

INVESTIGACIONES

## Cementerio nuclear, ¿sí o no? Una propuesta para la formación docente inicial en pensamiento crítico<sup>1</sup>

Nuclear cemetery, yes or no? A proposal for initial teacher training in critical thinking

*Alicia Fernández-Oliveras<sup>a</sup>, Carolina Martín-Gómez<sup>b</sup>,  
Naira Díaz-Moreno<sup>c</sup>, Beatriz Crujeiras-Pérez<sup>d</sup>*

<sup>a</sup> Universidad de Granada, España.  
alilia@ugr.es

<sup>b</sup> Universidad de Málaga, España.  
cmartin@uma.es

<sup>c</sup> Universidad de Murcia, España.  
naira.diaz@gmail.com

<sup>d</sup> Universidade de Santiago de Compostela, España.  
beatriz.crujeiras@usc.es

### RESUMEN

La pandemia de COVID-19 ha puesto de manifiesto la importancia de que la ciudadanía cuente con un pensamiento crítico desarrollado para afrontar temas controvertidos con implicaciones sociocientíficas. En este trabajo presentamos una propuesta didáctica para promover el desarrollo del pensamiento crítico en la formación docente inicial, enmarcada en un contexto sociocientífico: la gestión de residuos nucleares. Los objetivos son describir la secuencia de enseñanza-aprendizaje proporcionando orientaciones metodológicas sobre cómo implementarla, y examinar los niveles de actividad cognitiva y las destrezas de pensamiento crítico que se promueven, en base a respectivos marcos de análisis. La secuencia incorpora tres tipos distintos de actividades principales: análisis crítico de noticias de prensa, representación de un juego de rol y elaboración de un “mapa de la controversia sociocientífica”. De los resultados del análisis destaca que en todas las sesiones se fomentan procesos cognitivos del nivel más alto y destrezas de orden superior del pensamiento crítico.

*Palabras clave:* formación de profesores, propuesta didáctica, juego de roles, habilidades de pensamiento, objetivos educativos.

### ABSTRACT

The COVID-19 pandemic has highlighted the importance of citizens having critical thinking developed to face controversial issues with socioscientific implications. In this work we present an educational proposal to promote the development of critical thinking in initial teacher training, framed in a socioscientific context: nuclear waste management. The objectives are to describe the teaching-learning sequence by providing methodological guidance on how to implement it and examine the levels of cognitive activity and the critical thinking skills that are promoted, based on respective analysis frameworks. The sequence incorporates three different types of key activities: critical analysis of press news, representation of a role play and elaboration of a “map of the socioscientific issue”. The results of the analysis highlight that in all sessions cognitive processes of the highest level and higher order skills of critical thinking are encouraged.

*Key words:* teacher training, educational approach, role play, thinking skills, educational objectives.

<sup>1</sup> “En memoria de Naira Díaz Moreno, gran amiga, brillante y tenaz docente e investigadora”.

## 1. INTRODUCCIÓN

La situación vivida a causa de la pandemia de COVID-19 ha puesto de manifiesto la importancia de que la ciudadanía cuente con un pensamiento crítico desarrollado, especialmente, en relación con temas controvertidos que tienen implicaciones científicas y sociales. Existe una necesidad sin precedentes de educar al público en general para que, partiendo del razonamiento basado en pruebas y el pensamiento crítico, practique una ciudadanía activa y socialmente responsable. Los sistemas educativos de todo el mundo necesitan adoptar con urgencia enfoques curriculares que empoderen a los estudiantes mediante la adopción de hábitos de pensamiento científico (Erduran, 2020).

Esta coyuntura reafirma el valor de las destrezas que ya se señalaban como necesarias para tener éxito en los ámbitos personal, social y laboral en el mundo del Siglo XXI, entre las que se encuentra el pensamiento crítico (Kivunja, 2015), como parte de las denominadas “destrezas de aprendizaje e innovación”, las 4Cs: Creatividad, Pensamiento Crítico, Comunicación, y Colaboración (Partnership for 21st Century Skills, 2019). Merced a esta crisis global de origen sanitario se ha podido comprobar cómo las sociedades necesitan ciudadanos responsables que faciliten su progreso, para lo cual la promoción del pensamiento crítico ha de ser inherente a los objetivos de la educación y tener influencia en las políticas educativas como medio para fomentar la ciudadanía activa y, a su vez, el desarrollo sostenible (Uribe-Enciso *et al.*, 2017). Desde las etapas obligatorias, el sistema educativo debe ayudar a los estudiantes a estar preparados y ser capaces de asumir sus roles como ciudadanos activos y responsables en sociedades democráticas, para lo cual, es indispensable disponer de destrezas de pensamiento crítico (ten Dam & Volman, 2004).

El pensamiento crítico es una pieza clave en la construcción del conocimiento científico. Como afirma Archila (2018), las personas que se dedican a la ciencia ponen en juego este tipo de pensamiento para tomar decisiones en su práctica profesional, por ejemplo, al explorar nuevos métodos, evaluando sus pros y contras. Por ello, las clases de ciencias deben proporcionar escenarios substancialmente favorables para el desarrollo del pensamiento crítico, especialmente, si en ellas se abordan aspectos relacionados con la naturaleza de la construcción del conocimiento científico o naturaleza de la ciencia (NdC). Por ejemplo, Archila *et al.* (2019) señalan que brindar oportunidades para reconocer la importancia de leer críticamente textos con contenidos científicos, como artículos de prensa, contribuye a que los estudiantes se conciencien sobre la trascendencia de pensar críticamente.

Sin embargo, Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2018) apuntan que “los estudiantes suelen tener pocas oportunidades explícitas de implicarse en actividades de razonar como los científicos. Un primer factor para enseñar a pensar en ciencias es promocionar el estudio de contextos específicos que ofrezcan oportunidades de pensar críticamente” (p. 5). Con la puesta en juego de las destrezas de pensamiento crítico, que también son propias del ámbito de la ciencia (aspectos del pensamiento científico), se potencia la autorregulación y la metacognición. Así, además de mejorar el aprendizaje y proporcionar una imagen de la ciencia más precisa, se promueve el desarrollo de destrezas de pensamiento del más alto nivel.

A pesar de reconocerse como esenciales en la sociedad actual, estas destrezas de orden superior no se trabajan de forma generalizada ni en los niveles de Educación Obligatoria (Furman *et al.*, 2018) ni en los de Educación Superior (Ding *et al.*, 2016), incluyendo la formación del profesorado de áreas científicas (Furman *et al.*, 2012).

Entre las posibles causas podrían citarse la necesidad de trabajar en comunidades, como aulas, recibiendo asistencia y estímulo o el compromiso prolongado, tanto por parte del alumnado como del profesorado, que requiere el desarrollo de estas destrezas de alto nivel (Crujeiras y Jiménez-Aleixandre, 2013). Trabajar tales destrezas en la formación inicial del profesorado puede ayudar a contrarrestar esta situación, actuando como primer paso en una necesaria capacitación que permita a los futuros docentes emprender actuaciones para promover el pensamiento de orden superior en sus aulas. La necesidad de desarrollar propuestas a tal fin es aún más acuciante si se tienen en cuenta resultados que subrayan las dificultades del profesorado en formación para identificar dicho tipo de destrezas (Díaz-Moreno *et al.*, 2018).

En este sentido pretende contribuir el presente estudio, presentando y analizando una propuesta didáctica para la formación inicial del profesorado de Educación Infantil y Primaria, contextualizada en una problemática o controversia sociocientífica: la instalación de un cementerio nuclear, con el fin de promover el desarrollo de destrezas de pensamiento de orden superior y, en particular, del pensamiento crítico.

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

### 2.1. PENSAMIENTO CRÍTICO: UNA NECESIDAD DESDE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA

Hoy en día parece no existir consenso por parte de los investigadores para definir de forma unívoca qué es el pensamiento crítico (Tiruneh *et al.*, 2017; Bezanilla-Albisua *et al.*, 2018; Vázquez-Alonso & Manassero-Mas, 2018). Hay investigadores que lo relacionan con el desarrollo de estrategias encaminadas a aumentar la probabilidad de que se produzcan un resultado buscado (Halpern, 2010), mientras que otros lo vinculan a procesos mentales que permitan establecer y defender un posicionamiento sobre un determinado tema (Ennis & Wier, 1985), o dicho de otro, lo asocian a la capacidad de hacer elecciones sabiendo el porqué, así como a respetar las elecciones de los demás, pudiendo participar en discusiones (ten Dam & Volman, 2004). Esta diversidad teórica supone un primer escollo a la hora de plantear propuestas para promocionar el pensamiento crítico en las aulas, y es por ello por lo que Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2018) elaboraron una taxonomía de síntesis, con el fin de facilitar su enseñanza-aprendizaje desde de la educación científica. Estos autores consideran que existe una relación recíproca entre pensamiento crítico y pensamiento científico, afirmando que

las destrezas básicas del pensamiento crítico son instrumentos decisivos para poder pensar científicamente, y, por tanto, para el éxito en el aprendizaje de la ciencia y la comprensión de la NdC, y viceversa, el desarrollo del pensamiento científico en el aprendizaje de la ciencia favorece también el desarrollo del pensamiento crítico. (Vázquez-Alonso & Manassero-Mas, 2018, p. 6)

Por otro lado, las destrezas que se asocian al pensamiento crítico son cruciales en distintas áreas de conocimiento tanto científicas, como no científicas. Así, los estudios muestran como en las ciencias sociales, las humanidades y las artes juegan un papel relevante en el análisis histórico (McLaughlin & McGill, 2017), en la composición escrita

(Gutiérrez-Fresneda, 2018), en el estudio de las lenguas (Christenson, Gericke & Chang Rundgren, 2017; Muszyńska *et al.*, 2017) o de las artes visuales (Ulger, 2018). Sin embargo, en las áreas científicas, parece que existen ciertas dificultades para que los estudiantes pongan en juego las destrezas asociadas al pensamiento crítico. Así, estudios como el de Christenson *et al.* (2014) mostraron que alumnado de ciencias sociales tenía mejores resultados a la hora de justificar sus posturas que los estudiantes de ramas científicas. Una de las justificaciones podría ser que en las disciplinas no científicas se suele “alentar a los niños a reconocer que hay interpretaciones plurales de cualquier escrito o evento, y que un requisito central es la consideración y evaluación de la evidencia y los argumentos para cada posición” (Osborne *et al.*, 2002, p. 28). Además, estos autores resaltan que la práctica diaria normal de los docentes de ciencias con una visión dogmática de la ciencia (como un cuerpo de conocimiento cerrado, bien establecido y que no se presta a cuestionamientos), ofrece pocas oportunidades para el tipo de debate interpretativo y abierto que sí alienta habitualmente el profesorado de las disciplinas humanísticas, sociales y artísticas. Con esta perspectiva de la educación tradicional como otro de los obstáculos para trabajar el pensamiento crítico en las aulas, coincide Golding (2011), quien propone a modo de revulsivo realizar actividades que involucren debates planeados en el aula para ayudar a los estudiantes a construir opiniones fundamentadas y matizadas.

Según Tiruneh y colaboradores (2017) estas propuestas educativas pueden ser planteadas para desarrollar dos modos de pensamiento crítico: el específico y el general. El primero lo definen como la capacidad de responder razonablemente a las tareas de pensamiento crítico que requieren el conocimiento de contenidos de un área específica, y lo consideran parte integral de la competencia a la que aspira la instrucción específica en esa área. Por otro lado, definen el pensamiento crítico general como la capacidad de responder razonablemente a las tareas de pensamiento crítico que no requieren necesariamente un conocimiento de contenidos de áreas específicas, sino más bien conocimientos de la vida cotidiana.

En definitiva, es necesario dar oportunidades para que los estudiantes apliquen destrezas de pensamiento crítico en una amplia gama de contextos y áreas temáticas, entre ellas la científica, teniendo en cuenta que no todas las destrezas aprendidas en un contexto se podrán transferir a otros nuevos (Puig *et al.*, 2019; Davies, 2013). También se pone de manifiesto la necesidad de que los programas de enseñanza de pensamiento crítico diseñados se integren en los currículos regulares de áreas de conocimiento específicas, tales como lenguas, artes, ciencias o estudios sociales, dado que, como Willingham (2008) asegura, “saber que uno debería pensar críticamente no es lo mismo que ser capaz de hacerlo. Eso requiere práctica y conocimiento de la materia” (p. 25).

Por todo lo expuesto, en este estudio se parte del diseño de una propuesta didáctica que propone trabajar el pensamiento crítico a través de su conexión con el pensamiento científico, en la línea de Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2018), quienes establecen una estrecha relación entre pensamiento crítico y pensamiento científico, afirmando que el paralelismo entre ambas formas de pensamiento añade razones a favor de enseñar destrezas de pensamiento crítico, “pues con su dominio, al mismo tiempo, se domina el pensamiento científico y se desarrolla la alfabetización científica” (p. 5). Además, nos situamos en un punto intermedio respecto a lo establecido por Tiruneh y colaboradores (2017), considerando un modo de pensamiento crítico que se desarrolla al abordar tareas que requieren tanto conocimientos de áreas específicas como de la vida diaria. Encontramos este aspecto de

gran relevancia, dado que creemos que puede ser determinante a la hora de transferir la formación adquirida en un ámbito académico a un ámbito cotidiano, aspecto clave de la formación científica en contexto (Carbonnel *et al.*, 2019). Con esto pretendemos contribuir a una formación integral y una alfabetización realmente funcional que ayude a que las personas afronten en mejores condiciones las problemáticas reales de su vida. Por ello, sugerimos articular experiencias de aprendizaje en torno a controversias sociocientíficas, que tienen el potencial de unir la educación científica y la vida personal de los estudiantes, por lo que pueden mejorar el grado de implicación de estos en las prácticas sociales más allá del aula (Sadler *et al.*, 2007).

## 2.2. CONTROVERSIAS SOCIOCIENTÍFICAS: CONTEXTOS IDÓNEOS PARA TRABAJAR EL PENSAMIENTO CRÍTICO

En la actualidad, autores como Solbes y Torres (2012) destacan la necesidad de implementar estrategias didácticas que favorezcan el desarrollo de competencias críticas, en definitiva, del pensamiento crítico, dada la necesidad de que los ciudadanos puedan construir sus conocimientos coherentemente para dar respuesta a las exigencias sociales de los escenarios en los que se desenvuelven. En este sentido, Sadler (2011) plantea implementar las cuestiones controvertidas como estrategia didáctica para motivar este pensamiento crítico, ya que las actividades didácticas con controversias permiten a los discentes estructurar su pensamiento crítico, y desarrollar una manera de pensar propia que les facilite distinguir lo verdadero de lo falso, tomar posiciones frente a las situaciones sociales y tener un papel activo en las decisiones culturales y científicas. Para muchos investigadores en educación científica las controversias sociocientíficas constituyen un elemento clave en los planes de estudios, puesto que son cuestiones que ayudan al desarrollo de destrezas de pensamiento de orden superior, tales como el pensamiento crítico y la argumentación (Albe, 2008; Evagorou *et al.*, 2012; Lee, 2007; Zeidler & Nichols, 2009).

Las controversias sociocientíficas son problemas auténticos y controvertidos que se caracterizan por estar contextualizados en la vida real y que no tienen una respuesta obvia (Duschl, 1995). Estas cuestiones socialmente controvertidas, también llamadas socialmente vivas, se caracterizan por tener un componente científico, pero incorporan además otras disciplinas que pueden ser políticas, económicas, etc. e involucran aspectos éticos y morales (Evagorou *et al.*, 2012), como ocurre, por ejemplo, con los alimentos genéticamente modificados o el cambio climático.

Por sus características, su uso en las aulas favorece la evaluación y el juicio crítico de distintas alternativas en base a las pruebas proporcionadas, así como la defensa justificada de posturas para llegar a la decisión final más adecuada, a través de un proceso de toma de decisiones. Con este tipo de controversias también se fomenta el diálogo y la interacción entre el alumnado (Osborne *et al.*, 2004), y sirven, además, no solo para contextualizar el contenido científico, sino también para destacar la importancia que los aspectos sociales y culturales de la ciencia tienen en la educación científica (Christenson *et al.*, 2014), contrarrestando los enfoques tradicionales de dicha educación. Según Kolstø (2001), dentro de la tradición Ciencia-Tecnología-Sociedad, el énfasis en la interrelación entre la ciencia y la sociedad ha puesto el foco en la ciencia relacionada con las cuestiones sociales. Cuando tomamos una decisión sobre un tema sociocientífico, de manera más o menos inconsciente, hacemos una interpretación de las afirmaciones que se nos dan.

La calidad de estas interpretaciones dependerá, en parte, del conocimiento general que tengamos, incluyendo el conocimiento de la naturaleza de la ciencia y del conocimiento científico. Cuando se trabaja con entornos de aprendizaje sociocientíficos, esta toma de decisiones, tiene lugar junto con procesos de argumentación, razonamiento y análisis de datos en los que se involucran los estudiantes y, además, se posibilita la creación de ambientes colaborativos y respetuosos con altas expectativas de participación por parte de los estudiantes (Sadler, 2011). Con ello, también se facilita el análisis de diferentes argumentos en función de la racionalidad de las distintas opiniones que se plantean (Sadler & Zeidler, 2009) y, en muchas ocasiones, del cuestionamiento del discurso o los intereses de las clases y poderes dominantes (Solbes, 2013).

A pesar de que la literatura se ha desarrollado con relación al estudio de controversias sociocientíficas en el proceso de toma de decisiones de los estudiantes, la comprensión conceptual y el interés por la ciencia, existe todavía poca investigación respecto a la formación docente y las dificultades para emplear controversias sociocientíficas en el aula (Evagorou, 2011). Por tanto, es necesario buscar nuevas formas de conectar los contenidos científicos con los problemas sociales, tal y como se plantea en este trabajo.

La controversia sociocientífica en la que se basa la propuesta didáctica se enmarca en una temática de gran relevancia social, como es la explotación de recursos energéticos, y de especial interés actualmente también desde un punto de vista educativo, dadas las implicaciones que tiene en el desarrollo sostenible, tópico que forma parte de los contenidos curriculares de todas las etapas de educación obligatoria, empezando por Educación Infantil (Medina Quintana, 2019). Es más, desde que la Organización de las Naciones Unidas fijase los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (ONU, 2015) y detectase que algunos manuales escolares siguen presentando una imagen errónea de las cuestiones ambientales, se está instando a los gobiernos a revisar los recursos educativos y las propuestas de enseñanza en este sentido, tanto para la educación obligatoria como para la formación de profesorado (UNESCO, 2016). La idea es garantizar que el contenido de las propuestas educativas esté en consonancia con la meta 4.7, incluida dentro del ODS que alude a la educación de calidad, y que “toma en cuenta las finalidades humanistas y morales de la educación, y la manera en que éstas se reflejan en las políticas, los contenidos de los programas de estudios y la preparación de los docentes” (UNESCO, 2016, p. 1).

En particular, en la secuencia de enseñanza-aprendizaje que se trabaja en este estudio se plantea la polémica que conlleva el uso de la energía nuclear por los residuos que genera. La gestión de estos residuos es una problemática no resuelta que resulta clave en la búsqueda de un modelo energético sostenible (Ballenilla, 2005), dada la ventaja de no causar emisiones de gases efecto invernadero frente a las fuentes energéticas basadas en los combustibles fósiles (González, 2006). No se pretende que el profesorado en formación resuelva la problemática durante el desarrollo de la secuencia. Lo que se busca es ponerla de manifiesto para evitar la tendencia de la población a no visibilizar este tipo de controversias sociocientíficas, asumiendo que serán “otros” (gobernantes, quienes desarrollan la tecnología...) los que proveerán las soluciones adecuadas (Ballenilla, 2005). Así, se trata de que los participantes, al enfrentarse a este tipo de dilemas, tomen conciencia de que les afectan y desarrollen las competencias que les permitan adoptar un determinado posicionamiento respecto a los asuntos que les incumben como parte que forman de la ciudadanía. Este es el primer paso para que, posteriormente, el profesorado en formación pueda trabajar de forma análoga con su futuro estudiantado.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo forma parte de un proyecto de investigación que tiene por objetivo general introducir las controversias sociocientíficas en la formación inicial del profesorado de Educación Infantil y Educación Primaria. El enfoque metodológico es de tipo cualitativo. Los participantes son docentes en formación inicial matriculados en estudios de grado de tres universidades españolas. El elemento fundamental de la investigación es la propuesta didáctica que se presenta en este trabajo, cuya elaboración y análisis se basa en el estudio de la literatura. El diseño de la investigación también incluye la preparación de un cuestionario de preguntas abiertas a modo de pretest y postest, a realizar antes y después de la implementación de la secuencia didáctica. La pregunta de investigación que se plantea es si la propuesta didáctica, a través del uso de la controversia sociocientífica elegida, promueve el desarrollo de destrezas de pensamiento de orden superior y, en particular, del pensamiento crítico, como parte de la formación en educación científica del futuro profesorado.

Como etapa clave de la investigación, nos centramos en la presentación y el análisis de la propuesta didáctica para la formación inicial del profesorado, contextualizada en la controversia sociocientífica consistente en la instalación de un cementerio nuclear. Los objetivos de este trabajo incluyen presentar la propuesta didáctica y proporcionar orientaciones metodológicas sobre cómo ponerla en práctica en el aula, recogiendo la secuencia didáctica, estructurada en tareas constituidas por actividades de carácter abierto, y su temporalización. A dichos objetivos se añaden los asociados al análisis de la propuesta elaborada, que son: plantear la ubicación taxonómica de los objetivos didácticos perseguidos en las diferentes tareas de la secuencia y señalar destrezas de pensamiento crítico que pueden ser desarrolladas en dichas tareas, como posible orientación en lo que respecta a su evaluación atendiendo a los niveles de actividad cognitiva que involucran.

#### 3.2. NIVEL COGNITIVO DE LAS TAREAS: TAXONOMÍA DE OBJETIVOS EDUCATIVOS

De cara al estudio de los niveles de actividad cognitiva que involucran las tareas propuestas, puede hacerse uso de la taxonomía de Bloom revisada que propone Krathwohl (2002) para clasificar los objetivos educativos, indicando que, si bien pueden definirse una serie de subcategorías asociadas a los procesos cognitivos, por simplicidad, a la hora de identificar ejemplos pueden emplearse solo las categorías principales de la taxonomía. Dichas categorías principales pueden agruparse en los tres niveles que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Procesos cognitivos de la taxonomía de Bloom revisada por Krathwohl (2002)

Niveles	Categorías	Subcategorías
<b>a- Literalidad/Reproducción</b> Hace referencia a la reproducción de los conocimientos practicados. Implica la localización y obtención de información; el conocimiento y reproducción	<b>1. Recordar:</b> Recuperación de conocimiento relevante de la memoria a largo plazo y reconocimiento de información.	1.1 Reconocimiento 1.2 Recuerdo
	<b>2. Comprender:</b> Construir significado de diferentes tipos de mensajes instructivos, incluyendo los pertenecientes a la comunicación oral, escrita y gráfica.	2.1 Interpretación 2.2 Ejemplificación 2.3 Clasificación 2.4 Síntesis 2.5 Inferencia 2.6 Comparación 2.7 Explicación
<b>b- Inferencias/Conexión</b> Exige que el alumnado vaya más allá de los problemas habituales, realice interpretaciones en diversas situaciones, pero todavía en contextos relativamente conocidos.	<b>3. Aplicar:</b> Llevar a cabo o utilizar un procedimiento en una situación dada	3.1 Ejecución 3.2 Implementación
	<b>4. Analizar:</b> Descomponer los elementos en sus partes constituyentes y detectar cómo estas se relacionan entre sí y con una estructura o propósito general	4.1 Diferenciación 4.2 Organización 4.3 Atribución
<b>c- Valoración/Juicio crítico</b> Implica perspicacia y reflexión por parte del alumnado, así como creatividad a la hora de identificar los elementos que lo componen.	<b>5. Evaluar:</b> Hacer juicios basados en criterios y estándares, utilizando la comprobación y la crítica.	5.1 Comprobación 5.2 Crítica
	<b>6. Crear:</b> Juntar, combinar elementos para formar un todo nuevo que sea coherente o para construir un producto original.	6.1 Generación 6.2 Planificación 6.3 Producción

Krathwohl (2002) señala dificultades a la hora de incorporar a la taxonomía el pensamiento crítico y la resolución de problemas, afirmando no encontrar una sola categoría en la que pudiera encajar cada uno de estos términos y proponiendo determinar su significado específico en el contexto en que se aplican.

Esta limitación puede solventarse considerando la taxonomía de las destrezas de alto nivel que conforman el pensamiento crítico según Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2018). Así, en el estudio de la secuencia propuesta, por un lado, se ubicarán taxonómicamente los objetivos didácticos de cada sesión y, seguidamente, a partir del análisis de las tareas, se identificarán las destrezas de pensamiento crítico.

## 3.3. MARCO DE ANÁLISIS PARA LAS DESTREZAS DE PENSAMIENTO CRÍTICO

Para estudiar las destrezas de pensamiento crítico, tras comparar distintos marcos de análisis, se optó por adaptar el proporcionado por Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2018) debido, no solo a su pertinencia para el área de conocimiento en la que se podría enmarcarse curricularmente la propuesta didáctica, sino también debido a su compatibilidad con otros marcos propuestos bajo enfoques generalistas, destinados a categorizar las destrezas de pensamiento crítico que pueden trabajarse en general, sin considerar un área de conocimiento concreta (Tabla 2). La taxonomía estructura el pensamiento en cuatro categorías principales: razonamiento, creatividad, resolución de problemas y evaluación y juicio y, distinguiendo subcategorías dentro de estas. La exhaustividad del marco escogido frente a otros marcos nos ha llevado a resumirlo y adaptarlo como se muestra en la Tabla 2. También en este caso, por simplicidad, a la hora de identificar las destrezas se emplearán solo las categorías principales de la taxonomía.

Tabla 2. Interrelación entre las destrezas de pensamiento crítico propuestas por varios autores

Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2018)*	Ennis and Wier (1985)**	Halpern (2010)**	Willingham (2008)*
Razonamiento (justificar conclusiones) -Lógico (deductivo) -Empírico (explicar, interpretar con datos, información, pruebas) *Inductivo (predicciones, implicaciones, conclusiones) *Estadístico (probabilístico)	Entendimiento	Razonamiento	Razonamiento
Creatividad (generar ideas, conclusiones) -Observación (comparar, clasificar) -Análisis (partes-todo; analogías, modelos) -Plantear buenas preguntas	Identificación de razones y suposiciones Establecimiento de puntos de vista		
Evaluación y juicio -Argumentos -Acciones (soluciones, decisiones) -Supuestos -Estándares Intelectuales (Claridad, Precisión, Relevancia,) -Comunicación (clarificación de significados) -metacognición	Justificación o aporte de motivos Valoración de posibilidades alternativas Abordaje de las debilidades de los argumentos	Análisis de argumentos Evaluación de la hipótesis Análisis de probabilidad o/y de incertidumbre	Emisión de juicios y toma de decisiones
Resolución de problemas -Toma Decisiones		Resolución de problemas y toma de decisiones	Resolución de problemas

\*Autores que se centran en áreas científicas

\*\*Autores con enfoques generalistas.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. PROPUESTA DIDÁCTICA Y DIRECTRICES METODOLÓGICAS

La propuesta didáctica incorpora tres tipos distintos de actividades nucleares que permiten afrontar tareas de pensamiento crítico diversas: análisis crítico de noticias de prensa, representación de un juego de rol y elaboración de un “mapa de la controversia sociocientífica”.

La incorporación del análisis crítico de noticias y artículos de prensa permite entroncar con la lectura crítica, considerada como una rama del pensamiento crítico (Archila *et al.*, 2019). Dicha lectura se acompaña de preguntas que invitan a la reflexión, creando un escenario que brinda a los estudiantes oportunidades para debatir y tomar conciencia de la importancia de pensar críticamente (Archila, 2018). En general, el análisis de los contenidos recogidos en los medios de comunicación fomenta el pensamiento crítico y, por lo tanto, científico, al hacer que los estudiantes aprendan a apoyarse en pruebas para distinguir entre argumentos débiles y creíbles, y entre afirmaciones con validez científica y sin ella (Thier, 2008).

Existen muchos tipos de juego de rol que se utilizan como recursos educativos, entre los que incluyen investigaciones, presentaciones, dramatizaciones y simulaciones (McSharry & Jones, 2000). Con estos tipos de juegos se puede poner en práctica un enfoque basado en los procesos de aprendizaje más que en el mero uso de técnicas orientadas a obtener un producto final (Muszyńska *et al.*, 2017), contrarrestando la tónica general en las disciplinas científicas donde prima la evaluación de la dimensión de la ciencia como producto (conjunto de conocimiento) frente a su dimensión como proceso (modos de conocer) (Furman *et al.*, 2012). En la propuesta didáctica se incluye un juego de rol de tipo simulación que consiste en realizar debates organizados, cuya utilidad para mejorar las destrezas de pensamiento crítico es reconocida (Archila, *et al.*, 2019).

Los “mapas de la controversia sociocientífica” son representaciones gráficas en las que se recogen los colectivos implicados en la controversia, denominados “actores”, así como sus intereses y las interrelaciones que pueden existir entre ellos. Este tipo de actividad aporta el potencial que tiene el uso de organizadores gráficos en el desarrollo de destrezas de pensamiento, favoreciendo la representación gráfica del proceso mental, lo que contribuye a una mayor visualización de las ideas y al estímulo del pensamiento crítico (Gutiérrez-Fresneda, 2018).

La secuencia de enseñanza-aprendizaje que se propone está conformada por seis sesiones de dos horas de duración cada una de ellas, con una periodicidad semanal. Es decir, entre cada sesión de la secuencia deberán transcurrir siete días. En las sesiones los participantes, organizados en grupos de trabajo de entre cuatro y cinco integrantes, realizarán una serie de actividades estructuradas en tareas para alcanzar los siguientes objetivos generales:

- Desarrollar una visión adecuada sobre la naturaleza de la construcción del conocimiento científico.

- Aplicar las acciones propias de la metodología científica para tomar decisiones ante una problemática o controversia sociocientífica.

- Tomar conciencia de las destrezas necesarias para construir opiniones fundamentadas y matizadas ante problemáticas sociocientíficas, que deberá promover en su futuro alumnado.

#### 4.1.1. Sesión 1: Ideas previas: ¿Cementerios nucleares sí o cementerios nucleares no?

En esta sesión se pretende introducir la controversia sociocientífica en la que se basa la secuencia, promoviendo que se manifiesten las ideas previas de los participantes.

En la primera parte de la sesión se planteará a cada grupo de trabajo la observación de tres viñetas relacionadas con los cementerios nucleares, para que seguidamente contesten a unas cuestiones (Figura 1), tras debatir y buscar consensos, justificando y argumentando cada una de sus respuestas. El resto de la sesión consistirá en debatir y consensuar en gran grupo las respuestas de los grupos de trabajo a cada de las cuestiones planteadas.

Figura 1. Viñetas y preguntas para trabajar ideas previas en la sesión 1 de la secuencia propuesta.

<p><b>Viñeta 1</b></p> 	<p><b>Viñeta 2</b></p> 	<p><b>Viñeta 3</b></p> 
<p>¿Qué te sugiere esta viñeta? ¿Qué agentes crees que intervienen a la hora de decidir acerca de la instalación o no de un cementerio nuclear?</p>	<p>¿Qué sabes acerca de los cementerios nucleares? ¿Cómo te posicionas tú en base a lo descrito en la viñeta?</p>	<p>Esta viñeta muestra posibles ventajas y desventajas que puede suponer la instalación de un cementerio nuclear. Tanto los pros como los contras los podemos intuir pero, ¿cómo podemos obtener pruebas fiables acerca de lo que realmente suponen? ¿Cuál crees que sería la posición de un científico que trabaja en el cementerio nuclear? ¿Y la de un ciudadano próximo al cementerio? ¿Qué crees que se debería hacer para que ambos llegasen a un acuerdo?</p>

#### 4.1.2. Sesión 2: Lectura y debate de una noticia sociocientífica: ¿Todas las centrales nucleares deberían cerrarse?

En esta sesión se pretende leer comprensivamente y debatir una noticia sobre la controversia sociocientífica introducida en la sesión anterior, estableciendo cuáles son los colectivos implicados en la problemática que se plantea.

La sesión comenzará con la lectura de una noticia de prensa (Verdú, 2016) que pondrá de manifiesto la cantidad de energía que nuestra sociedad demanda y cómo solo con otras formas de energía no es posible generar todo el consumo demandado. Así mismo, la noticia plantea el último desastre nuclear ocurrido en Fukushima y como tras este, desde determinados colectivos se propone cerrar las centrales nucleares por el peligro medioambiental que estas pueden representar. Tras la lectura de la noticia cada grupo de

trabajo debe extraer la información necesaria para establecer cuál es la problemática que se plantea, por qué surge esta polémica y qué implicaciones sociales y científicas presenta. Para ello se propone debatir para incorporar las aportaciones de todos los miembros del grupo a partir de preguntas del tipo: ¿Cómo te posicionas tú en base a lo comentado en la noticia?; ¿Crees que todo el mundo tendrá tu misma opinión o habrá distintas?; ¿Cuáles crees que pueden ser las opiniones alternativas a la tuya?

A partir de la lectura y debate de la información, la siguiente parte de la sesión estará dedicada a determinar cuáles son los colectivos involucrados en la problemática que se plantea, a los que llamaremos “actores”, y cuyas posturas se contraponen. Se propondrá que los grupos se realicen preguntas del tipo: ¿Cuáles serán los agentes implicados en el problema que se trata en la noticia? ¿Cuáles serían las relaciones entre ellos? ¿Cuáles serían sus opiniones? Primero se consensuará en el seno del grupo de trabajo para después acordar una única propuesta de “actores” para el grupo clase (Científicos trabajadores; Instituciones locales; Instituciones autonómicas y nacionales; Vecinos; Periodistas; Asociaciones ecologistas).

Finalmente, la sesión concluirá introduciendo el juego de rol y acordando un “actor” para cada grupo de trabajo. Una vez asignados los roles, cada pequeño grupo considerando su rol escribirá y entregará la respuesta a la pregunta ¿Cementerios nucleares sí o cementerios nucleares no? Explicando el por qué. Como tarea para la siguiente sesión se propondrá que, de manera individual, busquen información para argumentar y defender la postura inicial del actor asignado al pequeño grupo, o incluso otras que hayan podido surgir en la búsqueda y que sostengan cuáles pueden ser los intereses de dicho actor en lo que respecta a la controversia sociocientífica tratada. Se les proporcionará dos vídeos como punto de partida en la búsqueda de información (Foro de la Industria Nuclear Española, 2015; Greenpeace, 2011). Estos muestran dos posiciones contrapuestas: la del Foro Nuclear de la Industria Española, en la que se señalan algunos beneficios medioambientales de este tipo de energía frente a otras; y la de Greenpeace en la que se pone de manifiesto algunos de los peligros que pueden plantear este tipo de instalaciones.

#### *4.1.3. Sesión 3: Juego de rol ¿Debemos instalar el cementerio nuclear?*

En esta sesión se pretende organizar y representar un juego de rol ambientado en la problemática planteada, a través de la simulación de una reunión de los colectivos implicados asignados a cada grupo de trabajo en la sesión anterior.

Se comenzará facilitando a los grupos un tiempo para preparar su intervención a partir de la puesta en común de los datos disponibles sobre su “actor” que cada integrante ha traído preparado. Se instará a elaborar un guion escrito y material gráfico como apoyo a la intervención (pancartas, murales..., con materiales de libre elección o soporte digital). Se pasará a la representación de los roles en la que cada actor deberá defender y argumentar su postura. En primer lugar, se hará una ronda en la que cada actor dispondrá de 2 minutos para defender su posición y, seguidamente, habrá un debate de 10 minutos para tratar de llegar a acuerdos. El pequeño grupo que actúe como periodista deberá tomar notas durante la representación para redactar una nota de prensa que recoja un resumen de las posturas y los acuerdos alcanzados.

#### *4.1.4. Sesión 4: Mapa de la controversia sociocientífica. ¿Qué intereses hay para instalar el cementerio nuclear?*

En esta sesión se pretende recopilar y sintetizar la información recopilada en las tareas anteriores y elaborar una representación gráfica en forma de mapa en el que se recoja dicha síntesis.

En primer lugar, se recopilará la información sobre la controversia y sus actores incorporando lo trabajado en tareas anteriores y lo puesto de manifiesto por todos los pequeños grupos en el juego de rol. Con ello se conseguirá completar la caracterización de los actores que intervienen en la problemática sociocientífica y de sus intereses. Una vez completada esta caracterización, se planteará cuáles pueden ser las interrelaciones entre los distintos actores, contemplando cómo afectan las posturas de unos actores en los otros.

Se propondrá que cada grupo plasme de forma gráfica la información trabajada hasta el momento, mediante la elaboración de un “mapa de la controversia sociocientífica”. Este mapa debe recoger los actores implicados en la controversia, así como sus intereses y las interrelaciones que pueden existir entre ellos. El elemento central del mapa será “El cementerio nuclear” y para confeccionarlo, puede elaborarse un póster o mural incluyendo imágenes.

#### *4.1.5. Sesión 5: Lectura y debate de noticias sociocientíficas ¿Hay más intereses para instalar el cementerio nuclear?*

En esta sesión se pretende reflexionar y debatir sobre noticias que abordan la controversia sociocientífica tratada y en la que aparecen distintas posturas contrapuestas, que tienen implicaciones de índole social y científica.

La sesión comenzará con la asignación de una noticia a la mitad de los integrantes del grupo de trabajo, y otra noticia a la otra mitad. Deberán realizar una lectura siguiendo la estructura de un cuestionario adaptado del CRITIC (Bartz, 2002), con la finalidad de que realicen un análisis crítico de la misma (Figura 2). La noticia 1 (Planelles, 2016) recoge una entrevista al responsable del área de Seguridad de la Organización Internacional de la Energía Atómica (OIEA) donde se insiste en la seguridad de las centrales y cementerios nucleares, y en la importancia del consenso de los colectivos implicados para la implantación de este tipo de instalaciones. La noticia 2 (Planelles, 2015) es un artículo que pone de manifiesto el problema cambio climático al que se enfrenta nuestra sociedad, y como según el Foro Nuclear de España y la OIEA, la energía nuclear puede ser una la solución para mejorar en el impacto medioambiental que la producción energética está originando.

La sesión finalizará revisando el mapa de la controversia creado en la sesión anterior y reflexionando si consideran necesario mejorarlo haciendo cambios o bien incluyendo nueva información.

Figura 2. Preguntas sugeridas para el análisis crítico de noticias en la sesión 5 (adaptado de Bartz, 2002).

<i>¿En qué pensar al leer?</i>		<i>Ejemplos de preguntas</i>
C	<b>Consigna</b> , afirmación o problema que se expone en el texto	¿Qué problema se expone en el texto? ¿La imagen de quién beneficia el texto? ¿Y a quién no?
R	<b>Rol del autor</b>	¿Quién ha escrito este documento? ¿Por qué lo debe haber escrito? ¿El autor sabe del tema? ¿Qué procedimientos creéis ha hecho el autor para escribir la noticia?
I	<b>Ideas</b>	¿Qué ideas se exponen? ¿Favorecen alguna postura? ¿Por qué?
T	<b>Test</b>	¿Qué se podría hacer para comprobar la credibilidad de la afirmación principal?
I	<b>Información</b>	¿Qué datos, hechos o evidencias aporta el autor para apoyar la idea principal? ¿Son coherentes? ¿Por qué?
C	<b>Conclusiones</b>	¿Las conclusiones están de acuerdo con lo que vosotros pensáis? ¿Por qué? En caso afirmativo, ¿qué deberéis hacer para aportar más argumentos que apoyen las conclusiones? En caso negativo, ¿qué deberíais hacer para aportar argumentos que rebatan lo que mantiene el autor?

#### 4.1.6. Sesión 6: Toma de decisiones ¿Qué soluciones propondrías a la instalación de un cementerio nuclear en tu ciudad?

La última sesión estará dedicada a debatir para intentar llegar acuerdos que den respuesta a la controversia planteada.

Se comenzará trabajando en los pequeños grupos cuyos integrantes consensuarán una propuesta con al menos 3 soluciones alternativas a la instalación de un cementerio nuclear, indicando los aspectos para tener en cuenta, las ventajas e inconvenientes de cada solución. Se permitirá buscar información si se considera necesario. De entre las soluciones planteadas, cada grupo deberá elegir una y argumentar el porqué de la elección. Finalmente, se les solicitará que debatan y consensuen las destrezas que han puesto en juego para llegar a decidir adoptar dicha solución.

## 4.2. UBICACIÓN TAXONÓMICA DE OBJETIVOS DIDÁCTICOS E IDENTIFICACIÓN DE DESTREZAS DE PENSAMIENTO CRÍTICO

En la Tabla 3 se muestra el resultado de aplicar la taxonomía de procesos cognitivos revisada por Krathwohl (2002) al análisis de los objetivos didácticos de las sesiones que conforman la secuencia de enseñanza-aprendizaje propuesta. Puede comprobarse cómo en todas las sesiones se prevé que se lleven a cabo procesos cognitivos del nivel más alto (valoración / juicio crítico) y, por consiguiente, que se trabajen destrezas de orden superior.

Tabla 3. Ubicación taxonómica de los objetivos didácticos de las sesiones de la secuencia propuesta

Sesión	Objetivos didácticos	Procesos cognitivos	Niveles
1- Ideas previas: ¿Cementerios nucleares si o cementerios nucleares no?	-Tomar conciencia sobre los conocimientos previos que disponen sobre algunos aspectos relacionados con la energía nuclear. -Reconocer la existencia de distintos agentes implicados, con posturas a veces enfrentadas, ante una controversia sociocientífica cómo es la instalación o no de cementerios nucleares. -Reflexionar ante los posibles posicionamientos que pueden existir ante la problemática de la instalación o no de un cementerio nuclear.	1. Recordar 2. Comprender 4. Analizar 5. Evaluar	a- Literalidad / Reproducción b- Inferencias / Conexión c- Valoración / Juicio crítico
2- Lectura y debate de una noticia sociocientífica: ¿Todas las centrales nucleares deberían cerrarse?	-Interpretar la información facilitada para adoptar un posicionamiento argumentado. -Comprender y analizar la problemática sociocientífica planteada sobre la instalación de cementerios nucleares. -Identificar los agentes implicados en una controversia sociocientífica cómo es la instalación o no de cementerios nucleares.	2. Comprender 4. Analizar 5. Evaluar 6. Crear	a- Literalidad / Reproducción b- Inferencias / Conexión c- Valoración / Juicio crítico
3- Juego de rol: ¿Debemos instalar el cementerio nuclear?	-Buscar, seleccionar e interpretar la información relacionada con la problemática que se plantea. -Crear argumentos basados en datos que justifiquen las posturas adoptadas. -Evaluar argumentos para, tanto crear contrargumentos, como ser capaz de reforzar los ya creados.	2. Comprender 3. Aplicar 4. Analizar 5. Evaluar 6. Crear	a- Literalidad / Reproducción b- Inferencias / Conexión c- Valoración / Juicio crítico
4- Mapa de la controversia sociocientífica. ¿Qué intereses hay para instalar el cementerio nuclear?	-Identificar los intereses de los colectivos implicados en la problemática. -Analizar toda la información puesta en juego para encontrar posibles interrelaciones.	1. Recordar 2. Comprender 3. Aplicar 4. Analizar 6. Crear	a- Literalidad / Reproducción b- Inferencias / Conexión c- Valoración / Juicio crítico

5- Lectura y debate de noticias sociocientíficas: ¿Hay más intereses para instalar el cementerio nuclear?	-Interpretar la información facilitada para crear respuestas argumentadas a las preguntas planteadas. -Analizar críticamente la información aportada.	2 Comprender 4. Analizar 5. Evaluar 6. Crear	a- Literalidad / Reproducción b- Inferencias / Conexión c- Valoración / Juicio crítico
6- Toma de decisiones: ¿Qué soluciones propondrías a la instalación de un cementerio nuclear en tu ciudad?	-Reflexionar y analizar las implicaciones de índole social y científica que tienen las posibles soluciones de la controversia planteada. -Crear argumentos basados en datos que justifiquen la decisión adoptada. -Identificar las destrezas puestas en juego para llegar a tomar una decisión.	1. Recordar 4. Analizar 5. Evaluar 6. Crear	a- Literalidad / Reproducción b- Inferencias / Conexión c- Valoración / Juicio crítico

En la Tabla 4 se muestran las destrezas de pensamiento crítico asociadas las tareas de las sesiones que conforman la secuencia de enseñanza-aprendizaje propuesta, según el marco de análisis escogido (Vázquez-Alonso & Manassero-Mas, 2018). Puede comprobarse cómo en todas las sesiones se prevé que se trabaje alguna destreza de pensamiento crítico.

Tabla 4. Destrezas de pensamiento crítico asociadas a las tareas de las sesiones de la propuesta didáctica

Sesión	Resumen de la tarea	Destrezas de pensamiento crítico
1- Ideas previas: ¿Cementerios nucleares si o cementerios nucleares no?	Recopilación de ideas consensuadas en gran grupo a partir del debate de las respuestas de los grupos de trabajo a cada de las cuestiones planteadas	Razonamiento
2- Lectura y debate de una noticia sociocientífica: ¿Todas las centrales nucleares deberían cerrarse?	A partir de la lectura y debate de la información, identificación de los colectivos involucrados en la problemática, que se denominarán “actores”, cuyas posturas se contraponen. Asignación de roles asociados a los actores, caracterización de estos y establecimiento de sus posturas. Búsqueda de información para defender la postura del actor asignado al grupo de trabajo, proporcionando argumentos que sostengan cuáles serían los intereses de dicho actor en lo que respecta a la controversia sociocientífica tratada.	Razonamiento Creatividad Evaluación y juicio

<p>3- Juego de rol: ¿Debemos instalar el cementerio nuclear?</p>	<p>Preparación de un guion escrito que oriente la intervención del grupo de trabajo defendiendo la postura del actor asignado y elaboración de material gráfico que apoye visualmente la intervención. Representación de un juego de rol en el que se argumenten y contrapongan las posturas de los distintos actores (simulación de una reunión de los colectivos implicados en la problemática planteada, incluyendo una rueda de prensa con preguntas del colectivo de periodistas). Redacción de una nota de prensa que recoja un resumen de las posturas y los acuerdos alcanzados (solo el grupo que represente al colectivo de periodistas).</p>	<p>Razonamiento Creatividad Evaluación y juicio Resolución de problemas</p>
<p>4- Mapa de la controversia sociocientífica. ¿Qué intereses hay para instalar el cementerio nuclear?</p>	<p>Recopilación y síntesis de la información para completar la caracterización de los distintos actores, establecer sus intereses y las interrelaciones entre ellos. Elaboración de una representación gráfica a modo de “mapa de la controversia” para plasmar la información recopilada.</p>	<p>Razonamiento Creatividad Evaluación y juicio</p>
<p>5- Lectura y debate de noticias sociocientíficas: ¿Hay más intereses para instalar el cementerio nuclear?</p>	<p>Lectura reflexiva de noticias, respuesta a preguntas estimuladoras y debate de estas. Revisión del mapa de la controversia y reelaboración de este incluyendo la nueva información derivada del debate anterior.</p>	<p>Razonamiento Creatividad Evaluación y juicio</p>
<p>6- Toma de decisiones: ¿Qué soluciones propondrías a la instalación de un cementerio nuclear en tu ciudad?</p>	<p>En grupos de trabajo, creación de una propuesta consensuada con al menos tres soluciones alternativas a la instalación de un cementerio nuclear, indicando las ventajas e inconvenientes de cada solución. Elección de una de las soluciones planteadas, argumentar el porqué. Identificación de las destrezas que ha sido necesario poner en juego para hacer la elección anterior.</p>	<p>Razonamiento Creatividad Evaluación y juicio Resolución de problemas</p>

## 5. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

La pandemia de COVID-19 ha puesto de manifiesto la importancia de que la ciudadanía cuente con un pensamiento crítico desarrollado para afrontar temas controvertidos con implicaciones sociocientíficas. Desde la comunidad investigadora experta en formación del profesorado se insiste en el papel vital que tienen los docentes de las etapas educativas iniciales en el desarrollo del pensamiento crítico pues, “teniendo en cuenta que los estudiantes pasan mucho tiempo en la escuela, los maestros están llamados a ayudar a la familia a desarrollar las habilidades de pensamiento crítico de nuestros estudiantes durante sus prácticas de enseñanza regulares” (Uribe-Enciso *et al.*, 2017, p. 1).

En este sentido, queremos subrayar la necesidad de disponer de propuestas para la formación del profesorado en las que se promuevan destrezas de pensamiento de orden superior como las asociadas al pensamiento crítico, y que proporcionen una alfabetización científica funcional, como primer paso en la capacitación de los futuros docentes a la hora de trabajar estos aspectos con su estudiantado. Como Vázquez-Alonso y Manassero-Mas (2018) apuntan:

el sistema educativo debe orientar sus esfuerzos en el logro de la formación del pensamiento. La actuación del profesorado es determinante para este objetivo clave, lo cual exige que tenga la formación adecuada y el compromiso consciente e intencionado con el desarrollo de sus propias habilidades de pensamiento crítico y con enseñar a pensar en sus aulas. (p. 6)

El presente trabajo constituye una aportación en dicho sentido al presentar una propuesta didáctica para la formación inicial del profesorado contextualizada en una controversia sociocientífica, proporcionando directrices metodológicas sobre cómo aplicar dicha propuesta en el aula y planteando la ubicación taxonómica de los objetivos didácticos perseguidos y de las destrezas de pensamiento crítico que pueden ser desarrolladas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albe, V. (2008). Students' positions and considerations of scientific evidence about a controversial socioscientific issue. *Science and Education*, 17, 805-827. doi: 10.1007/s11191-007-9086-6
- Archila, P. A. (2018). Evaluating arguments from a play about ethics in science: A study with medical learners. *Argumentation*, 32(1), 53-76. doi: 10.1007/s10503-017-9429-7
- Archila, P. A., Molina, J. & de Mejía, A. M. T. (2019). Promoting undergraduates' awareness of the importance of thinking critically about false or inaccurate scientific information presented in news articles. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 3106-1-3106-27. doi: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2019.v16.i3.3106
- Ballenilla, F. (2005). La sostenibilidad desde la perspectiva del agotamiento de los combustibles fósiles, un problema socio-ambiental relevante. *Revista Investigación en la Escuela*, 55, 73-87.
- Bartz, W. R. (2002) Teaching Skepticism via the CRITIC Acronym and the Skeptical Inquirer, *Skeptical Inquirer*, 26(5), 42-44.
- Bezanilla-Albisua, M. J., Poblete-Ruiz, M., Fernández-Nogueira, D., Arranz-Turnes, S. y Campo-Carrasco, L. (2018). El Pensamiento Crítico desde la perspectiva de los docentes universitarios. *Estudios pedagógicos*, 44(1), 89-113. doi: 10.4067/S0718-07052018000100089

- Carbonnel, A., Ruz, D., Osorio, A. M. y Hernández, C. (2019). Modelo pedagógico de educación científica escolar. *Perfiles Educativos*, 41(166), 58-74. doi: 10.22201/iissue.24486167e.2019.166.59032
- Christenson, N., Gericke, N. & Chang Rundgren, S.-N. (2017). Science and language teachers' assessment of upper secondary students' socioscientific argumentation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(8), 1403–1422. doi: 10.1007/s10763-016-9746-6
- Christenson, N., Chang Rundgren, S.-N. & Zeidler, D. L. (2014). The relationship of discipline background to upper secondary students' argumentation on socioscientific issues. *Research in Science Education*, 44, 581-601. doi: 10.1007/s11165-013-9394-6
- Crujeiras, B. & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2013). Challenges in the implementation of a competency-based curriculum in Spain. *Thinking Skills and Creativity*, 10, 208-220. doi: 10.1016/j.tsc.2013.07.001
- Davies, M. (2013). Critical thinking and the disciplines reconsidered. *Higher Education Research and Development*, 32(4), 529–544. doi:10.1080/07294360.2012.697878.
- Díaz-Moreno, N., Crujeiras-Pérez, B., Martín-Gámez, C. y Fernández-Oliveras, A. (2018). Operaciones y destrezas implicadas en la toma de decisiones sobre una problemática energética, identificadas por maestros en formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2601-1-2601-14. doi: 10.25267/Rev\_Eureka\_ensen\_divulg\_cienc.2018.v15.i2.2601
- Ding L., Wei, X. & Liu, X. (2016). Variations in university students' scientific reasoning skills across majors, years, and types of institutions. *Research in Science Education*, 46(5), 613–632. doi: 10.1007/s11165-015-9473-y
- Duschl R. A. (1995) Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 3-14.
- Erduran, S. (2020). Science Education in the Era of a Pandemic: How Can History, Philosophy and Sociology of Science Contribute to Education for Understanding and Solving the Covid-19 Crisis? *Science & Education*, 29, 233–235. doi:10.1007/s11191-020-00122-w.
- Ennis, R. H. & Wier, E. (1985). *The Ennis-Wier critical thinking essay test*. Pacific Grove, CA: Midwest publications.
- Evagorou, M., Jimenez-aleixandre, M. P. & Osborne, J. (2012). “Should We Kill the Grey Squirrels?” A Study Exploring Students' Justifications and Decision-Making. *International Journal of Science Education*, 34(3), 401–428. doi: 10.1080/09500693.2011.619211
- Evagorou, M. (2011). Discussing a socioscientific issue in a primary school classroom: The case of using a technology-supported environment in formal and nonformal settings. En T. Sadler (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom* (pp. 133-160). New York: Springer.
- Foro de la Industria Nuclear Española. (25 de Noviembre de 2015). *Energía nuclear y cambio climático*. [Archivo de vídeo]. Recuperado desde <https://www.youtube.com/watch?v=fD-ZRTGicVw&feature=youtu.be>.
- Furman, M., Luzuriaga, M., Taylor, I., Anauati, M. V. y Podestá, M. E. (2018). Abriendo la “caja negra” del aula de ciencias: un estudio sobre la relación entre las prácticas de enseñanza sobre el cuerpo humano y las capacidades de pensamiento que se promueven en los alumnos de séptimo grado. *Enseñanza de las ciencias*, 36(2), 0081-103. doi: 10.5565/rev/ensciencias.2519
- Furman, M., Poenitz, M.V. y Podestá, M. E. (2012). La evaluación en la formación de los profesores de Ciencias. *Praxis & Saber*, 3(6), 165-189.
- Greenpeace. (10 de Abril de 2011). *Activistas de Greenpeace realizan proyecciones en todas las centrales nucleares españolas*. [Archivo de vídeo]. Recuperado desde <https://www.youtube.com/watch?v=2kJ05kViIEM>.
- Golding, C. (2011). Educating for critical thinking: Thought-encouraging questions in a community of inquiry. *Higher Education Research & Development*, 30(3), 357–370. doi: 10.1080/07294360.2010.499144

- González, A. (2006). Contribución de la energía nuclear al desarrollo sostenible. *Industria y minería*, 365, 38-42.
- Gutiérrez-Fresneda, R. (2018). Las destrezas del pensamiento y el aprendizaje compartido para la mejora de la composición escrita. *Estudios sobre educación*, 34, 263-281. doi: 10.15581/004.34.263-281
- Halpern, D. F. (2010). *The halpern critical thinking assessment: Manual*. Modling: Schuhfried GmbH.
- Kivunja, C. (2015). Teaching students to learn and to work well with 21st century skills: Unpacking the career and life skills domain of the new learning paradigm. *International Journal of Higher Education*, 4(1), 1-11. doi:10.5430/ijhe.v4n1p1
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice*, 41(4), 212-218. doi.org/10.1207/s15430421tip4104\_2
- 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: 10.1002/sc.1011
- Lee, Y. C. (2007). Developing decision-making skills for socio-scientific issues. *Journal of Biological Education*, 41, 170-177. doi: 10.1080/00219266.2007.9656093
- McSharry, G. & Jones, S. (2000). Role-play in Science teaching and learning. *School Science Review*, 82, 73-82.
- McLaughlin, A. C. & McGill, A. E. (2017). Explicitly teaching critical thinking skills in a history course. *Science & Education*, 26(1-2), 93-105. doi: 10.1007/s11191-017-9878-2
- Manso, C. (2007). Los residuos radiactivos son parte de la solución no el problema de la energía nuclear. En P. Ramos (Ed.), *Uso eficiente y sostenible de los recursos naturales* (pp. 439-448). Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Medina Quintana, S. (2019). Mérida Serrano, R., Torres-Porras, J. y Alcántara Manzanares, J. (Eds.) (2017). Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Infantil. Madrid: Síntesis, 268 pp. [RECENSIÓN]. *Estudios sobre Educación*, 36, 233-235.
- Muszyńska, A., Gałązka, A. y Urpí, C. (2017). Teacher Education through drama. CLIL practice in the Spanish context. *Estudios sobre educación*, 32, 179-195. doi: 10.15581/004.32.179-195
- Osborne, J., Duschl, R. A. & Fairbrother, R. W. (2002). *Breaking the mould? teaching science for public understanding*. London: Nuffield Foundation.
- Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020. doi: 10.1002/tea.20035
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. A/RES/70/1 (25 de septiembre de 2015). Recuperado desde [https://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ares70d1\\_es.pdf](https://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ares70d1_es.pdf)
- Partnership for 21st Century Skills (2019). *Framework for 21st century learning*. Recuperado desde <http://www.battelleforkids.org/networks/p21/frameworks-resources>.
- Planelles, M. (25 de Noviembre de 2015). La industria nuclear se reivindica en la lucha contra el cambio climático. *El País*. Recuperado desde [https://elpais.com/internacional/2015/11/25/actualidad/1448448547\\_173605.html](https://elpais.com/internacional/2015/11/25/actualidad/1448448547_173605.html)
- \_\_\_\_\_. (27 de Mayo de 2016). Juan Carlos Lentijo / Responsable del área de seguridad de la OIEA: "El consenso social es fundamental para un almacén nuclear". *El País*. Recuperado desde [https://elpais.com/economia/2016/05/26/actualidad/1464280872\\_809422.html](https://elpais.com/economia/2016/05/26/actualidad/1464280872_809422.html).
- Puig, B., Blanco-Anaya, P., Bargiela, I. M. & Crujeiras-Pérez, B. (2019). A systematic review on critical thinking intervention studies in higher education across professional fields. *Studies in Higher Education*, 44(5), 860-869. doi: 10.1080/03075079.2019.1586333
- Ratcliffe, M. & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socioscientific issues*. Berkshire: McGrawHill Education.
- 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). New York: Springer.

- Sadler, T. D. y Zeidler, D. L. (2009). Scientific Literacy, PISA, and Socioscientific Discourse: Assessment for Progressive Aims of Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 909-921.
- Sadler, T. D., Barab, S. A. & Scott, B. (2007). What do students gain by engaging in socioscientific inquiry? *Research in Science Education*, 37, 371-391. doi: 10.1007/s11165-006-9030-9
- Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo de pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 1-10.
- Solbes, J. y Torres, N. (2012). Análisis de 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: 10.7203/dces.26.1928
- ten Dam, G. & Volman, M. (2004). Critical thinking as a citizenship competence. *Teaching strategies. Learning and Instruction*, 14, 359-379. doi: 10.1016/j.learninstruc.2004.01.005
- Thier, M. (2008). Media and science. Developing skepticism and critical thinking. *Science Scope*, 32(3), 20-23.
- Tiruneh, D. T., De Cock, M., Weldeslassie, A. G., Elen, J. & Janssen, R. (2017). Measuring critical thinking in physics: Development and validation of a critical thinking test in electricity and magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 663-682. doi: 10.1007/s10763-016-9723-0
- Ulger, K. (2018). The effect of problem-based learning on the creative thinking and critical thinking disposition of students in visual arts education. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 12(1). doi: 10.7771/1541-5015.1649
- UNESCO (2016). *Los manuales escolares allanan el camino hacia el desarrollo sostenible*. Recuperado desde [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246777\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246777_spa)
- Uribe-Enciso, O. L., Uribe-Enciso, D. S. & Vargas-Daza, M. P. (2017). Critical Thinking and its Importance in Education: Some Reflections. *Rastros Rostros*, 19(34), 78-88. doi: 10.16925/ra.v19i34.2144
- Vázquez-Alonso, Á. y Manassero-Mas, M. A. (2018). Una taxonomía de las destrezas de pensamiento: una herramienta clave para la alfabetización científica. *Tecné Episteme y Didaxis*, n. extraordinario, 1-7.
- Verdú, D. (11 de Marzo de 2016). Naoto Kan: "Todas las centrales nucleares deberían cerrarse". El País. Recuperado desde [https://elpais.com/internacional/2016/03/10/actualidad/1457622940\\_844245.html](https://elpais.com/internacional/2016/03/10/actualidad/1457622940_844245.html)
- Willingham, D. T. (2008). Critical thinking: Why is it so hard to teach? *Arts Education Policy Review*, 109(4), 21-32.
- Zeidler, D. L. & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific Issues: Theory and Practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49-58. doi: 10.1007/BF03173684

