, 2016), es decir las características epistémicas que legitiman la ciencia como práctica de conocimiento. Entre muchos de los aspectos en los que se puede focalizar cuando se quiere incorporar la NOS en

las clases de ciencias, proponemos hacer hincapié en los aspectos de la ciencia como actividad humana modelizadora. Desde esta perspectiva la ciencia es una actividad humana que construye modelos - productos sociales y culturales- por lo que está sujeta a presiones. Por ejemplo, priorizar líneas de investigación determinadas en función del rendimiento económico previsto, o la expectativa de obtención de resultados. Igualmente, también está sujeta a sesgos: muchas enfermedades exclusivas de las mujeres no se han identificado como tales, ya que se consideraban como problemas psicológicos -por ejemplo la fibromialgia- o consecuencias irreparables -las pérdidas de orina en las mujeres mayores consecuencias de una nula recuperación del suelo pélvico después de los partos-.

La ciencia como actividad humana modelizadora se caracteriza por:

1) Basarse en la elaboración de modelos que “sirven” para hacer predicciones e interpretar los fenómenos (Giere, 2001). Por ejemplo, la teoría cinético-corpúscular es un modelo que nos permite interpretar qué está pasando, en términos de materia y energía, cuando el agua hierve y qué pasará cuando se enfríe. Pero eso no significa que ese modelo sea “verdad” o no. Significa que “funciona”.

2) Los modelos científicos son provisionales. La provisionalidad se basa en que cuando aparecen nuevos datos los modelos evolucionan, son cada vez más complejos para capturar mejor la realidad (Adúriz- Bravo, 2012). En ocasiones porque la técnica ha evolucionado o porque ha cambiado la manera de “mirar”. Un ejemplo muy actual es cómo ha ido evolucionado el conocimiento acerca de la COVID-19 a medida que se hacían más experimentos y se tenían más datos.

3) La ciencia atribuye a sus proposiciones (los modelos y las predicciones que se hacen a partir de ellos) mayor o menor robustez según las pruebas que las sustentan, su capacidad de elaborar predicciones acertadas y el consenso que genera su interpretación. Para ello se establecen sistemas de validación de los nuevos modelos y teorías basadas en el consenso entre los diversos grupos de investigación – publicaciones en revistas *peer review*, presentaciones en congresos, etc.- no exentos de polémicas. Por ejemplo, la comprensión de que los cambios en las conclusiones sobre cómo tratar la COVID19 o en las propuestas de actuación son una dinámica propia de la Ciencia: ante la aparición de nuevas pruebas, cambian las interpretaciones.

La cognición epistémica (“¿Cómo sé yo?”)

Refiere al sistema de creencias propio sobre la naturaleza del conocimiento y los procesos del conocimiento (Hofer y Pintrich, 1997). Este eje implica la capacidad de identificar las propias creencias, hábitos y valores (Barzilai y Chinn, 2018), intereses y grupos de presión y su influencia no solo sobre los datos, sino también (y muy especialmente) sobre la naturaleza del conocimiento y autoconocimiento de los procesos que usamos para posicionarnos o tomar decisiones (Hofer y Pintrich, 1997). Esta componente incluye destrezas comunicativas y organizativas necesarias para la conexión del conocimiento con las situaciones contextualizadas, como educación mediática y política. Igualmente, incluye la capacidad de hacer lectura crítica de la publicidad y los medios, identificar sesgos propios y ajenos y desarrollar pensamientos metareflexivos.

Por ejemplo, la capacidad de identificar que una empresa de construcción de automóviles es un actor con intereses, y por lo tanto sus informaciones sobre cambio climático deben ser analizadas críticamente. O también, en una discusión sobre terapias naturales, identificar que el recuerdo de las infusiones que nos recetaba un ser querido está afectando a nuestro juicio sobre la cuestión.

A partir de este marco teórico proponemos un listado de estrategias de epistemización de actividades. Estas estrategias las hemos agrupado según el eje de actuación para integrar la cognición epistémica (Tabla 1). El listado de estrategias no tiene pretensión de exhaustividad, sino que quiere facilitar maneras de “epistemizar” actividades, y se ilustra con preguntas para ejemplificar posibles demandas al alumnado.

TABLA 1. Estrategias para interpelar el diseño de actividades.

	Estrategias de “epistemización” (<i>hacer actividades en las que...</i>)
Destrezas de uso de pruebas y Argumentación	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporar en la actividad datos de distintos tipos y orígenes para su uso como pruebas, de modo que puedan entrar en concurso o conflicto. (<i>“¿Qué indican los datos? ¿Todos los datos indican lo mismo? ¿Hay algún dato incongruente?”</i>). • Incluir demandas de priorizar pruebas según su especificidad, suficiencia y fiabilidad o valorar argumentos según su coherencia/pertinencia. (<i>“¿Cuál de esas pruebas es más específica? ¿Es coherente este argumento con el anterior? ¿Es suficiente esa prueba para afirmar que...? ¿Qué modelo/decisión es más coherente/pertinente según esas pruebas?”</i>). • Proponer apoyos lingüísticos para argumentar (Conectores gramaticales, rutinas de pensamiento, ejemplos de argumentos, tablas de análisis de argumentos...). (<i>Puedes usar palabras como: por lo tanto, así pues, entonces,...</i>) • Proponer actividades para evaluar la fiabilidad de los datos o las fuentes e identificar sus intereses (<i>¿Hasta qué punto es preciso/reproducibile este dato? ¿Podemos identificar intereses o roles?</i>). • Identificar y categorizar tipos de aportaciones a una argumentación (<i>¿Qué tipo de argumento es éste? ¿Cuál es su fundamento? ¿Qué parte del argumento es esta: es una proposición, una refutación o un calificador modal?</i>). • Incorporar etapas de reflexión metacognitiva en los procesos anteriores (<i>“¿En base a qué afirmamos que...? ¿Qué sabemos ahora sobre lo que hace que un argumento sea convincente?”</i>)
Conocimiento de la Naturaleza de la Ciencia	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporar tareas en las que haya que construir o formular modelos explicativos (interpretaciones) a partir de datos (<i>“¿Qué está ocurriendo en este escenario de datos? ¿Por qué ocurre?”</i>) • Secuenciar la incorporación de datos de forma paulatina, provocando cambios en las interpretaciones y discutir de forma explícita con el alumnado el proceso que ha tenido lugar (<i>“¿Qué pensáis ahora? ¿Continúa significando lo mismo? ¿Qué ha ocurrido? ¿Era cierto antes y no lo es ahora?”</i>). • Incluir actividades en las que se discuta el grado de ajuste de un modelo a los datos o la detección de sus limitaciones (<i>“¿Hasta qué punto esto es cierto/explica lo que ocurre? ¿En qué casos funciona la explicación y en qué casos no? ¿Qué ventajas/inconvenientes/límites o riesgos existen?”</i>). • Interpelar al alumnado por el grado y fuentes de certidumbre de alguna proposición? (<i>“¿Cuán seguros estamos de...? ¿Por qué estamos tan seguros? ¿Cómo podríamos estarlo más?”</i>). • Crear situaciones de interpretación de datos en las que se promueve un “vacío” (el docente no da la solución “correcta” al final). • Incluir dinámicas comunicativas y géneros textuales propios de las ciencias (seminario, congreso, artículo...) y reproducir sus roles (consejos editoriales de revistas, grupos de investigación y financiación...). • Emular o reproducir controversias científicas de la Historia de la Ciencia que incluyan presiones o paradigmas sociales (discriminación de género o racial, presiones por intereses económicos...) (<i>“¿Qué relación tiene el contexto social con lo que ocurrió? ¿Hasta qué punto la ciencia se ve influida por otras presiones?”</i>). • Incorporar e identificar etapas de reflexión metacognitiva explícita sobre

	los procesos anteriores. (“¿Qué tiene de particular y científico esa discusión que hemos llevado a cabo? ¿Qué características del proceso que seguimos ayudan a estar más seguros? ¿Cuáles son los puntos débiles?”).
Cognición epistémica	<ul style="list-style-type: none"> • Proponer posicionamientos ante problemáticas y asociar a cada posicionamiento /actor unos sesgos (¿Por qué apoya este personaje la decisión de...?). • Identificar de forma explícita distintos tipos de sesgos a situaciones concretas (“¿Qué sesgos pueden afectarme en este contexto?”) • Vincular valores, emociones y creencias a la toma de decisiones, haciéndolos explícitos (“¿Cuáles son los motivos de mis decisiones o preferencias? ¿Qué creencias o valores participan en este contexto?”). • Identificar intereses, grupos de poder y roles en la resolución de controversias (“¿Qué intereses u obstáculos existen en la toma de esta decisión? ¿Qué grupos de poder, estereotipos y roles participan?”). • Asociar distintos sesgos cognitivos con vulnerabilidades (“Confío mucho en la autoridad, y eso me hace vulnerable en situaciones en que...”). • Elaborar listados de ventajas/inconvenientes y justificar su origen valórico. (“Para mí eso es una ventaja... porque para mí lo importante es...”). • Promover la distinción entre lo que es cierto y lo que es conveniente (“¿Estamos afirmando esto porque es muy cierto o porque nos conviene/nos parece más ético?”). • ¿Se incorpora una reflexión metacognitiva sobre las estrategias usadas para conocer los sesgos y el propio proceso de conocimiento y toma de decisiones (“¿Qué acciones me ayudan a conocer mis sesgos? ¿Qué estrategias puedo usar cuando no estoy segura de si estoy valorando adecuadamente...?”).

Fuente: Elaboración propia

3. EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE DISEÑO

Para ayudar al profesorado a integrar la dimensión epistémica, hemos seleccionado actividades –propias y de otros autores- publicadas y aplicadas en el aula para ejemplificar el uso de ese tipo de estrategias. En cada caso, identificamos en cursiva las estrategias que moviliza. Las enumeramos en la Tabla 2 y las describimos a continuación.

TABLA 2. Actividades ejemplificadoras de los usos de estrategias de distintos ejes

Actividades	Argumentación	Naturaleza de la Ciencia	Cognición Epistémica
1. Fuerzas y flotación	x		x
2. Estructura del átomo	x	x	
3. Yacimientos y evolución	x	x	x
4. Microorganismos e infección	x	x	
5. Vacunas		x	x

3.1. Validando interpretaciones sobre flotación

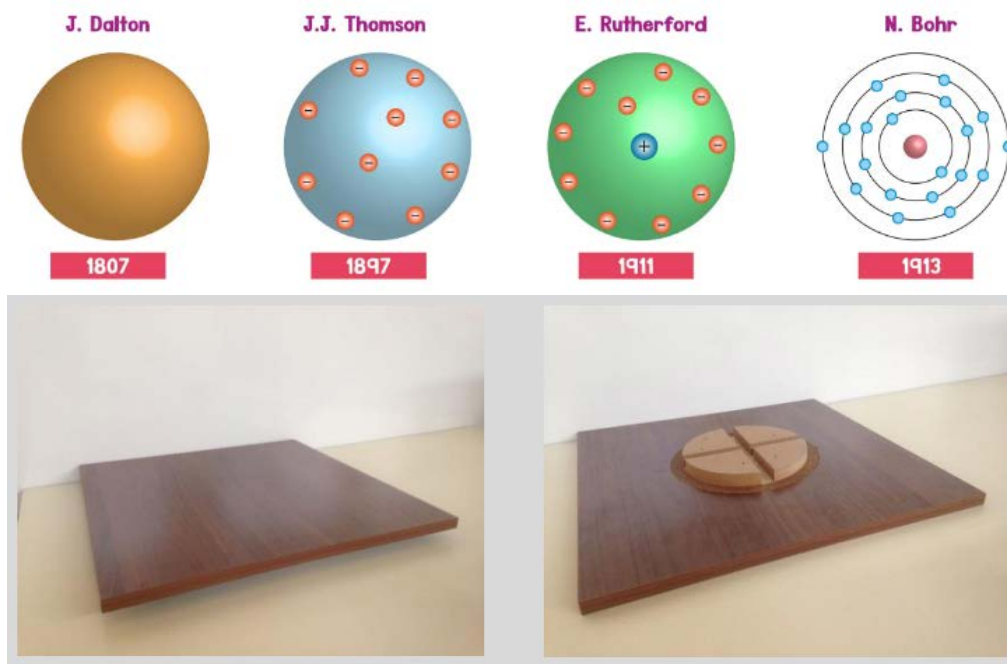
Muchas veces la física se presenta como una abstracción con la que es difícil que el alumno pueda interpretar fenómenos cotidianos, cosa que es paradójica, ya que la física justamente se dedica a interpretar fenómenos físicos. Un ejemplo es el trabajo con la dinámica, que suele incorporar el cálculo de fuerzas resultantes de situaciones muy complejas, pero en cambio no puede predecir si el valor que marcará la báscula será superior si al subimos a ella y la apretamos con un bastón.

La conexión de los modelos científicos con la toma de decisiones puede conseguirse usando algunas de las estrategias propuestas para los ejes de Argumentación y Cognición Epistémica. En la actividad “*Continúa la polémica por los bañadores Speedo*” (Oliveras y Sanmartí, 2008), se propone una aplicación del modelo científico trabajado en clase (fuerzas y flotación) para, desarrollar un ejercicio de lectura crítica de una noticia de prensa. Las autoras empiezan promoviendo que el alumnado reflexione sobre el título y *escriba* su opinión y valore los intereses del autor del texto (*¿Podemos identificar intereses o roles? ¿Por qué apoya este personaje la decisión de...?*). También les pide una validación de los datos aportados pidiendo que hagan una búsqueda en Internet (*¿Todos los datos indican lo mismo? ¿Hay algún dato incongruente?*). Posteriormente les pide una interpretación de los datos y que elaboren una argumentación para justificar si estos bañadores deben ser aprobados o no, usando el modelo de fuerzas y flotación (*¿Qué modelo/decisión es más coherente/pertinente según esas pruebas? ¿Qué ventajas/inconvenientes/límites o riesgos existen?*).

3.2. La estructura del átomo

Al trabajar la estructura y propiedades de la materia, una propuesta suele ser explicar los distintos modelos de átomo que se han propuesto a lo largo de la Historia de la Ciencia: Dalton, Rutherford, Böhr... Aunque este enfoque alude explícitamente al proceso histórico, excluye los mecanismos epistémicos de esos cambios de modelo.

Aunque algunos de los datos usados históricamente en la construcción del modelo son excesivamente complejos para su uso en el aula, se pueden generar transposiciones didácticas que sitúen al alumnado en situaciones análogas. Una propuesta en este sentido es la actividad “*L’estructura de la materia, de Rutherford a l’Alba*” (Couso, Herreras, y Olivella, 2016). En ella, se propone al alumnado que use canicas para hacerlas impactar contra un objeto oculto debajo de un tablón, para, estudiando sus trayectorias, consensuar su forma (Imagen 1). La actividad promueve el uso de pruebas y la construcción paulatina de modelos explicativos cada vez más sofisticados de la forma del objeto debajo del tablón. Las autoras, con esto, integran en el diseño de la actividad preguntas que podemos formularnos para desarrollar los ejes de Naturaleza de la Ciencia y la Argumentación, se interpretan datos para construir modelos explicativos y los datos aparecen de manera paulatina, provocando cambios en las interpretaciones: “*¿Hasta qué punto esto explica lo que ocurre? ¿En qué casos funciona la explicación y en qué casos no? ¿Qué ventajas/inconvenientes/límites o riesgos existen? ¿Cuán seguros estamos de...? ¿Por qué estamos tan seguros? ¿Cómo podríamos estarlo más?*”

IMAGEN 1. Imagen del artefacto para emular la investigación sobre la estructura del átomo

Fuente: Couso, Herreras y Olivella (2016)

3.3. Yacimientos y evolución

Los trabajos sobre evolución humana suelen hacerse de modo que el alumnado identifique las características anatómicas y culturales de cada etapa conocida (*Homo erectus*, *Homo sapiens neanderthalensis*,...) con distintas tensiones y procesos evolutivos (bipedestación, encefalización,...), pero solemos dedicar poco tiempo al origen y características epistémicas de las pruebas, lo que hace algo difícil para el alumnado valorar enunciados habituales de prensa como “*Se ha encontrado el eslabón perdido*” o “*Los Neanderthales interaccionaron con Homo sapiens sapiens*”.

En cambio, en la actividad *Armshtadt* de investigación sobre evolución humana (Domènech-Casal, 2016b) se muestra al alumnado una imagen de una habitación. En la imagen aparecen distintos objetos, y se propone al alumnado que mediante la observación, discusión y argumentación determine la Edad, el Género, las Aficiones, la Profesión e incluso la altura de la persona que habita la casa, determinando “cuán segura” (en porcentaje) es cada una de esas conclusiones (Imagen 2): “¿Qué indican los datos? ¿Todos los datos indican lo mismo? ¿Hay algún dato incongruente?”.

En la discusión emerge de forma muy clara cómo los modelos previos del alumnado (¿Unos zapatos de tacón implican necesariamente que el habitante sea mujer?) acaban promoviendo determinadas conclusiones. Eso se discute como ejemplo de sesgo interpretativo que suele estar presente en la Ciencia (construye a partir de los modelos previos), porque está presente también en la forma de conocer de cada uno/a de nosotros/as (“¿Qué sesgos pueden afectarme en este contexto? ¿Cuáles son los motivos de mis decisiones o preferencias? ¿Qué creencias o valores participan en este contexto?”). En una segunda etapa, los alumnos analizan distintos yacimientos contruidos *ad hoc* para la actividad con distintas muestras, de los que deben elucidar la etapa evolutiva, con la ayuda de apoyos lingüísticos (Imagen 2, Tabla 3).

IMAGEN 2. Imágenes de la actividad inicial y la segunda etapa de análisis de yacimientos



TABLA 3. Rutina de pensamiento para desarrollar destrezas en el uso de pruebas

Usar pruebas	Interpretar pruebas en base a modelos	Determinar la validez de las pruebas	Con una certidumbre de...
La prueba [x] Apoya que se trata del estadio evolutivo...	...porque...	Esta prueba es fuerte / débil (específica, fiable, suficiente) porque...	%
[1]			
[2]			
[3]			
En consecuencia, teniendo en cuenta el conjunto de pruebas, consideramos que el yacimiento se corresponde con el estadio evolutivo de.....			
Con una certidumbre global del%			

Fuente: ProyectoC3 (Domènech-Casal, 2016a y 2016b)

Esto crea un contexto de actividad que promueve que el alumnado deba plantearse si las pruebas son específicas, fiables y suficientes, y lidiar con la necesidad de otorgar mayor o menor certidumbre a la identificación de distintas etapas evolutivas. (“¿Cuál de esas pruebas es más específica? ¿Es coherente este argumento con el anterior? ¿Es suficiente esa prueba para afirmar que...? ¿Qué modelo/decisión es más coherente/pertinente según esas pruebas?”).

3.4. Microorganismos e infección

En el trabajo sobre el sistema inmunitario, a menudo se realizan descripciones sobre las barreras pasivas del sistema inmunitario (la piel, las mucosas...) y las vías de infección y métodos de prevención, incluso como metodología de Estudio de Caso, proponiendo al alumnado que analice las causas o consecuencias de distintas situaciones contextualizadas de infectividad en relación a estos factores. Esto permite desarrollar aspectos conceptuales y procedimentales, pero deja de lado aspectos epistémicos.

El diseño de este acercamiento a la temática puede epistemizarse mediante estrategias de Argumentación y Naturaleza de la Ciencia, y su vinculación a casos de Historia de la Ciencia, como proponen Acevedo, García Carmona y Aragón (2016). Estos autores proponen como actividad para

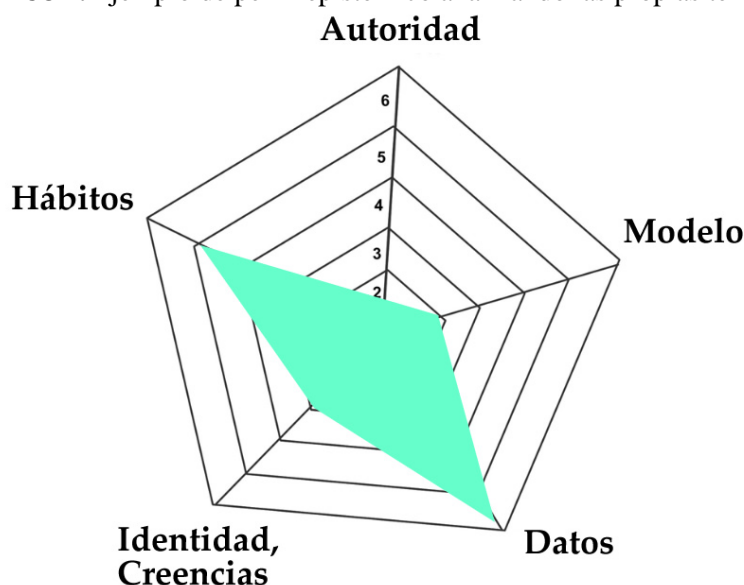
el alumnado la lectura del documento histórico que incluye fragmentos del diario de Semmelweiss sobre las fiebres puerperales. Semmelweiss fue un médico que, en 1846, asumió el puesto de doctor en una clínica de maternidad y descubrió que la causa de las fiebres que sufrían muchas mujeres después del parto era que los médicos que asistían a las parturientas no se lavaban las manos después de trabajar con cadáveres, diseminando infecciones. El texto y la guía de preguntas a debatir durante la actividad incluyen distintos datos científicos para analizar, pero también un análisis de las razones y sesgos (vinculados a estereotipos de género y racistas) que generaron en la comunidad hospitalaria resistencias a aceptar las ideas y razonamientos de Semmelweiss. Esta actividad ilustra de un modo ágil y visible el efecto de preguntas similares a las que hemos propuesto en la Tabla 1: (*¿Qué indican los datos? ¿Todos los datos indican lo mismo? ¿Hay algún dato incongruente? ¿Podemos identificar intereses o roles? ¿Por qué apoya este personaje la decisión de...? ¿Qué intereses u obstáculos existen en la toma de esta decisión? ¿Qué grupos de poder, estereotipos y roles participan?*).

3.5. Contextualizando las vacunas

Al tratar temáticas vinculadas a controversias, como la vacunación, una propuesta frecuente es realizar una lectura crítica de distintas fuentes, con el objetivo de diferenciar la conexión de los distintos posicionamientos con los modelos científicos sobre la seguridad y mecanismos de actuación de las vacunas.

Esta actividad puede enriquecerse con la integración de los ejes relativos a la Naturaleza de la Ciencia y la Cognición epistémica. Por ejemplo, en la propuesta didáctica “¿Vacunamos?”, (Domènech-Casal, 2019) el alumnado realiza un análisis de los argumentos de distintos textos, seleccionando aquellos que considera relevantes para posicionarse ante la controversia de si debe hacerse la vacunación obligatoria. Después de clasificar los argumentos que ha seleccionado cada uno como relevantes según el tipo de fundamento que los sustenta (Autoridad, Modelo científico, Hábitos,...), se pide a cada alumno/a que contabilice los argumentos de cada tipo que ha sido capaz de identificar y represente como perfil epistémico (Gráfico 4) a qué tipos de argumentos ha dado más importancia.

GRÁFICO 4. Ejemplo de perfil epistémico analizando las propias tendencias al seleccionar argumentos



La formación de distintos perfiles epistémicos es un punto de partida para discutir las causas de las preferencias, las vulnerabilidades de cada perfil (Si doy mucha importancia a los argumentos

de autoridad, eso me hace vulnerable si no elijo bien la autoridad), y cómo distintos actores (empresas de venta de productos médicos, gobiernos, creencias institucionalizadas,...) pueden aprovechar esas vulnerabilidades. Este desarrollo de la actividad ilustra algunas de las preguntas propuestas en la Tabla 1, como: *¿En base a qué afirmamos que...? ¿(¿Qué tipo de argumento es éste? ¿Cuál es su fundamento? ¿Qué parte del argumento es esta: es una proposición, una refutación o un calificador modal? ¿Cuáles son los motivos de mis decisiones o preferencias? ¿Qué creencias o valores participan en este contexto? ¿Qué grupos de poder, estereotipos y roles participan? ¿Qué sesgos pueden afectarme en este contexto?'*

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las propuestas que presentamos se orientan a mostrar actividades de aula “epistemizadas”, es decir, actividades que además de la dimensión conceptual o procedimental incorporan también la dimensión epistémica.

Este tipo de actividades se alejan de las típicas actividades o unidades didácticas sobre el “Método científico”, donde el alumnado aprende a identificar variables, formular hipótesis, etc. a partir de fenómenos cotidianos (*¿Qué pañal absorbe más líquido?*) de un modo desligado de la construcción de modelos interpretativos, que es poco productivo tanto para la dimensión procedimental como para la epistémica. Aprender ciencias es aprender las prácticas científicas, por lo que no se puede aprender a pensar científicamente si no se hace “haciendo” ciencia y pensando cómo se está haciendo. Más que concentrar el despliegue de la dimensión epistémica en momentos concretos, el desarrollo de esta dimensión requiere de un currículum epistémico persistente, que explicita y deje de excluir la dimensión epistémica que los propios contenidos y procedimientos de la Ciencia ya contienen. Esto puede conseguirse usando las estrategias que hemos propuesto para hacer pequeñas modificaciones en el diseño de actividades preexistentes. Por otro lado, que el alumnado “sepa” usar la mirada de la Ciencia o diferenciarla de otras miradas puede no ser suficiente (hay que conseguir que “quiera” hacerlo), ya que detrás de esta mirada hay aspectos identitarios relativos a la relación que cada uno tiene con la ciencia (Lupi3n y Gir3n, 2020) que no deben descuidarse, por su importancia en relación con la cognición epistémica.

A pesar que las actividades que hemos usado para ejemplificar las instancias y ejes son de Educación Secundaria, queremos insistir en que la competencia científica, incluyendo todos sus componentes, se debe trabajar desde el inicio de la escolarización. Es decir, del mismo modo que se han desarrollado los contenidos conceptuales en las distintas etapas educativas, es necesario también desglosar los componentes de la dimensión epistémica para que se puedan trabajar en todas las etapas. Igualmente, las propuestas expuestas en este artículo se centran a nivel de actividad didáctica, pero tienen efectos exponenciales cuando se hacen a nivel de centro, e implican también una reflexión profunda sobre el contenido que trabajamos. Esto requiere la incorporación de una cultura epistémica en el profesorado, el alumnado y las familias, por lo que seguramente los primeros intentos no serán del todo exitosos. Es interesante para esa planificación más ambiciosa consultar la propuesta que se hace en el currículum de ciencias de los EEUU donde se puede ver cómo se desarrollan todas las dimensiones en las distintas etapas: <https://www.nextgenscience.org/>, y que puede intuirse que requiere un trabajo conjunto como equipo docente a lo largo de los varios cursos.

Igualmente, requiere incorporar la mirada de los aspectos relativos a la dimensión epistémica en la evaluación (Cañal, 2012). En este sentido, existen algunos cuestionarios para evaluar aspectos de la dimensión epistémica (Moreno, Zuñiga, Cofré y Merino, 2018; García-Carmona, Vázquez y Manassero, 2012) y ejemplos como las propuestas de pruebas PISA (Franco-Mariscal, Blanco-López y Enrique España-Ramos, 2017; Vázquez y Manassero-Mas, 2018), si bien algunos autores describen que es complejo evaluar la dimensión epistémica de forma aislada de la dimensión procedimental (Vázquez y Manassero, 2018).

Los ejes de actuación que se proponen en este artículo pretenden proponer al profesorado una ventana para trasladar a la práctica los marcos de referencia que han sido trabajados desde hace ya muchos años por distintos grupos de investigación, y pretenden establecer un diálogo entre la teoría y la práctica en el aula. Para profundizar en este diálogo, en nuestro ámbito más cercano, sobre Naturaleza de la Ciencia se pueden consultar entre otros los trabajos de García-Carmona, Vázquez y Manassero (2012) o Acevedo (2008). Es también muy interesante la participación de estos, y otros autores, en la incorporación del movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) a la enseñanza de las ciencias. Sobre uso de pruebas y argumentación, el lector encontrará los fundamentos didácticos en el trabajo del grupo de investigación RODA de la Universidad de Santiago de Compostela, y especialmente a las publicaciones del equipo liderado por Jiménez-Aleixandre (2010). Sobre las destrezas comunicativas (lectura crítica, conversación socrática...) un buen referente son los trabajos del grupo de investigación LIEC de la Universitat Autònoma de Barcelona, especialmente los trabajos publicados por los equipos de Izquierdo, Sanmartí y Márquez. El trabajo sobre la Cognición epistémica es todavía incipiente, y aún está en desarrollo el marco teórico y sobretodo el diseño y evaluación de la cognición epistémica en prácticas de aula. Aprendiendo con perseverancia y determinación, dialogando con la práctica y consultando los marcos teóricos disponibles, es posible avanzar y proponer vías de acción que visualicen los cambios al cabo de los años.

Referencias

- Acevedo, J.A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 5(2), 134-169. DOI: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2008.v5.i2.02
- Acevedo Díaz, J.A., García-Carmona, A. y Aragón, M.M. (2016). Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (2), 408-422. DOI: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.13
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación Química*, 23, 248-256. DOI: 10.1016/S0187-893X(17)30151-9
- Aikenhead, G.S. (1994) The social contract of Science: Implications for Teaching Science. En: Solomon J., Aikenhead G.S.: *STS Education: International Perspectives on Reform*. New York: Teachers College Press.
- Albe V. (2008) Students' positions and considerations of scientific evidence about a controversial socioscientific issue. *Science & Education*, 17, 805-827. DOI: 10.1007/s11191-007-9086-6
- Barzilai, S. y Chinn, C. (2017). On the Goals of Epistemic Education: Promoting Apt Epistemic Performance. *Journal of the Learning Sciences* 27(3), 353-389. DOI: 10.1080/10508406.2017.1392968
- Berland, L. K., Schwarz, C., Krist, C., Kenyon, L., Lo, A. S. y Reiser, B. J. (2016). Epistemologies in practice: Making scientific practices meaningful for students. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(7), 1082-1112. DOI: 10.1002/tea.21257
- Bravo, B., Puig, B. y Jiménez-Aleixandre, P. (2009). Competencias en el uso de pruebas en argumentación. *Educación Química*, 20(2), 137-142. DOI: 10.1016/S0187-893X(18)30020-X
- Bybee, R. W. (2006). Scientific Inquiry and Science Teaching. En: L. B. Flick y N. G. Lederman (eds.). *Scientific Inquiry and Nature of Science. Implications for Teaching, Learning and Teacher Education*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, pp. 1-12.
- Cañal, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Investigación en la Escuela*, 78, 5-17. <http://hdl.handle.net/11441/59927>

- Carvajal, E. y Gómez, M.R. (2002). Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 7 (16), 577-602.
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. *XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Huelva (Andalucía).
- Couso, D., Herreras, Ll. y Olivella, J. (2016). *Estructura de la matèria. De Rutherford a l'ALBA. Seqüència didàctica per a l'estudi de l'estructura atòmica*. Barcelona: Publicacions CRECIM.
- Chinn, C., Buckland, L.A. y Samarapungavan, A. (2011). Expanding the Dimensions of Epistemic Cognition: Arguments From Philosophy and Psychology. *Educational Psychologist* 46(3), 141-167. DOI: 10.1080/00461520.2011.587722
- Díaz N. y Jiménez-Liso M. R. (2012) Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9(1), 54-70. DOI: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2012.v9.i1.04
- Domènech, A.M., Márquez, C., Marbà- Tallada, A., Roca, M. (2015). La medicalización de la sociedad, un contexto para promover el desarrollo y uso de conocimientos científicos sobre el cuerpo humano. *Enseñanza de las ciencias*, 33(1), 101-25.
- Domènech-Casal, J. (2016a). Proyecto C3: indagación científica, lengua y contextos en la ESO. *Aula de Secundaria*, 19, 15-19.
- Domènech-Casal, J. (2016b). Diseño y caracterización de un Proyecto de Indagación alrededor de la Evolución Humana y la Paleontología. *Investigación en la escuela* 90, 49-71. DOI: 10.12795/IE.2016.i90.04
- Domènech-Casal, J. (2019). *Aprendizaje Basado en Proyectos, trabajos prácticos y controversias. 28 propuestas y reflexiones para enseñar ciencias*. Octaedro: Barcelona.
- Duschl, R. (2008). Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. *Review of Research in Education*, 32(1):268-91. DOI: 10.3102/0091732X07309371
- Duschl, R. y Grandy, R. (2012). Two views about explicitly teaching nature of Science. *Science and Education*, 22(9), 2109–2139. DOI: 10.1007/s11191-012-9539-4
- Erduran, S. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). *Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-Based Research*. Dordrecht: Springer.
- Flick, L. y Lederman, N. G. (eds.) (2004). *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Ferrés-Gurt, C. (2017). *La competència d'indagació i la seva avaluació en els estudiants de Batxillerat*. Tesis Doctoral. Disponible en: <https://www.tdx.cat/handle/10803/458679>.
- Franco-Mariscal, A.J., Blanco-López, A. y España-Ramos, E. (2017). Diseño de actividades para el desarrollo de competencias científicas. Utilización del marco de PISA en un contexto relacionado con la salud. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (1), 38-53. DOI: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i1.04
- García-Carmona, A. (2012) Cómo enseñar Naturaleza de la Ciencia (NDC) a través de experiencias escolares de investigación científica. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales* 72, 55-63.
- García-Carmona, A., Vázquez, A., Manassero, M.A. (2012) Comprensión de los estudiantes sobre naturaleza de la ciencia: análisis del estado actual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de las ciencias* 30(1), 23–34. DOI: 10.5565/rev/ec/v30n1.442
- García-Carmona, A. (2021). Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 18(1), 1108. DOI: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1108

- García-Molina, R. (2015). Pseudociencia en el mundo contemporáneo. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales* 81, 25-33.
- Giere, R. N. (1990). *Explaining science: a cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Giere, R.N. (2001). A new framework for teaching scientific reasoning. *Argumentation* 15(1), 21-33. DOI: 10.1023/A:1007880010975
- Harlen, W. (Ed.). (2010). *Principles and big ideas of science education*. Association for Science Education.
- 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.
- 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(1), 88-140. DOI: 10.3102/00346543067001088
- INE (Instituto Nacional de Estadística) (2013) *Encuesta Nacional de Salud 2011-2012*. www.ine.es
- Izquierdo-Aymerich, M. (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 8, 7-21.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010) 10 ideas clave. *Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Jiménez-Liso, R., López-Gay, R., Martínez-Chico, M. (2012) Cómo trabajar en el aula los criterios para aceptar o rechazar modelos científicos. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales* 72, 47-54.
- Jiménez-Taracido, L., Otero, J. (2019). La educación científica frente al pensamiento anticrítico en la vida diaria. *Enseñanza de las ciencias*, 37(1), 117-135. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.2608
- Kind, P. y Osborne, J. (2016). Styles of scientific reasoning: a cultural rationales for science education? *Science education*, 101, 8-31. DOI: 10.1002/sce.21251
- Lederman, N. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, (8), 916-929.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of science: past, present, and future. En: Abell, S. K. y Lederman, N. G. (Eds.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N.G. y Lederman, J.S. (2004) Revising instruction to teach nature of science. *The Science Teacher* 7(9), 36-39.
- Lupión, T. y Girón, J.R. (2020). Percepciones del alumnado de Educación Secundaria (15-17 años) hacia la función social de la ciencia. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 39, 81-98. DOI: 10.7203/dces.39.17766
- Llewellyn, D. (2005). *Teaching High School Science through Inquiry: A case study approach*. Corwin Press & NSTA press.
- Marbà A., Márquez C. y Sanmartí, N. (2009). ¿Qué implica leer en clase de ciencias? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 59, 102-111.
- McComas, W. F., Clough, M. P. y Almazroa, H. (1998). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. En W. F. McComas (Ed.), *The Nature Of Science In Science Education. Rationales and Strategies*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Michel, H. y Neumann, I. (2016) Nature of Science and Science Content Learning. *Sci & Educ* 25, 951-975. DOI: 10.1007/s11191-016-9860-4
- MINECO (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad) (2016). *VIII Encuesta de Percepción Social de la Ciencia*. [<https://t.co/KrH1UmNwLZ>] [Consultado en 12/12/20]
- Moreno, L., Zuñiga, K., Cofré, H., Merino, C. (2018). Efecto (¿o no?) de la inclusión de naturaleza de la ciencia en una secuencia para el aprendizaje y la aceptación de la teoría de la evolución.

- Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15 (3), 3105. DOI: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3105
- National Research Council (NRC) (2012). *A framework for K12 Science Education: practices, crosscutting concepts and core ideas*. Washington DC: National Academy Press.
- OCDE (2013). *PISA 2015 draft science framework*. <http://www.oecd.org/>
- Oliveras, B., Márquez, C., y Sanmartí, N. (2013). The Use of Newspaper Artículos as a Tool to Develop Critical Thinking in Science Clases. *International Journal of Science Education*, 35(6), 885–905. DOI: 10.1080/09500693.2011.586736
- Oliveras, B. y Sanmartí, N. (2008). “Continúa la polémica por los bañadores de Speedo”. Leer.es. [https://leer.es/documents/235507/242734/eso4_cn_fq_banadoresspeedo_estudiantes_begonaoliveras_neussanmarti.pdf/7735c8a1-004f-42ca-95cb-464ff18134a8]
- Osborne, J. (2011). Science teaching methods: a rationale for practices. *School Science Review*, 93(343) 93-103.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. y Duschl, R. (2003). What “Ideas-about-Science” Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720. DOI: 10.1002/tea.10105
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. DOI: 10.1007/s10972-014-9384-1
- 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: 10.1080/09500690050166724
- Quevedo-Ortiz, G., González-García, F., Fernández-Ferrer, G. (2019). Un estudio sobre pensamiento pseudocientífico en estudiantes de educación secundaria. *Revista de didáctica ciencias experimentales y sociales*, 37, 147-164. DOI: 10.7203/dces.37.15339
- Rodríguez-Pineda, D. y López y Mota, A. D. (2006). ¿Cómo se articulan las concepciones epistemológicas y de aprendizaje con la práctica docente en el aula? Tres estudios de caso de profesores de secundaria. *Revista mexicana de investigación educativa*, 11 (31), 1307-1335.
- Sadler, T. D. (2011). Situating Socio-scientific Issues in Classrooms as a Means of Achieving Goals of Science Education. En: Sadler, T. D. (Ed.) *Socio-scientific Issues in the Classroom: Teaching, learning and research* (pp. 1-9). Netherlands: Springer.
- Solbes, J. y Torres, L. (2012). Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones sociocientíficas: un estudio en el ámbito universitario. *Revista de didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 26, 247-269. DOI: 10.7203/dces.26.1928
- Schwartz, R.S. y Lederman, N.G. (2002). «It’s the nature of the beast»: the influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 205236. DOI: 10.1002/tea.10021
- 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: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i3.05
- Vázquez, A., Manassero, M.A. (2018). El conocimiento epistémico en la evaluación de la competencia científica en PISA. *Revista de Educación*, 380, 103-128. DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2017-380-374
- Vázquez, A., Manassero, A.A., Ortiz, A. (2013). Análisis de materiales para la enseñanza de la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 12, 243-268
- Windschitl, M., Thompson, J. y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92, 941-962. DOI: 10.1002/sce.20259

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Domènech, J. y Marbà, A. (2022). La dimensión epistémica de la competencia científica. Ejes para el diseño de actividades de aula. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 42, 81-98. DOI: 10.7203/DCES.42.21070