

# Los dilemas socio-científicos: análisis del diseño de actividades de profesorado de educación secundaria en formación inicial<sup>1</sup>

---

José Manuel Hierrezuelo Osorio

*Universidad de Málaga*

**Abstract:** Dilemmas are presented as a helpful strategy for developing critical thinking and human culture in pre-service teachers because they allow them to argue and make decisions by posing real problems in the classroom that are very close to their daily lives. Among them, socio-scientific dilemmas are fascinating as they link science and technology with culture and society. This work presents the results of a socio-scientific dilemma design activity implemented with 108 pre-service teachers of the master's degree in Secondary Education at the University of Malaga (Spain), specializing in Physics and Chemistry, and Biology and Geology, during two academic years. The activity asked to define a socio-scientific dilemma, identify arguments for and against the dilemma, analyze the fundamental elements of an argument (evidence, justification, and conclusion), and offer possible contributions to the development of critical thinking in secondary school students. The most recurrent themes of the designs developed focused on health, energy and scientific research. Most pre-service teachers recognised the elements of a good argument in their productions and emphasized that dilemmas allowed them to develop various skills related to critical thinking, especially the critical analysis of information, argumentation and decision-making.

**Keywords:** dilemmas, design activity, pre-service teachers, master's degree in Secondary Education, argumentation, decision-making, critical thinking.

## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, se han ido planteando distintos problemas que la humanidad ha ido resolviendo, dando lugar a un progreso y una evolución definida. Algunos problemas recientes son las medidas a tomar ante una pandemia mundial o si es necesario convertir la energía nuclear en una fuente de energía verde. Desde el ámbito de la educación, afrontar estos problemas sociales supone desarrollar un pensamiento crítico en los ciudadanos, un objetivo que está adquiriendo un especial interés, principalmente debido a los diferentes puntos de vista sobre un determinado tema a los que las personas se enfrentan diariamente, y que requiere una filtración de información de una forma objetiva y razonada. Habitualmente, la ciudadanía no se plantea la requerida reflexión que implica el análisis de las informaciones, opiniones o afirmaciones con las que son bombardeados y directamente las aceptan como válidas. En este sentido, desde un punto de vista cognitivo, centrar la práctica docente en el desarrollo del pensamiento crítico contribuirá a la adquisición de una competencia considerada esencial para poder evolucionar hacia una sociedad con una ciudadanía competente, libre, participativa y reflexiva. Por tanto, se debe fomentar el desarrollo de la capacidad de argumentar de la ciudadanía con el objetivo de que se adquiriera una actitud crítica hacia la información, las afirmaciones de conocimiento y las líneas de argumentación (Kolstø, 2001).

---

<sup>1</sup> Este trabajo forma parte del Proyecto I+D+i del Plan Nacional, referencia PID2019-105765GA-I00, titulado «Ciudadanos con pensamiento crítico: Un desafío para el profesorado en la enseñanza de las ciencias», financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España en la convocatoria 2019. El estudio se realizó de acuerdo con el protocolo aprobado por el Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Málaga (CEUMA) [referencia 31-2022-H].

A pesar de que el desarrollo del pensamiento crítico se considera una de las grandes finalidades de la educación (Osborne, 2014), la literatura indica que los docentes aún no ha asumido completamente su presencia en la práctica educativa siendo muchos los aspectos que influyen en ello, destacando la inexistencia de un consenso en su definición por parte del profesorado por la complejidad del concepto (Bailin, 2002) y la dificultad para su concreción (Solbes y Torres, 2013). De hecho, aunque el pensamiento crítico se ha considerado como un constructo que ha tenido su evolución principal en el campo de la psicología cognitiva, se ha extendido hacia el campo de la educación en general.

De este modo, el pensamiento crítico constituye un foco de interés actual, ya que incluye competencias transversales y funcionales para la vida personal, social y laboral (Fullan y Scott, 2014; Vázquez y Manassero, 2020) y está formado por diferentes habilidades y disposiciones (Vieira y Tenreiro, 2016). Concretamente, en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, focalizado en el desarrollo de problemas sociales y culturales donde la ciencia y la tecnología están presentes, el enfoque de Blanco *et al.* (2017) destaca como aspectos importantes del pensamiento crítico los conocimientos, el análisis crítico de la información, el tratamiento de problemas de una forma integral, la argumentación, la autonomía personal, la toma de decisiones y la comunicación.

Por tanto, se hace necesario la implementación de estrategias didácticas que provoquen como resultado un aprendizaje significativo de competencias, conocimientos y aptitudes para que los futuros ciudadanos y ciudadanas sean capaces de comunicarse, analizar desde un punto de vista crítico y creativo, reflexionar y trabajar en equipo (Parra y Lago, 2003). En definitiva, se debe fomentar una educación crítica en todos sus campos de acción empleando diferentes contextos y poniendo en práctica estrategias de enseñanza de habilidades cognitivas, metacognitivas y disposicionales en cualquier nivel educativo (López, 2012).

Para lograr este objetivo se requiere dotar al futuro profesorado de herramientas que permitan asentar esta práctica en el aula, destacando entre ellas el uso de dilemas socio-científicos, es decir, una situación problemática donde el estudiante requiere tomar una decisión argumentada (Hierrezuelo-Osorio *et al.*, 2022). Los dilemas se presentan como una estrategia muy útil para desarrollar el pensamiento crítico y la cultura humana en profesorado en formación inicial porque, por una parte, les permite argumentar y tomar decisiones al plantear en el aula problemas reales muy cercanos a su vida diaria, y por otra parte, favorece a que lo experimenten desde su perspectiva como estudiante, lo que repercutirá en una mayor comprensión al utilizarlo en su enseñanza, así como en la probabilidad de implementarlo con sus futuros estudiantes (Howes y Cruz, 2009). Además, los dilemas socio-científicos no sólo vinculan la ciencia y la tecnología con la cultura y la sociedad, sino que también son adecuados para trabajar aspectos éticos, así como la construcción individual de juicios morales sobre temas que tengan una interacción social.

Estos dilemas socio-científicos usan formas de razonamiento emotivas e intuitivas al tomar decisiones sobre problemas que sugieren perspectivas relacionadas con la empatía y el cuidado (Zeidler *et al.*, 2005). En conclusión, la adquisición de todos estos aspectos por parte del profesorado en formación inicial les ayudará no solo a ser ciudadanos competentes y responsables que toman decisiones fundamentadas y son críticos en la sociedad, sino también a trasladarlas a su futuro alumnado (Pro *et al.*, 2022).

## 2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es analizar los diseños de dilemas socio-científicos que plantea una muestra de profesorado en formación inicial del Máster en Profesorado de Educación Secundaria

para fomentar el pensamiento crítico y la cultura humana en estudiantes de secundaria. En concreto, se analizan las temáticas utilizadas, los argumentos y contraargumentos presentados y las contribuciones de la actividad al desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.

### 3. MÉTODO

#### 3.1. Participantes y programa formativo

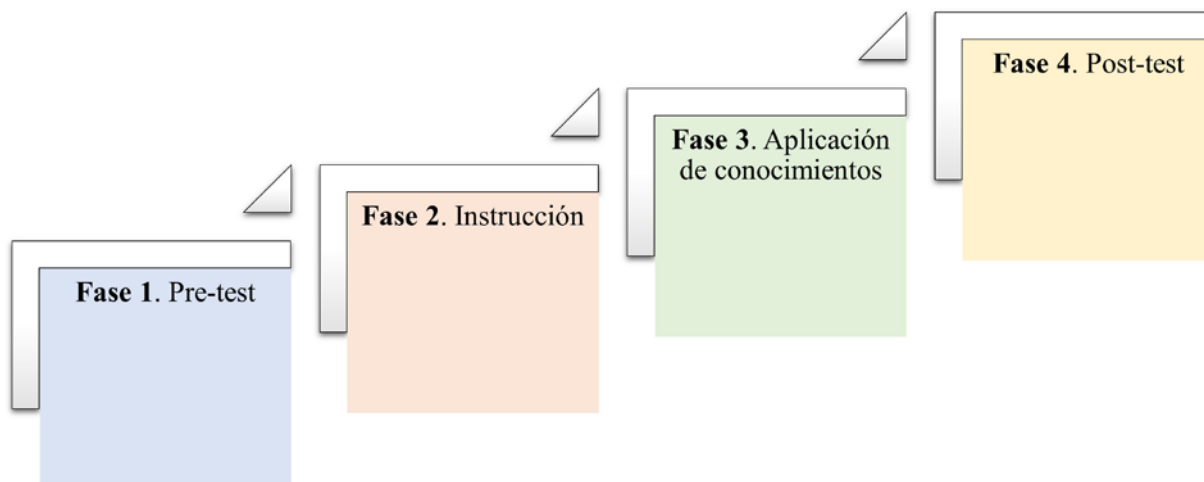
Este trabajo se enmarca en un programa formativo para fomentar habilidades de pensamiento crítico desde la enseñanza de las ciencias en profesorado en formación inicial a través del uso de dilemas socio-científicos (Hierrezuelo, 2022). Dicho programa se implementó con 108 estudiantes del Máster en Profesorado de Educación Secundaria de la Universidad de Málaga (España) pertenecientes a dos especialidades, Física y Química (N=41) y Biología y Geología (N=67) durante los cursos académicos 2020-2021 y 2021-2022. Se desarrolló a lo largo de un trimestre en ocho sesiones no consecutivas de 90 minutos en cuatro fases (Figura 1).

**Fase 1.** Evaluación inicial de la capacidad de argumentación y toma de decisiones del profesorado en formación inicial como habilidades importantes del pensamiento crítico, y de su percepción de distintas habilidades de pensamiento crítico (1 sesión) (pre-test). En esta sesión se emplearon a modo de pre-test varias actividades centradas en dilemas socio-científicos en diferentes formatos (Hierrezuelo, 2022) y el cuestionario de pensamiento crítico CPC2 (Santiuste *et al.*, 2001).

**Fase 2.** Instrucción del profesorado en formación inicial (4 sesiones). Esta fase abordó diferentes modelos de argumentación y pensamiento crítico, se analizó un dilema, y se preparó y escenificó un juego de rol.

**Fase 3.** Aplicación de conocimientos (2 sesiones). El profesorado en formación con el rol de docente diseñó una actividad en grupo para desarrollar habilidades de pensamiento crítico con estudiantes de su nivel educativo y la expusieron a sus compañeros.

**Fase 4.** Evaluación de habilidades de pensamiento crítico y percepción del profesorado en formación inicial tras el programa (post-test) (1 sesión).



**Figura 1.** Esquema del programa formativo sobre pensamiento crítico para profesorado en formación inicial

### **3.2. Actividad de diseño de dilemas socio-científicos**

La actividad presentada se llevó a cabo en la fase 3 del programa formativo, donde debían presentar una memoria escrita que incluyese los siguientes apartados:

1. Definición del dilema socio-científico para abordar el pensamiento crítico. El diseño debía concretar un problema social o cultural de actualidad donde la ciencia estuviese implicada y con repercusión en la sociedad.
2. Elección del formato y soporte del diseño del dilema socio-científico: El profesorado en formación inicial debía elegir entre dos opciones de formato ofrecidas: escrito o audiovisual.
3. Búsqueda de textos/opiniones/vídeos que incluyesen argumentos a favor y en contra del problema planteado, permitiendo que los modificasen, si fuese necesario, para evitar información innecesaria para la puesta en práctica de la actividad.
4. Elección de un argumento a favor y otro en contra, y análisis de los elementos esenciales de dicho argumento según el modelo de argumentación de Toulmin (2003), indicando las pruebas, justificación y conclusión.
5. Posibles contribuciones de la actividad al desarrollo del pensamiento crítico de las y los estudiantes de secundaria.

### **3.3. Instrumentos para la recogida de información y análisis**

Este trabajo se centra en el análisis de los 21 diseños de dilemas socio-científicos realizados por los diferentes grupos de profesorado en formación inicial. El instrumento para la recogida de datos fue una memoria escrita entregada por cada grupo.

El apartado 1 de la memoria se analizó llevando a cabo una categorización en bloques generales (educación ambiental, genética, energía, salud, investigación científica) a partir de las diferentes problemáticas elegidas por el profesorado en formación inicial para sus diseños. El apartado 2 se categorizó en base a los formatos ofrecidos como opciones para llevar a cabo el diseño del dilema socio-científico (escrito o audiovisual). El análisis de los argumentos dados en el apartado 4 se realizó comprobando que incluían los tres elementos esenciales de un buen argumento: prueba, justificación y conclusión (Toulmin, 2003). Por último, en el apartado 5 se categorizaron las posibles contribuciones de la actividad al desarrollo del pensamiento crítico según el profesorado en formación inicial, para, posteriormente, realizar una comparativa con el enfoque propuesto por Blanco *et al.* (2017).

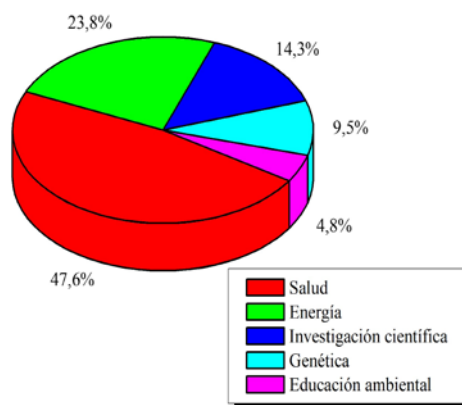
## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Este apartado presenta los resultados obtenidos divididos en dos secciones, la relativa a los diseños realizados y a las habilidades del pensamiento crítico que se pueden desarrollar.

### **4.1. Resultados sobre el diseño de dilemas socio-científicos**

#### **4.1.1. Temáticas y formatos de los dilemas socio-científicos**

La Figura 2 recoge las diferentes temáticas utilizadas por el profesorado en formación inicial en los distintos diseños de los dilemas socio-científicos. Como se puede observar, el profesorado en formación inicial focalizó sus diseños en relación con la salud (47,6%), abordándose temas tan diversos como, por ejemplo, el ayuno intermitente, la cirugía estética, la legalización de la marihuana, la repercusión sobre la salud de los aditivos alimenticios o el consumo de lácteos.



**Figura 2.** Temáticas empleadas en los diseños de dilemas socio-científicos

A modo de ejemplo, se presenta la definición de un dilema socio-científico realizada por uno de los grupos que abordaba el consumo de lácteos:

En los últimos años ha ido aumentando el debate sobre el beneficio del consumo de leche en personas adultas. La controversia parte del hecho de que el hombre es el único mamífero que continúa bebiendo leche después del destete a los dos o tres años. Desde ese momento el ser humano no necesita la leche para crecer y para tener una buena salud, ni siquiera en momentos concretos de la vida como durante enfermedades, el embarazo, la lactancia... Entonces, ¿Por qué seguimos consumiendo leche después del periodo de lactancia? ¿Es beneficioso o perjudicial el consumo de leche? (Dilema sobre el consumo de lácteos [salud])

La segunda temática más utilizada fue la energía (23,8%), tratándose problemáticas como el uso de biocombustibles como alternativa energética, la implantación de parques eólicos o la repercusión energética que implica el cambio de hora. El resto de los temas propuestos fueron la investigación científica (14,3%), la genética (9,5%) y la educación ambiental (4,8%). La Tabla 1 recoge todas las temáticas junto con los dilemas socio-científicos elegidas por el profesorado en formación inicial, así como el formato elegido para el diseño. Con respecto al formato elegido, se puede observar que el profesorado en formación inicial eligió casi equitativamente ambos formatos con 12/21 de los diseños en formato escrito frente a 9/12 en formato audiovisual.

**Tabla 1.** Temáticas, dilemas y formatos (soporte) seleccionados en los diseños de dilemas socio-científicos

Temática	Dilema seleccionado	Formato
<b>Salud</b>	Ayuno intermitente	Escrito
	Adicción a videojuegos	Audiovisual
	Cirugía estética	Audiovisual
	Legalización de marihuana (2)	Escrito y audiovisual
	Consumo de lácteos	Audiovisual
	Repercusión de aditivos alimenticios	Audiovisual
	Consumo de cerveza	Escrito
	Repercusión del avance tecnológico	Escrito
	Potabilización del agua	Escrito

Temática	Dilema seleccionado	Formato
<b>Energía</b>	Apertura de parque eólico	Escrito
	Plantas fotovoltaicas	Escrito
	Repercusión del cambio de hora	Escrito
	Energías renovables	Audiovisual
	Biocombustibles	Audiovisual
<b>Investigación científica</b>	Experimentación animal	Escrito
	Geoingeniería	Escrito
	Exploración espacial	Escrito
<b>Genética</b>	Organismos transgénicos	Audiovisual
	Manipulación genética	Audiovisual
<b>Educación ambiental</b>	Prohibición de zoológicos	Escrito

#### 4.1.2. Análisis de argumentos

La riqueza de los argumentos mostrados en los distintos dilemas fue muy variada. A modo de ejemplo, se muestra el dilema del consumo de lácteos, un argumento a favor y otro en contra:

La leche es una fuente de grasa, minerales, vitaminas y lactosa. Además, para los bebés también supone una fuente de anticuerpos y proteínas. Además, aporta minerales como el fósforo, zinc, magnesio y calcio además de proteínas fácilmente digeribles y de alto valor biológico, hidratos de carbono (principalmente lactosa) y vitaminas D, A, y del complejo B fundamentalmente B12 y riboflavina. Las proteínas están formadas por aminoácidos. Estos aminoácidos son los encargados de regular todos los procesos biológicos fundamentales. Algunos de ellos (arginina, glutamina, lisina...) son inmunosupresores por lo que son de especial ayuda para personas con las defensas bajas. Por tanto, a raíz de todo el aporte que lleva consigo el consumo de lácteos se puede considerar que es beneficioso para la salud. (Argumento a favor del consumo de lácteos)

La industria ganadera productora de leche es una de las más contaminantes, y si no disminuimos el consumo de productos lácteos las emisiones de CO<sub>2</sub> y de gases de efecto invernadero van a aumentar más y más cada año. El dióxido de carbono es el contaminante que está causando en mayor medida el calentamiento de la Tierra. Las actividades humanas han provocado que la cantidad de CO<sub>2</sub> esté por encima de donde había estado durante cientos de miles de años. Este gas deja pasar las radiaciones térmicas de onda corta como la luz solar. Sin embargo, absorbe las radiaciones térmicas de onda larga, que es la radiación que libera la Tierra tras absorber la luz solar. De esta manera permite que la radiación térmica entre al sistema terrestre, pero no le permite salir, aumentando la temperatura del planeta. El sector ganadero actualmente libera 7.100 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, representando el 14,5% del efecto invernadero provocado por el ser humano. En concreto, el sector ganadero enfocado en la producción de lácteos es el segundo más contaminante representando el 20%, sólo por detrás del sector cárnico. En conclusión, la industria ganadera es una de las principales causas de contaminación del planeta y va a continuar aumentando en los próximos años si no buscamos alternativas menos contaminantes. (Argumento en contra del consumo de lácteos)

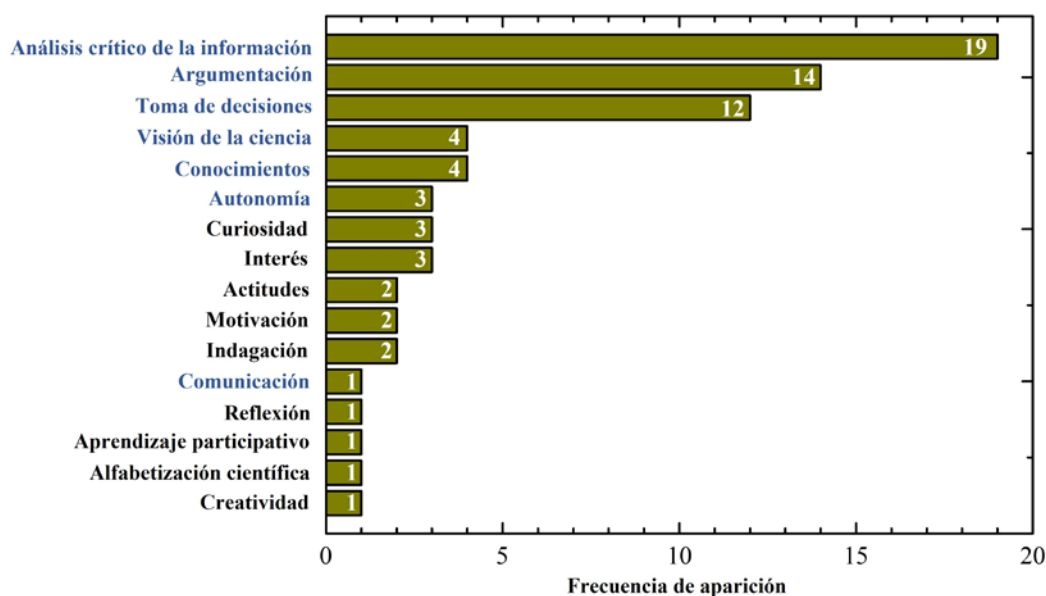
Como se indicó anteriormente, la calidad de los argumentos y contraargumentos aportados en los diferentes diseños se analizaron aplicando el modelo de argumentación de Toulmin (2003) que recoge los elementos principales que debe contener un «buen» argumento, es decir, prueba, justificación y conclusión. Tomando como argumento de análisis el ejemplo anterior, la prueba se corresponde con

la afirmación relacionada con la contaminación que produce la industria ganadera debido a la emisión de CO<sub>2</sub>. Con respecto a la justificación, se centra en la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida por la industria ganadera a la atmosfera y su impacto sobre el calentamiento global.

Este ejemplo puede considerarse representativo de la calidad mostrada por el profesorado en formación inicial en los diseños planteados. En este sentido, la calidad argumentativa mostrada se puede considerar muy alta, ya que todos los argumentos y contraargumentos recogían dichos elementos fundamentales.

#### 4.2. Resultados sobre las habilidades de pensamiento crítico

La Figura 3 recoge las habilidades que podrían desarrollar sus futuros discentes de educación secundaria que están relacionadas con el pensamiento crítico referidas por el profesorado en formación inicial en sus respectivos diseños de dilemas socio-científicos.



**Figura 3.** Frecuencia de habilidades relacionadas con el pensamiento crítico destacadas por el profesorado en formación inicial

Como se puede observar, el profesorado en formación inicial destacó que este tipo de actividades basadas en dilemas socio-científicos fomentaría que desarrollasen su capacidad de análisis de la información teniendo en cuenta la veracidad de los contenidos, así como la fuente o medio de comunicación utilizado. Un ejemplo dado por uno de los grupos para justificar esta habilidad fue:

Esta actividad puede ser muy útil para los alumnos, ya que los saca de su zona de confort al obligarlos a razonar y buscar información acerca de un tema. Pero no basta sólo con buscar la información en Internet, también aprenden a fundamentar y buscar pruebas científicas sobre el tema que están tratando. Además, deberán aprender a discernir entre una opinión y un argumento contrastado científicamente. (Dilema sobre el consumo de lácteos [salud])

Con respecto a la segunda habilidad más destacada, se refirieron a la argumentación, la cual consideraban de vital importancia, ya que consideraban que a través de los dilemas socio-científicos se le puede plantear a los estudiantes a una situación completamente diferente, donde se encuentran con argumentos fundamentados tanto a favor como en contra de una misma temática, lo que les obliga a

posicionarse casi de forma inconsciente o, aunque no logre posicionarse a lo largo de esta actividad, se asientan los cimientos que les permitirán formar su propia opinión en el futuro. El profesorado en formación inicial justificó esta habilidad con ejemplos como:

Los estudiantes se informan sobre este tema y conocen distintas posturas alternativas, se cuestionan la validez de los argumentos de las noticias aportadas, rechazando conclusiones que no están basadas en pruebas y evalúan la credibilidad de las fuentes teniendo en cuenta los intereses subyacentes. (Dilema sobre la experimentación animal [investigación científica])

La toma de decisiones fue la tercera habilidad más citada. En este caso señalaron que esta habilidad se desarrolla porque los estudiantes buscan razones, explican argumentos, comparan ideas de forma ordenada, además de aprender a expresar sus pensamientos, tomar decisiones sobre los problemas con madurez y elaborar sus planteamientos con mayor solidez. Un ejemplo ilustrativo fue:

Con la práctica de esta experiencia de enseñanza se desencadenarán ciertos procesos cognitivos, pero también emocionales, generadores de habilidades analíticas e interpretativas de la información, que serán necesarias a la hora de realizar deducciones, tomar decisiones, o llegar a una conclusión. (Dilema sobre la legalización de la marihuana [salud])

Con respecto a las dimensiones del pensamiento crítico según el enfoque de Blanco *et al.* (2017), el profesorado en formación inicial citó todas (resaltadas en azul en la Figura 3), excepto el tratamiento de problemas, que está relacionada con permitir al ciudadano abordar los problemas de una manera integral abarcando toda su complejidad, y teniendo en cuenta aspectos científicos, técnicos, éticos, culturales, filosóficos, sociales, ambientales, económicas, etc.

Para finalizar, se puede destacar que el profesorado en formación inicial incluyó términos como parte de las habilidades del pensamiento que no eran las esperadas, como, por ejemplo, motivación, creatividad o alfabetización científica.

## 5. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

A raíz de los resultados obtenidos en este trabajo, creemos que es fundamental que el profesorado en formación inicial experimente el diseño de actividades en el aula que fomenten el desarrollo del pensamiento crítico y la cultura humana. De hecho, el diseño de este tipo de actividades les permite reflexionar críticamente sobre las posibilidades educativas de la actividad y su posible relación con habilidades del pensamiento crítico puestas en juego en problemáticas reales de la sociedad actual, donde la ciencia y la tecnología están presentes y en que a través de los cuales pueden desarrollar aspectos como el análisis crítico de información, la argumentación y la toma de decisiones.

Esta actividad de diseño se enmarca en un programa formativo más amplio para profesorado en formación inicial (Hierrezuelo-Osorio *et al.*, 2022), donde previamente habían participado en la realización de actividades similares y en una fase de instrucción sobre argumentación y toma de decisiones, por lo que consideramos muy importante que el profesorado en formación inicial experimente la actividad para que posteriormente realice con éxito sus propios diseños.

Los distintos argumentos y contraargumentos aportados en los diferentes diseños se consideran muy adecuados para abordar las diversas problemáticas propuestas, lo que supone que llevaron una reflexión profunda sobre las diferentes perspectivas relativas al dilema que pueden ser de muy diversa índole (ambientales, éticas, sociales, económicas, etc.).

Además, el análisis de argumentos se ha mostrado también muy adecuado, ya que ha permitido al profesorado en formación inicial el análisis e identificación de los elementos fundamentales que, según el modelo de Toulmin (2003), debe tener un buen argumento (pruebas, justificación y conclusión). La reflexión llevada a cabo para reconocer otras habilidades del pensamiento crítico en

la actividad ha resultado también ser muy efectiva, al haber indicado las profesoras y los profesores en formación inicial muchas de las dimensiones recogidas en la literatura (Blanco *et al.*, 2017) para habilidades del pensamiento crítico en problemas socio-científicos.

Para finalizar, queremos destacar que consideramos importante que el profesorado en formación inicial finalice su proceso de instrucción llevando a la práctica sus diseños para que fomenten el desarrollo del pensamiento crítico y la cultura humana en su futuro alumnado. Por esta razón, como línea futura de trabajo se pretende investigar si este profesorado en formación inicial incluye este tipo de actividades durante la realización de sus prácticas externas en los centros educativos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bailin, S. (2002). Critical thinking and science education. *Science & Education*, 11 (4), 361-375.
- Blanco, A., España, E. y Franco-Mariscal, A. J. (2017). Estrategias didácticas para el desarrollo del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Ápice, Revista de Educación Científica*, 1, 107-115. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2004>
- Fullan, M. y Scott, G. (2014). *Education PLUS*. Seattle: Collaborative Impact SPC.
- Hierrezuelo-Osorio, J. M., Franco-Mariscal, A. J. y Blanco-López, Á. (2022). Uso de dilemas socio-científicos para el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en docentes en formación inicial. Percepciones del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 97 (36), 99-122. <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92435>
- Hierrezuelo-Osorio, J. M. (2022). *Dilemas socio-científicos como estrategia didáctica para desarrollar el pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias en la formación inicial del profesorado*. Málaga: Universidad de Málaga.
- Howes, E. V. y Cruz, B. C. (2009). Role-playing in science education: an effective strategy for developing multiple perspectives. *Journal of Elementary Science Education*, 21 (3), 33-46. <https://doi.org/10.1007/BF03174721>
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85, 291-300. <https://doi.org/10.1002/sce.1011>
- López, G. (2012). Pensamiento crítico en el aula. *Docencia e Investigación*, 22, 41-60.
- Osborne, J. (2014). Teaching critical thinking. New directions in science education? *School Science Review*, 352, 53-62.
- Parra, E. y Lago, D. (2003). Didáctica para el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes universitarios. *Educación Médica Superior*, 17 (2).
- Pro, A., Pro, C. y Cantó, J. (2022). Cinco problemas en la formación de maestros y maestras para enseñar ciencias en Educación Primaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 97 (36), 185-202. <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92510>
- Santiuste, B., Ayala, C., Barriguete, C., García, E., Gonzales, J., Rossignoli, J. y Toledo, E. (2001). *El pensamiento crítico en la práctica educativa*. Madrid: Fugaz.
- Solbes, J. y Torres, N. (2013). ¿Cuáles son las concepciones de los docentes de ciencias en formación y en ejercicio sobre el pensamiento crítico? *Tecné, Episteme y Didaxis*, 33, 61-85.
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument: Updated edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2020). Pensamiento científico y pensamiento crítico: competencias transversales para aprender. En: Vilches, A. *Veinte años de avances y nuevos desafíos en la Educación CTS para el logro de Objetivos de Desarrollo Sostenible* (pp. 519-522). Valencia: CTS.

- Vieira, R. M. y Tenreiro, C. (2016). Fostering scientific literacy and critical thinking in elementary science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14, 659-680.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L. y Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89 (3), 357-377.