

## Uso de dilemas socio-científicos para el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en docentes en formación inicial. Percepciones del profesorado

José Manuel HIERREZUELO OSORIO  
Antonio Joaquín FRANCO-MARISCAL  
Ángel BLANCO LÓPEZ

### Datos de contacto:

José Manuel Hierrezuelo Osorio  
Universidad de Málaga  
[jose.hierrezuelo@uma.es](mailto:jose.hierrezuelo@uma.es)

Antonio Joaquín Franco-Mariscal  
Universidad de Málaga  
[anjoa@uma.es](mailto:anjoa@uma.es)

Ángel Blanco López  
Universidad de Málaga  
[ablancol@uma.es](mailto:ablancol@uma.es)

Recibido: 02/12/2021  
Aceptado: 25/03/2022

### RESUMEN

Este trabajo presenta un programa formativo para profesorado de ciencias en formación inicial centrado en el desarrollo de habilidades del pensamiento crítico, empleando dilemas socio-científicos como estrategia didáctica en diferentes formatos: escrito (titular, lectura y opiniones), audiovisual (vídeo) y oral (juego de rol). El programa se implementó con 86 estudiantes del Grado en Educación Primaria y del Máster en Profesorado de Educación Secundaria de la Universidad de Málaga. Se analiza la percepción de los estudiantes respecto a sus habilidades de pensamiento crítico, antes y después de su participación en el programa, utilizando como instrumento el cuestionario CPC2 (Santiuste et al., 2001). Los resultados indican que los estudiantes de ambas titulaciones parten con una percepción muy similar de sus habilidades de pensamiento crítico. Sin embargo, tras el programa los estudiantes del Grado en Educación Primaria parecen percibir una mejora de sus habilidades en mayor grado que los del Máster, al detectarse en ellos un mayor número de ítems del cuestionario con diferencias estadísticamente significativas. Esta mejora se produce en habilidades relacionadas con el análisis crítico de la información, la argumentación y la comunicación.

**PALABRAS CLAVE:** Pensamiento crítico; Dilemas socio-científicos; Percepciones; Profesorado en formación inicial; Argumentación; Toma de decisiones.

## ***Use of socio-scientific dilemmas for the development of critical thinking skills in pre-service teachers. Teachers' perceptions***

### **ABSTRACT**

This paper presents a training programme for pre-service science teachers focused on the development of critical thinking skills, using socio-scientific dilemmas as a teaching strategy in different formats: written (headline, reading, opinions), audiovisual (video) and oral (role-playing). The programme was implemented with 86 students from the Primary Education Degree and Master's Degree in Secondary Education Teaching at the University of Málaga (Spain). The students' perception of critical thinking skills before and after their participation in the programme was analysed using as an instrument the CPC2 questionnaire (Santiuste et al., 2001). The results indicate that students in the two degrees start with a very similar perception of their critical thinking skills. However, after the programme, students in the Primary Education Degree seem to perceive a greater improvement in their skills than those in the Master's Degree, as a greater number of questionnaire items with statistically significant differences were detected in them. This improvement is produced in skills related to the critical analysis of information, argumentation and communication.

**KEYWORDS:** Critical thinking; Socio-scientific issues; Perceptions; Pre-service science teachers; Argumentation; Decision making.

### ***Introducción***

El desarrollo del pensamiento crítico (en adelante, PC) resulta imprescindible en nuestra sociedad porque, entre otros aspectos, la ciudadanía recibe diariamente un gran volumen de información que evoluciona rápidamente y dificulta la visión de conjunto para su análisis y comprensión. El PC es un proceso cognitivo que implica el análisis sistemático de informaciones, opiniones o afirmaciones que se aceptan como ciertas (Ossa & Díaz, 2017). Se trata de una competencia fundamental para disponer de una sociedad con ciudadanos competentes, libres, participativos, reflexivos y con actitudes científicas. Su desarrollo constituye una de las grandes finalidades de la educación científica (Osborne, 2014) y se contempla en los currículos escolares (MECD, 2015), en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria (MEC, 2007) y en la educación no formal (véase, p.e., Instituto Andaluz de la Juventud, 2018). A pesar de su importancia, el desarrollo del PC no está aún muy presente en la práctica educativa, principalmente por la complejidad del concepto y la dificultad para concretarlo (Torres, 2014). Para lograr el desarrollo del PC se requiere reformular planes de estudio, utilizar nuevos métodos pedagógicos para propiciar la adquisición de conocimientos prácticos, competencias y aptitudes para la comunicación, análisis

crítico y creativo, reflexión y trabajo en equipo.

La literatura muestra que el PC del profesorado en formación inicial (en adelante, PFI) debe mejorar (Palma et al., 2017), que existen pocas propuestas para su desarrollo, y que la argumentación (Martínez & Pascual, 2013) y la toma de decisiones (Díaz & Jiménez-Liso, 2012) pueden ser buenas herramientas para fomentarlo. Se requieren, por tanto, propuestas implementadas y evaluadas para abordar el desarrollo del PC desde la enseñanza de las ciencias.

Los programas para la formación inicial del profesorado diseñados desde una perspectiva constructivista muestran también que es esencial conocer las percepciones de los PFIs, sus conocimientos, habilidades, motivaciones y expectativas (Stuart & Tatro, 2000). De Vicente afirma que “es de suma importancia que los formadores de profesores conozcan el pensamiento de sus estudiantes, de forma que les ayude a diseñar estrategias más efectivas para enseñar a enseñar y a planificar estrategias de cambio en las creencias iniciales de los estudiantes de profesorado” (2004, pp.445-447). En el caso que nos ocupa, ayudar a los estudiantes a identificar sus habilidades iniciales de PC contribuye, además, al diseño de estrategias formativas más efectivas, un valor para los propios PFIs en la medida en que ellos mismos pueden ser conscientes de sus fortalezas y debilidades al implicarse en el programa formativo y que, a su vez, les permite valorar al final del mismo los avances percibidos. La toma de conciencia de los PFIs de que sus habilidades de PC hayan podido mejorar es una de las razones que les puede animar a utilizar, con las debidas adaptaciones, este tipo de actividades con sus estudiantes. Esto nos lleva a la necesidad de pensar y reflexionar lo relevante que es el conocimiento de las percepciones, actitudes, creencias y cómo éstas juegan un papel destacado en el proceso de convertirse en profesor (Colmenero, 2006). Esto es importante tanto para el desarrollo del PC como para cualquier otro aspecto que los profesores tengan que abordar en su práctica docente.

Teniendo en cuenta estas ideas, este trabajo presenta un programa formativo para ayudar al desarrollo del PC de los PFIs y su enseñanza, e indaga en las percepciones de los futuros docentes sobre las habilidades adquiridas. El programa se centra en el uso de dilemas socio-científicos (Evagorou et al., 2012) que ayudan, además de a desarrollar habilidades de PC, a mejorar la comprensión conceptual, la indagación científica, las actitudes y los valores sociales. La adquisición de todos estos aspectos por parte de los PFIs les ayudará no solo 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). El programa proporciona, desde la enseñanza de las ciencias, un espacio para trabajar determinados problemas donde los estudiantes deben ser capaces de relacionar la teoría y los conocimientos científicos adquiridos en el aula con problemas de su vida diaria (Dawson & Carson, 2017), lo que repercutiría directamente en un aumento de su interés y motivación hacia las ciencias. Habitualmente, la implementación en el aula de dilemas socio-científicos se realiza mediante debates, una estrategia bastante extendida en educación (Martini et al., 2021). Este trabajo presenta como novedad la puesta en práctica de dilemas socio-científicos que abordan problemas de actualidad relacionados con la energía, la

tecnología o los hábitos de vida saludable planteados en diferentes formatos escritos (titular, lectura, opiniones), audiovisuales (vídeo) y orales (juego de rol) que favorecen no sólo la argumentación científica y la toma de decisiones, como habilidades importantes del PC en la enseñanza de las ciencias, sino también otras habilidades implicadas como la lectura comprensiva, la expresión escrita/oral o el visionado crítico de información (Hierrezuelo et al., 2021a; Hierrezuelo et al., 2021b).

## **Marco teórico**

### **El pensamiento crítico y la educación científica**

El PC es un constructo desarrollado principalmente en el ámbito de la psicología cognitiva en el que se entiende como un pensamiento razonado, reflexivo, que se centra en decidir qué creer o hacer (Ennis, 2003) con un alto componente subjetivo. Este concepto se ha extendido a la educación en general, en la que constituye actualmente un foco de interés al incluir competencias transversales y funcionales para la vida personal, social y laboral (Vázquez & Manassero, 2020).

Se trata de un concepto complejo integrado por diferentes habilidades y disposiciones (Vieira & Tenreiro, 2016) y, por ello, es difícil encontrar una definición consensuada en la literatura. Así, Lipman (1997) lo entiende como un conjunto de habilidades de orden superior constitutivas del pensamiento. Santiuste et al. (2001) consideran que el contexto, las estrategias y las motivaciones son elementos importantes del PC. Además, plantean que el PC procede implícitamente de aspectos como escuchar a otros, actuar de distinta manera, pensar autónomamente y anticipar procesos de búsqueda, cuestionando la existencia de formas de pensamiento no necesariamente lógicas. Para Halpern (2006) el PC está implicado en resolver problemas, formular inferencias y tomar decisiones.

A pesar de ser evidente que el PC está integrado por diferentes habilidades, no existe tampoco una descripción unificada de las mismas. Para Lipman (1997), comprensión lectora, expresión escrita y escucha-expresión oral son habilidades básicas del PC. Santiuste et al. (2001) organizan esas habilidades en dos dimensiones: sustantiva y dialógica. La dimensión sustantiva comprende aquellas acciones de la persona para dar cuenta de las razones y evidencias en las que sustenta su punto de vista, mientras que la dimensión dialógica comprende acciones dirigidas hacia el análisis y/o la integración de puntos de vista divergentes o, en contraposición, con su propia perspectiva. Ambas dimensiones integran leer, expresar por escrito, y escuchar y expresar oralmente. Supone, además, la construcción de argumentos razonados que permitan dar respuesta a refutaciones y a precisar las diferentes perspectivas.

Desde la educación científica también se han realizado distintas aportaciones al desarrollo del PC. Para Osborne (2014) la crítica y el cuestionamiento son fundamentales para la práctica de la ciencia, y sin argumentos y su evaluación sería imposible construir conocimiento fiable. Jiménez-Aleixandre (2010) define el PC como "la capacidad de desarrollar una opinión independiente, adquiriendo la facultad de

reflexionar sobre la sociedad y participar en ella (p. 39)". Asimismo, resalta que el PC tiene componentes de la argumentación, como la búsqueda y uso de pruebas. Vázquez y Manassero (2018) sintetizan el PC en cuatro dimensiones: creatividad, razonamiento y argumentación, procesos complejos (resolución de problemas y toma de decisiones), y evaluación y juicio, incluyendo cada una diferentes habilidades. Estas habilidades no se limitan solo a lo cognitivo, sino también juegan un papel relevante en contextos, actitudes, valores y emociones. En este sentido, la enseñanza de las ciencias está cargada de sentimientos, valores e ideales que pueden actuar como facilitadores u obstáculos de la enseñanza y aprendizaje (Bravo et al., 2022). Para Solbes y Torres (2012), el desarrollo del PC exige a la persona la adquisición de un conjunto de competencias para abordar y discutir sobre cuestiones socio-científicas, además de la necesidad de entender la ciencia como una actividad humana que tiene relaciones con la tecnología-medioambiente-sociedad. Algunas habilidades consideradas por Solbes y Torres (2012) son cuestionar la validez de argumentos, no limitarse a discursos dominantes, detectar falacias argumentativas, estudiar el problema socio-científico de forma integral, tomar decisiones fundamentadas, etc.

A partir de estas ideas, consideramos que el PC, en el contexto de problemas socio-científicos, está formado por ocho dimensiones: visión de la ciencia, conocimientos, análisis crítico de la información, tratamiento de problemas, argumentación, autonomía personal, toma de decisiones y comunicación (Blanco et al., 2017). En este esquema de referencia para el desarrollo del PC se entiende que es necesario concebir la ciencia como una actividad humana con múltiples relaciones con la tecnología, la sociedad y el ambiente (visión de la ciencia), y estar informado de los temas que se abordan, no limitándose a discursos dominantes y conociendo posturas alternativas (conocimientos). También es importante ser capaz de evaluar la credibilidad de diferentes fuentes de información, teniendo en cuenta los intereses subyacentes (análisis crítico de la información), lo que permitirá al ciudadano abordar los problemas de una manera integral, en su complejidad, considerando las dimensiones científicas, técnicas, éticas, culturales, filosóficas, sociales, ambientales, económicas, etc. (tratamiento de problemas), y crear argumentaciones sólidas a la vez que cuestiona la validez de los argumentos, rechaza conclusiones no basadas en pruebas, y detecta falacias argumentativas (argumentación). En definitiva, a partir de estos aspectos, el ciudadano será capaz de desarrollar una opinión independiente, adquiriendo la facultad de reflexionar sobre la sociedad y participar de forma activa en ella (autonomía personal), así como hacer elecciones racionales y juicios fundamentados como elementos de las decisiones que son empleadas para resolver problemas (toma de decisiones), siendo capaces de comunicar esas decisiones usando un lenguaje apropiado, de acuerdo con el contexto e intenciones (comunicación).

### **Estrategias didácticas para desarrollar pensamiento crítico**

Para López (2012) es fundamental abordar el PC desde diferentes disciplinas y contextos, implementando estrategias de enseñanza de habilidades cognitivas,

metacognitivas y disposicionales en cualquier nivel educativo. La literatura recoge diferentes estrategias útiles para desarrollar habilidades de PC entre las que destacan las cuestiones socio-científicas (Torres, 2014), el aprendizaje basado en problemas (Cerullo & Cruz, 2010), los debates (Martini et al., 2021), la argumentación (Jiménez-Aleixandre, 2010), las prácticas científicas (Puig et al., 2021), la gamificación (Morris et al., 2013), los juegos de rol (Chen & Wu, 2021), la lectura crítica de artículos (Cerullo & Cruz, 2010), el cine (Petit et al., 2021) o el uso de dilemas (Herreid, 1996; Mottola & Murphy, 2001; Franco-Mariscal et al., 2018, 2021). Desde nuestro punto de vista, todas estas estrategias, algunas procedentes de otros ámbitos, pueden ser útiles en la didáctica de las ciencias, en especial el uso de dilemas, que plantea al estudiante una situación en la que debe tomar una decisión (Herreid, 1996). En este trabajo entendemos los dilemas como situaciones relacionadas con la ciencia, la tecnología y la sociedad en las que el estudiante debe decidir razonadamente entre opciones generalmente incompatibles. De acuerdo con Herreid (1996), el dilema permite a los estudiantes obtener una comprensión del problema y sugerir posibles soluciones al mismo, a la vez que desarrolla habilidades de PC y la capacidad de expresión.

Esta estrategia se está extendiendo en las aulas para obtener información sobre conocimientos, creencias epistemológicas (Kuhn et al., 2000), aspectos éticos (Loving et al., 2003) o la forma de razonar del alumnado (Torres, 2014). Los dilemas planteados a través de problemas socio-científicos permiten desarrollar habilidades de PC en temas sobre energía, recursos, medioambiente o salud, al abordar conocimientos científicos en relación con la vida diaria (Evagorou et al., 2012). Entre las habilidades a trabajar resaltan especialmente argumentación y toma de decisiones (Fang et al., 2019) al cuestionarse el problema desde diferentes perspectivas, y el uso de pruebas científicas para argumentar (Bravo & Jiménez-Aleixandre, 2018). Algunos ejemplos de dilemas implementados en el aula de ciencias son la producción y gestión de energía nuclear (Crujeiras et al., 2020), el impacto ambiental y social de la minería ilegal (Cebrián et al., 2016), la destrucción del ecosistema de las ardillas rojas (Evagorou et al., 2012), etc.

## **Objetivos de la investigación**

Por todo ello, nos planteamos el diseño, la implementación y la evaluación de un programa formativo centrado en dilemas socio-científicos, con objeto de desarrollar habilidades de PC en PFIs. Este trabajo plantea estas preguntas de investigación:

- ¿Cómo puede ayudar el uso de dilemas socio-científicos al diseño de un programa formativo para desarrollar habilidades de PC en PFIs?
- ¿Qué percepciones muestran los PFIs sobre el desarrollo de sus habilidades de PC antes y después de participar en un programa formativo con esa finalidad?
- ¿Qué diferencias existen, si las hay, entre las percepciones de PFIs de Grado y Máster?

Para ello, en primer lugar, se presenta el contexto formativo y, en segundo lugar, se identifican posibles cambios de percepción de los PFIs del Grado en Educación

Primaria (GEP) y del Máster en Profesorado de Educación Secundaria (MAES).

## **Contexto formativo**

### **Elección y diseño de los dilemas**

La primera decisión en el diseño del programa formativo fue la elección de formatos y temáticas de los dilemas socio-científicos. Se optó por tres formatos: escrito (titular, lectura y opiniones), audiovisual (vídeo) y oral (juego de rol) y por temas relacionados con la energía, la tecnología y la salud, ámbitos destacados por la OCDE (2017) en la evaluación de la competencia científica dentro de los contextos que establecen para cada ámbito (personal, local/nacional, global). A continuación, se describen los formatos y dilemas empleados.

### **Formatos de dilemas**

#### ***Formato escrito (titular, lectura y opiniones)***

Este formato se presentó en tres soportes. El soporte titular ofrece un titular de prensa sobre el dilema en cuestión, sin ninguna información adicional, a partir del cual los PFIs deben tomar una decisión sobre el dilema utilizando argumentos a favor y en contra del mismo.

El soporte lectura, con extensión de una página, incluye dos textos con ideas opuestas sobre el dilema. A partir de esta información, los PFIs deben identificar en los textos argumentos a favor y en contra del dilema y emplearlos para adoptar una decisión. Para su diseño, el formador debe realizar una búsqueda y análisis de información en distintas fuentes para asegurar que los textos recojan argumentos a favor y en contra del dilema. Es importante destacar que los textos no tienen que ser copias fieles del original, recomendándose su adaptación para evitar información innecesaria.

Las actividades planteadas en los soportes titular y lectura pretenden fomentar la capacidad de comunicar por escrito, con y sin información, la comprensión de textos, la elaboración e identificación de argumentos, y la toma de decisiones. Además, permite reflexionar sobre la importancia de argumentar y tomar decisiones disponiendo o no de información contrastada.

El soporte opiniones utiliza opiniones formales e informales recogidas de diferentes fuentes tanto a favor como en contra del dilema, a partir de las cuales los PFIs deben tomar una decisión argumentada. Este soporte permite desarrollar habilidades como comprender información escrita, expresar por escrito argumentos, o ser capaz de tomar una decisión en base a opiniones procedentes de diversas fuentes.

#### ***Formato audiovisual (vídeo)***

Este formato presenta dos vídeos con información opuesta. Los PFIs deben identificar en los vídeos argumentos a favor y en contra del dilema, y a partir de ellos

tomar una decisión argumentada. Los vídeos deben tener escasa duración, para lo que se recomienda una edición del original. Como habilidades del PC, este formato trabaja la identificación y elaboración escrita de argumentos, el análisis crítico de la información de un vídeo y la toma de decisiones. Permite, asimismo, reflexionar sobre la importancia de argumentar y tomar decisiones accediendo a información audiovisual.

### ***Formato oral (juego de rol)***

Este formato se desarrolla a través de un juego de rol, una simulación en la que diferentes personajes defienden roles enfrentados en un mismo problema (Hierrezuelo et al., 2021b). Los PFIs deben tomar una postura sobre el dilema antes y después del juego de rol. Este formato supone una preparación previa de los roles implicados y una posterior escenificación en el aula. En la preparación previa deben cumplimentar una ficha con diferentes argumentos para defender su rol en el debate y argumentos con posibles debilidades del resto de roles para contraargumentar. Este formato promueve la argumentación, el análisis crítico de información, el tratamiento integral de problemas, la toma de decisiones, la autonomía personal y la comunicación.

### **Dilemas incluidos en el programa formativo**

#### ***A: Dilema sobre la implantación de una luna artificial***

Este dilema, relacionado con la energía, surge de la aparición de noticias recientes sobre la sustitución del alumbrado convencional en una ciudad china por una luna artificial construida por paneles solares. El dilema se plantea en términos de posibles repercusiones en el ámbito energético, de la salud, ambiental, tecnológico, social, etc. que podrían tener lugar. El dilema emplea los formatos escrito titular y lectura. En primer lugar, se presenta solo el titular (“Una ciudad china está construyendo su propia luna artificial para iluminar sus calles”) y, posteriormente, acompañado de dos textos elaborados por los investigadores a partir de noticias de prensa publicadas en revistas digitales (Hierrezuelo et al., 2021a). Un ejemplo de argumento a favor proporcionado en la lectura fue “la luna artificial reducirá los costes del funcionamiento y mantenimiento de las farolas”, mientras que otro en contra fue “la luna artificial podría tener consecuencias ambientales debido a la contaminación lumínica”. Este dilema se empleó como pre-test y post-test para conocer la evolución de las habilidades de PC antes y después de haber participado en el programa.

#### ***B: Dilema sobre el consumo de azúcar***

Este dilema aborda el carácter saludable o no del consumo de azúcar para nuestro organismo. El dilema emplea los formatos escrito (titular) y audiovisual (vídeo) y plantea tomar una decisión argumentada sobre el problema, en primer lugar, a partir del titular de prensa “El azúcar, ¿es beneficioso o nocivo para la salud?” y, a continuación, apoyándose en dos vídeos que ofrecen información opuesta sobre el dilema (Hierrezuelo et al., 2021a). Los vídeos incluyen argumentos tanto a favor (“está



científicamente probado que niños y adultos requieren ingerir glucosa”) como en contra del consumo de azúcar (“consumir menos azúcar reduce el riesgo de padecer cáncer”). Este dilema se empleó como pre- y post-test.

### ***C: Dilema sobre los coches autónomos***

Este dilema se centra en la tecnología, concretamente en la utilidad (o no) de los coches autónomos. Surge de la controversia social que supone cambiar el modelo de circulación hacia una mayor seguridad en las carreteras, que choca frontalmente con la dependencia total en la tecnología para desarrollar nuestro día a día. El dilema emplea los formatos escrito titular y opiniones. Se presenta en primer lugar con un titular (“Coches autónomos: presente y futuro de una conducción que cambiará el mundo”) para que tomen una decisión e indiquen tres argumentos a favor y en contra del dilema, y, luego, junto a opiniones breves encontradas de varias personas implicadas en el dilema desde distintas perspectivas (Hierrezuelo et al., 2021a). Algunas opiniones correspondían a expertos en el tema, y otras fueron extraídas de blogs o foros. A modo de ejemplo, incluye la opinión del director general de la Asociación Española de la Carretera (“la infraestructura vial tiene poca capacidad de adaptación al coche autónomo”) y la de un comprador (“me parece que los coches autónomos son un avance muy importante para mejorar las condiciones de vida con la tecnología”). Como en los otros dilemas, algunos argumentos se presentan a favor y otros en contra. Este dilema se empleó como pre- y post-test.

### ***D: Dilema sobre la dieta vegana***

Este dilema está relacionado con el ámbito de la salud y plantea una disyuntiva arraigada a nivel social sobre si la dieta vegana es o no saludable (Hierrezuelo et al., 2020). Emplea el soporte titular (“Cada vez son más las personas que optan por la dieta vegana”) y dos lecturas que incluían argumentos como “los alimentos veganos, especialmente los granos y frijoles ricos en fibra y las frutas y verduras envasadas con fitoquímicos, pueden ayudar a prevenir el cáncer” (a favor del dilema) o “las personas que siguen dieta vegana no están muertas porque toman complementos químicos, ya que sin ellos desarrollarían anemias, que si se prolongan en el tiempo producen la muerte” (en contra). Este dilema se empleó como parte de la instrucción para analizar y desarrollar habilidades de argumentación y toma decisiones.

### ***E: Dilema sobre el uso de plásticos***

Este dilema plantea un acuerdo de la Unión Europea para eliminar plásticos de un solo uso en sus países integrantes en 2021. El escenario donde se desarrolla es un debate televisivo con personajes con diferentes opiniones y roles (ocho a favor y ocho en contra) (Juárez et al., 2019; Hierrezuelo et al., 2021b). Un argumento que surgió a favor de la eliminación de plásticos de un solo uso fue “es un material que puede tardar siglos en desaparecer y tiene una vida útil de apenas un cuarto de hora”, mientras que otro en contra fue “el principal problema no es la producción de plástico, sino el mal uso que hacemos de ellos”. Este dilema se empleó en la fase de instrucción.

## Estructura del programa formativo

El programa se desarrolló durante un cuatrimestre en cuatro fases (figura 1) y ocho sesiones no consecutivas de 90 minutos.

Fase 1. Evaluación inicial de la capacidad de argumentación, comunicación y toma de decisiones de los PFIs, y de su percepción de distintas habilidades de PC (1 sesión). Se emplearon a modo de pre-test varios dilemas socio-científicos en diferentes formatos y el cuestionario de PC denominado CPC2 (Santiuste et al., 2001).

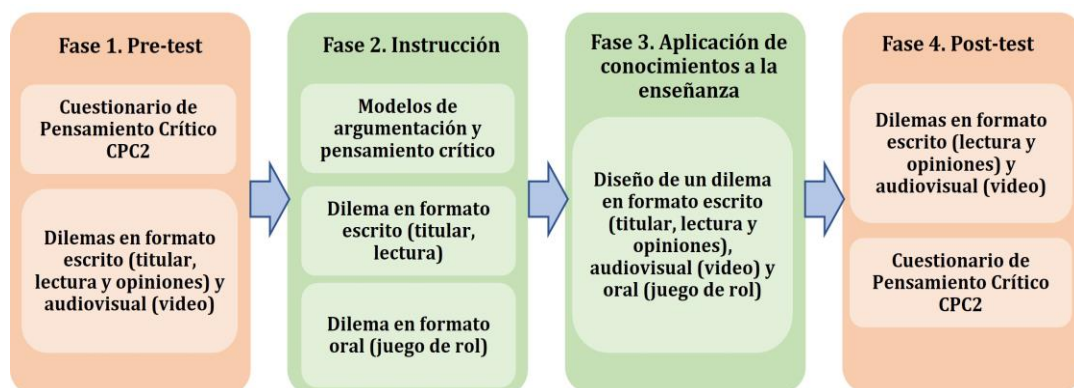
Fase 2. Instrucción (4 sesiones). Esta fase abordó diferentes modelos de argumentación y PC, se analizó un dilema socio-científico, y se preparó y escenificó un juego de rol.

Fase 3. Aplicación de conocimientos a la enseñanza (2 sesiones). Los PFIs con el rol de docentes diseñaron, en pequeño grupo, una actividad para desarrollar habilidades de PC dirigida a estudiantes de la etapa educativa para la que se estaban formando y la expusieron a sus compañeros. Esta fase es importante en la formación inicial del profesorado ya que además de haberlo experimentado en primera persona (fase 2) deben trasladarlo a su futura enseñanza.

Fase 4. Evaluación de habilidades de PC y percepción de los PFIs tras el programa (post-test) (1 sesión).

### Figura 1

Fases del programa formativo sobre PC para PFIs



## Secuencia de actividades

Este apartado desarrolla la secuencia de actividades incluidas en cada fase del programa, ofreciendo una descripción de su implementación en el aula.

### **Fase 1: Evaluación inicial de la capacidad de argumentación, comunicación y toma de decisiones de los PFIs y de su percepción de distintas habilidades de PC (pre-test)**

*Actividad 1. Cuestionario CPC2* (Santiuste et al., 2001). Los PFIs responden el cuestionario, de 30 ítems (Tablas 1, 2 y 3), manifestando su percepción sobre diferentes habilidades del PC. Esta actividad permite conocer la percepción inicial de los PFIs sobre sus propias habilidades del PC. La implementación en el aula se realizó de manera online utilizando formularios de Google Forms.

*Actividad 2. Dilema A sobre la implantación de una luna artificial.* Se estructuró en dos tareas. La primera, suministró el titular de prensa en formato online, a partir del cual debían formular tres argumentos a favor y tres en contra, junto con su justificación y tomar una decisión ante el dilema (Hierrezuelo et al., 2021a). La segunda tarea proporcionaba el mismo titular junto a dos textos con argumentos opuestos para que cada PFI identificase tres argumentos a favor y tres en contra, justificando sus respuestas. Por último, se pidió que se posicionasen tomando una decisión argumentada. El enunciado de la actividad está disponible en: <https://forms.gle/GuxPboyctTeHruLh8>.

*Actividad 3. Dilema B sobre el consumo de azúcar.* Consta de dos tareas. La primera presentó a los PFIs el titular de forma online, para que elaborasen tres argumentos a favor y en contra del mismo incluyendo una justificación. La segunda tarea planteó el mismo titular junto a dos vídeos con argumentos a favor y en contra del consumo de azúcar (Hierrezuelo et al., 2021a), para que cada PFI identificase tres argumentos a favor y tres en contra, justificando sus respuestas. Los PFIs debían realizar anotaciones sobre cada vídeo utilizando la herramienta colaborativa CoAnnotation (Cebrián et al., 2016). Asimismo, se pidió una decisión argumentada sobre el consumo de azúcar. No se informó de la naturaleza opuesta de los vídeos. El enunciado de la actividad está disponible en: <https://forms.gle/ktiTd1VzCFa1rLji8>

*Actividad 4. Dilema C sobre el uso de coches autónomos.* Primero, los PFIs debían redactar tres argumentos a favor y en contra a partir de un titular de prensa. Estos argumentos debían estar justificados, y a su vez, debían posicionarse sobre si lo comprarían o no. La segunda tarea presentó de nuevo el titular acompañado de opiniones encontradas de especialistas (Hierrezuelo et al., 2021a), a partir de las cuales debían elaborar su propio argumento y decidir si compraban o no un coche autónomo para mejorar la seguridad vial. El enunciado de la actividad está disponible en: <https://forms.gle/BRQp7DkDT1xFxiABA>

### **Fase 2: Instrucción**

*Actividad 5. Modelos de argumentación y PC.* El profesor llevó a cabo una sesión formativa donde expuso cómo diferentes autores entienden la argumentación en ciencias, haciendo hincapié en su importancia en la vida diaria, en la educación científica y en su contribución al PC. Se mostraron el modelo de argumentación de Toulmin (1958), una versión simplificada del mismo (Jiménez-Aleixandre, 2010) y el modelo de Osborne et al. (2016). Como primera tarea se pidió identificar los elementos

esenciales de un argumento (pruebas, justificación y conclusión) a través de un ejemplo sencillo donde observan las huellas de un animal en la nieve como prueba para dar una respuesta argumentada a la pregunta ¿Quién anda en la nieve? (Cebrián et al., 2021). Como segunda tarea se propuso argumentar sobre si un joven pelirrojo de piel blanca y con pecas del que se mostró su imagen era probable que se quemase al sol (Cebrián et al., 2021). Se pretendía que reconocieran la importancia de refutar argumentos y conocer las ideas científicas previas. Se presentaron, asimismo, distintas habilidades del PC, centrándonos en el enfoque de Blanco et al. (2017).

*Actividad 6. Dilema D sobre la dieta vegana.* Su implementación es similar a la actividad 2. Los PFIs abordaron individualmente el dilema en primer lugar solo con el titular y, posteriormente, apoyados en dos lecturas. Como en la fase 1, debían tomar en ambos momentos una decisión argumentada ante el dilema e identificar argumentos en los textos. Además, se analizó en el aula en gran grupo la tarea de forma pormenorizada, identificando primero argumentos a favor y en contra presentes en los textos, a continuación, analizando algunos de los argumentos elaborados por los PFIs y, finalmente, considerando las razones por las que se habían producido cambios de postura (Hierrezuelo et al., 2020). El enunciado de esta actividad está disponible en: <https://forms.gle/9dWW9KZBUgdLZBS7A>.

*Actividad 7. Dilema E sobre el uso de plásticos.* La implementación en el aula incluye: (1) Presentación del dilema por el profesor, las características y reglas del juego, y el reparto de roles a favor y en contra del dilema, que se pueden consultar en (Hierrezuelo et al., 2021b), así como la elección del equipo de asesores para cada rol. Además, el alumnado debe tomar una postura inicial. Repartidos los roles y previo a la escenificación, los PFIs recogieron en una ficha argumentos para defender su rol y contraargumentos con debilidades del resto de roles. (2) Escenificación en el aula con esta estructura: (a) Planteamiento del problema por los presentadores (3 minutos), (b) turnos de palabra (1 minuto) donde cada rol ofrece sus argumentos, (c) descanso donde los personajes preparan el debate con sus asesores (5 minutos), (d) debate donde los roles defienden o contraargumentan distintas posturas (25 minutos) y (e) resumen del debate de los presentadores (5 minutos). (3) Toma de decisión final de cada estudiante sobre el dilema.

### ***Fase 3: Aplicación de conocimientos a la enseñanza***

*Actividad 8. Diseño de una actividad para desarrollar habilidades de PC.* Esta actividad pretende que los PFIs, adquiriendo el rol de docentes, apliquen los conocimientos recibidos durante el programa. Para ello, se pidió que, en pequeño grupo, diseñasen una actividad para desarrollar habilidades de PC en estudiantes de su etapa educativa con un formato similar a los del programa (escrito -titular, lectura, opiniones-, audiovisual -vídeo- y oral -juego de rol-) que incluyese: (a) Definición del dilema socio-científico para abordar el PC. (b) Búsqueda de titulares/lecturas/opiniones/vídeos/roles con argumentos a favor y en contra del dilema, que puedan identificarse claramente. El juego de rol debía incluir la descripción de, al menos, cuatro roles a favor y cuatro en contra, y tres posibles argumentos y contraargumentos.

(c) Elección de un argumento a favor y otro en contra, y análisis de los elementos esenciales según el modelo de Toulmin (1958). (d) Especificación de cómo se evaluará la actividad. (e) Posibles contribuciones de la actividad al desarrollo del PC de los estudiantes.

*Actividad 9. Exposición de la actividad diseñada.* Pretende que los PFIs muestren la habilidad de comunicación oral y escrita. Para ello, entregan una memoria escrita del diseño y realizan una exposición oral de diez minutos de duración.

#### **Fase 4: Evaluación de habilidades de PC y percepción de PFIs tras el programa (post-test)**

*Actividad 10. Dilemas A, B y C.* Los PFIs vuelven a identificar, justificar argumentos y tomar una decisión en los dilemas A, B y C con el objetivo de analizar una posible evolución en el desarrollo de habilidades del PC.

*Actividad 11. Cuestionario CPC2.* Los PFIs responden de nuevo de forma online al cuestionario manifestando su percepción sobre diferentes habilidades del PC.

## **Metodología**

### **Participantes**

Este programa se implementó con 86 PFIs de la Universidad de Málaga. 43 PFIs (78,7% chicas y 21,3% chicos) estudiaban el tercer curso del GEP y tenían edades comprendidas entre 19 y 36 años. Otros 43 cursaban el MAES en las especialidades de Física y Química (N=16) y Biología y Geología (N=27), siendo el 56,3% chicas y el 43,7% chicos, todos de edades entre 21 y 51 años. La implementación en el aula fue realizada por dos docentes (los dos primeros autores del artículo) en las asignaturas *Didáctica de las Ciencias Experimentales* del GEP e *Innovación Docente e Iniciación a la Investigación Educativa* del MAES, respectivamente, durante el curso 2019-20.

### **Instrumentos y análisis de datos**

Las fases 1 y 4 del programa emplean diferentes actividades y cuestionarios utilizados como instrumentos para la recogida de datos en el pre-test y post-test. Este trabajo se centra exclusivamente en la percepción de PFIs respecto a sus habilidades de PC analizando los datos recogidos en el cuestionario CPC2 (Santiuste et al., 2001) de 30 ítems, contruidos con una escala Likert de 1 a 5 puntos (1, en total desacuerdo y 5, totalmente de acuerdo). Este cuestionario aborda las dimensiones sustantiva (centrada en los puntos de vista de la propia persona) (22 ítems) y dialógica (la confrontación entre puntos de vista de dos o más personas) (8 ítems) con habilidades relacionadas con leer, expresar por escrito, y escuchar y expresar oralmente. Este cuestionario se seleccionó porque sus dimensiones son acordes con los formatos de dilemas utilizados en el programa formativo. Asimismo, desde la perspectiva del esquema para el desarrollo del PC de Blanco et al. (2017), los ítems del CPC2 se pueden relacionar fundamentalmente con las dimensiones: conocimientos (D2), análisis crítico

de la información (D3), tratamiento de problemas (D4), argumentación (D5), autonomía personal (D6) y comunicación (D8).

Para comprobar si la distribución de los datos obtenidos se ajustaba a una curva normal se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. El resultado mostró una significación de 0,000 en todos los ítems y en ambas muestras, rechazando así la hipótesis nula sobre la normalidad de la distribución de los datos de las variables del estudio. Por ello, a partir de las respuestas de los PFIs se analizaron las frecuencias obtenidas en las cinco opciones para cada ítem en los dos momentos de intervención y se calculó la mediana. Se llevaron a cabo dos estudios con estadísticos no paramétricos: (a) la prueba U de Mann-Whitney para dos muestras independientes, para estudiar posibles diferencias significativas iniciales entre GEP y MAES, y (b) la prueba de Wilcoxon para dos muestras relacionadas, para detectar posibles diferencias para cada grupo, GEP y MAES, entre pre- y post-test. Se calculó también, en los casos de diferencias significativas, el tamaño del efecto utilizando la ecuación  $r=Z/\sqrt{N}$ , donde N es el número de PFIs en cada momento y Z el valor de la prueba estadística. En cuanto al valor de r, se considera efecto pequeño (0,1), medio (0,3) y grande (0,5) (Cohen, 1988). Todas las pruebas estadísticas se realizaron con SPSS 23.0.

## **Resultados y discusión**

Para presentar los resultados obtenidos se analizan, en primer lugar, las diferencias de percepciones iniciales entre ambos grupos (GEP y MAES) y, luego, las diferencias entre pre- y post-test para cada grupo por separado.

### **Comparación de percepciones iniciales entre grupos (GEP y MAES)**

Con la finalidad de conocer el punto de partida de ambos grupos, lo que permitirá valorar de forma más precisa las posibles mejoras después del programa, se compararon las percepciones iniciales entre GEP y MAES. Los resultados obtenidos muestran que los dos grupos presentaban antes de la intervención una percepción similar de sus habilidades de PC tanto en la dimensión sustantiva como dialógica en las que no se encontraron diferencias significativas. Esto se corroboró en el análisis por ítems en el que solo se apreciaron diferencias estadísticamente significativas a favor del MAES, con un tamaño de efecto pequeño, en el pre-test en un ítem de la dimensión dialógica (“cuando leo algo con lo que no estoy de acuerdo, considero que puedo estar equivocado y que quizás sea el autor el que tenga la razón”, ítem 13) ( $U= -2.03$ ;  $p= 0.04$ ;  $r= 0.22$ ) relacionado con el análisis crítico de información (D3) (Osborne, 2014) y argumentación (D5) (Jiménez-Aleixandre, 2010; Vázquez & Manassero, 2018).

### **Diferencias de percepciones entre pre- y post-test para cada grupo**

Para presentar los resultados de este apartado, los ítems se organizaron en función de las habilidades leer, expresar por escrito, y escuchar y expresar oralmente, presentes en los formatos de los dilemas utilizados.

## Habilidad leer

**Tabla 1**

Prueba de Wilcoxon entre pre-test y post-test para GEP y MAES para la habilidad leer

GEP				MAES			
Z	p	A favor	r	Z	p	A favor	r
<b>Dimensión sustantiva</b>							
1. Cuando leo algo con lo que no estoy de acuerdo, busco razones contrarias a las que se exponen en el texto (D3, D5). Medianas: GEP (b); MAES (c)							
<b>-3.00</b>	<b>0.00</b>	<b>Post</b>	<b>0.32</b>	-1.49	0.14	--	--
2. Sé diferenciar los hechos y las opiniones en los textos que leo (D3). Medianas: GEP y MAES (c)							
0.00	1.00	--	--	-0.59	0.55	--	--
3. Cuando leo un texto, identifico claramente la información relevante (D3, D5). Medianas: GEP y MAES (c)							
-1.15	0.25	--	--	-0.47	0.64	--	--
4. Cuando leo un texto, identifico claramente la información irrelevante (D3, D5). Medianas: GEP y MAES (c)							
<b>-2.26</b>	<b>0.01</b>	<b>Post</b>	<b>0.24</b>	-0.58	0.56	--	--
5. Cuando leo un texto argumentativo, identifico claramente los argumentos que corroboran o refutan una tesis (D5). Medianas: GEP y MAES (c)							
-0.19	0.84	--	--	-0.16	0.87	--	--
6. Sé extraer conclusiones fundamentales de los textos que leo (D3, D5). Medianas: GEP y MAES(c)							
<b>-2.06</b>	<b>0.04</b>	<b>Post</b>	<b>0.22</b>	<b>-2.24</b>	<b>0.02</b>	<b>Post</b>	<b>0.24</b>
7. Cuando un autor expone varias posibles soluciones a un problema, valoro la utilidad de cada una de ellas (D4). Medianas: GEP y MAES (c)							
-0.49	0.62	--	--	-0.29	0.77	--	--
8. Cuando un autor expone varias posibles soluciones a un problema, valoro si todas ellas son igualmente posibles de poner en práctica (D4). Medianas: GEP y MAES (c)							
-1.40	0.16	--	--	-1.03	0.30	--	--
9. Cuando un autor expone varias posibles soluciones a un problema, valoro si ha expuesto también todas las condiciones necesarias para ponerlas en práctica (D4). Medianas: GEP (a); MAES (b)							
-1.52	0.13	--	--	<b>-2.71</b>	<b>0.01</b>	<b>Post</b>	<b>0.29</b>
10. Cuando leo un texto sé si el autor trata de dar una opinión, exponer un problema y sus soluciones, explicar unos hechos, etc. (D3). Medianas: GEP y MAES (c)							
-0.58	0.56	--	--	-1.45	0.15	--	--
11. Verifico la lógica interna de los textos que leo (D3, D5). Medianas: GEP (b); MAES (c)							
<b>-2.29</b>	<b>0.02</b>	<b>Post</b>	<b>0.25</b>	<b>-2.26</b>	<b>0.02</b>	<b>Post</b>	<b>0.24</b>
12. Me planteo si los textos que leo dicen algo que esté vigente hoy en día (D2, D3). Medianas: GEP (b); MAES (c)							
<b>-2.13</b>	<b>0.03</b>	<b>Post</b>	<b>0.23</b>	<b>-2.08</b>	<b>0.04</b>	<b>Post</b>	<b>0.22</b>
<b>Dimensión dialógica</b>							
13. Cuando leo algo con lo que no estoy de acuerdo, considero que puedo estar equivocado y que quizás sea el autor el que tenga la razón (D3, D5). Medianas: GEP (b); MAES (c)							
-1.51	0.13	--	--	-0.21	0.83	--	--
14. Cuando leo una opinión o una tesis, no tomo partido por ella hasta que dispongo de suficiente evidencia o razones que las justifiquen (D3, D5). Medianas: GEP y MAES (c)							
-1.29	0.19	--	--	-0.20	0.84	--	--
15. Cuando leo una opinión que está de acuerdo con mi punto de vista, tomo partido por ella sin considerar otras posibles razones contrarias a la misma (D3, D5, D7). Medianas: GEP y MAES (a)							
-1.01	0.31	--	--	-1.19	0.23	--	--
16. Cuando leo la interpretación de un hecho, me pregunto si existen interpretaciones alternativas (D2, D3). Medianas: GEP y MAES (c)							
<b>-1.99</b>	<b>0.05</b>	<b>Post</b>	<b>0.21</b>	0.00	1.00	--	--

La tabla 1 presenta los resultados de la habilidad leer. Se somborean en gris los ítems en los que se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Se utiliza la siguiente codificación para ésta y sucesivas tablas:

- Dimensiones de Blanco et al. (2017): D1: Visión de la ciencia; D2: Conocimientos; D3: Análisis crítico de la información; D4: Tratamiento de los problemas; D5: Argumentación; D6: Autonomía personal; D7: Toma de decisiones; D8: Comunicación.
- Evolución de medianas pre-/post-test: (a) 3,00 a 3.00; (b) 3.00 a 4.00; (c) 4.00 a 4.00; (d) 4.00 a 5.00; (e) 5.00 a 5.00.

Para el GEP se detectaron diferencias significativas en 6 de los 16 ítems relativos a la habilidad leer, cinco de ellos de la dimensión sustantiva (ítems 1,4, 6 y 11) y uno (16) de la dialógica. El tamaño de efecto fue pequeño en todos los casos, excepto para el ítem 1 que fue mediano. Todos estos ítems están relacionados con el análisis crítico de la información (D3) (Osborne, 2014), cuatro de ellos con la argumentación (D5) (Jiménez-Aleixandre, 2010, Solbes & Torres, 2012) y dos con los conocimientos (D2).

En el caso del MAES sólo se encontraron diferencias en cuatro ítems (6,9, 11 y 12), todos ellos con tamaño de efecto pequeño y de la dimensión sustantiva. En este grupo además de las dimensiones D2, D3 y D5, uno de los ítems se relaciona con el tratamiento de problemas (D4) (Solbes & Torres, 2012).

Además, puede considerarse un resultado positivo en ambos grupos la ausencia de diferencias en el ítem 15 (“Cuando leo una opinión que está de acuerdo con mi punto de vista, tomo partido por ella sin considerar otras posibles razones contrarias a la misma”), que es el único del cuestionario que está formulado en sentido negativo al avance del PC y que está relacionado también con la toma de decisiones (D7) (Solbes y Torres, 2012). Estos resultados sugieren que los PFIs del GEP percibieron mayores mejoras en sus habilidades de PC relativas a la lectura que los del MAES (6 ítems en total frente a 4, respectivamente).

En los ítems sin diferencias, la ausencia de cambios puede ser debida a que en la gran mayoría de ellos los PFIs partían de una percepción muy alta de dicha habilidad (medianas 4.00 o 5.00) (tabla 1). No ocurrió así en el ítem 9 donde los PFIs del GEP partían de medianas de 3.00 puntos. Se corresponde con una habilidad que los estudiantes podrían haber mejorado como valorar si una persona expone varias soluciones a un problema y las condiciones necesarias para ponerlas en práctica.

### ***Habilidad expresar por escrito***

La tabla 2 recoge los resultados de la habilidad expresar por escrito. Como se observa, en el caso del GEP no se detectó ningún ítem con diferencias significativas para esta habilidad. Resulta de interés las diferencias en análisis crítico de la información (D3) y comunicación (D8) en el ítem 22 del MAES como único ítem con diferencias en el pre-test en el que tenían que valorar su habilidad para mencionar las fuentes de información de las ideas que se exponen. Esto se puede explicar porque durante el programa solo se pidió incluir referencias bibliográficas en las fichas del juego de rol, reflejándolo los estudiantes en su percepción. Este ítem corresponde con la dimensión sustantiva, lo que indica que los PFIs deben mejorar tanto esta dimensión como la



dialógica para esta habilidad.

**Tabla 2**

*Prueba de Wilcoxon entre pre-test y post-test para GEP y MAES para la habilidad expresar por escrito*

	GEP				MAES			
	Z	p	A favor	r	Z	p	A favor	r
<b>Dimensión sustantiva</b>								
17. Cuando escribo las conclusiones de un trabajo, justifico claramente cada una de ellas (D5, D8). Medianas: GEP y MAES (c)	-0.77	0.44	--	--	-0.97	0.33	--	--
18. Cuando debo argumentar por escrito sobre un tema, expongo razones tanto a favor como en contra del mismo (D5, D8). Medianas: GEP y MAES (c)	-0.49	0.62	--	--	-0.19	0.85	--	--
19. Cuando escribo sobre un tema, diferencio claramente entre hechos y opiniones (D5, D8). Medianas: GEP y MAES (c)	-1.35	0.18	--	--	-0.25	0.83	--	--
20. Cuando busco información para redactar un trabajo, juzgo si las fuentes que manejo son fiables (D3). Medianas: GEP y MAES (e)	-1.58	0.11	--	--	-0.28	0.78	--	--
21. Cuando un problema tiene varias posibles soluciones, soy capaz de exponerlas por escrito especificando sus ventajas e inconvenientes (D4, D5, D8). Medianas: GEP y MAES (c)	-1.80	0.07	--	--	-1.09	0.28	--	--
22. Cuando expongo por escrito una idea que no es la mía, menciono las fuentes de la que proviene (D3, D8). Medianas: GEP y MAES (e)	0.00	1.00	--	--	<b>-2.29</b>	<b>0.02</b>	<b>Pre</b>	<b>0.25</b>
<b>Dimensión dialógica</b>								
23. En mis trabajos escritos, además de la tesis principal sobre el tema, expongo opiniones alternativas de otros autores y fuentes (D2, D3, D8). Medianas: GEP y MAES (c)	-1.25	0.21	--	--	-0.24	0.81	--	--
24. Cuando debo redactar un trabajo, expongo interpretaciones alternativas de un mismo hecho siempre que sea posible (D2, D3, D8). Medianas: GEP y MAES (b)	-1.44	0.15	--	--	-1.80	0.07	--	--

En los ítems sin diferencias, la ausencia de cambios puede ser explicada, al igual que para la habilidad leer, a que en la gran mayoría de ellos los PFIs partían de una percepción muy alta de dicha habilidad (medianas 4.00 o 5.00) (tabla 2). No ocurrió así en el ítem 24 donde tanto PFIs del GEP como del MAES partían de medianas de 3.00 puntos. Se corresponde con la habilidad que los estudiantes podrían haber mejorado como exponer interpretaciones alternativas de un mismo hecho al redactar un trabajo.

### ***Habilidad escuchar y expresar oralmente***

La tabla 3 muestra los resultados para la habilidad escuchar y expresar oralmente.

**Tabla 3**

*Prueba de Wilcoxon entre pre-test y post-test para GEP y MAES para la habilidad escuchar y expresar oralmente*

GEP				MAES			
Z	p	A favor	r	Z	p	A favor	r
<b>Dimensión sustantiva</b>							
25. En los debates sé expresar con claridad mi punto de vista (D8). Medianas: GEP (c); MAES (b)							
-1.42	0.16	--	--	<b>-2.69</b>	<b>0.01</b>	<b>Post</b>	<b>0.29</b>
26. En los debates, sé justificar adecuadamente porque considero aceptable o fundamentada una opinión (D5, D8). Medianas: GEP y MAES (c)							
<b>-2.27</b>	<b>0.02</b>	<b>Post</b>	<b>0.24</b>	<b>-2.41</b>	<b>0.02</b>	<b>Post</b>	<b>0.26</b>
27. Cuando expongo oralmente una idea que no es mía, menciono la fuente de la que proviene (D3, D8). Medianas: GEP (b); MAES (c)							
<b>-2.17</b>	<b>0.03</b>	<b>Post</b>	<b>0.23</b>	-0.93	0.35	--	--
28. Cuando un problema tiene varias soluciones, soy capaz de exponerlas oralmente especificando sus ventajas e inconvenientes (D4, D5, D8). Medianas: GEP y MAES (c)							
<b>-1.96</b>	<b>0.05</b>	<b>Post</b>	<b>0.21</b>	-0.47	0.64	--	--
<b>Dimensión dialógica</b>							
29. En los debates, busco ideas alternativas a las que ya han sido manifestadas (D6, D8). Medianas: GEP y MAES (c)							
-0.27	0.78	--	--	-1.37	0.17	--	--
30. Cuando participo en un debate, me pregunto si hay interpretaciones alternativas de un mismo hecho (D6, D8). Medianas: GEP y MAES (c)							
<b>-2.27</b>	<b>0.02</b>	<b>Post</b>	<b>0.24</b>	-0.97	0.33	--	--

Para esta habilidad, en el caso del GEP se encontraron diferencias significativas a favor del post-test en cuatro de los seis ítems de este grupo (26, 27, 28 y 30) con un tamaño de efecto pequeño, lo que refuerza su percepción de mejora en las habilidades ya detectadas de análisis crítico de información (D3) (Osborne, 2014), tratamiento de problemas (D4) (Solbes y Torres, 2012), argumentación (D5) (Jiménez-Aleixandre, 2010), autonomía personal (D6) y comunicación (D8). En este caso, se corresponden con las dimensiones sustantiva y dialógica.

En el caso del MAES solo se hallaron diferencias significativas con un tamaño de efecto pequeño en dos ítems (25 y 26) en las dimensiones D5 y D8, relativos a la habilidad de expresarse en debates. Estos resultados sugieren que los PFIs del GEP perciben mayores mejoras en sus habilidades de PC que los del MAES (4 ítems en total frente a 2, respectivamente).

El único ítem sin diferencias en ambos grupos es el 29 y se corresponde con buscar ideas alternativas a las ya manifestadas en un debate. La explicación podría deberse a que tanto GEP como MAES partían de medianas muy altas de 4.00 puntos.

Finalmente, y como resumen de este apartado indicar que los avances más destacados se encontraron en las habilidades relativas a escuchar y expresarse oralmente, teniendo en cuenta la proporción de ítems de este grupo en los que aparecieron diferencias significativas (4/6 para el GEP y 2/6 para el MAES). Puede entenderse que el dilema utilizado en formato oral (juego de rol), en el que debían

desarrollar estas habilidades, ayudó a los PFIs a mejorarlas y así lo percibieron. Por el contrario, en la habilidad expresarse por escrito, a pesar de que todos los dilemas la incluían en mayor o menor grado, los avances fueron muy bajos. Solo se encontraron diferencias significativas en 1/8 ítems en el caso del MAES y ninguno en el GEP. Entre ambas habilidades se encuentra la de leer, en la que aparecieron diferencias significativas en 6/16 ítems de este grupo para el GEP y 4 en el MAES. Con respecto a las dos dimensiones contempladas en el cuestionario, los resultados muestran que las diferencias significativas se produjeron en la dimensión sustantiva en ambos grupos (8/22 y 7/22 en GEP y MAES, respectivamente). En la dimensión dialógica solo se encontraron diferencias en dos ítems en el caso del GEP.

## **Conclusiones**

Este trabajo ha presentado un programa formativo sobre PC para PFIs centrado en el desarrollo de habilidades de PC utilizando como estrategia didáctica dilemas socio-científicos de diferentes temáticas (salud, avances tecnológicos y problemas ambientales) en diferentes formatos: escrito (titular, lectura, opiniones), audiovisual (vídeo) y oral (juego de rol). Respecto a la primera pregunta de investigación, el uso de dilemas socio-científicos en programas formativos como éste puede ayudar a desarrollar las dimensiones sustantiva y dialógica del estudiante, y los diferentes formatos enfatizan en mayor o menor grado el desarrollo de habilidades relacionadas con leer, expresar por escrito, y escuchar y expresar oralmente (Santiuste et al., 2001). Dichas habilidades están directamente relacionadas con otras dimensiones del PC como visión de la ciencia, conocimientos, análisis crítico de información, tratamiento de problemas, argumentación, autonomía personal, toma de decisiones y comunicación (Blanco et al., 2017).

Con respecto a la segunda y tercera preguntas de investigación, los resultados muestran que ambos grupos presentaban antes de la intervención una percepción similar en relación con sus habilidades de PC. Sin embargo, después del programa los PFIs del GEP parecen percibir una mejora en sus habilidades en mayor grado que los del MAES, al detectarse en ellos diferencias estadísticamente significativas en ítems de las dos dimensiones que abarca el cuestionario utilizado (sustantiva y dialógica), lo que solo ocurre para la sustantiva en el caso del MAES, y un mayor número de ítems del cuestionario con diferencias significativas (10 en el GEP frente a 7 en el MAES).

Con respecto a los tres tipos de habilidades contempladas en el cuestionario, los avances más destacados se encontraron en la relativas a escuchar y expresarse oralmente, en un lugar intermedio se sitúa leer y en las que menos avance se detectó fue expresarse por escrito. Se aprecia que el impacto del programa se produce en dimensiones del PC relacionadas con análisis crítico de la información, argumentación y comunicación, que son las que están más presentes en los ítems del cuestionario.

Los resultados obtenidos muestran la necesidad de mejorar el programa en determinados aspectos, especialmente a los relativos a las habilidades de lectura y expresión escrita y, en general a la dimensión dialógica. Se trataría de ofrecer más oportunidades para que los PFIs puedan confrontar sus puntos de vista con los de otras personas. Esto puede hacerse incluyendo tareas específicas que demanden esta

confrontación yendo más allá de la identificación de argumentos a favor y en contra en el dilema tratado.

Los autores son conscientes de las limitaciones debidas al cuestionario utilizado que valora la percepción de habilidades de PC de forma muy general. Quizás esto explique que el punto de partida de ambos grupos sea muy elevado en muchos ítems del cuestionario. Sería conveniente combinarlo con otro tipo de análisis, de otra naturaleza (más bien cualitativa), como puede ser el análisis de las tareas escritas cumplimentadas por los participantes, que permitan obtener conclusiones más precisas, que faciliten completar las implicaciones didácticas antes mencionadas para mejorar la propuesta presentada.

Finalmente, los resultados aquí mostrados deben considerarse parciales para evaluar el impacto del programa, puesto que aún queda pendiente por investigar el posible avance que se produce en el desarrollo de distintas habilidades de PC, en particular, en la argumentación y toma de decisiones a través de los dilemas planteados y el efecto que tiene cada formato. Estos estudios constituirán líneas futuras de trabajo que nos permitirán valorar con más detalle la efectividad del programa e investigar sobre el conocimiento didáctico que posibilite a los PFIs el desarrollo del PC con sus futuros estudiantes.

### ***Agradecimientos***

Este trabajo forma parte del Proyecto I+D+i «Ciudadanos con pensamiento crítico: Un desafío para el profesorado en la enseñanza de las ciencias» (PID2019-105765GA-I00) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.

### ***Conflicto de intereses***

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. Los financiadores no tuvieron ningún papel en el diseño del estudio; en la recopilación, análisis o interpretación de datos; en la redacción del manuscrito, o en la decisión de publicar los resultados.

### ***Contribuciones de los autores***

Este artículo forma parte de una Tesis Doctoral en desarrollo realizada por el primer autor, siendo su director el segundo autor. Ambos autores han tenido el peso principal en el diseño e implementación de la propuesta formativa y en el análisis de datos. De forma conjunta los tres autores diseñaron la metodología de investigación, el seguimiento de la propuesta formativa, el enfoque del artículo y la redacción, revisión y edición del mismo, declarando que han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

## ***Referencias***

- 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(1), 107-115. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2004>
- Bravo, E., Brígido, M., Hernández, M., y Mellado, V. (2022). Las emociones en ciencias en la formación inicial del profesorado de infantil y primaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*. En prensa.

- Bravo, B., y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2018). Developing an Initial Learning Progression for the Use of Evidence in Decision-Making Contexts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(4), 619-638. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9803-9>
- Cebrián, D., Blanco, A., y Noguera, J. (2016). El uso de anotaciones sobre vídeos en abierto como herramienta para analizar las concepciones de los estudiantes de pedagogía sobre un problema ambiental. *Indagatio Didactica*, 8, 158-174. DOI: <https://doi.org/10.34624/id.v8i1.3148>
- Cebrián, D., Franco-Mariscal, A. J., y Blanco, A. (2021). Secuencia de tareas para enseñar argumentación en ciencias a profesorado en formación inicial a través de CoRubric. Ejemplificación en una actividad sobre una central salina. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 40, 149-168. DOI: <https://doi.org/10.7203/dces.40.18178>
- Cerullo, J., y Cruz, D. (2010). Clinical Reasoning and Critical Thinking. *Revista Latino-Americana Enfermagem*, 18(1), 124-129.
- Chen, H.-L., y Wu, C.-T. (2021). A digital role-playing game for learning: effects on critical thinking and motivation. *Interactive Learning Environments*. DOI: <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1916765>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Erlbaum.
- Colmenero, M. J. (2006). Análisis de las percepciones del profesorado de Educación Secundaria sobre los procesos de atención a la diversidad: Su incidencia en la formación. *Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 10(2), 1-15.
- Crujeiras, B., Martín, C., Díaz, N., y Fernández, A. (2020). Trabajar la argumentación a través de un juego de rol. ¿Debemos instalar el cementerio nuclear? *Enseñanza de las Ciencias*, 38(3), 125-142. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2888>
- Dawson, V., y Carson, K. (2017). Using climate change scenarios to assess high school students' argumentation skills. *Research in Science & Technological Education*, 35(1), 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1080/02635143.2016.1174932>
- De Vicente, P. (2004). Creencias y teorías implícitas del profesor. En F. Salvador, J.L. Rodríguez, A. Bolívar (Directs.), *Diccionario Enciclopédico de Didáctica* (Vol.II) (pp.445-447). Aljibe.
- Díaz, N., y Jiménez-Liso, M.R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70. DOI: <https://doi.org/10498/14624>
- Ennis, R. H. (2003). Critical thinking assessment. En D. Fasko (Ed.), *Critical thinking and reasoning. Current research, theory, and practice* (pp. 293-313). Hampton Press.
- Evagorou, M., Jiménez-Aleixandre, M. P., y 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: <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.619211>
- Fang, S. C., Hsu, Y. S., y Lin, S. S. (2019). Conceptualizing socioscientific decision making from a review of research in science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 427-448.

- Franco-Mariscal, A. J., Hierrezuelo, J. M., Cruz, I. M., y Cebrián, D. (2021). The dilemma of replacing traditional calligraphic skills with technology in the teaching of writing. A study of the attitudes of pre-service infant and primary teachers. *International Journal for 21st Century Education*, 8(1), 18-36. DOI: <https://doi.org/10.21071/ij21ce.v8i1.13342>
- Franco-Mariscal, A. J., Linde, T., Luque, C. R., y Cebrián, M. (2018) Aprendizaje de la argumentación mediante dilemas. Experiencia interdisciplinar en un proyecto de coordinación. En P. Membiela, M.I. Cebreiros y M. Vidal (Eds.), *Panorama actual de la enseñanza de las ciencias*, (pp.539-543). Educación Editora.
- Halpern, D. (2006). *Halpern Critical thinking assessment using everyday situations: background and scoring standards (2nd report)*. [Unpublished manuscript]. Claremont McKenna College.
- Herreid, C. (1996). Case Study Teaching in Science: A Dilemma Case on "Animal Rights": Critically Examining a Volatile Scientific and Political Issue. *Journal of College Science Teaching*, 25(6), 413-418.
- Hierrezuelo, J. M., Brero V. B., y Franco-Mariscal, A. J. (2020). ¿Es saludable una dieta vegana? Un dilema para desarrollar el pensamiento crítico a través de la argumentación y la toma de decisiones en la formación inicial de maestros. *Ápice, Revista de Educación Científica*, 4(2), 73-88. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6525>
- Hierrezuelo, J. M., Brero, V. B., y Franco-Mariscal, A. J. (2021a). Dilemas sobre energía, tecnología y salud para desarrollar el pensamiento crítico en la formación inicial del profesorado. En D. Cebrián, A.J. Franco-Mariscal, T. Lupión, C. Acebal, A. Blanco (Coords.), *Enseñanza de las ciencias y problemas relevantes de la ciudadanía*, (pp. 253-272). Graó.
- Hierrezuelo, J. M., Cebrián, D., Brero, V. B., y Franco-Mariscal, A. J. (2021b). The use of plastics as a socio-scientific issue for developing critical thinking through argumentation with pre-service teachers. *ASE International Journal*, 12, 50-59.
- Instituto Andaluz de la Juventud (2018). *Plan de sensibilización código joven 2018*. Junta Andalucía.
- Jiménez-Aleixandre, M. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Graó.
- Juárez, P., Hierrezuelo, J. M., Cebrián, D., y Franco-Mariscal, A. J. (2019). El juego de rol como estrategia para enseñar a argumentar en ciencias. La visión de maestros en formación inicial. *Aula*, 287, 15-20.
- Kuhn, D., Cheney, R., y Weinstock, M. (2000). The development of epistemological understanding. *Cognitive Development*, 15(3), 309-328. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(00\)00030-7](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(00)00030-7)
- Lipman, M. (1997). *Pensamiento complejo y educación*. Madrid: Ediciones de la Torre.
- López, G. (2012). Pensamiento crítico en el aula. *Docencia e Investigación*, 22, 41-60.
- Loving, C. C., Lowy, S. W., y Martin, C. (2003). Recognizing and Solving Ethical Dilemmas in Diverse Science Classrooms. En D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 183-194). Springer.
- Martínez, M. A., y Pascual, I. (2013). La influencia de la enseñanza virtual sobre el

- pensamiento crítico de los profesores en formación. *Revista Currículum y Formación Profesorado*, 17(3), 293-306.
- Martini, M., Widodo, W., Qosyim, A., Mahdiannur, M. A., y Jatmiko, B. (2021). Improving undergraduate science education students' argumentation skills through debates on socioscientific issues. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(3), 428-438.
- MECD, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. B.O.E. (3 de enero de 2015), núm. 3, pp.169-546.
- MEC, Ministerio de Educación (2007). Orden ECI/3858/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de las profesiones de Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas. B.O.E. núm. 312, pp.53751-53753.
- Morris, B. J., Croker, S., Zimmerman, C., Gill, D., y Connie, R. (2013). Gaming science: the "Gamification" of scientific thinking. *Frontiers in Psychology*, 4, 1-16. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00607>
- Mottola, C., y Murphy, P. (2001). Antidote dilemma. An activity to promote critical thinking. *The Journal of Continuing Education in Nursing*, 4, 161-164. DOI: <https://doi.org/10.3928/0022-0124-20010701-06>
- OCDE (2017) *Marco de evaluación y de análisis de PISA para el desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias*. París: OECD Publishing.
- Osborne, J. (2014). Teaching critical thinking. New directions in science education? *School Science Review*, 352, 53-62.
- Osborne, J., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., y Yao, S. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(6), 821-846. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21316>
- Ossa, C., y Díaz, A. (2017). Enfoques intraindividual e interindividual en programas de pensamiento crítico. *Psicología Escolar e Educativa*, 21(3), 593-600. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-353920170213111121>
- Palma, M., Ossa, C., y Lagos, N. (2017). Propuesta de un programa de pensamiento crítico para estudiantes de pedagogía. *X Congreso Internacional Investigación Didáctica Ciencias, Enseñanza de las Ciencias*, extra, 2833-2837.
- Petit, M., Solbes, J., y Torres, N. (2021). El cine de ciencia-ficción para desarrollar cuestiones socio-científicas y el pensamiento crítico. *Praxis & Saber*, 12(29), e11550. DOI: <https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n29.2021.11550>
- Pro, A., Pro, C., y Cantó, J. (2022). ¿Qué problemas tiene la formación de maestros para enseñar ciencias en educación primaria? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*. En prensa.
- Puig, B., Crujeiras, B., Mosquera, I., y Blanco, P. (2021). Integration of Critical Thinking and Scientific Practices to Design-Based Pedagogy. En I. Delen (Ed.), *Design Based Pedagogy Book: Design Based Pedagogical Content Knowledge Across European Teacher Education Programs*, (pp. 89-127). ANI Yayincilik.

- Santiuste, B. (Coord.), Ayala, C., Barriguete, C., García, E., Gonzales, J., Rossignoli, J., y Toledo, E. (2001). *El pensamiento crítico en la práctica educativa*. Fugaz.
- Solbes, J., y Torres, N. (2012). Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones sociocientíficas: un estudio en el ámbito universitario. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 26, 247-269. DOI: <https://doi.org/10.7203/dces.26.1928>
- Stuart J. S., y Tatto, M.T. (2000). Designs for inicial teacher preparation programs: an internacional view. *Internacional Journal of Educational Research*, 33, 493-514. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(00\)00031-8](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(00)00031-8)
- Torres, N. Y. (2014). *Pensamiento crítico y cuestiones socio-científicas: Un estudio en escenarios de formación docente*. Tesis Doctoral. Valencia: Universitat de València.
- Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument* (2003rd ed.). Cambridge University Press.
- Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2018). Una taxonomía de las destrezas de pensamiento: una herramienta clave para la alfabetización científica. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, extra, 1-7. VIII Congreso Internacional de formación de Profesores de Ciencias para la Construcción de Sociedades Sustentables. Bogotá.
- Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2020). Pensamiento científico y pensamiento crítico: competencias transversales para aprender. En A. Vilches (Coord.), *Veinte años de avances y nuevos desafíos en la Educación CTS para el logro de Objetivos de Desarrollo Sostenible. VII Seminario Iberoamericano CTS*, (pp. 519-522). 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.