



# UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

## Facultad de Ciencias de la Educación

Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales. Área de conocimiento de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

### TESIS DOCTORAL

## Argumentación y conciencia ambiental de profesorado de primaria en formación inicial en el contexto de un juego de rol sobre el uso de energía nuclear

Memoria para optar al grado de Doctora en Educación y Comunicación Social por la Universidad de Málaga presentada en la modalidad de tesis por Compendio de publicaciones

**Isabel María Cruz Lorite**

Dirigida por Dr. Ángel Blanco López y Dra. María del Carmen Acebal Expósito

Málaga, 2023.





**UNIVERSITY OF MÁLAGA**

**Faculty of Education Sciences**

Department of Mathematics, Social Sciences and Science Education. Science Education.

**DOCTORAL THESIS**

**Argumentation and environmental awareness of preservice primary teachers in the context of a role-playing game about the use of nuclear power**

Dissertation for the degree of Doctor in Education and Social Communication from the University of Málaga presented in the thesis modality by Compendium of publications.

**Isabel María Cruz Lorite**

Supervised by Dr. Ángel Blanco López and Dr. María del Carmen Acebal Expósito

Málaga, 2023.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

AUTORA: Isabel María Cruz Lorite

 <https://orcid.org/0000-0002-6099-134X>

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga (RIUMA): [riuma.uma.es](http://riuma.uma.es)





UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

Dña. Isabel María Cruz Lorite

Estudiante del programa de doctorado Educación y Comunicación Social de la Universidad de Málaga, autora de la tesis, presentada para la obtención del título de doctora por la Universidad de Málaga, titulada: Argumentación y conciencia ambiental de profesorado de primaria en formación inicial en el contexto de un juego de rol sobre el uso de energía nuclear

Realizada bajo la tutorización del Dr. D. Ángel Blanco López y la dirección de los Dres. D. Ángel Blanco López y Dña. María del Carmen Acebal Expósito

DECLARO QUE:

La tesis presentada es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, conforme al ordenamiento jurídico vigente (Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo.

Igualmente asumo, ante la Universidad de Málaga y ante cualquier otra instancia, la responsabilidad que pudiera derivarse en caso de plagio de contenidos en la tesis presentada, conforme al ordenamiento jurídico vigente.

En Málaga, a 15 de junio de 2023.

Fdo.: Dña. Isabel María Cruz Lorite Doctoranda	Fdo.: D. Ángel Blanco López Tutor
Fdo.: D. Ángel Blanco López Director de la tesis	Fdo.: Dña. María del Carmen Acebal Expósito Directora de la tesis



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

**Dr. D. Ángel Blanco López y Dra. Dña. María del Carmen Acebal Expósito**

Departamento de Didáctica de la Matemática, de las Ciencias Sociales y de las Ciencias Experimentales, Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales,

CERTIFICAN:

Que Dña. Isabel María Cruz Lorite ha realizado bajo nuestra dirección la Tesis Doctoral por compendio de publicaciones titulada «Argumentación y conciencia ambiental de profesorado de primaria en formación inicial en el contexto de un juego de rol sobre el uso de energía nuclear» que se recoge en la presente memoria, cumpliendo todos los requisitos académicos y científicos para optar al Grado de Doctora, por lo que autorizamos su lectura y defensa pública en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Málaga.

Y para que así conste y tenga los efectos oportunos, firmamos el presente informe en Málaga, a 15 de junio de 2023.

Fdo.: Dr. D. Ángel Blanco López  
Tutor y director de la tesis

Fdo.: Dra. Dña. María del Carmen Acebal Expósito  
Directora de la tesis



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## AGRADECIMIENTOS

Llevo pensando en los agradecimientos de mi tesis desde antes incluso de comenzarla, cuando al inicio de mis estudios universitarios empezó a atraerme eso de la investigación y fantaseaba con realizar algún día un doctorado. Así que cualquiera que conozca mi tendencia a expresarme en largos escritos sobre cosas intrascendentes, y sepa cuánto he deseado llegar hasta aquí, no puede esperar que mis agradecimientos sean breves. Creo que el esfuerzo no es suficiente para conseguir nuestros objetivos y que la suerte juega un papel determinante. Por ello, me gustaría dar las gracias por todos los «golpes de suerte» que han contribuido a que esta tesis sea una realidad.

El primero es haber tenido una madre y un padre que han dedicado sus vidas y su trabajo a que sus hijos tuvieran la mejor educación que pudieran darles. Siempre digo que en mi casa la opción de dejar los estudios no existía. Y es que, aparte de que comiéramos bien (y mucho, sobre todo pescado), nuestra educación era una de sus prioridades. Gracias por esa herencia, por la vida y por todas las oportunidades que nos habéis dado a mí y a mis hermanos. A mis hermanos tengo que agradecerles las madrugadas, hasta el amanecer, de conversaciones sobre... absolutamente todo. Gracias por abrirme la mente.

El segundo vino durante mi formación universitaria, de la mano de la profesora Lourdes Aragón Núñez de la Universidad de Cádiz, a quien nunca podré agradecer lo suficiente que confiara en la persona que había tras aquella carta de presentación, permitiéndome conocer la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Gracias por seguir contando conmigo.

El tercero fue gracias al profesor Ángel Blanco López, quien confió en un currículum recién salido del horno; lo cual me permitió disfrutar de mi primer contrato en la Universidad. Posteriormente pude comenzar una tesis doctoral bajo su dirección. Un agradecimiento justo a tu dedicación a esta tesis, a lo mucho que me has enseñado estos años, a tu paciencia, a tu disposición, a tu rigurosidad en el trabajo y a tu apoyo a nivel personal sería extenso para incluirlo aquí. Así que solo diré que, ya el primer año de tesis, yo solía bajar andando a la Facultad cada mañana, escuchando música, y muchas veces miraba al cielo y pensaba: «Gracias por este director de tesis». No es una forma de hablar ni una exageración, y tampoco soy creyente.

El cuarto fue tener como codirectora de tesis a la profesora María del Carmen Acebal Expósito. Gracias por tus wasaps de «¿Cómo estás?», por tu atención mostrada a nivel personal, además de la mostrada a nivel profesional, y por empeñarte en que jamás olvide la mirada ambiental. Gracias por recordarme siempre cuál es el objetivo más allá de los conjuntos de datos.

El quinto fue contar con el «codirector en la sombra» de esta tesis, el profesor Daniel Cebrián Robles. Cualquiera que lea esto y conozca a Daniel sabrá que todo lo que pueda decir sobre él es poco. Y es que, la principal de sus numerosas virtudes es su absoluta disponibilidad para ayudar a quien sea, como sea y cuando sea. Aunque la ANECA no te lo vaya a reconocer, para mí siempre serás uno más de los directores de esta tesis.

*The sixth is to have had the opportunity to carry out two research stays during this thesis, with Dr. Maria Evagorou (University of Nicosia) and Dr. Nicolas Hervé (École Nationale Supérieure de Formation de l'Enseignement Agricole). It was a pleasure to confirm that your human quality matched your professional quality, both immeasurable. Maria, 90% of the good memories I will always keep of Cyprus are due to your constant attention during those three months; the remaining 10% to halloumi, souvlaki and the beauty of Cyprus. Nicolas, thank you for your welcome, for giving me so many training opportunities during my stay and for accepting a gift as typical as it is risky in France: (Spanish) cheese.*

El séptimo fue tener, desde el principio hasta el final de este proceso, lo mejor que se puede tener para hacer una tesis doctoral: una novia que vive a 950 km. Bueno para la tesis, quiero decir. Gracias, Nekane, por las horas de escucha sobre diferencias estadísticamente significativas, revisores y burocracia (inteligentemente canjeadas por horas de charla sobre el Karl-Fischer). También debe quedar constancia de tu tan útil lectura y revisión de la tesis. Gracias por tu compañía, tu amor y, sobre todo, tu humor durante este proceso. No sería justo no agradecerle a Loli que me abriera las puertas de su casa y su preocupación por qué era «eso de la tesis» o cuándo iba a encontrar un «trabajo de verdad».

El octavo son mis amigas. Empezando por Baeza, gracias, Laura y Luisina, por vuestra amistad, sobradamente probada por vuestro aguante a las chapas sobre la tesis. Sois mi razón y mi corazón, el problema es que no sé quién es qué y todo tengo que consultarlo con ambas para aclararme. A mi prima/amiga Marivi, *merci*, te doy las gracias, *merci*, por estar pendiente de todo este proceso y sacarme por ahí para reiniciar. Siguiendo por Cádiz, a Dani, gracias por empujarme a hacer tantas cosas que no pensaba que pudiera hacer, tanto dentro como fuera de la Universidad. A Lola, gracias por el orgullo que me has dicho sentir por mí y por mi esfuerzo todos estos años y por el que me ayudaste a sentir por mí misma hace ya... doce. A Mikel, porque no creo que nunca hayas sido consciente de lo que supuso en mi vida conocerte y por poner tu arte al servicio de la portada de esta tesis, evitando que cometiera la imprudencia de hacerla yo. A Alf, María, Miriam, Olga y Sole, por seguir esta tesis a distancia y hacer esfuerzos por vernos todos estos años. De Málaga no puedo dejar de

mencionar a Las Piñas, con quienes comencé mi formación en Educación Ambiental. Conseguimos dos cosas muy importantes: un máster y ser la mejor sede de Andalucía. A Arasy, por enseñarme cómo funciona la Universidad; a Isa y Juan Antonio, por enseñarme cómo no funciona la Universidad; y a María del Mar, por enseñarme. A las cuatro os agradezco todos los momentos dentro y (sobre todo) fuera de la Facultad. Terminando por Madrid, gracias, Sofía, por tu seguimiento de este proceso y por hacerme partícipe del tuyo. Siempre creeré que tu tesis tendrá mucho más mérito que la mía, a pesar de que sea en la Complutense.

El noveno es haber estado rodeada de profesionales excepcionales durante estos años: los compañeros del área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, los miembros del Grupo ENCIC y del subgrupo QSV ENCIC, conocidos estos últimos en mi ámbito privado como «el consejo de sabios». Aunque cómica, esta metáfora surge del verdadero privilegio que es asistir a nuestras reuniones. Me gustaría agradecer expresamente al profesor Antonio Joaquín Franco Mariscal y a las profesoras Carolina Martín Gámez y, de nuevo, Carmen Acebal, por su mentoría y acompañamiento en mis primeras experiencias docentes. Gracias por responder con paciencia y comprensión a mis llamadas y audios por «emergencias» docentes. Gracias al Profesor José Manuel Hierrezuelo Osorio, por hacerme sentir como en casa cuando, recién aterrizada, me sentía una extraña. Sirvan estos agradecimientos para dejar aviso de que si muero de un infarto en mi despacho deben buscarle a él. Gracias también a Juliana y Vero por su ayuda para identificar aves. Saber cómo diferenciar una cogujada de una alondra o un cernícalo primilla de uno común me ha dado la paz mental que necesitaba en la recta final de la tesis. Y como las referencias siempre van al final, gracias, Pilar, por los referentes.

El décimo y último, es haber podido realizar toda mi formación, desde Infantil hasta la Universidad, en un sistema público de educación que me ha permitido realizar mi tesis doctoral con una beca, consciente de que son unas condiciones de las que no todo el mundo disfruta.

Estoy significativamente segura de que sin todo o parte de esto el esfuerzo no habría sido suficiente [ $\alpha = .01$ ,  $p = .000$ ].



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

Esta tesis doctoral ha sido financiada por el Fondo Social Europeo y la Agencia Estatal de Investigación a través del contrato predoctoral para Formación de Personal Investigador (FPI) con referencia «PRE2018-083328», dentro del proyecto de I+D de Excelencia con referencia «EDU2017-82197-P», titulado «Desarrollo de competencias en problemas de la vida diaria mediante prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en enseñanza secundaria y universitaria», y ha sido desarrollada dentro el Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias y Competencias (ENCIC) HUM-974.





UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

*A mi madre, Carmen, y a mi padre, Juan José,  
por su esfuerzo.*



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

# RESUMEN

Esta tesis doctoral aborda dos de las principales líneas de investigación de la enseñanza de las ciencias experimentales: la educación ambiental y la práctica científica de argumentación.

La principal motivación de esta investigación radica en la necesidad de profundizar en el conocimiento acerca de la introducción de la educación ambiental en las aulas, a la luz de la creciente preocupación social actual sobre los grandes problemas ambientales. La búsqueda de soluciones a dichos problemas ambientales pasa inexorablemente por la integración de una mirada ambiental en todos los contextos y etapas educativas, de cara a mejorar las competencias del alumnado con relación a los retos sociales a los que se enfrenta o se enfrentará en el futuro. En esta investigación se asume que la mejora de dichas competencias pasa por la integración de la perspectiva ambiental en la formación del profesorado y, concretamente, en su formación inicial. En lo que respecta a la educación científica, la evaluación de las competencias del futuro profesorado de ciencias es un aspecto crucial a considerar en el diseño de programas y actividades formativas que persigan la adecuada integración por parte de este profesorado de la variable ambiental en sus futuras prácticas docentes; siendo la conciencia ambiental y las habilidades argumentativas dos aspectos relevantes a la hora de tratar y discutir problemas sociocientíficos (SSI del inglés *socioscientific issues*) con implicaciones ambientales. La evaluación de estos aspectos precisa del uso de contextos educativos que permitan ponerlas en juego, siendo las estrategias didácticas basadas en procesos dialógicos especialmente adecuadas para tal fin. Por ello, en esta investigación se han estudiado la conciencia ambiental y las habilidades argumentativas de profesorado de primaria en formación inicial (en adelante PPFi) acerca del SSI del uso de energía nuclear utilizando como estrategia didáctica el juego de rol.

Por todo lo comentado, esta investigación gira en torno a cuatro grandes cuestiones: la argumentación como práctica científica, la conciencia ambiental, el uso de energía nuclear como SSI y el juego de rol como estrategia didáctica.

## Argumentación

La enseñanza es una forma de comunicación que se basa en el lenguaje, moldeando su adquisición y las pautas lingüísticas del alumnado (Curren, 2003). En este sentido, una educación amplia y variada debería tener como objetivos tanto la capacidad de expresarse como el conocimiento de los hechos (Kallendorf, 2003). Una forma de fomentar la capacidad de expresión del alumnado es mediante la práctica de la argumentación.

La argumentación ha sido objeto de gran atención por parte de los investigadores en didáctica de las ciencias en las últimas décadas (Lee *et al.*, 2009), siendo la argumentación sobre SSI una de las últimas novedades en esta línea de investigación (Gutiérrez, 2018). Atendiendo al tipo de razonamiento puesto en práctica existen dos tipos principales de argumentación: la argumentación formal y la informal. Los procesos dialógicos en torno a los SSI se asocian con la argumentación de tipo informal, caracterizada por el razonamiento informal, cuyo análisis comprende tres aspectos relevantes: el modo de toma de decisiones y el cambio de posiciones, los modos de razonamiento informal y los niveles o calidad de la argumentación (Wu y Tsai, 2007) del alumnado. En esta investigación se aborda el desempeño de PPFi sobre estos tres aspectos en el contexto de un juego de rol sobre un SSI relacionado con el uso de energía nuclear.

### **Conciencia ambiental**

El estudio de las actitudes ambientales, desde el punto de vista de la Psicología Ambiental, ha sido objeto de atención desde aproximadamente la década de 1970 (Corraliza *et al.*, 2004). En la literatura académica española el término «conciencia ambiental» fue introducido por primera vez por Chuliá (1995). Esta autora considera que la conciencia ambiental es un constructo que se explica mediante un modelo compuesto por cinco dimensiones, a saber: afectiva, cognitiva, conativa, activa individual y activa colectiva. Se trata de un modelo seguido, con variaciones no sustanciales del mismo, por diversos autores en España (Muñoz, 2012) en las últimas décadas en el ámbito de la ciencia y la educación ambiental (Gómez *et al.*, 1999; Jiménez y Lafuente, 2006; Gomera, 2008; 2011; Acebal-Expósito, 2010; Gomera *et al.*, 2012; Laso *et al.*, 2019).

El constructo «conciencia ambiental» se utiliza en esta tesis como un instrumento organizador de la evidencia empírica que pretende servir como una herramienta de trabajo (Chuliá, 1995) aplicable a la evaluación de los aspectos cognitivos, afectivos, actitudinales y conductuales del profesorado en formación inicial en relación con las implicaciones ambientales de un SSI. Concretamente, se ha analizado la influencia de la participación en juegos de rol sobre SSI relacionados con el uso de energía nuclear en la conciencia ambiental del PPFi.

### **El uso de energía nuclear como problema sociocientífico**

A pesar de los beneficios reportados en la literatura sobre enseñanza de las ciencias, el tratamiento de SSI sigue siendo escaso en la educación primaria (Kinskey y Zeidler, 2021). Un factor que podría propiciar un aumento de su introducción en las aulas de primaria es su inclusión en la formación inicial del profesorado de dicha etapa.

La cuestión del uso de energía nuclear claramente cumple los criterios para ser considerado como un SSI (Herawati y Ardianto, 2017), que ha tenido un gran impacto en diversos ámbitos en la historia mundial reciente (Solbes y Torres, 2018) y se trata, además, de un tema de gran importancia en la agenda política europea que ha recibido una considerable atención mediática en los últimos años (Alderman y Pronczuk, 2022). Por su relevancia, y puesto que sus características se ajustan al nivel cognitivo del profesorado en formación inicial, en esta investigación se ha utilizado el uso de energía nuclear como contexto para el estudio de la conciencia ambiental y las habilidades argumentativas del PPFi, aunque no se plantea que sea aplicable como tal en las aulas de educación primaria.

### **El juego de rol como estrategia didáctica**

El juego de rol es un tipo de juego de simulación que puede definirse como un sistema de creación de historias basado en reglas (Grande de Prado *et al.*, 2020). En él, cada participante interpreta un rol específico e interactúa con el resto siguiendo unas reglas (García *et al.*, 2011) para representar una situación de forma realista (Avin *et al.*, 2020) en un contexto simulado. Esta estrategia didáctica ha penetrado en el ámbito educativo en las últimas décadas, dado su potencial para facilitar la motivación intrínseca, además de proporcionar a sus participantes beneficios de aprendizaje útiles, medibles y relevantes (Henriksen, 2010).

Algunos de los beneficios del uso de juegos de rol en el aula tienen que ver con la sensibilización ambiental (Benayas y Jiménez, 1990) o la mejora en la comprensión de conceptos complejos (McSharry y Jones, 2000) por parte del alumnado. La literatura al respecto también ha reportado beneficios en el ámbito de la enseñanza de las ciencias (Schnurr *et al.*, 2015), como ayudar a mejorar los procesos de argumentación (Simonneaux, 2008) al permitir la visibilización de diversos puntos de vista, en ocasiones opuestos (España-Ramos *et al.*, 2013). Por ello, en esta investigación se ha considerado adecuado utilizar el juego de rol como estrategia didáctica para el tratamiento del SSI del uso de energía nuclear.

### **Diseño de la investigación y preguntas de investigación**

El enfoque metodológico adoptado en la investigación es de tipo mixto y la muestra es de tipo intencional, estando conformada en su totalidad por PPFi. La investigación desarrollada consistió en dos partes que incluyeron los estudios y preguntas de investigación que se detallan a continuación.

1.<sup>a</sup> parte. Se realizó un estudio a través de una investigación basada en el diseño (IBD en adelante) de un juego de rol acerca del uso de energía nuclear. Se realizaron tres

ciclos de diseño, implementación y revisión del juego de rol y se analizó su influencia en la conciencia ambiental del PPFi (estudio 1):

- Pregunta de investigación 1 (P1): ¿qué tipo de relación existe entre la mejora metodológica iterativa de un juego de rol sobre energía nuclear y la conciencia ambiental del PPFi?

2.ª parte. Se realizaron tres estudios para analizar el conocimiento científico, la posición sobre el SSI tratado y las habilidades argumentativas del PPFi:

- Estudio 2: análisis del conocimiento científico del PPFi sobre la obtención de energía eléctrica en una central nuclear antes y después de participar en un juego de rol sobre el uso de energía nuclear:
  - Pregunta de investigación 2 (P2): ¿en qué medida, si es que lo hace, un juego de rol sobre el SSI del uso de la energía nuclear ayuda al PPFi a desarrollar ideas más científicamente informadas sobre el proceso de obtención de electricidad en una central nuclear?
  - Pregunta de investigación 3 (P3): ¿qué ideas no científicamente informadas tiene el PPFi sobre este proceso y hasta qué punto persisten después de participar en el juego de rol?
- Estudio 3: análisis de los cambios de posición del PPFi sobre una cuestión relacionada con el uso de energía nuclear tras su participación en un juego de rol:
  - Pregunta de investigación 4 (P4): ¿qué cambios, si los hay, se producen en la posición del PPFi sobre el futuro uso de energía nuclear?
- Estudio 4: análisis de las habilidades argumentativas del PPFi durante su participación en un juego de rol sobre el uso de energía nuclear:
  - Pregunta de investigación 5 (P5): ¿cómo argumenta el PPFi cuando participa en un juego de rol sobre energía nuclear?

## **Metodología y principales conclusiones de los estudios realizados**

### **Estudio 1**

El PPFi cumplimentó un cuestionario de conciencia ambiental de tipo mixto antes y después de su participación en el juego de rol. Los datos recogidos fueron analizados de forma tanto cualitativa como cuantitativa. La investigación basada en el diseño ha sido útil para mejorar el diseño del juego de rol, principalmente en cuanto al favorecimiento de la movilización de las posiciones del PPFi sobre el uso de energía nuclear y al aprendizaje de ciertos conocimientos científicos básicos relacionados con el funcionamiento de las centrales nucleares. Los resultados muestran que el juego de

rol parece haber influido en ciertos aspectos relativos a la dimensión cognitiva de la conciencia ambiental del PPF, aunque no se han registrado mejoras en aspectos de las dimensiones afectiva, conativa y activa. La conciencia ambiental del profesorado participante está, además, caracterizada por el conocido como *gap* ambiental.

## **Estudio 2**

Se analizaron las respuestas del PPF participante en el 3.º ciclo de la investigación basada en el diseño a la pregunta: «Describe, de principio a fin, todo el proceso que piensas que se lleva a cabo en una central nuclear». Las respuestas fueron analizadas cualitativamente con base en un esquema general de siete etapas del proceso de obtención de energía eléctrica llevado a cabo en las centrales nucleares. El conocimiento científico del PPF presenta mejoras en el número de etapas del proceso descritas tras el juego de rol, aunque se mantienen ciertos errores conceptuales e imprecisiones en las descripciones.

## **Estudio 3**

Se analizaron cuantitativamente las respuestas del PPF a la pregunta sobre el posicionamiento ante el pacto llevado a cabo por el Gobierno español para el cierre de las centrales nucleares españolas, en el 3.º ciclo de la IBD. Las posiciones de prácticamente la mitad del PPF se movilizaron tras el juego de rol, habiéndose encontrado cierta relación entre estas y el nivel de desacuerdo mostrado inicialmente entre la posición personal del PPF y la del rol que debían defender.

## **Estudio 4**

Se analizaron de forma cualitativa a partir de las transcripciones de las grabaciones en vídeo de los juegos de rol los modos de razonamiento informal del PPF, la estructura de sus argumentos y la estructura del diálogo. Los modos de razonamiento informal se analizaron mediante un proceso inductivo de extracción de categorías y subcategorías. La estructura de los argumentos se analizó utilizando la adaptación de Jiménez-Aleixandre (2010) del modelo de Toulmin (1958). La estructura del diálogo se analizó mediante el marco de análisis adaptado de Felton y Kuhn (2001). Entre el PPF participante predominan los modos de razonamiento informal ambiental y económico, siendo escasos los argumentos sobre cuestiones sociales. Sus argumentos se caracterizan por un elevado uso de pruebas y conclusiones, mostrando ciertas limitaciones en la formulación de justificaciones. Finalmente, sus recursos argumentativos son principalmente expositivos, sin llegar de forma significativa a retar o cuestionar los argumentos contrarios.

## **Limitaciones de la investigación**

La investigación realizada en esta tesis tiene ciertas limitaciones, siendo la principal de ellas que la muestra de carácter intencional y el diseño no experimental de los estudios no permiten generalizaciones de los resultados y las conclusiones.

En cuanto al estudio 1, los cuestionarios de conciencia ambiental utilizados no han sido sometidos a las pruebas de validez y fiabilidad estadística necesarias para su uso con muestras similares y se limitan a ciertos aspectos de la conciencia ambiental.

En cuanto al estudio 2, este ha permitido identificar cambios en las ideas científicas del PPFi sobre el proceso de obtención de electricidad en una central nuclear, pero no pueden aventurarse las razones de dichos cambios.

En cuanto al estudio 3, aunque el método utilizado permitió analizar los cambios en la posición personal del PPFi tras el juego de rol, los resultados no dicen por qué pudieron producirse estos cambios. Además, los resultados podrían diferir al utilizar un SSI distinto.

En cuanto al estudio 4, los criterios para la definición de los modos de razonamiento informal no parecen ser los mismos en todos los trabajos encontrados al respecto, por lo que la comparación de los resultados de este estudio con los obtenidos en otros trabajos debe interpretarse considerando las diferencias metodológicas. Además, no puede asumirse la idoneidad de las pruebas utilizadas por el PPFi en sus argumentos, al no haber sido evaluado este aspecto.

## **Implicaciones de la investigación**

### **Para la formación del profesorado**

El uso de juegos de rol para tratar SSI relacionados con el uso de energía nuclear parece una buena estrategia didáctica para favorecer el desarrollo de la dimensión cognitiva de la conciencia ambiental del PPFi, aunque no parece favorecer el desarrollo de las dimensiones afectiva, conativa y activa (estudio 1). Por ello, y debido al *gap* ambiental presente en la conciencia ambiental del PPFi participante, los formadores del futuro profesorado deberían incidir en aspectos como los valores personales, las normas sociales o las actitudes, y no solo en aspectos cognitivos.

El uso de juegos de rol sobre SSI relacionados con la energía nuclear requiere de un mayor andamiaje para ayudar al PPFi a adquirir aspectos clave de las ideas científicas (estudio 2). Este andamiaje podría abordarse con medidas como: proporcionarles materiales o fuentes de información científica que pudieran utilizar al preparar sus roles, el tratamiento explícito de las imprecisiones y errores conceptuales, facilitarles el acceso a expertos externos durante la preparación del juego de rol, el desarrollo de un papel

más activo del docente durante la escenificación o la ampliación del periodo de preparación de los roles.

El planteamiento de diferentes posiciones ante el SSI del uso de energía nuclear puede favorecer el cambio de posiciones en el PPF, lo que permitiría que este pueda identificarse con posiciones diferentes a su posición inicial (estudio 3).

En las experiencias de juego de rol debería fomentarse el diálogo dedicado a retar y cuestionar los argumentos contrarios, en detrimento de las intervenciones expositivas (estudio 4). Asimismo, el favorecimiento de un ritmo más lento de debate podría propiciar la construcción de argumentos completos por parte del PPF. Los formadores del PPF deberían incidir en la elaboración de justificaciones y la formulación de conclusiones a la hora de implementar esta estrategia en el aula, más que en el aporte de pruebas. Por otro lado, los formadores del futuro profesorado pueden enmarcar el SSI de manera que fomente diferentes modos de razonamiento informal, especialmente el social. Para ayudar a equilibrar el debate en este sentido, se podría ofrecer al PPF información adicional antes de preparar sus roles, de modo que su búsqueda de información no se dirija únicamente hacia los aspectos más presentes en los medios de comunicación, sino también hacia otros con igual relevancia. Esto podría realizarse proporcionando un breve resumen de las controversias existentes en torno al uso de energía nuclear.

Las posibles implicaciones de esta investigación trascienden además el ámbito educativo. El tratamiento de SSI relacionadas con el uso de la energía nuclear con PPF puede hacerles más conscientes de cuestiones relacionadas con la política energética, la comunicación de información sobre la energía nuclear, la política medioambiental o aspectos sociales como la oferta y la demanda de energía, lo cual puede ser útil para familiarizarles con el activismo educativo.

### **Para la investigación**

Los estudios 1 y 2 realizan aportaciones relevantes a las líneas de investigación sobre el impacto de las actividades de juego de rol en el conocimiento científico y sobre la conciencia ambiental del PPF.

Los resultados del estudio 3 contribuyen a arrojar luz sobre dos aspectos del cambio de posiciones tras la participación en un juego de rol que hasta ahora no han sido analizados en profundidad en la literatura existente, como son la influencia de la posición inicial de los participantes sobre el problema tratado y del nivel de desacuerdo entre sus posiciones iniciales y la del rol que tienen que defender en el cambio de posición experimentado. También se ha empleado en este estudio un novedoso método de

análisis que ha permitido identificar la magnitud de los cambios de posición, su naturaleza y su relación con el rol adoptado por los participantes en el juego de rol.

En cuanto al estudio 4, se ha ampliado el ámbito de aplicación realizado hasta el momento del marco de análisis de Felton y Kuhn (2001), que ha demostrado ser útil para analizar los diferentes tipos de interacciones que tienen lugar durante la escenificación de un juego de rol.

### **Futuras investigaciones**

Las futuras líneas de investigación que se derivan de esta tesis doctoral tienen que ver con el abordaje de nuevas preguntas acerca de la influencia del rol defendido durante el juego de rol en: a) el aprendizaje de conocimientos científicos básicos, b) la estructura de los argumentos elaborados durante el juego de rol, c) la estructura del diálogo construido durante la escenificación y d) la diferencia en la estructura de los argumentos y del diálogo en las dos partes de la escenificación. También sería interesante analizar el contenido de las escenificaciones de los juegos de rol desde la perspectiva de qué ideas científicas son utilizadas por el PPFi. La relación entre dichas ideas científicas y sus habilidades argumentativas es una cuestión que merece también una investigación más profunda. Además, sería necesario emprender el análisis detallado de la calidad, relevancia y consistencia de las pruebas utilizadas en sus argumentos, así como de los temas más frecuentemente ignorados durante la escenificación. Y, finalmente, corroborar los resultados del estudio acerca del cambio de posiciones con nuevas investigaciones que incluyan diferentes SSI, o el mismo SSI en diferentes países.

### **Publicaciones que avalan la tesis**

Esta tesis doctoral está avalada por tres contribuciones principales derivadas de tres de los cuatro estudios realizados:

- Cruz-Lorite, I. M., Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C. y Blanco-López, A. (2021). Juego de rol sobre energía nuclear en la formación inicial de maestras y maestros de primaria. In D. Cebrián, A. J. Franco, T. Lupión y M. C. Acebal (Coord.), *Enseñanza de las ciencias y problemas relevantes de la ciudadanía* (pp. 372-391). Graó.
- Cruz-Lorite, I. M., Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C. y Blanco-López, A. (2022). Pre-service teachers' ideas about obtaining electricity in nuclear power stations in a role play context. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(11), 1-15. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12507>.
- Cruz-Lorite, I. M., Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C. y Evagorou, M. (2023). Analysis of the informal reasoning modes of preservice primary teachers

when arguing about a socio-scientific issue on nuclear power during a role play.  
(2023). *Sustainability*, 15, 1-17. <https://doi.org/10.3390/su15054291>.

**Palabras clave:** argumentación, conciencia ambiental, profesorado de primaria en formación inicial, juego de rol, energía nuclear.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

# ABSTRACT<sup>1</sup>

This doctoral thesis addresses two of the main research lines in science education: environmental education and the scientific practice of argumentation.

The main motivation for this research lies in the need to deepen knowledge about the introduction of environmental education in the classroom, in the light of the current growing social concern about major environmental problems. The search for solutions to these environmental problems inexorably involves the integration of an environmental perspective in all educational contexts and stages, with a view to improving students' competences in relation to the social challenges they face or will face in the future. In this research it is assumed that the improvement of these competences requires the integration of the environmental perspective in teacher training and, specifically, in their initial training. As far as science education is concerned, the assessment of the competences of future science teachers is a crucial aspect to be considered in the design of training programmes and activities aimed at the adequate integration by these teachers of the environmental variable in their future teaching practices; environmental awareness and argumentative skills are two relevant aspects when dealing with and discussing socioscientific issues (hereafter SSI) with environmental implications. The evaluation of these aspects requires the use of educational contexts that allow them to be put into play, with teaching strategies based on dialogical processes being particularly suitable for this purpose. Therefore, in this research we have studied the environmental awareness and argumentative skills of preservice primary teachers (hereafter PPT) about the SSI of the use of nuclear power using role play as a teaching strategy.

For all these reasons, this research focuses on four main issues: argumentation as a scientific practice, environmental awareness, the use of nuclear power as a SSI and role-play as a teaching strategy.

## **Argumentation**

Teaching is a form of communication that is based on language and shapes the language acquisition and linguistic patterns of learners (Curren, 2003). In this sense, a broad and varied education should aim at both the ability to express oneself and the knowledge of facts (Kallendorf, 2003). One way to foster students' ability to express themselves is through the practice of argumentation.

Argumentation has been the subject of great attention by researchers in science teaching in recent decades (Lee *et al.*, 2009), with SSI argumentation being one of the latest

---

<sup>1</sup> Esta tesis opta a la mención internacional y, de acuerdo con la normativa de la Universidad de Málaga al respecto, se incluye un resumen y las conclusiones en lengua inglesa.

developments in this line of research (Gutiérrez, 2018). Attending to the type of reasoning put into practice, there are two main types of argumentation: formal and informal argumentation. Dialogical processes around SSI are associated with informal argumentation, characterised by informal reasoning, the analysis of which comprises three relevant aspects: the decision-making mode and position change, the informal reasoning mode and the levels or quality of argumentation (Wu & Tsai, 2007) of the students. This research addresses the performance of PPT on these three aspects in the context of a role play on a SSI related to the use of nuclear power.

### **Environmental awareness**

The study of environmental attitudes, from the point of view of Environmental Psychology, has been the subject of attention since approximately the 1970s (Corraliza *et al.*, 2004). In the Spanish academic literature, the term 'environmental awareness' was first introduced by Chuliá (1995). This author considers that environmental awareness is a construct that is explained by means of a model composed of five dimensions, namely: affective, cognitive, conative, individual active and collective active. This is a model followed, with non-substantial variations thereof, by various authors in Spain (Muñoz, 2012) in recent decades in the field of science and environmental education (Gómez *et al.*, 1999; Jiménez and Lafuente, 2006; Gomera, 2008; 2011; Acebal-Expósito, 2010; Gomera *et al.*, 2012; Laso *et al.*; 2019).

The construct 'environmental awareness' is used in this thesis as an organising instrument of empirical evidence that aims to serve as a working tool (Chuliá, 1995) applicable to the evaluation of the cognitive, affective, attitudinal and behavioural aspects of PPT in relation to the environmental implications of a SSI. Specifically, the influence of participation in role play about SSI related to the use of nuclear power on the environmental awareness of PPT has been analysed.

### **The use of nuclear power as a socioscientific issue**

Despite the benefits reported in the science education literature, the treatment of SSI is still rare in primary education (Kinskey & Zeidler, 2021). One factor that could lead to an increase in their introduction in primary classrooms is their inclusion in initial primary teacher training.

The issue of the use of nuclear power clearly meets the criteria for being considered a SSI (Herawati & Ardianto, 2017), which has had a major impact on various areas in recent world history (Solbes & Torres, 2018) and is also a major issue on the European political agenda that has received considerable media attention in recent years (Alderman & Pronczuk, 2022). Due to its relevance, and since its characteristics fit the cognitive level of preservice teachers, this research has used the use of nuclear power

as a context for studying the environmental awareness and argumentative skills of PPT, although it is not intended to be applicable as such in primary school classrooms.

### **Role play as a teaching strategy**

Role play is a type of simulation game that can be defined as a rule-based story creation system (Grande de Prado *et al.*, 2020). In it, each participant plays a specific role and interacts with the rest following certain rules (García *et al.*, 2011) to represent a situation realistically (Avin *et al.*, 2020) in a simulated context. This teaching strategy has penetrated the educational field in recent decades, given its potential to facilitate intrinsic motivation, in addition to providing its participants with useful, measurable and relevant learning benefits (Henriksen, 2010).

Some of the benefits of using role play in the classroom are related to environmental awareness (Benayas & Jiménez, 1990) or improving students' understanding of complex concepts (McSharry & Jones, 2000). The literature has also reported benefits in the field of science education (Schnurr *et al.*, 2015), such as helping to improve argumentation processes (Simonneaux, 2008) by making different, sometimes opposing, points of view visible (España-Ramos *et al.*, 2013). For this reason, in this research it was considered appropriate to use role play as a teaching strategy for dealing with the SSI of the use of nuclear power.

### **Research design and research questions**

The methodological approach adopted in the research is mixed and the sample is purposive, being made up entirely of PPT. The research consisted of two parts that included the studies and research questions detailed below.

1<sup>st</sup> part. A Design-Based Research (DBR) was carried out on the design of a role play about the use of nuclear power. Three cycles of design, implementation and review of the role play were carried out and its influence on the environmental awareness of the PPT was analysed (study 1):

- Research question 1 (RQ1): Does the iterative methodological improvement of a role play on nuclear power have a greater impact on the environmental awareness of PPT?

2<sup>nd</sup> part. Three studies were carried out to analyse the scientific knowledge, the position on the SSI addressed and the argumentative skills of PPT:

- Study 2: analysis of the PPT's scientific knowledge of obtaining electricity in a nuclear power station before and after participating in a role play on the use of nuclear power:

- Research question 2 (RQ2): to what extent, if at all, does a role play on the SSI of the use of nuclear power help the PPT to develop more scientifically informed ideas about the process of obtaining electricity in a nuclear power station?
- Research question 3 (RQ3): what non-scientifically informed ideas do PPT hold about this process and to what extent do these persist after participating in the role play?)
- Study 3: analysis of the changes in PPT's position on an issue related to the use of nuclear power following their participation in a role play:
  - Research question 4 (RQ4): what changes, if any, are there in the PPT's position on the future use of nuclear power?
- Study 4: analysis of PPT's argumentative skills during their participation in a role play on the use of nuclear power:
  - Research question 5 (RQ5): how does the PPT argue when it engages in a role play on nuclear power?

## **Methodology and main findings of the studies carried out**

### **Study 1**

The PPT completed a mixed environmental awareness questionnaire before and after their participation in the role play. The data collected were analysed both qualitatively and quantitatively. The DBR has been useful in improving the design of the role play, mainly in terms of mobilising the PPT's positions on the use of nuclear power and learning some basic scientific knowledge related to the operation of nuclear power stations. The results show that the role play seems to have influenced certain aspects related to the cognitive dimension of the environmental awareness of the PPT, although no improvements have been registered in aspects of the affective, conative and active dimensions. The PPT's environmental awareness is also characterised by the so-called 'environmental gap'.

### **Study 2**

The PPT's responses in the 3rd cycle of the DBR to the question: 'Describe, from start to finish, the process of obtaining electricity in a nuclear power station' were analysed. The answers were qualitatively analysed based on a general seven-stage outline of the process of obtaining electricity in nuclear power stations. The scientific knowledge of the participants shows improvements in the number of process stages described after the role play, although some conceptual errors and inaccuracies in the descriptions remain.

### **Study 3**

The PPT's responses to the question about their position on the pact carried out by the Spanish government for the closure of the Spanish nuclear power stations were analysed quantitatively in the 3<sup>rd</sup> cycle of the DBR. The positions of almost half of the PPT were mobilised after the role play, and a certain relationship was found between these and the level of disagreement shown between the PPT's initial personal position and that of the role they had to defend.

### **Study 4**

The informal reasoning modes of the PPT, the structure of their arguments and the structure of the dialogue were qualitatively analysed from the transcripts of the video recordings of the role plays. The informal reasoning modes were analysed through an inductive process of extracting categories and subcategories. The structure of the arguments was analysed using Jiménez-Aleixandre's (2010) adaptation of Toulmin's (1958) model. The structure of the dialogue was analysed using the analysis framework adapted from Felton and Kuhn (2001). Among the PPT, environmental and financial informal reasoning modes predominate, with few arguments on social issues. Their arguments are characterised by a high use of evidence and claims, showing certain limitations in the formulation of justifications. Finally, their argumentative resources are mainly expository, without significantly challenging or questioning opposing arguments.

### **Limitations of the research**

The research carried out in this thesis has certain limitations, the main one being that the purposive sample and the non-experimental design of the studies do not allow generalisations of the results and conclusions.

As for study 1, the environmental awareness questionnaires used have not been subjected to the validity and reliability statistical tests necessary for their use with similar samples and are limited to certain aspects of environmental awareness.

As for study 2, it has identified changes in the PPT's scientific ideas about the process of obtaining electricity in a nuclear power station, but the reasons for these changes cannot be ascertained.

As for study 3, although the method used made it possible to analyse changes in the personal position of the PPT after the role play, the results do not say anything about why these changes might have occurred. Furthermore, the results might differ when using a different SSI.

As for study 4, the criteria for the definition of informal reasoning modes do not seem to be the same in all the works found on the subject, so that the comparison of the results

of this study with those obtained in other works must be interpreted considering the methodological differences. Furthermore, the appropriateness of the evidence used by the PPT in their arguments cannot be assumed, as this aspect has not been evaluated.

## **Implications of the research**

### **For teacher training**

The use of role play to deal with SSI related to the use of nuclear power seems to be a good teaching strategy to favour the development of the cognitive dimension of the environmental awareness of PPT, although it does not seem to favour the development of the affective, conative and active dimensions (study 1). Therefore, and due to the 'environmental gap' present in the environmental awareness of the PPT, the trainers of future teachers should focus on aspects such as personal values, social norms and attitudes, and not only on cognitive aspects.

The use of role plays on SSI related to nuclear power requires further scaffolding to help PPT acquire key aspects of scientific ideas (study 2). This scaffolding could be addressed by measures such as: providing them with materials or sources of scientific information that they can use when preparing their roles, explicitly addressing inaccuracies and conceptual errors, providing access to external experts during the preparation of the role play, developing a more active role for the teacher during the role play, or extending the preparation period for the roles.

The approach of different positions on the SSI of the use of nuclear power may favour the change of positions in PPT, which would allow them to identify with positions that differ from their initial position (study 3).

In role play experiences, dialogue dedicated to challenging and questioning opposing arguments should be encouraged, rather than expository interventions (study 4). In addition, favouring a slower pace of debate could encourage the PPT to build complete arguments. PPT trainers should emphasise the development of justifications and the formulation of claims when implementing this strategy in the classroom, rather than the provision of evidence. On the other hand, future teacher educators can frame the SSI in a way that encourages different informal reasoning modes, especially social reasoning. To help balance the discussion in this respect, PPT could be offered additional information before preparing their roles, so that their search for information is not only directed towards the aspects most present in the media, but also towards others with equal relevance. This could be done by providing a brief overview of the controversies surrounding the use of nuclear power.

The potential implications of this research also extend beyond the educational sphere. Addressing SSI related to the use of nuclear power with PPT may make them more aware of issues related to energy policy, communication of information about nuclear power, environmental policy or social aspects such as energy supply and demand, which may be useful to familiarise them with educational activism.

### **For research**

Studies 1 and 2 make relevant contributions to the research lines on the impact of role play activities on scientific knowledge and on the environmental awareness of PPT.

The results of study 3 contribute to shed light on two aspects of position change after participation in a role play that have not been analysed in depth in the existing literature so far, such as the influence of the participants' initial position on the problem addressed and the level of disagreement between their initial positions and that of the role they have to defend in the change of position experienced. A novel method of analysis has also been employed in this study, which has made it possible to identify the magnitude of the changes in position, their nature and their relationship with the role adopted by the participants in the role play.

As for study 4, the scope of Felton and Kuhn's (2001) analysis framework has been extended so far, and it has proven to be useful for analysing the different types of interactions that take place during the staging of a role play.

### **Future research**

Future research lines deriving from this doctoral thesis have to do with addressing new questions about the influence of the role played during the role play on: a) the learning of basic scientific knowledge, b) the structure of the arguments elaborated during the role play, c) the structure of the dialogue constructed during the role play and d) the difference in the structure of the arguments and the dialogue in the two parts of the role play. It would also be interesting to analyse the content of the staging of the role play from the perspective of which scientific ideas are used by PPT. The relationship between these scientific ideas and their argumentative skills is a question that also deserves further investigation. In addition, it would be necessary to undertake a detailed analysis of the quality, relevance and consistency of the evidence used in their arguments, as well as of the topics most frequently ignored during the staging. And finally, corroborate the results of the study on the change of positions with new research involving different SSI, or the same SSI in different countries.

## Publications supporting the thesis

This doctoral thesis is supported by three main contributions derived from three of the four studies carried out:

- Cruz-Lorite, I. M., Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C., & Blanco-López, A. (2021). Juego de rol sobre energía nuclear en la formación inicial de maestras y maestros de primaria. In D. Cebrián, A. J. Franco, T. Lupión y M. C. Acebal (Coord.), *Enseñanza de las ciencias y problemas relevantes de la ciudadanía* (pp. 372-391). Graó.
- Cruz-Lorite, I. M., Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C., & Blanco-López, A. (2022). Pre-service teachers' ideas about obtaining electricity in nuclear power stations in a role play context. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(11), 1-15. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12507>.
- Cruz-Lorite, I. M., Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C., & Evagorou, M. (2023). Analysis of the informal reasoning modes of preservice primary teachers when arguing about a socio-scientific issue on nuclear power during a role play. (2023). *Sustainability*, 15, 1-17. <https://doi.org/10.3390/su15054291>.

**Keywords:** argumentation, environmental awareness, preservice primary teachers, role-playing game, nuclear power.

**Consideraciones previas:** en esta tesis doctoral se ha tratado de usar un lenguaje inclusivo. No obstante, el masculino genérico se ha utilizado en los casos en los que se dificultaría la lectura.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Motivación de la investigación.....	2
1.2. Marco teórico.....	4
1.2.1. Argumentación.....	4
1.2.1.1. <i>Sobre el cambio de posiciones</i> .....	6
1.2.1.2. <i>Sobre los modos de razonamiento informal</i> .....	8
1.2.1.3. <i>Sobre la calidad de la argumentación</i> .....	9
1.2.2. Conciencia ambiental.....	10
1.2.2.1. <i>Dimensión afectiva</i> .....	11
1.2.2.2. <i>Dimensión cognitiva</i> .....	11
1.2.2.3. <i>Dimensión conativa</i> .....	12
1.2.2.4. <i>Dimensión activa</i> .....	12
1.2.2.5. <i>Relación entre las dimensiones</i> .....	12
1.2.3. Los problemas sociocientíficos en la enseñanza de las ciencias: la energía nuclear.....	14
1.2.4. El juego de rol como estrategia didáctica.....	16
1.3. Esquema general, preguntas y objetivos de investigación.....	19
1.3.1. Esquema general de la investigación.....	19
1.3.2. Preguntas y objetivos específicos de investigación.....	20
1.3.2.1. <i>Estudio 1. Conciencia Ambiental</i> .....	20
1.3.2.2. <i>Estudio 2. Conocimiento científico</i> .....	21
1.3.2.3. <i>Estudio 3. Cambio de posiciones</i> .....	21
1.3.2.4. <i>Estudio 4. Argumentación</i> .....	22
1.4. Marco metodológico general.....	23
1.4.1. Metodología de investigación.....	23
1.4.2. Participantes.....	23
1.4.3. Análisis estadísticos.....	24
1.5. Presentación de las publicaciones que avalan la tesis.....	26
1.5.1. Contribución principal 1.....	27
1.5.2. Contribución principal 2.....	28
1.5.3. Contribución principal 3.....	29
CAPÍTULO II.....	32
2. ESTUDIOS REALIZADOS.....	32
2.1. Diseño y mejora del juego de rol.....	32
2.1.1. Primer diseño del juego de rol.....	32

2.1.2.	Segundo diseño del juego de rol.....	33
2.1.3.	Tercer diseño del juego de rol.....	33
2.2.	Estudio 1. Conciencia ambiental .....	41
2.2.1.	Metodología .....	41
2.2.1.1.	<i>Modelo teórico para el análisis de la conciencia ambiental</i> .....	42
2.2.1.2.	<i>Instrumentos de recogida de datos</i> .....	43
2.2.1.3.	<i>Correspondencia entre los tres cuestionarios para el análisis</i> .....	44
2.2.2.	Resultados .....	45
2.2.2.1.	<i>Toma de posición</i> .....	45
2.2.2.2.	<i>Dimensión cognitiva de la conciencia ambiental</i> .....	46
2.2.2.3.	<i>Dimensión afectiva</i> .....	48
2.2.2.4.	<i>Dimensiones activa y cognitiva</i> .....	49
2.2.2.5.	<i>Dimensiones afectiva, conativa y activa</i> .....	50
2.2.3.	Discusión.....	51
2.3.	Estudio 2. Conocimiento científico .....	53
2.3.1.	Metodología .....	53
2.3.2.	Resultados .....	55
2.3.3.	Discusión.....	61
2.4.	Estudio 3. Cambio de posiciones .....	62
2.4.1.	Metodología .....	62
2.4.2.	Resultados .....	63
2.4.2.1.	Posición inicial del PPFi y posición del rol que tuvieron que defender 63	
2.4.2.2.	Posición inicial del PPFi y cambio de posición .....	64
2.4.2.3.	Tipos de cambio de posición del PPFi.....	65
2.4.2.4.	Cambios de posición del PPFi y posición del rol que tuvieron que defender 67	
2.4.2.5.	Cambios de posición del PPFi y nivel de desacuerdo con el rol que tuvieron que defender .....	68
2.4.3.	Discusión.....	71
2.5.	Estudio 4. Argumentación .....	73
2.5.1.	Metodología .....	73
2.5.1.1.	Análisis de los modos de razonamiento informal.....	74
2.5.1.2.	Análisis de la estructura de los argumentos .....	74
2.5.1.3.	Análisis de la estructura del diálogo .....	75
2.5.2.	Resultados .....	77
2.5.2.1.	Modos de razonamiento informal.....	78
2.5.2.2.	Modos de razonamiento informal y roles .....	79
2.5.2.3.	Modos de razonamiento informal y partes de la escenificación .....	82

2.5.2.4.	Estructura de los argumentos .....	83
2.5.2.5.	Estructura del diálogo .....	85
2.5.3.	Discusión.....	86
CAPÍTULO III.....		88
3.	CONCLUSIONS .....	88
3.1.	Conclusions of study 1. Environmental awareness.....	88
3.2.	Conclusions of study 2. Scientific knowledge.....	89
3.3.	Conclusions of study 3. Position change.....	89
3.4.	Conclusions of study 4. Argumentation.....	90
CAPÍTULO IV .....		93
4.	LIMITACIONES, IMPLICACIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES.....	93
4.1.	Limitaciones de la investigación.....	93
4.2.	Implicaciones de la investigación .....	94
4.2.1.	Para la formación del profesorado .....	94
4.2.2.	Para la investigación.....	97
4.3.	Futuras investigaciones.....	98
CAPÍTULO V .....		102
5.	CONTRIBUCIONES COMPLEMENTARIAS.....	102
5.1.	Artículos en revistas .....	102
5.2.	Comunicaciones a congresos .....	102
CAPÍTULO VI .....		105
6.	REFERENCIAS .....	105
CAPÍTULO VII .....		124
7.	ANEXOS.....	124
Anexo I.	Contribuciones principales.....	124
Anexo I.1.	Contribución principal 1.....	124
Anexo I.2.	Contribución principal 2.....	125
Anexo I.3.	Contribución principal 3.....	126
Anexo II.	Cuestionarios utilizados en cada ciclo de la IBD .....	127
Anexo II.1.	Cuestionario utilizado en el 1.º ciclo de la IBD (curso 2015-2016)....	127
Anexo II.2.	Cuestionario utilizado en el 2.º ciclo de la IBD (curso 2017-2018)....	128
Anexo II.3.	Cuestionario utilizado en el 3.º ciclo de la IBD (curso 2018-2019)....	129
Anexo III.	Ejemplos del análisis de los modos de razonamiento informal .....	130



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Modos de razonamiento informal establecidos en trabajos realizados con profesorado en formación inicial acerca de SSI relacionados con el uso de energía nuclear.....	8
Tabla 2. Pruebas estadísticas y medidas de asociación utilizadas en función de los tipos de muestras y variables a analizar.....	25
Tabla 3. Nomenclatura, posición (a favor o en contra del pacto de cese del parque nuclear español) y descripción de los roles.....	35
Tabla 4. Fragmento de la hoja de registro 1 usada por el equipo asesor del rol de administrador/a del repositorio de residuos nucleares durante la primera parte de la escenificación del juego de rol.....	37
Tabla 5. Fragmento de la hoja de registro 2 del rol de administrador/a de un repositorio de residuos nucleares, usada durante la segunda parte de la escenificación del juego de rol.....	38
Tabla 6. Frecuencias absolutas y porcentajes de las categorías de análisis de la P.13 en el pretest y el postest del 3.º ciclo de la IBD.....	49
Tabla 7. Frecuencias absolutas de la descripción de las etapas en las respuestas del PPFi en el pretest y el postest, clasificadas de acuerdo con los tres niveles de precisión.....	56
Tabla 8. Resultados de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para cada etapa entre el pretest y el postest.....	56
Tabla 9. Distribución del PPFi según su posición personal inicial y la del rol que representaban.....	64
Tabla 10. Cambio en la posición personal del PPFi tras el juego de rol en función de cuál era su posición personal inicial.....	64
Tabla 11. Cambios en la posición personal del PPFi tras el juego de rol según el rol representado.....	67
Tabla 12. Cambios de posición tras el juego de rol según el nivel de desacuerdo entre la posición personal inicial del PPFi y la posición que tuvieron que defender en su rol.....	68
Tabla 13. Tipos de cambios de posición en función del nivel de desacuerdo entre la posición personal inicial del PPFi y la posición que tenían que defender en su rol. ....	69
Tabla 14. Dirección de los cambios de posición en función del nivel de desacuerdo entre la posición personal inicial del PPFi y la posición que tenían que defender en su rol. ....	69
Tabla 15. Magnitud de los cambios de posición en función del nivel de desacuerdo entre la posición personal inicial del PPFi y la posición que tenían que defender en su rol. ....	70
Tabla 16. Coeficiente de contribución de la relación entre el tiempo dedicado a la ronda de presentación, al debate y a la escenificación completa, y el número de intervenciones realizadas.....	78
Tabla 17. Número de argumentos clasificados en cada categoría, sus descripciones y el modo de razonamiento informal al que se asocian.....	79
Tabla 18. Diferencias estadísticamente significativas y tamaños del efecto encontrados para las comparaciones por pares entre los roles.....	81

Tabla 19. Frecuencias absolutas y porcentajes de las pruebas, justificaciones y conclusiones encontradas en los argumentos del PPFi en los juegos de rol.....	83
Tabla 20. Frecuencias absolutas y porcentajes de argumentos completos e incompletos en los juegos de rol.....	83
Tabla 21. Frecuencias absolutas de argumentos completos e incompletos y coeficientes de contribución para cada juego de rol.....	84
Tabla 22. Frecuencias absolutas y relativas de las subcategorías adaptadas de Felton y Kuhn (2001) para el análisis de la estructura del diálogo.....	85

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Marco integrado para analizar el razonamiento informal del alumnado (Wu y Tsai, 2007).....	6
Figura 2. Esquema general de la investigación.....	20
Figura 3. Contribuciones principales y complementarias de la tesis.....	27
Figura 4. Esquema general del desarrollo de la actividad de juego de rol.....	34
Figura 5. Representación esquemática de la conformación de los grupos, constituidos por un portavoz y el equipo asesor.....	35
Figura 6. Ejemplo de la ficha de descripción del rol de científica/o nuclear.....	37
Figura 7. Escenificación del juego de rol con el PPFi.....	40
Figura 8. Porcentajes de respuesta obtenidos para la P.1 en cada ciclo de la IBD. 1.º ciclo figura 8.a), 2.º ciclo figura 8.b) y 3.º ciclo figura 8.c).....	46
Figura 9. Porcentajes de respuesta obtenidos para la P.2 en cada ciclo de la IBD. 1.º ciclo figura 9.a), 2.º ciclo figura 9.b) y 3.º ciclo figura 9.c).....	47
Figura 10. Porcentajes de respuesta obtenidos para la P.3 en cada ciclo de la IBD. 1.º ciclo figura 10.a) 2.º ciclo figura 10.b) y 3.º ciclo figura 10.c).....	48
Figura 11. Porcentajes de las categorías de análisis de la P.15 para el pretest y el postest del 3.º ciclo de la IBD.....	50
Figura 12. Porcentajes de las respuestas obtenidos para la P.12 (figura 12.a), la P.14 (figura 12.b) y la P.16 (figura 12.c) en el pretest del 3.º ciclo de la IBD.....	51
Figura 13. Esquema general del proceso llevado a cabo en las centrales nucleares.....	53
Figura 14. Ejemplo del análisis de una respuesta del PPFi.....	54
Figura 15. Diagrama de Sankey que muestra el cambio entre el pretest y el postest en el número de etapas del proceso referidas por el PPFi en sus respuestas.....	57
Figura 16. Esquema de los distintos tipos de cambio de posición.....	65
Figura 17. Nivel de desacuerdo entre el rol que defendió el PPFi y su posición personal, en el pretest y en el postest.....	70
Figura 18. Ejemplo de análisis de la estructura de los argumentos y del diálogo en un fragmento de la transcripción del juego de rol B2.....	77
Figura 19. Resultados de los modos de razonamiento informal utilizados por cada rol.....	80
Figura 20. Frecuencias del modo de razonamiento informal utilizado en función de la posición de los roles.....	82
Figura 21. Frecuencias absolutas y porcentajes de los modos de razonamiento informal en función de la parte de la escenificación.....	83
Figura 22. Porcentajes de estructuras encontradas en los argumentos incompletos.....	84



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## LISTADO DE ACRÓNIMOS

**ACN:** administrador/a de una central nuclear

**ARN:** administrador/a de un repositorio de residuos nucleares

**C:** ciudadana/o

**CC:** contribución complementaria

**CN:** científica/o nuclear

**CP:** contribución principal

**CR:** científica/o de energías renovables

**DBR:** *Design-Based Research*

**E:** ecologista

**ES:** empresaria/o de energía solar

**IBD:** investigación basada en el diseño

**O:** objetivo específico de investigación

**OR:** *odds ratio*

**N:** tamaño de la muestra

**NS:** no significativo

**P:** pregunta de investigación

**PG:** política/o del Gobierno

**PO:** política/o de la oposición

**PPFI:** profesorado de primaria en formación inicial

**PPT:** *preservice primary teachers*

**r:** tamaño del efecto

**$r_{xy}$ :** coeficientes de correlación de Pearson y Spearman

**SSI:** *socioscientific issues*

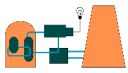
**T:** trabajador/a de una central nuclear

**Z:** estadístico de las pruebas de rangos con signo de Wilcoxon y U de Mann-Whitney

**$\chi^2$ :** estadístico chi-cuadrado



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



# 1. INTRODUCCIÓN

En esta tesis doctoral se ha llevado a cabo una investigación con el objetivo de estudiar aspectos relacionados con las habilidades argumentativas y la conciencia ambiental de PPFIs acerca del SSI del uso de energía nuclear, utilizando como estrategia didáctica el juego de rol. Esta investigación ha constado de dos partes:

Primera parte. Se llevó a cabo un estudio, mediante una IBD, de tres ciclos de diseño, implementación y revisión del diseño de un juego de rol sobre el uso de energía nuclear. Durante la IBD se analizaron las características de la conciencia ambiental del PPFIs acerca de cuestiones relativas al uso de energía nuclear y otras relacionadas con el uso energético, así como la influencia de la mejora iterativa del recurso sobre la conciencia ambiental del PPFIs. Tras el proceso, se obtuvo un diseño final del juego de rol.

Segunda parte. Se llevaron a cabo, durante la implementación del 3.<sup>er</sup> ciclo de mejora del juego de rol, tres estudios para analizar aspectos que habían sido identificados como importantes en los dos primeros ciclos de la IBD:

- a. El conocimiento científico del PPFIs sobre la obtención de energía eléctrica en una central nuclear.
- b. Los cambios de posición del PPFIs sobre una cuestión relacionada con el uso de energía nuclear tras su participación en un juego de rol.
- c. Las habilidades argumentativas del PPFIs durante su participación en un juego de rol.

Esta tesis doctoral se presenta por la modalidad de compendio de publicaciones y queda avalada por tres contribuciones principales:

1. Capítulo de libro titulado «Juego de rol sobre energía nuclear en la formación inicial de maestras y maestros de primaria», en el que se describe el diseño final del juego de rol obtenido tras el proceso de IBD.

2. Artículo titulado «*Pre-service teachers' ideas about obtaining electricity in nuclear power stations in a role play context*», que versa sobre los conocimientos científicos del PPFi acerca de la obtención de energía eléctrica en centrales nucleares.
3. Artículo titulado «*Analysis of the informal reasoning modes of preservice primary teachers when arguing about a socio-scientific issue on nuclear power during a role play*», donde se exponen los resultados del análisis de uno de los aspectos estudiados para determinar las habilidades argumentativas del PPFi durante su participación en los juegos de rol: los modos de razonamiento informal.

Por último, durante el desarrollo de esta tesis doctoral se han llevado a cabo dos estancias de investigación. La primera en colaboración con la doctora Maria Evagorou de la Universidad de Nicosia (Chipre) y la segunda con el doctor Nicolas Hervé de la *École Nationale Supérieure de Formation de l'Enseignement Agricole* (Francia).

A continuación, se expone la motivación de la investigación realizada.

### **1.1.Motivación de la investigación**

La investigación recogida en esta tesis comenzó con mi incorporación a la Universidad de Málaga a través de un contrato predoctoral para la Formación de Personal Investigador (FPI). En concreto, me uní al Grupo de Investigación en Enseñanza de las Ciencias y Competencias (ENCIC) (encic.es), el cual estaba desarrollando el proyecto de investigación que acogía dicho contrato y trabajando en diferentes líneas de investigación, siendo una de ellas la de Educación Ambiental. A su vez, el grupo estaba también trabajando en el fomento de la práctica científica de la argumentación en profesorado en formación inicial mediante diferentes estrategias didácticas, entre ellas el juego de rol. Estas dos líneas de trabajo encajaban con mi formación académica (Graduada en Ciencias Ambientales y Graduada en Ciencias del Mar) y con mis perspectivas investigadoras (Didáctica de las Ciencias Experimentales). Por este motivo, realicé el Máster Interuniversitario en Educación Ambiental en la Universidad de Málaga, de tal forma que el Trabajo de Fin de Máster, dirigido por la Doctora María del Carmen Acebal (codirectora de esta tesis), constituyó el comienzo de mi formación investigadora, que continuó con la tesis que aquí se presenta.

En un plano personal, mi motivación principal para llevar a cabo esta investigación surge de la convicción de que la educación es una herramienta ineludible a la hora de afrontar como sociedad los problemas ambientales actuales y futuros. Por ello, esta tesis doctoral pretende abordar algunas preguntas en torno al tratamiento de cuestiones relacionadas con el medioambiente a través de juegos de rol, así como contribuir al

conocimiento existente sobre el uso de dicha estrategia didáctica que pudiera ser útil para el profesorado y los formadores de profesorado que quisieran implementar este tipo de experiencias en el aula.

En un plano general, la realización de esta tesis tiene como principal motivación la necesidad de profundizar en la introducción de la educación ambiental en las aulas a la luz de la evidente preocupación que existe actualmente sobre los grandes problemas ambientales a los que la humanidad se enfrenta, o tendrá que enfrentarse en el futuro, y que ha quedado reflejada en encuestas a nivel internacional. Según el último Eurobarómetro (Unión Europea, 2022) el 94 % de los encuestados consideraban «importante» proteger el medioambiente, el 53 % de los cuales lo consideraba «muy importante». En el contexto español las cifras superan la media europea, considerando la protección del medioambiente como una cuestión «importante» el 97 % de los encuestados, de los cuales el 62 % lo consideraba «muy importante». La preocupación social sobre el estado del medioambiente, junto con la evidencia científica sobre los problemas ambientales existentes y los posibles escenarios climáticos futuros (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2018), ha llevado a los organismos internacionales a marcar una serie de objetivos y estrategias que permitan avanzar hacia un desarrollo sostenible (Sachs, 2015); labor en la que la educación tiene un papel especialmente relevante. Así, el objetivo número 13 para el desarrollo sostenible establecido en la Agenda 2030, aprobada por la Organización de las Naciones Unidas, recoge como tercera meta «mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana» (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015).

La mejora de la educación para la acción climática pasa, inexorablemente, por la mejora de la formación docente. Su importancia ya era reconocida en la Carta de Belgrado (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 1975), que establecía como meta conseguir que la población mundial tenga conciencia del medioambiente y se interese por él y sus problemas, señalando al profesorado en formación como uno de los principales destinatarios de la educación ambiental. Desde la educación ambiental se pretende, por tanto, que el futuro profesorado adquiera un compromiso con el desarrollo sostenible, de manera que integre la variable ambiental como valor en sus prácticas docentes. Dicha integración estará condicionada, entre otros factores, por la conciencia ambiental y los conocimientos y habilidades del profesorado, relacionados tanto con el conocimiento sobre contenidos científicos como con el de las bases didácticas. El análisis diagnóstico de dichos aspectos en el profesorado en formación inicial es, por tanto, un aspecto clave

a la hora de diseñar programas formativos que permitan la integración de la mirada ambiental en sus futuras prácticas docentes.

Aunque el juego de rol se ha utilizado con alumnado de diferentes etapas educativas, en la formación inicial del profesorado sigue siendo un área poco desarrollada, precisando de una mayor investigación e innovación (Rueda-Serón, 2018). Su uso en los programas de formación de profesorado es conveniente, ya que podría repercutir en su introducción en la educación básica (Howes y Cruz, 2009), y necesaria, dado que la experiencia personal del PPFi sobre las metodologías docentes que se pretende que utilicen durante su ejercicio profesional tiene que constituir una parte esencial de su formación. La utilización del juego de rol en la formación inicial del profesorado de ciencias pretende ayudar a superar las dificultades que tiene este profesorado a la hora de incluir estos aspectos en las actividades que desarrollan en las clases de ciencias, por lo general muy centradas en contenidos conceptuales (Pro *et al.*, 2000; Jaén y Banet, 2003; España-Ramos y Prieto, 2005; España-Ramos, 2008; Belova *et al.*, 2015).

En esta tesis doctoral se parte de la idea de que la mejora de las competencias del alumnado con relación a los retos sociales a los que debe enfrentarse pasa por la integración de la perspectiva ambiental en la formación del profesorado. Para ello, en primer lugar, es esencial caracterizar las competencias del profesorado en formación inicial, con el objetivo de identificar las dificultades a las que este puede enfrentarse a la hora de abordar dichas cuestiones en sus futuras prácticas docentes. Por ello, se pretende estudiar diferentes aspectos relacionados con la formación del PPFi. En concreto, se estudia la conciencia ambiental, el conocimiento científico, las posiciones personales y las habilidades argumentativas en el contexto de actividades de juego de rol sobre SSI ambientales relacionados con el uso de energía nuclear. A continuación, se establecen las bases teóricas de los principales conceptos que articulan el planteamiento general de esta investigación.

## **1.2.Marco teórico**

### **1.2.1.Argumentación**

La enseñanza es, entre otras cosas, una forma de comunicación que se basa en el lenguaje y moldea la adquisición del lenguaje y las pautas lingüísticas del alumnado (Curren, 2003). En este sentido, una educación amplia y variada debería tener como objetivos el desarrollo tanto de la capacidad de expresarse como del conocimiento de los hechos (Kallendorf, 2003). Una forma de fomentar la capacidad de expresión del alumnado es mediante la práctica de la argumentación. Según Jiménez-Aleixandre (2010):

«En la argumentación los procesos de pensamiento, de razonamiento, se hacen explícitos; los estudiantes tienen que apoyar sus afirmaciones con pruebas y evaluar distintas opciones. De esta forma la argumentación, en clases donde el alumnado forma parte de una comunidad de aprendizaje, puede apoyar el desarrollo de estas destrezas, como la regulación del conocimiento» (Jiménez-Aleixandre, 2010, p. 38).

La argumentación ha sido objeto de gran atención por parte de los investigadores en didáctica de las ciencias en las últimas décadas (Lee *et al.*, 2009), siendo la argumentación sobre SSI una de las últimas novedades en esta línea de investigación (Gutiérrez, 2018). Existen dos tipos principales de argumentación atendiendo al tipo de razonamiento puesto en práctica: la argumentación formal y la informal. Mientras que en la argumentación formal todas las premisas son fijas, y no se permite añadir ni eliminar ningún contenido de estas, en la argumentación informal los individuos pueden cambiar las premisas basándose en sus conocimientos y creencias personales, y en información de periódicos, libros de texto o experiencias vitales (Chang y Chiu, 2008). Por lo tanto, normalmente, la argumentación formal está relacionada con cuestiones científicas y la informal con las sociocientíficas. En el debate y en la toma de decisiones sobre un SSI intervienen muchos factores, siendo uno de ellos las habilidades de razonamiento informal (Chang y Chiu, 2008; Sadler, 2004), que son el núcleo de la argumentación informal.

Dado que las personas normalmente juzgan y sacan conclusiones basándose en sus creencias o en las pruebas que han experimentado en la vida (Kuhn, 1994), es importante estudiar las características de la argumentación informal realizada por el alumnado. En este sentido, Wu y Tsai (2007) proponen tres indicadores cualitativos para el análisis del razonamiento informal (figura 1): modo de toma de decisiones y cambio de posiciones, modos de razonamiento informal y niveles (calidad) del mismo.

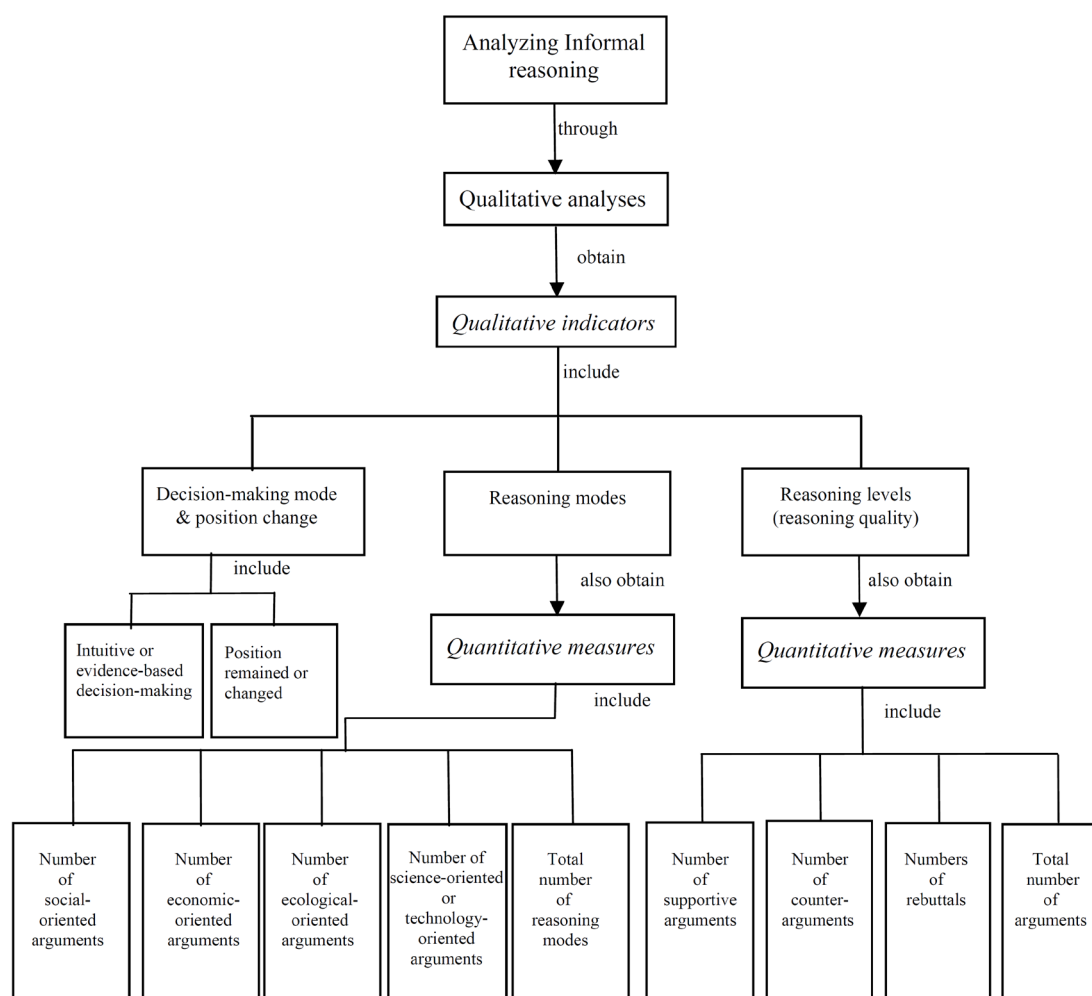


Figura 1. Marco integrado para analizar el razonamiento informal del alumnado (Wu y Tsai, 2007).

En la investigación realizada en esta tesis doctoral se atiende al cambio de posiciones, a los modos de razonamiento informal y a la calidad de la argumentación del PPFi. En los siguientes apartados se desarrollan estos conceptos.

### 1.2.1.1. Sobre el cambio de posiciones

La capacidad de emitir juicios y tomar decisiones sobre los SSI se considera un requisito previo necesario para el desarrollo de una ciudadanía científicamente alfabetizada (Zeidler *et al.*, 2003). El desarrollo y posible cambio de opinión es fundamental para el proceso de toma de decisiones bien informadas sobre los SSI; además, las investigaciones sugieren que muchas/os jóvenes muestran una comprensión inadecuada de cómo tomar tales decisiones, especialmente en contextos vinculados a problemas ambientales (Garrecht *et al.*, 2020). Un cambio de opinión implica que una persona ha modificado su forma de pensar, sus creencias o sus percepciones y, según Archibugi *et al.* (2021), está impulsado por varios factores, aunque dos son especialmente relevantes: la adquisición de conocimientos a través del debate y la

exposición a diferentes puntos de vista. A este respecto, Simonneaux (2001) sugiere que la expresión del propio punto de vista y la confrontación con argumentos opuestos puede ser lo que ayude al alumnado a clarificar su pensamiento.

No obstante, son pocos los estudios empíricos que han analizado los cambios de opinión o de posición del alumnado tras su participación en juegos de rol o actividades similares, a pesar de la constancia de que dichos cambios se producen. Por ejemplo, en un estudio reciente, Martini *et al.* (2021) informaron de que alrededor de la mitad del alumnado participante cambió de opinión sobre la construcción de una central nuclear en Indonesia tras un debate en clase. Por su parte, Simonneaux (2001) observó cambios de opinión en alumnado de formación profesional tras su participación en juegos de rol o debates sobre animales transgénicos, mientras que tales cambios no se habían producido tras otro tipo de actividades (p. ej., visitas a exposiciones) en las que no se había pedido al alumnado que debatiera oralmente los temas. Estos resultados sugieren que los juegos de rol pueden facilitar el cambio de posiciones respecto a los SSI.

En la literatura de enseñanza de las ciencias existen pocos trabajos que analicen los cambios de posición con profesorado en formación inicial y los estudios que sí lo hacen en el contexto de actividades sobre el uso de la energía nuclear (p. ej., Ates y Saracoglu, 2016; Cansiz y Cansiz, 2015; Evren y Aycan, 2018; Martini *et al.*, 2021) no incluyen un análisis profundo y detallado de la magnitud de dichos cambios, de su tipología y de su relación con el rol adoptado por los y las participantes. En los juegos de rol, el alumnado debe adoptar un rol, es decir, la interpretación de un personaje (García *et al.*, 2011), cuya posición ante el problema tratado puede coincidir o no con su posición personal. Por lo tanto, si los roles se distribuyen al azar, existe la posibilidad de que una parte del alumnado tenga que defender una posición contraria a su posición personal y de que otra parte tenga que defender una posición alineada con su posición personal, lo que plantea interrogantes sobre si esto pudiera influir en sus posiciones personales.

Estas preguntas resultan relevantes desde el punto de vista didáctico, puesto que el rol adoptado por el alumnado podría tener implicaciones en su posición personal sobre un tema determinado, y conocer las posibles implicaciones de este hecho puede ayudar al profesorado a la hora de diseñar este tipo de actividades, por ejemplo, a la hora de definir los roles a representar o de decidir el método de adjudicación de estos (aleatorio o por asignación). Esta información es relevante para el profesorado, que puede utilizarla con el objetivo de intentar crear una situación de aprendizaje que permita visibilizar el mayor número de puntos de vista diferentes posible sobre el tema, de forma que el alumnado los explore o los trate de la forma más adecuada, incluso manteniendo

posiciones contrarias, lo cual, según Kolstø (2000) es necesario para que una decisión pueda considerarse bien informada.

Por todo lo anterior, es importante avanzar en la comprensión de cómo el uso de los juegos de rol influye en el cambio de posición del alumnado en relación con los SSI y, en particular, identificar los factores (tanto relacionados con el propio alumnado como con los aspectos didácticos de la actividad diseñada) que parecen influir en ello.

### 1.2.1.2. Sobre los modos de razonamiento informal

La literatura sobre el razonamiento informal del profesorado en formación inicial acerca de SSI relacionados con el uso de energía nuclear muestra algunas diferencias para analizar dichos modos de razonamiento; esto es, el dominio al que se orientan sus argumentos (ecológico, económico, social, etc.). En primer lugar, mientras que Demircioğlu y Uçar (2014), Ozturk y Yilmaz-Tuzun (2017) y Saglam y Eroglu (2022) utilizan el término «modo de razonamiento», Evren y Aycan (2018) y Crujeiras *et al.* (2020) emplean los términos «tipo de razonamiento informal» y «tipo de conocimiento», respectivamente. El término «modo de razonamiento» también es utilizado por otros autores en estudios con estudiantes de secundaria (p, ej., Yang y Anderson, 2003; Wu y Tsai, 2007; 2011). Siguiendo el consenso mayoritario, en esta investigación también se utiliza el término «modo de razonamiento».

La tabla 1 muestra los distintos modos de razonamiento informal establecidos en los trabajos con profesorado en formación inicial acerca de SSI relacionados con el uso de energía nuclear. Aunque existen diferencias en el número de modos de razonamiento considerados, todos ellos coinciden en cuatro de ellos: ecológico, económico, social y científico-tecnológico.

Tabla 1. Modos de razonamiento informal establecidos en trabajos realizados con profesorado en formación inicial acerca de SSI relacionados con el uso de energía nuclear.

	Demircioğlu y Uçar (2014)	Ozturk y Yilmaz-Tuzun (2017)	Evren y Aycan (2018)	Crujeiras <i>et al.</i> (2020)	Saglam y Eroglu (2020)
Ecológico	X	X	X	X	X
Económico	X	X	X	X	X
Social	X	X	X	X	X
Científico-tecnológico	X	X	X	X	X
Tipos de riesgo		X			
Político		X			
Moral y ético				X	

Nota: en todos los trabajos citados la muestra estaba formada en su totalidad o en un gran porcentaje por PPFi. La única excepción es el trabajo de Evren y Aycan (2018), que especifica que se trata de profesorado de ciencias en formación inicial (aunque no si se trata de profesorado de primaria) y su rango de edad (19-21 años), que coincide con el de la muestra utilizada en esta investigación.

Por un lado, algunos trabajos señalan que el modo de razonamiento ecológico desempeña un papel relevante en los argumentos del profesorado en formación inicial

sobre el uso de energía nuclear. Demircioğlu y Uçar (2014) analizaron el modo de razonamiento utilizado por 38 PPFi sobre la construcción de una central nuclear, antes y después de leer un artículo sobre la construcción de una central nuclear. Los resultados mostraron que, tanto en el pretest como en el postest, el tipo de razonamiento más utilizado fue el ecológico, mientras que el social fue el menos utilizado. En la misma línea, Ozturk y Yilmaz-Tuzun (2017) analizaron las habilidades argumentativas de 674 PPFi sobre la construcción de una central nuclear. Se establecieron seis categorías para los modos de razonamiento que, según su proporción, fueron expresados por el PPFi en el siguiente orden: ecológicos, económicos, tipos de riesgos, sociales, políticos y científico-tecnológicos. Por su parte, Evren y Aycan (2018) analizaron el tipo de razonamiento informal de 51 estudiantes de tercer curso de un departamento de enseñanza de las ciencias, antes y después de la aplicación de actividades basadas en un SSI sobre el establecimiento de centrales nucleares. Antes de la actividad, el alumnado utilizaba más el tipo de razonamiento informal ecológico, seguido del científico-tecnológico, el social y, por último, el económico. Sin embargo, después de las actividades el orden fue social, ecológico, económico y científico-tecnológico.

Por otro lado, otros trabajos parecen encontrar diferentes modos de razonamiento informal predominantes en el PPFi. Crujeiras *et al.* (2020) analizaron las habilidades argumentativas orales de 112 profesores/as en formación inicial (87 PPFi y 25 de Educación Infantil) durante su participación en una actividad de juego de rol sobre la instalación de un cementerio nuclear. En este caso, los argumentos se analizaron desde la perspectiva del tipo de conocimiento utilizado en su construcción, siendo el más común el social, seguido del científico-tecnológico, el medioambiental, el moral y ético y, por último, el económico. En otro trabajo, Saglam y Eroglu (2022) analizaron cualitativamente el modo de razonamiento informal utilizado en las respuestas escritas a preguntas abiertas sobre la construcción de centrales nucleares por parte de estudiantes universitarios de los departamentos de formación de profesorado de ciencias (31), formación de profesorado de primaria (41) y formación de profesorado de ciencias sociales (28). Sus resultados mostraron que el modo de razonamiento informal social era el más utilizado, seguido del ecológico y el económico, mientras que el razonamiento científico-tecnológico era el menos utilizado.

### **1.2.1.3. Sobre la calidad de la argumentación**

En la investigación desarrollada en esta tesis doctoral se estudian dos componentes relevantes que determinan la calidad de la argumentación: la forma adoptada por los enunciados argumentativos (p. ej., formulación de argumentos, contraargumentos, refutaciones, etc.) y la estructura de los argumentos (elementos que los componen).

En cuanto al primer aspecto, los diálogos argumentativos y colaborativos han demostrado ser una estrategia de enseñanza extremadamente eficaz tanto para mejorar la capacidad crítica del alumnado como para abordar los conocimientos previos (Macagno, 2016). En un discurso argumentativo se precisa de habilidades cognitivas para seleccionar la respuesta más efectiva, lo cual favorece el surgimiento de figuras argumentativas como la contraargumentación y la refutación (Kuhn, 2005). Felton y Kuhn (2001) encontraron que los diálogos argumentativos entre adolescentes eran principalmente expositivos (articulando y aclarando la propia posición y perspectiva) mientras que sólo una proporción relativamente pequeña desafiaba o intentaba identificar los puntos débiles de las afirmaciones del interlocutor. En cuanto al profesorado en formación inicial, Topcu *et al.* (2010) encontraron que la mayoría de los razonamientos del profesorado en formación participante estaban poco desarrollados y no tenían en cuenta perspectivas distintas a las propias. Esto se encuentra relacionado con la capacidad de realizar contraargumentos y refutaciones, puesto que mientras que la refutación se entiende en términos de su relación con el cuestionamiento de algún componente del argumento, como la validez de las pruebas o las justificaciones ofrecidas (Osborne *et al.*, 2004), los contraargumentos son argumentos alternativos al propio y al del oponente, sin cuestionar de forma importante el argumento principal (Blanco y Díaz, 2014). Por ello, Osborne *et al.* (2004) consideran que los contraargumentos constituyen una argumentación de un nivel más bajo que las refutaciones.

En cuanto al segundo aspecto, un argumento adecuadamente construido debería estar constituido, al menos, por tres elementos esenciales: prueba, justificación y conclusión (Jiménez-Aleixandre, 2010). Los estudios sobre la calidad del razonamiento informal realizados hasta la fecha con PPF (p. ej., Ozturk y Yilmaz-Tuzun, 2017) muestran que, si bien este profesorado tiene cierta capacidad para generar argumentos basados en pruebas, se necesitan más oportunidades para mejorar su capacidad de proporcionar pruebas y justificaciones de calidad que respalden sus conclusiones (Ha *et al.*, 2022). Otros trabajos han encontrado que el PPF presenta niveles moderados de argumentación (Jiménez-Tenorio *et al.*, 2020), así como limitaciones para comprender los argumentos (Martín-Gámez y Erduran, 2018).

### **1.2.2. Conciencia ambiental**

La conciencia ambiental es un concepto en constante construcción y cuyo estudio afronta una serie de limitaciones, siendo las más relevantes la dificultad para la definición de los elementos que la componen y la relación existente entre los mismos, lo cual dificulta su operacionalización. Como señala Muñoz (2012), las descripciones del

constructo conciencia ambiental en la literatura publicada al respecto no suelen incluir una definición clara y distintiva de los elementos que la componen, que suelen utilizarse de manera algo arbitraria, no habiéndose desarrollado un marco teórico general en el que enmarcarlos y que permita definir un modelo causal.

Desde el punto de vista de la Psicología Ambiental, el estudio de las actitudes ambientales ha sido objeto de atención, aproximadamente, desde la década de los 70 del siglo pasado (Corraliza *et al.*, 2004). En la literatura académica española el término «conciencia ambiental» fue introducido por primera vez por Chuliá (1995). Esta autora considera que la conciencia ambiental es un constructo que se explica mediante un modelo compuesto por cinco dimensiones, a saber: afectiva, cognitiva, conativa, activa individual y activa colectiva. Dicho modelo fue desarrollado a partir de las aportaciones teóricas realizadas hasta aquel momento sobre las dimensiones que constituyen la conciencia ambiental y la evidencia empírica proporcionada por una encuesta monográfica sobre medioambiente representativa de toda la población española (CIRES, 1994). El concepto de «conciencia ambiental» es presentado por la autora como un instrumento organizador de la evidencia empírica que pretende servir como una herramienta de trabajo aplicable tanto al caso español como a otros, favoreciendo las comparaciones internacionales (Chuliá, 1995). Asimismo, algunos autores han propuesto indicadores que permitan operacionalizar cada una de las dimensiones que componen el constructo conciencia ambiental (p. ej., Jiménez y Lafuente, 2006). A continuación, se describen las dimensiones establecidas por Chuliá (1995).

#### **1.2.2.1. Dimensión afectiva**

Según Chuliá (1995, p.4) la dimensión afectiva «aglutina los sentimientos de preocupación por el estado del medioambiente, el grado de adhesión a valores culturales favorables a la protección de la naturaleza y la fuerza de hábitos de acercamiento a los espacios naturales». La dimensión afectiva reúne emociones que evidencian creencias y sentimientos hacia el medioambiente, no sólo como conjunto de problemas a resolver, sino como modo de vida para el cual se desarrolla un sentido de pertenencia y de valoración biocultural desde una emotividad centrada en actitudes morales (Kohlberg, 1992).

#### **1.2.2.2. Dimensión cognitiva**

La dimensión cognitiva «agrupa los conocimientos relacionados con el entendimiento y la definición de los problemas ecológicos, la posesión de esquemas inteligibles sobre sus posibles soluciones y sus responsables, así como el interés informativo sobre el tema» (Chuliá, 1995, p.4). De forma general, entendemos por dimensión cognitiva el conocimiento sobre cuestiones relacionadas con el medioambiente, incluyendo

conocimientos científicos, habilidades de búsqueda para mejorar la comprensión de los fenómenos y problemáticas ambientales y la valoración del diálogo crítico entre diferentes saberes para tomar decisiones acertadas (Luhmann, 2005).

### **1.2.2.3. Dimensión conativa**

La dimensión conativa «engloba la disposición a actuar personalmente con criterios ecológicos y a aceptar intervenciones gubernamentales en materia de medioambiente» (Chuliá, 1995, p.4). Esta dimensión reúne las actitudes que predisponen a las personas a adoptar conductas con criterio e interés en comprometerse con las problemáticas ambientales, desarrollando competencias que refuercen el sentimiento de participación.

### **1.2.2.4. Dimensión activa**

Por último, la dimensión activa representa las conductas concretas de prácticas y comportamientos medioambientales tanto individuales como colectivos, vinculando el ser con el actuar (Sauvé, 2003). Chuliá (1995) considera las dimensiones activa individual y colectiva como dos dimensiones diferentes. La dimensión activa individual «recoge los comportamientos medioambientales de carácter privado [...]» (Chuliá, 1995, p.4), mientras que la dimensión activa colectiva recoge «las conductas, generalmente públicas o simbólicas, de expresión de apoyo a la protección medioambiental [...]» (Chuliá, 1995, p.4). No obstante, trabajos posteriores han considerado una única dimensión activa, que se divide en dos subdimensiones, individual y colectiva (p. ej. Jiménez y Lafuente, 2006; Acebal-Expósito, 2010; Gomera *et al.*, 2012).

### **1.2.2.5. Relación entre las dimensiones**

Como señala Muñoz (2012), Chuliá (1995) no desarrolló un modelo sobre la asociación entre las dimensiones de la conciencia ambiental, aunque planteó una posible relación de dependencia entre ellas, de manera que cada una se iría construyendo sobre las anteriores:

«[...] sería de esperar que los individuos que realizan comportamientos dirigidos a proteger el medioambiente, estén también dispuestos a asumir sacrificios para protegerlo, conozcan los principales problemas de los ecosistemas, y se sientan preocupados por el estado de la naturaleza. Sin embargo, no supondría necesariamente la evidencia de la secuencia inversa; [...]» (Muñoz, 2012, p. 160).

En esta tesis doctoral se considera que el conocimiento científico sobre los problemas ambientales, que estaría asociado a la dimensión cognitiva de la conciencia ambiental según el modelo de Chuliá (1995), es un aspecto importante en la conformación de la conciencia ambiental de las personas. No obstante, los modelos teóricos que plantean

que los conocimientos tienen un papel determinante en la adopción de conductas proambientales han tenido dificultades para explicar los datos empíricos. Múltiples estudios han mostrado la inconsistencia o la brecha existente entre la posesión de conocimientos medioambientales, las actitudes declaradas por los individuos y la manifestación de comportamientos proambientales; fenómeno conocido como *gap* ambiental (Kollmuss y Agyeman, 2002). En relación con dichas inconsistencias, Murga (2008) sostiene que el conocimiento y la preocupación por los problemas medioambientales no son variables con poder predictivo sobre el comportamiento. Debido a las dificultades para explicar la conducta proambiental a partir de los conocimientos ambientales, algunos modelos de conducta proambiental han incorporado otros aspectos que podrían tener una influencia determinante sobre la conciencia ambiental, como las normas morales (Schwartz, 1970) o sociales (Farrow *et al.*, 2017).

Independientemente de que otros aspectos puedan tener un papel más decisivo en la adopción de comportamientos proambientales por parte de las personas, muchos estudios apuntan a que el conocimiento sobre los problemas ambientales influye sobre la conducta ambiental. En un metaanálisis de 17 estudios, Hines *et al.* (1987) encontraron un coeficiente de correlación de .299 entre los conocimientos y el comportamiento medioambiental. Según los autores, esta correlación positiva indicaba que las personas con un mayor conocimiento de las cuestiones medioambientales y/o de cómo actuar ante ellas tenían más probabilidades de declarar haber adoptado comportamientos proambientales que las que no poseían dichos conocimientos. Por su parte, Hamid *et al.* (2017), apoyándose tanto en estudios teóricos como en investigaciones empíricas (Prochaska y Velicer, 1997; Horwath, 1999; Prochaska *et al.*, 1994; Swaim *et al.*, 2014; Halady y Rao, 2010), sugieren que el aumento de la concienciación sobre la sostenibilidad ambiental es una de las claves del cambio de comportamiento, y que esta se produciría al aumentar el conocimiento sobre un tema y fomentar una actitud adecuada. En su tesis doctoral, Muñoz (2012) analizó la relación entre la cultura científica y la conciencia ambiental a partir de encuestas de percepción pública de la ciencia desarrolladas a nivel europeo y en España. La autora plantea que la generación de cultura científica, concebida como un conjunto de contenidos cognitivos (Schein, 1988) y una visión de la ciencia y de su utilidad compartida por todos los miembros de una sociedad, puede contribuir a generar conciencia ambiental, pues esta proporciona evidencia del deterioro medioambiental, de sus causas y de los riesgos asociados al mismo. Desde este punto de vista, el conocimiento científico generaría conciencia ambiental (Muñoz, 2012).

Aunque el desarrollo de los aspectos cognitivos asociados a los problemas ambientales, y en concreto de los conocimientos científicos, no parece ser condición suficiente ni necesaria para el desarrollo de la conducta proambiental de los individuos, en esta tesis doctoral se asume como premisa, basada en las evidencias aportadas por estudios empíricos, que la mejora del aprendizaje de los conocimientos científicos asociados a problemas ambientales podría repercutir en las conductas proambientales de las personas.

Por último, algunos estudios apuntan a que el tratamiento de SSI podría beneficiar el desarrollo de la conciencia ambiental de los estudiantes (p. ej., Susilawati *et al.*, 2021), lo que los convierte en un buen contexto para el análisis de la conciencia ambiental del profesorado en formación. A continuación, se describen las características del SSI tratado en esta investigación.

### **1.2.3. Los problemas sociocientíficos en la enseñanza de las ciencias: la energía nuclear**

Denominamos SSI a aquellas disyuntivas o controversias (diferencia de opiniones en y entre diferentes sectores sociales) que surgen en la sociedad y que están relacionadas con la ciencia (Díaz y Jiménez, 2012). Los SSI son dilemas o controversias sociales que tienen en su base nociones científicas (Jiménez-Aleixandre, 2010) y cuyas soluciones están condicionadas por preocupaciones sociales, económicas, políticas y éticas (Kokolaki y Stavrou, 2022). Se trata de cuestiones mal estructuradas con conexiones sustanciales con ideas científicas y para las cuales una comprensión de la ciencia es necesaria, pero insuficiente por sí sola para ofrecer soluciones completas (Foult *et al.*, 2020). La argumentación sobre los SSI debería tener un papel central en la enseñanza de las ciencias, ya que refleja el esfuerzo de negociación y construcción del conocimiento que tiene lugar en la ciencia (Nielsen, 2009). Según Díaz y Jiménez (2012, p. 1) «las diferentes opiniones sobre dilemas sociales que surgen y que están relacionadas con la ciencia se convierten en un punto de partida y en un motor de aprendizaje como lo pueden ser las concepciones alternativas y los conflictos cognitivos».

Los estudios sobre argumentación han mostrado que el tratamiento de SSI ayuda al profesorado a evolucionar de la transmisión de conocimientos de contenido a la promoción de prácticas cognitivas de orden superior en el alumnado (Pitiporntapin *et al.*, 2018). El tratamiento en la enseñanza de las ciencias de SSI (Sadler, 2011) se considera hoy día un enfoque relevante para fomentar la cultura científica del alumnado y mejorar su conciencia ambiental, siendo el conocimiento científico y tecnológico necesario en la

capacitación para la toma de decisiones o la comprensión de determinados puntos de vista sobre dichos SSI (García *et al.*, 2001).

En la investigación llevada a cabo en esta tesis doctoral se ha utilizado el SSI del uso de energía nuclear, que tiene gran importancia en la agenda política europea y ha suscitado una considerable atención en los medios de comunicación en los últimos años (Alderman y Pronczuk, 2022). La cuestión acerca de las fuentes de energía sigue siendo uno de los frentes abiertos en la lucha contra el cambio climático, encontrándose en torno al uso de energía nuclear debates públicos sobre los riesgos y beneficios de su uso. Esta cuestión llega incluso a dividir al colectivo ecologista, en el que pueden encontrarse tanto detractores (p. ej. Greenpeace, 2020) como defensores (p. ej. Villarreal, 2019). En Europa, la actual tensión producida por la guerra entre Rusia y Ucrania pone en cuestión, además del uso del gas y del petróleo, el suministro de uranio como fuente energética, forzando una transición hacia otros recursos como el carbón o los renovables (Harvey, 2022). Esta situación se suma al debate ya abierto en el seno de la Unión Europea acerca de la inclusión de la energía nuclear como energía verde (De Miguel y Abril, 2022), que parece haber dividido a los países miembros en dos bloques: el pronuclear, con países como Francia y Finlandia, y el antinuclear, con países como España y Alemania (Euronews, 2021). Además, la opinión pública europea también está dividida al respecto, encontrándose un «empate» con respecto a su posición sobre la producción de energía a través de centrales nucleares (Comisión Europea, 2009).

La elección del SSI del uso de energía nuclear se justifica por tres motivos principales. En primer lugar, la obtención y uso de energía procedente de fuentes nucleares claramente cumple los criterios para ser considerada como un SSI (Herawati y Ardianto, 2017), ya que ha tenido un gran impacto en diversos ámbitos (tecnología, economía, política, medioambiente, cultura y sociedad) de la historia mundial reciente, y sigue siendo muy relevante en la actualidad (Solbes y Torres, 2018). En segundo lugar, porque es necesario que durante su formación inicial el PPF, como estudiantes universitarios y parte de la ciudadanía, aborde SSI socialmente vivos y acordes a su nivel cognitivo, que le permita desarrollar su conciencia ambiental y sus habilidades argumentativas y de toma de decisiones, a pesar de que los problemas, como en este caso el de la energía nuclear, no estén explícitamente relacionados con contenidos del currículum de Primaria. En tercer y último lugar, el hecho de que la incorporación de SSI en primaria siga siendo escasa, en comparación con su tratamiento en secundaria (Kinsky y Zeidler, 2021), hace pensar que su inclusión en los programas formativos del PPF es necesaria.

En cuanto al tratamiento de SSI sobre energía nuclear con profesorado en formación inicial, en la literatura pueden encontrarse diferentes propuestas (Fernández-Oliveras *et al.*, 2022; Saglam y Eroglu, 2022) y muchas de ellas se han centrado en describir actitudes (Kilinc *et al.*, 2013), valores, opiniones, sentimientos, fuentes de información preferidas o procesos de razonamiento informal y toma de decisiones (p. ej., Ates y Saracoglu, 2016; Ercan *et al.*, 2015) de este profesorado, prestando escasa atención a sus ideas científicas. Los estudios que han abordado este último aspecto han arrojado resultados contrapuestos, lo que pone de manifiesto la necesidad de mayor investigación sobre este aspecto. Así, mientras que algunos autores concluyen que el profesorado en formación no comprende suficientemente el funcionamiento de las centrales nucleares (Es *et al.*, 2016), otros han constatado que la mayoría del profesorado participante en sus estudios tenía un nivel adecuado de conocimientos al respecto (Cansiz y Cansiz, 2015). Los resultados de algunos estudios de intervención que examinan el impacto de actividades de instrucción relacionadas con el SSI de las centrales nucleares sugieren que las experiencias de aprendizaje de este tipo pueden tener un efecto positivo en los procesos de razonamiento y toma de decisiones de las y los participantes (Evren y Aycan, 2018).

#### **1.2.4.El juego de rol como estrategia didáctica**

El uso de juegos educativos puede contribuir en el ámbito de la educación científica al desarrollo de percepciones positivas hacia la ciencia, lo que puede mejorar la motivación del alumnado con respecto al aprendizaje de los contenidos científicos (Franco-Mariscal *et al.*, 2016). Dentro de los juegos educativos, los de simulación son aquellos que trabajan sobre modelos de realidades sociales complejas trasladadas al nivel de las y los participantes (Benayas y Jiménez, 1990). Los juegos de simulación, como metodología didáctica, tienen como valores psicopedagógicos principales su potencialidad para: repasar conocimientos y habilidades, el desarrollo del aprendizaje existente y el descubrimiento de aspectos deducibles a partir de este (Matas, 2008) y como elemento motivador (Matas, 2008; McSharry y Jones, 2000). En concreto, se caracterizan por: a) incrementar el interés por aprender, b) requerir una participación multidisciplinar, c) demandar la toma de decisiones, y d) estar orientados hacia el futuro, al dar la oportunidad a las y los participantes de tomar decisiones sobre problemas reales y observar las consecuencias más previsibles, además de reorientarlas en función de las retroalimentaciones recibidas (Matas, 2008).

El juego de rol es un tipo de juego de simulación que puede definirse como un sistema de creación de historias basado en reglas (Grande de Prado *et al.*, 2020). En él, cada participante desempeña un papel concreto e interactúa con el resto siguiendo

determinadas reglas (García *et al.*, 2011) para representar una situación de forma realista (Avin *et al.*, 2020) en un contexto simulado. Esta estrategia didáctica ha penetrado en el ámbito educativo en las últimas décadas, dado su potencial para facilitar la motivación intrínseca, además de proporcionar a sus participantes beneficios de aprendizaje útiles, mensurables y relevantes (Henriksen, 2010).

Carnes (2004) explica los principales incentivos motivacionales de los juegos de rol, destacando que plantean escenarios en los que el alumnado puede escapar de uno mismo, incluyen componentes competitivos, requieren trabajo en equipo, permiten el empoderamiento del alumnado y presentan el atractivo de participar en una dramatización. En la misma línea, Hammer *et al.* (2018) exploraron las teorías educativas subyacentes a los juegos de rol que les confieren las características clave que los hacen relevantes para el aprendizaje, destacando la representación de un personaje, la posibilidad de manipulación que ofrece un mundo ficticio, el sentido alterado de la realidad que el juego plantea y la imaginación compartida entre todos los participantes. Según estos autores, a través de la representación de personajes los participantes en un juego de rol pueden llegar a apreciar y comprender los puntos de vista psicológicos de los demás y sentir como si lo que experimentan durante el juego les sucediera a ellos. Otros autores han sugerido de forma similar que los juegos de rol pueden fomentar la empatía y la tolerancia hacia los demás al exigir a los estudiantes que conozcan y comprendan las opiniones de otras personas, lo que a su vez les anima a reflexionar sobre sus propias suposiciones y prejuicios básicos (Belova *et al.*, 2015). Los estudios también han revelado que, tras participar en juegos de rol, los estudiantes parecen participar más en las actividades de clase y se comunican con sus compañeros con más frecuencia (Yang y Guo, 2020), fomentan la práctica de habilidades relacionadas con los procesos de resolución de problemas (España-Ramos y Prieto, 2010), el trabajo colaborativo (Abella y Grande, 2010), el pensamiento crítico y el aprendizaje dialógico. El uso de actividades de argumentación y debate, como los juegos de rol, es, por tanto, un medio útil para involucrar los procesos de pensamiento y razonamiento (Zeidler y Nichols, 2009).

Varios estudios han reportado beneficios del uso de juegos de rol en la enseñanza de las ciencias (p. ej., Metz, 2005; Palmer, 2006; Maharaj-Sharma, 2008; Cakici y Bayir, 2012; Ferreira y Faustino, 2013; Agell *et al.*, 2015; Franciosi y Mehring, 2015; Schnurr *et al.*, 2015). Se trata de una propuesta didáctica innovadora centrada en el debate (Colucci-Gray *et al.*, 2006; Simonneaux, 2000; 2001; 2008) que permite poner el acento en aspectos procedimentales y actitudinales. Contribuyen a que el alumnado tenga a la vez la posibilidad de expresarse en contextos científicos y de comprender conceptos complejos (McSharry y Jones, 2000). Por otro lado, presentan un gran potencial en el

ámbito educativo como herramienta para la sensibilización ambiental (Benayas y Jiménez, 1990) al ser adecuados para el tratamiento de SSI ambientales (Matas, 2003; Rueda-Serón, 2018), destacando algunos autores su utilidad en el desarrollo de actitudes ambientales (p. ej. Hernández, 2010).

El uso del juego de rol como estrategia didáctica tiene implicaciones en cuanto a la práctica de las habilidades argumentativas y al tratamiento de contenidos curriculares en contextos realistas por parte del alumnado. El juego de rol es comúnmente usado para el estudio y promoción de las habilidades orales del alumnado (Simonneaux, 2000) por medio del diálogo basado en la argumentación (p. ej. Simonneaux, 2001; España-Ramos, 2008; Juárez *et al.*, 2019). Se trata de una estrategia idónea para tal fin, puesto que el desarrollo de competencias argumentativas y de uso de pruebas depende en gran medida del papel que se requiera del alumnado y el diseño de actividades que demanden un papel activo (Jiménez-Aleixandre, 2010). La literatura muestra que el juego de rol permite la visibilización de un amplio abanico de puntos de vista, en ocasiones opuestos, que giran en torno a una determinada cuestión (España-Ramos *et al.*, 2013), ayudando a mejorar los procesos de argumentación y refutación de dichos puntos de vista (Simonneaux, 2008). Además, el desarrollo de las habilidades argumentativas, que los juegos de rol pretenden fomentar, es necesario para la mejora de la educación científica (Hodson, 2003) de la ciudadanía del siglo XXI de las sociedades democráticas (Lytzerinou y Iordanou, 2020) para hacer frente a los SSI contemporáneos.

Con respecto al tratamiento de contenidos curriculares, el uso de juegos de rol permite alinear el contenido académico con escenarios complejos que se relacionan con la vida cotidiana del alumnado (Green y Cassani, 2020). No obstante, Schnurr *et al.* (2015) señalan que la relación entre las simulaciones de juegos de rol y la adquisición de conocimientos es menos clara de lo que puede parecer a primera vista. En un estudio con estudiantes universitarios estos autores concluyen que la simulación de un juego de rol mejoró los conocimientos del alumnado relacionados con el contenido, pero no mejoró significativamente sus conocimientos percibidos sobre las habilidades prácticas asociadas al juego de rol realizado (p. ej., negociación, mediación o hablar en público). Esto indica que se precisa una mayor profundización en el estudio de las habilidades y conocimientos que el uso de juegos de rol permite desarrollar en el alumnado.

Dado que los SSI implican a diversas partes interesadas (p. ej., ciencia, política o economía), abordar estas cuestiones en un contexto educativo implica tener en cuenta una serie de puntos de vista diferentes. Los juegos de rol se consideran una forma especialmente útil de abordar los SSI en el aula de ciencias (Agell *et al.*, 2015), en la

medida en que permiten al alumnado aprender sobre un tema adoptando una perspectiva particular (es decir, el rol que se les asigna), al tiempo que se les expone a las perspectivas alternativas representadas por el resto de compañeras/os de clase (Inouye y Kling, 2020). Esto permite la consideración de opiniones y posiciones contrarias (Kolstø, 2000), proceso fundamental para que una toma de decisión se considere bien informada. Es por ello que configuran un contexto muy adecuado para que el alumnado experimente cambios de opinión (Simonneaux, 2001), reflexione acerca de las propias opiniones y explicita diferentes actitudes y valores (España-Ramos, 2008). Esto fomenta el debate y expone al alumnado a ideas diferentes, por lo que son una forma poderosa de exponer a este a la toma de decisiones complejas (Powell *et al.*, 2020) y ayudarles a ser más sensibles a otros puntos de vista (Taplin *et al.*, 2018). De hecho, algunos autores han considerado que el uso de los juegos de rol puede facilitar el cambio de opinión del alumnado (Simonneaux, 2001; Achiam *et al.*, 2021). Se presentan, por tanto, como un contexto ideal para estudiar la toma de decisiones y el cambio de opinión entre los estudiantes (Achiam *et al.*, 2021).

### **1.3. Esquema general, preguntas y objetivos de investigación**

#### **1.3.1. Esquema general de la investigación**

El diseño y desarrollo de la investigación que constituye esta tesis se representa en la figura 2 y, como se observa, está organizada en dos partes. La primera parte consistió en una IBD de tres ciclos de diseño, implementación y revisión de un juego de rol sobre SSI relacionados con el uso de energía nuclear. En esta parte se llevó a cabo el estudio 1, cuyo objetivo era doble: por un lado, obtener un diseño final del juego de rol mejorado tras el proceso de IBD y, por otro, analizar el impacto de la mejora iterativa realizada en la IBD sobre la conciencia ambiental del PPFi acerca de cuestiones energéticas.

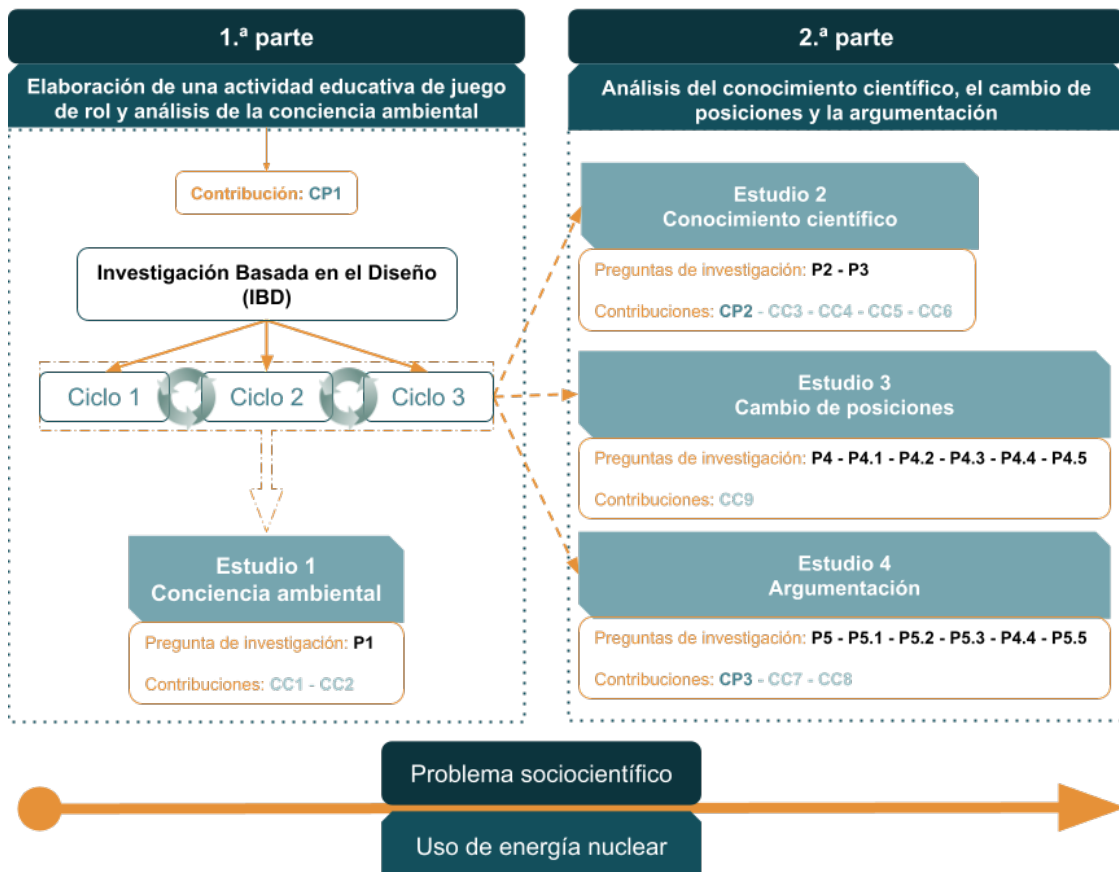


Figura 2. Esquema general de la investigación.

Nota: CP, contribución principal; CC, contribución complementaria; P, pregunta de investigación.

En la segunda parte se llevaron a cabo los estudios 2, 3 y 4, realizados con los datos recogidos en el 3.º y último ciclo de la IBD, con el objetivo de analizar, respectivamente, el conocimiento científico, el cambio de posiciones y las habilidades argumentativas del PPFi sobre el SSI mencionado.

### 1.3.2. Preguntas y objetivos específicos de investigación

A continuación, se presentan las preguntas y objetivos específicos de investigación planteados en esta tesis doctoral organizados en torno a los cuatro estudios realizados.

#### 1.3.2.1. Estudio 1. Conciencia Ambiental

**P1.** ¿Qué tipo de relación existe entre la mejora metodológica iterativa de un juego de rol sobre energía nuclear y la conciencia ambiental del PPFi?

**O1.1.** Valorar si el nuevo diseño e implementación metodológica del juego de rol mejora los resultados conseguidos en anteriores experiencias en cuanto al aprendizaje de contenidos científicos (dimensión cognitiva de la conciencia ambiental) y al cambio de posiciones respecto a problemas relacionados con la energía nuclear.

**O1.2.** Valorar si el nuevo diseño e implementación metodológica del juego de rol promueve el desarrollo de las demás dimensiones que conforman la conciencia ambiental (afectiva, conativa y activa).

### **1.3.2.2. Estudio 2. Conocimiento científico**

**P2.** ¿En qué medida, si es que lo hace, un juego de rol sobre el SSI del uso de energía nuclear ayuda al PPFi a desarrollar ideas más científicamente informadas sobre el proceso de obtención de electricidad en una central nuclear?

**P3.** ¿Qué ideas no científicamente informadas tiene el PPFi sobre este proceso y hasta qué punto persisten después de participar en el juego de rol?

**O2. (relativo a las P2 y P3)** Analizar las ideas manifestadas por el PPFi acerca del funcionamiento de las centrales nucleares antes y después de la participación en un juego de rol sobre energía nuclear.

### **1.3.2.3. Estudio 3. Cambio de posiciones**

**P4.** ¿Qué cambios, si los hay, se producen en la posición del PPFi sobre el futuro uso de energía nuclear?

Esta pregunta se concretó en las siguientes preguntas y objetivos específicos de investigación:

**P4.1.** ¿Cuál es la posición inicial del PPFi sobre el futuro uso de energía nuclear antes de participar en el juego de rol y cómo se relaciona con la posición que tenía que defender su rol?

**O3.** Analizar la posición inicial del PPFi y el cambio en sus posiciones personales sobre el futuro uso de energía nuclear tras su participación en el juego de rol.

**P4.2.** ¿Existe alguna relación entre la posición inicial del PPFi sobre esta cuestión y el cambio de posición tras el juego de rol?

**O4.** Analizar la relación entre la posición inicial del PPFi sobre el futuro uso de energía nuclear y el cambio de posición personal del PPFi tras el juego de rol.

**P4.3.** Si las posiciones personales del PPFi sobre el futuro uso de energía nuclear cambian como resultado de su participación en el juego de rol, ¿qué forma adoptan estos cambios?

**O5.** Analizar qué forma adoptan los cambios en las posiciones personales del PPFi sobre el futuro uso de energía nuclear tras su participación en el juego de rol.

**P4.4.** ¿Están relacionados los cambios en la posición personal del PPFi con la posición que tuvieron que defender en su rol?

**O6.** Analizar la relación entre los cambios en la posición personal del PPFi y la posición que tenía el rol que debían defender en el juego de rol.

**P4.5.** ¿Están relacionados los cambios en la posición personal del PPFi con el hecho de que su posición inicial coincidiera o no con la que tuvieron que defender en su rol?

**O7.** Analizar la relación entre los cambios en la posición personal del PPFi y el grado de coincidencia entre su posición inicial y la posición que tenía que defender su rol durante el juego de rol.

#### **1.3.2.4. Estudio 4. Argumentación**

**P5.** ¿Cómo argumenta el PPFi cuando participa en un juego de rol sobre energía nuclear?

Esta pregunta se concretó en las siguientes preguntas y objetivos específicos de investigación:

**P5.1.** ¿Qué aspectos del SSI sobre el cierre de centrales nucleares en España y modos de razonamiento informal utiliza el PPFi en sus argumentos durante la escenificación de un juego de rol, y con qué frecuencia lo hacen?

**O8.** Analizar qué aspectos sobre el SSI del cierre de centrales nucleares en España y qué modos de razonamiento informal utiliza el PPFi en sus argumentos durante la escenificación de un juego de rol y la frecuencia con la que lo hacen.

**P5.2.** ¿Existe alguna relación entre los roles y la frecuencia con la que se utilizan los modos de razonamiento informal?

**O9.** Analizar la relación entre los roles y la frecuencia con la que estos utilizan los diferentes modos de razonamiento informal.

**P5.3.** ¿Existen diferencias en la frecuencia de los modos de razonamiento informal utilizados entre las dos partes de la escenificación del juego de rol?

**O10.** Analizar las diferencias en la frecuencia de los modos de razonamiento informal utilizados entre las dos partes de la escenificación del juego de rol.

**P5.4.** ¿Cómo es la estructura de los argumentos utilizados por el PPFi durante su participación en el juego de rol?

**O11.** Analizar la estructura de los argumentos utilizados por el PPFi durante su participación en el juego de rol.

**P5.5.** ¿Cómo es la estructura del diálogo construido por el PPFi durante su participación en el juego de rol?

**O12.** Analizar la estructura del diálogo construido por el PPFi durante su participación en el juego de rol.

#### **1.4.Marco metodológico general**

A continuación, se describe el enfoque metodológico seguido en todos los estudios, la muestra seleccionada y los análisis estadísticos realizados.

##### **1.4.1.Metodología de investigación**

En esta tesis doctoral se ha seguido un enfoque metodológico mixto (Creswell, 2014). Este enfoque se caracteriza por combinar o mezclar métodos, técnicas, conceptos o lenguajes cuantitativos y cualitativos en un estudio o serie de estudios vinculados (Anguera y Mendo, 2015) y es de uso frecuente en la investigación en educación (Núñez, 2017).

En la enseñanza de las ciencias, los estudios que aplican metodologías cualitativas comenzaron a aparecer con más frecuencia en los últimos 30 años (Levin y Wagner, 2009), principalmente complementando los datos cuantitativos (Erickson, 1986), y en la educación ambiental el enfoque mixto se viene desarrollando desde finales del siglo pasado (Benayas *et al.*, 2003). En el caso de las investigaciones sobre educación ambiental, este enfoque se muestra especialmente adecuado dada la multiplicidad de tipologías de las variables a estudiar, que precisa de enfoques y procedimientos de análisis que comprendan ambas perspectivas (cualitativa y cuantitativa).

Por otro lado, todos los estudios desarrollados en esta tesis tienen un diseño no experimental, utilizado también en otros trabajos similares sobre juegos de rol y energía nuclear (Crujeiras-Pérez *et al.*, 2020; Evren y Aycan, 2018; Freire *et al.*, 2016) y realizando una interpretación idiográfica, que es aquella en la que se presta atención a los detalles y los datos se interpretan con respecto a las particularidades de un caso y no a las generalizaciones (Creswell, 2014).

##### **1.4.2.Participantes**

La selección de la muestra fue de carácter intencional. En los cuatro estudios realizados en esta tesis doctoral participaron profesoras y profesores de primaria en formación inicial que cursaban la asignatura de Enseñanza de las Ciencias de 3.º de Grado en Educación Primaria en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Málaga. El perfil de edad del PPFi era de entre 20 y 21 años y la mayoría tenían

estudios previos en ciencias sociales y humanidades, habiendo cursado asignaturas científicas de forma reglada por última vez en educación secundaria obligatoria.

El PPFi participante fue informado de que sus datos serían tratados exclusivamente con fines de investigación y que sería imposible su identificación en las publicaciones derivadas de esta.

El tamaño muestral fue diferente en cada estudio. En el estudio 1 participaron estudiantes de tres cursos académicos diferentes:

- Curso 2015/16 (1.<sup>er</sup> ciclo de la IBD): el juego de rol se realizó en dos clases de 70 (grupo A) y 71 (grupo B) PPFi.
- Curso 2017/18 (2.<sup>o</sup> ciclo de la IBD): el juego de rol se realizó en dos clases de 81 (grupo A) y 62 (grupo B) PPFi.
- Curso 2018/19 (3.<sup>er</sup> ciclo de la IBD): el juego de rol se realizó en dos clases de 69 (grupo A) y 56 (grupo B) PPFi.

Por tanto, el tamaño muestral inicial en cada ciclo de la IBD fue de 141, 143 y 125 PPFi, respectivamente, mientras que en los estudios 2, 3 y 4 se trabajó solo con los datos recogidos en el último ciclo de la IBD.

El profesor que impartía la asignatura en la que se llevó a cabo la investigación era el Doctor en Ciencias de la Educación Daniel Cebrián Robles, coautor de las publicaciones que avalan esta tesis. Mi participación en las experiencias de juego de rol comenzó con el análisis retrospectivo del 1.<sup>er</sup> ciclo de la IBD y en el 2.<sup>o</sup> y 3.<sup>er</sup> ciclos completos, tanto en el diseño como en la implementación en el aula como observadora no participante.

Además de los aspectos metodológicos generales indicados, los cuatro estudios tienen características metodológicas específicas, desde la planificación del estudio y los instrumentos de recogida de datos hasta el análisis de estos, que se describen, para facilitar la lectura de este informe, en los apartados dedicados a cada estudio (capítulo II).

#### **1.4.3. Análisis estadísticos**

Los análisis estadísticos realizados en los cuatro estudios fueron diferentes y pueden consultarse en los apartados de resultados de cada uno de ellos (capítulo II). No obstante, a continuación, se describe el procedimiento estadístico general seguido y las pruebas estadísticas utilizadas.

En primer lugar, en todos los estudios se realizaron análisis para detectar posibles valores perdidos y/o depurar posibles errores de los conjuntos de datos. Como

resultado, los tamaños muestrales finales se redujeron debido a diferentes casuísticas, como: no cumplimentación del pretest, el postest o ambos; no cumplimentación de algunas de las preguntas del cuestionario; o no asistencia del PPFi a la escenificación del juego de rol. Estos casos fueron eliminados de los conjuntos de datos analizados si el estudio concreto lo requería. Las decisiones adoptadas en este sentido y los tamaños muestrales finales pueden consultarse en los apartados dedicados a cada estudio. Tras esto, se realizaron análisis descriptivos tanto por métodos gráficos como mediante el cálculo de frecuencias y estadísticos descriptivos. En el caso de los métodos gráficos se utilizaron, sobre todo, gráficas de barras y diagramas de sectores (variables cualitativas) y gráficas de líneas (variables cuantitativas).

Posteriormente, se llevaron a cabo análisis para estudiar la existencia de posibles relaciones entre las variables estudiadas, utilizando diferentes pruebas estadísticas (tabla 2).

Tabla 2. Pruebas estadísticas y medidas de asociación utilizadas en función de los tipos de muestras y variables a analizar.

Tipo de muestras	Tipo de variables	Prueba estadística <sup>2</sup>	Tamaño del efecto ( $r$ ) <sup>3</sup>
Relacionadas	Cualitativas dicotómicas	Prueba de McNemar	
	Cualitativas politómicas ordinales	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	$ Z /\sqrt{N}$ (Pallant, 2011)
	Cualitativas politómicas nominales	Prueba de chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) (tablas $p \times k$ )	Método V de Cramer (Rivera, 2017)
		Prueba exacta de Fisher (tablas $2 \times 2$ )	<i>Odds ratio</i> (OR) <sup>4</sup>
Independientes	Cualitativas politómicas ordinales	Prueba U de Mann-Whitney	$ Z /\sqrt{N}$ (Pallant, 2011)
	Cualitativas politómicas nominales	Prueba de chi-cuadrado (tablas $p \times k$ )	Método V de Cramer (Rivera, 2017)
		Prueba exacta de Fisher (tablas $2 \times 2$ )	<i>Odds ratio</i> (OR)

Nota:  $r$ , tamaño del efecto;  $Z$ , estadístico de las pruebas de rangos con signo de Wilcoxon y U de Mann-Whitney;  $N$ , tamaño de la muestra;  $\chi^2$ , estadístico de la prueba de chi-cuadrado;  $p \times k$ , tablas mayores a  $2 \times 2$ ; OR, *odds ratio*.

Se utilizaron, de forma mayoritaria, pruebas no paramétricas, al no ser normal la distribución de los datos de las variables. La normalidad se comprobó con la prueba de Shapiro-Wilk en el caso de muestras menores a 50 casos y con la prueba de Kolmogorov-Smirnov en el caso de muestras mayores. En el caso de existencia de diferencias estadísticamente significativas, se calcularon medidas de asociación entre las variables (López-Martín y Ardura-Martínez, 2022).

<sup>2</sup> Todas las pruebas se realizaron con un nivel de significación de .05.

<sup>3</sup> Solo en el caso de existencia de diferencias estadísticamente significativas. Salvo en el caso de la OR, se interpretaron de la siguiente manera: pequeño ( $.10 \leq r < .30$ ), mediano ( $.30 \leq r < .50$ ) y grande ( $r \geq .50$ ) (Cohen, 1988; Coolican, 2009).

<sup>4</sup> La OR tiene valores de cero a infinito y se interpreta de la siguiente manera:  $OR < 1$ , asociación negativa;  $OR = 0$ , no asociación; y  $OR > 1$ , asociación positiva.

Para analizar la posible correlación entre variables cuantitativas se utilizaron los coeficientes de correlación de Pearson (variables con distribución de datos normal) y de Spearman (variables con distribución de datos no normal). Ambos coeficientes se interpretaron de la siguiente forma:  $r_{xy} < 1$ , asociación negativa;  $r_{xy} = 0$ , no asociación; y  $r_{xy} > 1$ , asociación positiva.

La concordancia o fiabilidad interevaluadores se calculó mediante porcentajes de acuerdo y el coeficiente Kappa de Cohen. El coeficiente Kappa de Cohen oscila entre 0 y 1, donde 1 indica el máximo acuerdo. En algunos casos, se utilizó el índice Kappa de Cohen ponderado con pesos de Cicchetti (Fleiss, 1981), que asigna diferentes valores de ponderación (pesos) en función del grado de desacuerdo entre los calificadores. En ambos casos fue interpretado con la escala propuesta por Landis y Koch (1997). En las variables en las que se obtuvieron valores del coeficiente Kappa de Cohen bajos (próximos a cero) aunque los porcentajes de acuerdo fuesen altos, se debieron a la baja prevalencia de las categorías estudiadas. Cuando se da este fenómeno, a pesar del alto porcentaje de acuerdo encontrado, todos los valores del coeficiente Kappa son bajos (Feinstein y Cicchetti, 1990).

Por último, en el estudio 1 los análisis cualitativos se llevaron a cabo con el software NVivo<sup>5</sup>, mientras que en los estudios 2 y 4 se utilizaron hojas de cálculo de Microsoft Excel y el software Atlas.ti<sup>6</sup>. En el estudio 3 no se llevaron a cabo análisis cualitativos. Los análisis cuantitativos de todos los estudios se realizaron mediante hojas de cálculo de Microsoft Excel y los programas SPSS<sup>7</sup>, R<sup>8</sup> y Jamovi<sup>9</sup>.

### **1.5. Presentación de las publicaciones que avalan la tesis**

Esta tesis doctoral realizada en la modalidad de compendio de publicaciones queda avalada por tres contribuciones principales. No obstante, también se han realizado otros trabajos que se presentan en esta tesis como contribuciones complementarias de la investigación. En la figura 3 puede verse el cronograma de las publicaciones, tanto principales como complementarias, realizadas durante los años en los que se ha desarrollado la investigación.

---

<sup>5</sup> <https://nvivo-spain.com/>

<sup>6</sup> <https://atlasti.com/es>

<sup>7</sup> <https://www.ibm.com/es-es/spss>

<sup>8</sup> <https://www.r-project.org/>

<sup>9</sup> <https://www.jamovi.org/>

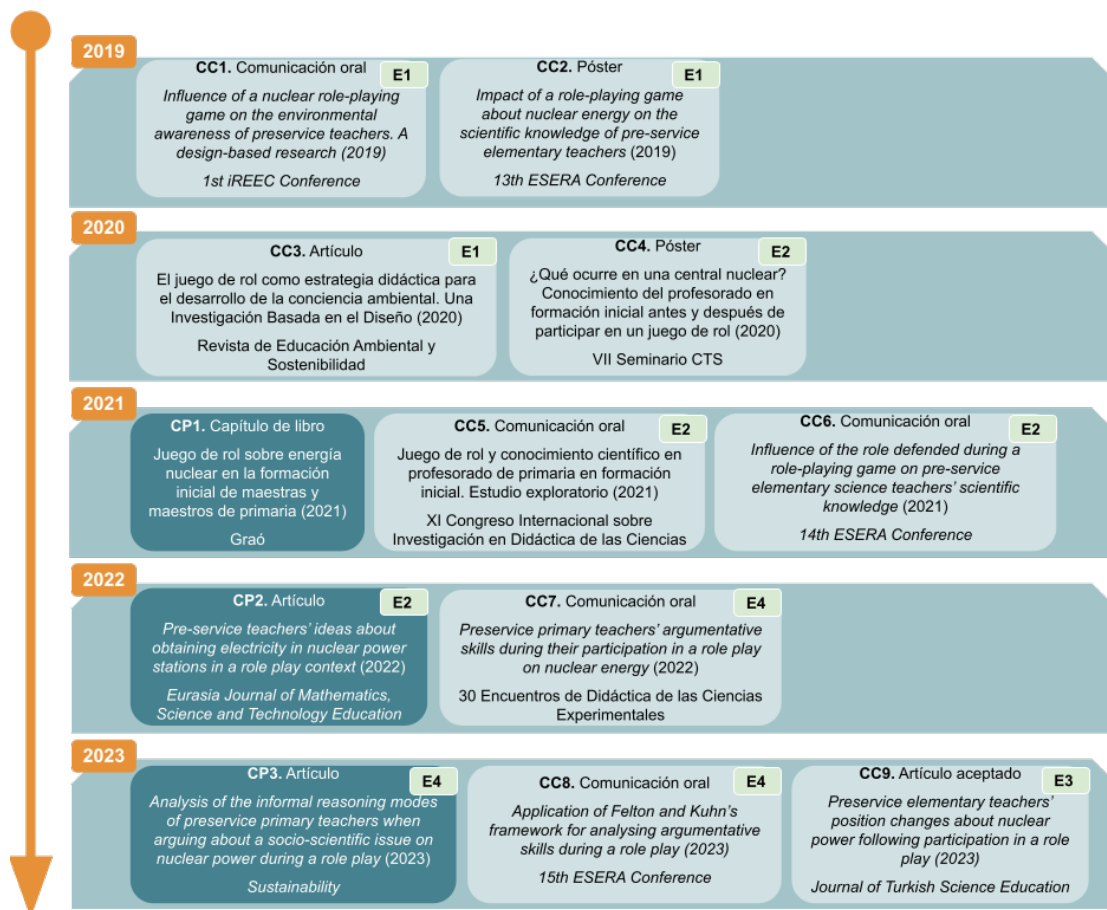


Figura 3. Contribuciones principales y complementarias de la tesis.

A continuación, se expone información de cada una de las publicaciones principales que avalan esta tesis doctoral.

### 1.5.1. Contribución principal 1

**Título:** Juego de rol sobre energía nuclear en la formación inicial de maestras y maestros de primaria.

**Autores:** Isabel María Cruz Lorite, Daniel Cebrián Robles, María del Carmen Acebal Expósito y Ángel Blanco López.

**Tipo de publicación:** capítulo de libro.

**Editorial:** Graó.

**ISBN:** 978-84-18058-95-0.

**Año:** 2021

**Páginas:** 372-391.

**Indicadores de calidad de la editorial:** indexada en la base de datos *Scholarly Publishers Indicators (SPI)* en 2022, en la categoría de Educación. Editoriales españolas, ICEE = 113, posición = 3/56, cuartil = Q1.

**Resumen:** Los problemas sociocientíficos son cuestiones de interés social con una importante base científica cuyo conocimiento se hace imprescindible para la comprensión de las controversias generadas, la formación de opiniones fundamentadas, la toma de decisiones responsables, tanto individuales como colectivas, y la participación ciudadana en la generación de soluciones realistas y justas. En este capítulo se describe detalladamente la metodología, secuencia y materiales desarrollados para la puesta en práctica de un juego de rol acerca de una de estas cuestiones: el uso de energía nuclear. El diseño del juego plantea la simulación de un debate televisivo en torno al principio de acuerdo llevado a cabo por las empresas eléctricas Endesa, Iberdrola y Naturgy en el año 2019, para el cierre progresivo del parque nuclear español que culminaría entre los años 2030 y 2035. El alumnado se organiza en once grupos, constituido cada uno por un portavoz y un equipo asesor, que representan cinco roles más favorables al acuerdo, cinco roles menos favorables y un rol de presentador. Cada grupo recibe una descripción del perfil del rol que debe defender y dispone de hojas de registro que deberán usar antes y durante la escenificación.

**Pregunta de investigación a la que responde:** esta publicación es el producto final del proceso de IBD realizado en la primera parte de la investigación. En ella se describe el diseño final del juego de rol mejorado tras la IBD. Constituye, además de un producto de esta tesis, el contexto en el que se obtienen los datos para intentar responder a las preguntas de investigación planteadas en los cuatro estudios realizados.

### **1.5.2. Contribución principal 2**

**Título:** *Pre-service teachers' ideas about obtaining electricity in nuclear power stations in a role play context.*

**Autores:** Isabel María Cruz Lorite, Daniel Cebrián Robles, María del Carmen Acebal Expósito y Ángel Blanco López.

**Tipo de publicación:** artículo.

**Revista:** *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education.*

**ISSN:** 1305-8223 (online)

**Año:** 2022.

**Volumen:** 18.

**Número:** 11.

**Páginas:** 1-15.

**DOI:** <https://doi.org/10.29333/ejmste/12507>.

**Publicado por:** Modestum.

**Indicadores de calidad de la revista:** indexada en Scopus, cuartil = Q2, SJR = 0.569 (*Social Sciences - Education*); y en ERIC.

**Resumen:** *This study examined whether participation in a role-play on the socio-scientific issue of the use of nuclear power had an impact on pre-service primary teachers' ideas regarding the process of obtaining electricity in a nuclear power station. Before and after the role-play, 78 pre-service primary teachers were asked to describe this process to analyze the ideas they displayed about the stages involved in it. The results showed, overall, an increased presence of more scientifically informed ideas in some of these stages following the role play, although a number of non-scientifically informed ideas persisted, for example, regarding the way in which heat is obtained or the final transformation of energy into electricity. These results support the potential value of role-play for developing more scientifically informed ideas, although some modifications of the role-play are recommended for further development of them.*

**Preguntas de investigación a las que responde:** P2 y P3.

### 1.5.3. Contribución principal 3

**Título:** *Analysis of the informal reasoning modes of preservice primary teachers when arguing about a socio-scientific issue on nuclear power during a role-play.*

**Autores:** Isabel María Cruz Lorite, Daniel Cebrián Robles, María del Carmen Acebal Expósito y Maria Evagorou.

**Tipo de publicación:** artículo.

**Revista:** *Sustainability*.

**ISSN:** 2071-1050 (online).

**Año:** 2023.

**Volumen:** 15.

**Páginas:** 1-17.

**DOI:** <https://doi.org/10.3390/su15054291>

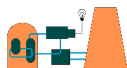
**Publicado por:** MDPI AG.

**Indicadores de calidad de la revista:** indexada en JCR, cuartil = Q2, IF = 3.889 (*Social Sciences Citation Index*); Scopus, cuartil = Q2, SJR = 0.664 (*Environmental Science - miscellaneous*).

**Resumen:** *The use of nuclear power is a socio-scientific issue that raises controversy in many areas, such as health, environment, employment or energy supply, and generates arguments both for and against. This paper examines the specific aspects addressed by preservice primary teachers in their arguments during their participation in a role-play on the SSI of nuclear power stations closure in Spain, in order to better understand their informal reasoning modes, as well as the possible effect of the roles defended and the design of the staging of the role-play. To this end, the transcripts of four role-plays were analysed. The data analysis was carried out by open coding, extracting different categories of analysis that were classified into three different informal reasoning modes: environmental, financial and social. The results showed that participants used more environmental-oriented arguments than financial and social ones. Differences in informal reasoning modes were found between some roles and between the two parts of the staging. Some educational implications of these results are discussed, such as providing more information to the participants before the role-play and emphasising the scaffolding of the social aspects when designing the role-play.*

**Pregunta de investigación a la que responde:** P5, P5.1, P5.2 y P5.3.





## 2. ESTUDIOS REALIZADOS

En este capítulo se describe cada uno de los estudios realizados, exponiendo los procedimientos metodológicos específicos utilizados y un resumen de los resultados obtenidos, que son, sobre todo, los recogidos en las contribuciones principales y también algunos aún no publicados que ayudan a dar una visión más completa de los estudios. Antes de ello, se incluye, a continuación, un apartado que muestra el proceso de diseño del juego de rol, considerando que este, como producto final de la IBD desarrollada, supone un resultado importante de esta tesis.

### 2.1. Diseño y mejora del juego de rol

A continuación, se detalla la evolución del recurso de juego de rol durante los tres ciclos de la IBD.

#### 2.1.1. Primer diseño del juego de rol

En el 1.<sup>er</sup> ciclo (curso 2015/16), se partió del diseño inicial desarrollado por otros autores en trabajos previos (España-Ramos, 2008; España-Ramos *et al.*, 2013; Cebrián-Robles *et al.*, 2018). El escenario del juego de rol se centró en un tema de actualidad en el momento de la realización de la primera implementación: el cierre de la central nuclear de Garoña (Villa, 2016) y la posible ampliación de su periodo de vida útil. El PPFi se organizó en pequeños grupos, en cada uno de los cuales se realizó un juego de rol. Había cinco roles a favor de la ampliación del periodo de vida útil de la central de Garoña (científico nuclear, ciudadano de Garoña 1, diputado del Gobierno, lobby nuclear y trabajador de la central) y cinco en contra (científico en contra, ciudadano de Garoña 2, diputado de la oposición, ecologista y empresario de una gran hidráulica) y un moderador. El PPFi no debía revelar el rol que tenía que defender, puesto que el objetivo del juego era averiguar qué roles defendía el resto. El PPFi no tenía que elaborar argumentos completos, sino que debían aportar pruebas (Jiménez-Aleixandre, 2010). La duración aproximada de los juegos fue de 30 minutos y el PPFi dispuso de una semana para preparar los roles.



### **2.1.2.Segundo diseño del juego de rol**

En el 2.º ciclo (curso 2017/18) el escenario del juego de rol se basó en la simulación de un programa televisivo para debatir sobre la campaña planteada por Greenpeace augurando el cierre de las centrales nucleares españolas en el año 2020 (RTVE, 2017). La primera y más relevante modificación del diseño del juego respecto a la primera implementación tenía que ver con su estructura, realizándose solo cuatro juegos de rol frente a los múltiples juegos realizados en el ciclo anterior. En primer lugar, se dividió a las dos clases en la que se llevó a cabo la experiencia en dos subgrupos, de forma que en cada subgrupo se llevó a cabo un juego de rol. En cada subgrupo se formaron tantos equipos como roles tenía el juego, siendo estos cuatro roles a favor de la campaña (científica a favor, ciudadana, ecologista y empresario de una gran hidráulica) y cuatro roles en contra (científica nuclear, administrador de la central nuclear clausurada de Garoña, político del Gobierno, antiguo trabajador de la central nuclear clausurada de Garoña), además del presentador del programa. En cada equipo, uno de los integrantes hacía de portavoz y el resto formaban el equipo asesor, encargado de apoyar al portavoz durante la escenificación elaborando nuevos argumentos y contraargumentos (no solo pruebas), siendo esta otra de las modificaciones introducidas respecto al diseño anterior. Se eliminó el objetivo de identificar qué roles defendían los compañeros en pos de la elaboración de argumentos y contraargumentos, por lo que la escenificación tenía tres partes: 1) la rueda de presentación, en la que cada rol disponía de 2-3 minutos para exponer sus argumentos iniciales; 2) pausa publicitaria de 5-6 minutos para elaborar nuevos argumentos y contraargumentos con el equipo asesor; y 3) debate abierto. El PPFi podía enviar mensajes cortos que se proyectaban en una pantalla grande y votar al rol que más les hubiera convencido, por lo que al finalizar el debate el presentador del programa y su equipo de prensa emitían una conclusión sobre el debate a partir de las opiniones y votaciones enviadas. La escenificación tuvo una duración aproximada de una hora y el PPFi dispuso de una semana para su preparación.

### **2.1.3.Tercer diseño del juego de rol**

En este ciclo, antes del juego de rol, el PPFi participó en una secuencia de tareas para aprender a enseñar y evaluar la argumentación (Cebrián-Robles *et al.*, 2021). El juego de rol versó sobre el pacto llevado a cabo en el año 2019 por algunas empresas energéticas y el Gobierno español para cerrar todas las centrales nucleares en España en el periodo comprendido entre 2025 y 2035 (RTVE, 2019). La actividad se llevó a cabo en tres fases (figura 4): 1) primera sesión para la presentación del juego y el reparto de roles, 2) una semana para la preparación de los roles por parte de los grupos

mediante trabajo no presencial, y 3) segunda sesión para la realización de la escenificación.

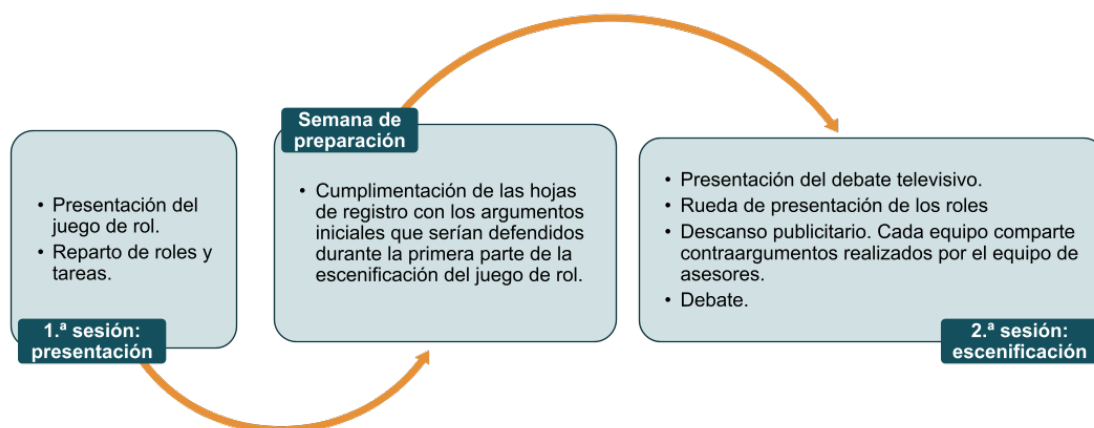


Figura 4. Esquema general del desarrollo de la actividad de juego de rol.

### 1.ª sesión: *Presentación y reparto de roles*

En la primera sesión se realiza la presentación y explicación del escenario donde se plantea el juego de rol y de los roles que se representarán en la sesión de escenificación.

En el caso de la experiencia realizada en el 3.º ciclo de la IBD, debido al elevado número de PPFi, la clase se dividió en dos subgrupos, realizándose dos juegos de rol con 39 PPFi en cada uno. Esta medida no sería necesaria con una ratio de estudiantes por clase mucho más baja. Para asegurar la participación activa de todo el alumnado se propuso la formación de equipos, uno por cada uno de los roles. En esta última propuesta se detallan once roles: cinco que representan posiciones más favorables al pacto de cese del parque nuclear español, cinco con posiciones más contrarias y la persona que presenta el programa. La conformación de los equipos puede realizarse al azar, mediante algún sistema de sorteo, o permitiendo al alumnado unirse a los roles que prefieran. En este caso, la adhesión a los equipos se hizo por preferencia, aunque uno de los aspectos más interesantes, y así lo manifestaron los participantes de esta experiencia, es la posibilidad de tener que defender una posición diferente o incluso contraria a la propia. Cada equipo lo constituyen entre dos y cuatro integrantes, dependiendo del número de alumnas y alumnos en la clase. Un integrante del equipo tiene la función de representar el rol asignado, actuando como portavoz, mientras que el resto de integrantes constituyen el equipo asesor (figura 5). Esta diferenciación es importante de cara a la escenificación del juego, puesto que el/la portavoz y el equipo asesor tienen funciones diferentes durante la misma.

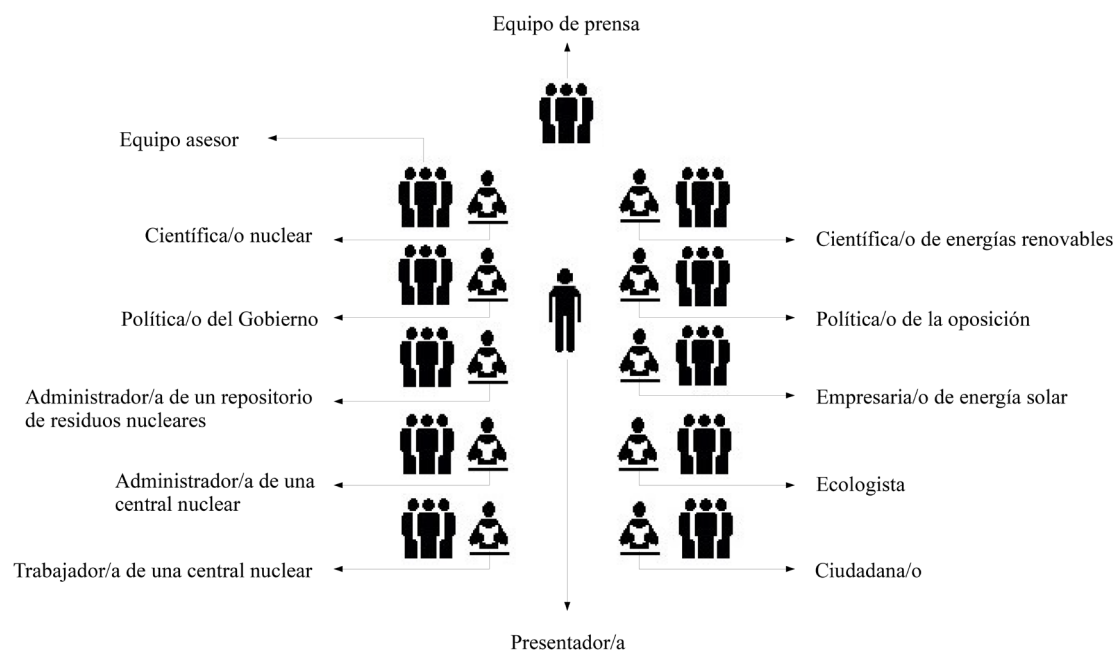


Figura 5. Representación esquemática de la conformación de los grupos, constituidos por un portavoz y el equipo asesor.

Una vez conformados los equipos, se explican y describen los once roles que pueden consultarse en la tabla 3.


Tabla 3. Nomenclatura, posición (a favor o en contra del pacto de cese del parque nuclear español) y descripción de los roles.

Rol	Posición	Descripción
Científica/o nuclear	En contra	Está investigando nuevos métodos que permitan reutilizar el uranio en las centrales para que los residuos tengan peligrosidad durante menos tiempo una vez desechados. Debe buscar información para posicionarse a favor de instalar más centrales y/o cementerios nucleares basándose en pruebas científicas de investigaciones sobre estas nuevas técnicas.
Política/o del Gobierno	En contra	Tiene intereses electorales y quiere aumentar la tasa de empleo. Su partido apuesta por la energía nuclear como una solución energética factible, económica y que aporta energía constante. Defiende la creación de empleo que produciría la instalación de una central o un cementerio nuclear y la disminución de la dependencia energética y de gestión de los residuos de otros países. Busca argumentos políticos a favor de la energía nuclear para confrontarlos con el adversario político.
Administrador/a de un repositorio de residuos nucleares	En contra	Está a favor de la energía nuclear y trata de defender su empresa por intereses personales y económicos. Intenta vender su proyecto de construcción y gestión de un cementerio nuclear como una instalación ligada al funcionamiento de una central nuclear. Apela a la seguridad que proveen dichos cementerios. Debe apoyarse en pruebas que justifiquen que es necesario gestionar los residuos nucleares que se producen en las centrales que están en funcionamiento para no tener que enviarlos a otros países.
Administrador/a de una central nuclear	En contra	Apuesta por este tipo de energía y defiende sus centrales como modelo a seguir para una producción energética sostenible. Su estrategia se basa en atacar a las fuentes de energía fósil (carbón y petróleo)

		defendiendo el mayor impacto que tienen en comparación con la energía nuclear. Buscad pruebas que apoyen vuestras argumentaciones a favor de la instalación de la central nuclear.
Trabajador/a central nuclear	En contra	Se muestra a favor del funcionamiento de esta industria. En su ciudad mucha gente consiguió trabajo gracias a la demanda de mano de obra que se precisaba, por lo que tiene una opinión muy favorable de este tipo de empresas. Debe buscar pruebas laborales a favor del sector nuclear. Pretende demostrar los beneficios de los puestos de trabajo que genera una central o cementerio nuclear en España.
Científica/o energías renovables	A favor	Estando en contra de las energías nucleares, esta persona es una experta en energías renovables y está convencida de que es posible atender la demanda energética de un país solo con energías alternativas, sin necesidad de usar energía nuclear. Se posiciona en contra de la instalación de centrales y cementerios nucleares, aunque no defiende el cierre de las que existen, puesto que hay opiniones que la consideran una buena opción como energía de transición hacia un modelo más sostenible. Deberá buscar argumentos científicos para convencer de que es posible abastecer un país solo con energía renovable.
Política/o de la oposición	A favor	Tiene intereses electorales y debe de estar en contra de su adversario político. Su partido apuesta por las energías renovables como alternativa a las fuentes tradicionales y a la energía nuclear, defendiendo que es posible la reducción de la dependencia energética de otros países. No obstante, considera que no es viable el cierre de todas las centrales nucleares a corto plazo y defiende, además, que los residuos nucleares generados deben de tratarse (pudiendo esto ser una oportunidad económica para el país), por lo que no se muestra del todo en desacuerdo con la instalación del cementerio. Busca argumentos políticos en contra de la energía nuclear y a favor de las renovables para confrontarlos con el adversario político.
Empresaria/o energía solar	A favor	Está en contra del uso de energía nuclear y pretende vender su proyecto de creación de un huerto solar que suplante a las centrales nucleares. Le mueven intereses económicos y empresariales y defiende que las energías renovables son totalmente respetuosas con el medioambiente. Busca pruebas de tipo económico, laboral y ambiental que apoyen las posiciones en contra del uso de energía nuclear.
Ecologista	A favor	Tiene una visión radicalmente negativa de la energía nuclear y, por supuesto, no contempla la posibilidad de realizar más instalaciones. Apuesta por las energías renovables, aunque sabe que también tienen impacto en el medioambiente, y por el cierre de todas las centrales y cementerios nucleares del país. Debe buscar pruebas referentes a la naturaleza y al medioambiente para posicionarse en contra de la energía nuclear y a favor de las energías renovables.
Ciudadana/o	A favor	Esta persona siente miedo por las noticias de accidentes nucleares y su opinión al respecto de las centrales nucleares es negativa. No obstante, considera que un cementerio puede ser más seguro y además aportaría beneficios al crear puestos de trabajo. Tampoco considera mala opción la instalación de un huerto solar. Debe buscar pruebas que pudiera tener un/a ciudadano/a para posicionarse en contra de la central nuclear y a favor del cementerio nuclear o un huerto solar.
Presentador/a del programa televisivo de debate	Neutral	Ha de mantener su posición imparcial. No necesita buscar argumentos, pero tiene que preparar bien los tiempos para que el programa se lleve a cabo. Debe gestionar alguna aplicación informática para recoger las frases o pensamientos del «público». Estas serán proyectadas en clase durante el programa y, al final, tendrá que hacer una síntesis de conclusiones a modo de informe de lo más relevante del programa.

Estos roles pretenden representar el mayor número de sectores y colectivos involucrados en el uso de energía nuclear y son propuestos al alumnado a través de unas fichas de descripción (figura 6).

## Científica/o nuclear



Es una persona que está investigando nuevos métodos que permitan reutilizar el uranio en las centrales para que los residuos tengan peligrosidad durante menos tiempo una vez desechados.

Debe de buscar información para posicionarse a favor de instalar más centrales y/o cementerios nucleares basándose en pruebas científicas de investigaciones sobre estas nuevas técnicas.

Figura 6. Ejemplo de la ficha de descripción del rol de científica/o nuclear.

Una vez conformados los equipos y repartidos los roles, se deja una semana de trabajo no presencial para la preparación del rol. También se reparten a cada equipo las hojas de registro que se usarán antes y durante la escenificación del juego de rol: hoja de registro 1 (tabla 4) y hoja de registro 2 (tabla 5). De estas hojas, la única que se usará con anterioridad a la escenificación del juego de rol será la segunda, puesto que en ella deben registrarse los argumentos iniciales que el portavoz del rol lanzará en la primera parte de la escenificación (rueda de presentación).

Tabla 4. Fragmento de la hoja de registro 1 usada por el equipo asesor del rol de administrador/a del repositorio de residuos nucleares durante la primera parte de la escenificación del juego de rol.

1.ª PARTE DEL JUEGO (RUEDA DE PRESENTACIÓN)	
Roles	Argumentos débiles/fuertes

Científico/a energías renovables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El argumento sobre la importancia de las energías renovables es débil porque comenta que son ilimitables y limpias. No argumenta el porqué de cada una de estas características ni adjunta pruebas. Además, añade que genera puestos de trabajo, pero no es apoyado por ninguna cifra ni estudio.</li> <li>• El argumento sobre los beneficios de las energías renovables es fuerte porque argumenta sobre el impacto positivo que estas tienen en la balanza comercial, como el ahorro de 200 millones de euros al año y la eliminación del impuesto anual por la emisión de gases generada por combustibles fósiles como el petróleo.</li> </ul>
Ciudadano/a	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El argumento sobre los problemas de las centrales nucleares es débil porque habla sobre estos sin tener datos que lo avalen. Por ejemplo, dice que son costosas o que no estamos preparados para mantenerlas, pero no se especifican datos ni se dan ejemplos concisos.</li> <li>• El argumento sobre las consecuencias que puede tener la radioactividad de las centrales nucleares es fuerte porque muestra ejemplos que apoyan su posición, tales como la pérdida de biodiversidad y las malformaciones.</li> </ul>
Empresario/a energía solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El argumento sobre los beneficios de la energía solar es débil porque habla desde el punto de vista económico para él, el dinero y costos que el empresario puede tener.</li> <li>• El argumento sobre la inversión del dinero es débil porque tanto para construir centrales nucleares como energía eléctrica hace falta una gran inversión.</li> <li>• El argumento sobre los beneficios de las centrales eléctricas es fuerte porque aporta ejemplos claros sobre estos.</li> </ul>
Político/a de la oposición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El argumento sobre cómo surgió la energía nuclear es débil porque no aporta una justificación de por qué es necesario cerrar las centrales nucleares.</li> <li>• El argumento sobre los problemas de las centrales eléctricas es débil ya que los argumentos que da están muy poco fundamentados (por ejemplo, hay accidentes o hay problemas en el transporte).</li> <li>• El argumento sobre los beneficios de las energías renovables es fuerte porque pone ejemplos claros sobre y argumentados estos (seguras para la salud, acuerdos entre países).</li> </ul>
Político/a del Gobierno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No ha habido argumentos débiles porque todos han sido argumentados.</li> <li>• El argumento sobre la cantidad de energía generada en las centrales nucleares es fuerte porque pone ejemplos claros sobre la abundante energía que podemos conseguir gracias a las centrales nucleares (por ejemplo, Francia, considerada como una de las mayores potencias en energía nuclear, genera 8000 horas de energía al año).</li> <li>• El argumento sobre los beneficios de la energía nuclear es fuerte porque acompaña los ejemplos de datos exactos y los argumenta de forma clara. Algunos de los temas son el coste de la energía nuclear, la mejora en la economía y la cantidad de empleo que genera (200000 empleos al año).</li> </ul>

Tabla 5. Fragmento de la hoja de registro 2 del rol de administrador/a de un repositorio de residuos nucleares, usada durante la segunda parte de la escenificación del juego de rol.

Anotad tantos argumentos como necesitéis para defender la posición de vuestro personaje. Será más fácil defenderlos refutando la contraargumentación del contrario durante el debate		
Argumento inicial	Contraargumento del contrario	Refutación
Son necesarios para el país:	No son necesarios.	Sí, porque se elimina la radioactividad, lo volvemos a utilizar, eliminando así la importación de otros países y produciendo un ahorro.
El uso de energía nuclear en el mundo obliga a tener instalaciones en las que los residuos radiactivos que se utilizan en esta industria puedan ser almacenados.		
El ATC es una necesidad que tiene el país. No podemos estar eternamente alquilando a Francia		

---

sus instalaciones y gastarnos millones de euros.

Fuentes:

<https://erenovable.com/cementerio-nuclear/>

[https://www.elconfidencial.com/espana/2011-04-02/seis-pueblos-siguen-reclamando-el-cementerio-nuclear-a-pesar-del-desastre-de-fukushima\\_239853/](https://www.elconfidencial.com/espana/2011-04-02/seis-pueblos-siguen-reclamando-el-cementerio-nuclear-a-pesar-del-desastre-de-fukushima_239853/)

---

Generan puestos de trabajo:

Se estima que el 60 % de la mano de obra necesaria para la construcción de ATC provendrá del entorno local, pudiendo aumentar finalmente. Harán falta unos 300 trabajadores diarios durante los cinco que dure la primera fase de construcción, llegando a alcanzar 500 trabajadores en aquellos momentos en los que se genere más trabajo.

Fuente:

[https://www.lainformacion.com/economia-negocios-y-finanzas/el-cementerio-nuclear-creara-hasta-500-puestos-de-trabajo-con-una-inversion-de-700-millones-de-euros\\_9rnAQQ1XicX52KCJIAu76/](https://www.lainformacion.com/economia-negocios-y-finanzas/el-cementerio-nuclear-creara-hasta-500-puestos-de-trabajo-con-una-inversion-de-700-millones-de-euros_9rnAQQ1XicX52KCJIAu76/)

---

Decís que genera puestos de trabajo, pero no especificáis cuántos.

Sí, lo sabemos, para una construcción se necesitan 300 trabajadores los cinco primeros años. Además, tenemos consciencia de que hay 6 pueblos que actualmente están reclamando tener un cementerio nuclear.

## 2.<sup>a</sup> sesión: escenificación

La escenificación (figura 7) tiene una duración aproximada de una hora y es conducida por la persona que presenta el programa, siendo este el rol que más se diferencia del resto ya que su función principal es moderar el debate mientras que su equipo asesor (también llamado equipo de comunicación o equipo de prensa) recoge los argumentos más relevantes y/o provocativos de los participantes, con la intención de ofrecer un resumen final del debate. Esta tarea es gestionada con algún tipo de herramienta tecnológica que permita simular la participación del público (el propio alumnado). En las experiencias realizadas, dos de las herramientas más usadas para simular dicha participación fueron Socrative (socrative.com) o Mentimeter (mentimeter.com), que permiten la proyección de mensajes a modo de SMS o tuit utilizando dispositivos móviles, tabletas u ordenadores. Este equipo también es el encargado de gestionar la pausa del debate, como si de un corte publicitario se tratase. Para ello, en las experiencias realizadas en el último ciclo de la IBD algunos grupos incluyeron anuncios publicitarios reales y otros incluso algún vídeo corto de elaboración propia y tono

humorístico simulando un anuncio televisivo. Todas estas herramientas y recursos fueron compartidos mediante el proyector o pizarra virtual disponible en el aula.



Figura 7. Escenificación del juego de rol con el PPF1.

La primera parte de la escenificación consiste en una rueda de presentación, en la que cada rol dispone de un tiempo limitado (tres minutos) para lanzar sus argumentos iniciales (elaborados en casa y recogidos en la hoja de registro 2). Esta primera parte tiene una duración aproximada de 30 minutos y, tras ella, se realiza el descanso a modo de corte publicitario, de aproximadamente seis minutos de duración. La hoja de registro 1 es usada por el equipo asesor del rol durante esta primera parte de la escenificación. Esta hoja pretende facilitar la identificación de los puntos débiles y fuertes de los argumentos iniciales usados por el resto de roles para poder elaborar contraargumentos a partir de ellos durante la primera parte y en el descanso, que serán usados en la segunda parte de la escenificación. Si bien las funciones del/la portavoz y el equipo asesor son diferentes, la comunicación fue constante y fluida durante el desarrollo de toda la escenificación en las experiencias realizadas. El equipo asesor va informando en todo momento a la portavocía de los contraargumentos elaborados, que son discutidos y detallados entre ambos.

En la hoja de registro 2 se redactarán los argumentos iniciales que se expondrán en la rueda de presentación (tarea realizada durante la semana de preparación). Posteriormente, se elaborarán los contraargumentos y las réplicas dirigidas al resto de roles durante la escenificación. La idea del uso de las hojas de registro es la de poder diferenciar los argumentos, contraargumentos y réplicas a elaborar para debatir con el resto de roles. Esta parcelación de la información que se intercambiará en el debate permite al alumnado centrarse en argumentos y contraargumentos concretos, haciendo

necesario que se responda a los que son lanzados por el resto de roles (aunque, lógicamente, por cuestiones de tiempo y por la propia dinámica del formato de debate, no es posible responder a todos). Además, permite tratar de forma explícita los diferentes elementos que intervienen en los procesos de argumentación científica (argumento, contraargumento, réplica, uso de datos y pruebas, etc.). La segunda parte de la escenificación tiene una duración aproximada de 30 minutos, aunque dependerá de cómo se dirija el debate y podría tener más duración en sesiones de clase de más de una hora.

Al finalizar el debate, el equipo de comunicación realiza un resumen de los argumentos más importantes, lanzados desde uno y otro lado, y comenta la participación del público antes de despedir el programa. Algunos grupos realizaron también una votación final, para hacer un sondeo de qué posición (a favor o en contra) lideró el debate, utilizando alguna herramienta tecnológica que permitía mostrar los votos en el proyector o la pizarra virtual.

## **2.2. Estudio 1. Conciencia ambiental**

En el estudio 1 se analizó la posible relación entre la mejora metodológica iterativa de un juego de rol sobre energía nuclear y la conciencia ambiental del PPFI (P1). Para ello, se valoró si en la última implementación del juego de rol se mejoraban los resultados conseguidos en anteriores experiencias en cuanto al aprendizaje de contenidos científicos (dimensión cognitiva de la conciencia ambiental) y el cambio de posiciones respecto a problemas relacionados con la energía nuclear (O1.1), así como si el juego de rol promueve el desarrollo de las demás dimensiones que conforman la conciencia ambiental (afectiva, conativa y activa) (O1.2).

### **2.2.1. Metodología**

Se desarrolló una IBD (Collins *et al.*, 2004; de Benito y Salinas, 2016) del juego de rol sobre energía nuclear descrito en el apartado anterior.

La IBD tiene como fundamento la reivindicación de un nuevo enfoque metodológico que permita superar la brecha existente entre la investigación de los especialistas en didáctica y pedagogía y los problemas, necesidades e inquietudes que experimenta el profesorado y el alumnado en las aulas (Romero, 2014). Puede definirse, más que como un enfoque, como una serie de enfoques (Barab y Squire, 2004) cuya principal característica radica en la introducción de un elemento novedoso con intención de modificar una situación (De Benito y Salinas, 2016) y que presentan en común los procesos de prueba y revisión de cada elemento diseñado, en el que las sucesivas

iteraciones (diseño, implementación y revisión) desempeñan un papel similar al de la variación sistemática en el experimento (Cobb *et al.*, 2003). En esta tesis, los objetivos concretos de la IBD eran los siguientes:

- a) Analizar los posibles efectos de la mejora iterativa del juego de rol acerca del uso de energía nuclear sobre la conciencia ambiental del PPFi.
- b) Mejorar el recurso de juego de rol diseñado con la intención de obtener un diseño final que permitiera la recogida de datos con los que conducir los estudios 2, 3 y 4.

### **2.2.1.1. Modelo teórico para el análisis de la conciencia ambiental**

Para el análisis de la conciencia ambiental se ha utilizado el modelo teórico desarrollado por Chuliá (1995). La elección de este modelo se justifica por tres razones:

- a) Las dimensiones propuestas por esta autora permiten considerar la mayor parte de los aspectos que se han mostrado relevantes para el estudio de la conciencia ambiental.
- b) Se trata de un modelo seguido, con variaciones no sustanciales del mismo, por diversos autores en España (Muñoz, 2012) en las últimas décadas en el campo de la educación, lo cual supone cierto consenso dentro de la diversidad de modelos existentes. Algunos ejemplos en el ámbito de la ciencia y la educación ambiental son Gómez *et al.*, (1999), Jiménez y Lafuente (2006), Gomera (2008; 2011), Acebal-Expósito (2010), Gomera *et al.* (2012) y Laso *et al.* (2019).
- c) Las dificultades metodológicas encontradas para el análisis de la conciencia ambiental. La primera de estas dificultades es la baja especificidad de la mayor parte de los instrumentos de medición de la conciencia ambiental, que plantea limitaciones a la hora de estudiar la conciencia ambiental acerca de problemas ambientales específicos, puesto que las personas no parecen tener una actitud ambiental genérica (Corraliza *et al.*, 2002). Por ello, la utilización del marco teórico desarrollado por Chuliá (1995) permitió la elaboración de un instrumento *ad hoc*. La segunda dificultad metodológica es la tradicional preferencia por la medición cuantitativa de la conciencia ambiental (p. ej. Jiménez y Lafuente, 2010; Gomera, 2011; Comisión Europea, 2017; Junta de Andalucía, 2018; Laso *et al.*, 2019), a la que algunos autores han atribuido parte del estancamiento sufrido por la sociología ambiental en las últimas décadas, que no deja de toparse con el mencionado *gap* ambiental (Cerrillo, 2010). En el estudio 1 se han analizado datos de carácter cualitativo (preguntas abiertas), que precisaban la

utilización de un marco teórico que permitiera la extracción de diferentes categorías de forma inductiva.

### **2.2.1.2. Instrumentos de recogida de datos**

Los instrumentos de recogida de datos utilizados en la IBD eran cuestionarios pretest-postest de tipo mixto, puesto que contenían preguntas tanto abiertas como cerradas (anexo II). Estos cuestionarios cambiaron en cada ciclo de la IBD, ya que las modificaciones del diseño del juego de rol y los objetivos de investigación planteados para la segunda parte de la investigación (estudios 2, 3 y 4) requerían la aplicación de cambios en los mismos. En los tres ciclos de la IBD, el PPFi participante cumplimentó el pretest antes de realizar la explicación de la actividad de juego de rol en la que participarían y el postest tras finalizar la escenificación de este. A continuación, se comentan las principales características de los tres cuestionarios y los cambios realizados en cada ciclo de la IBD.

En el 1.º ciclo de la IBD el pretest contaba con nueve preguntas y el postest con 11 (anexo II.1). Esta versión contenía preguntas acerca de la toma de posición ante el problema tratado y la percepción de este, conocimientos científicos básicos sobre el uso de energía nuclear y sobre aspectos didácticos del juego de rol.

En el 2.º ciclo el pretest tenía 11 preguntas y el postest 17 (anexo II.2). Esta versión contenía preguntas acerca de la toma de posición ante el problema tratado y la percepción del SSI del uso de energía nuclear, conocimientos científicos básicos sobre el uso de energía nuclear y sobre aspectos didácticos del juego de rol. En esta versión se modificó la pregunta sobre el cambio de posición para ajustarla al problema tratado en el juego de rol en el 2.º ciclo de la IBD. Además, se corrigieron dos inexactitudes en las opciones de respuesta de una pregunta y se incluyeron preguntas sobre aspectos didácticos en el pretest y en el postest.

En el 3.º ciclo el pretest tenía 16 preguntas y el postest 17 (anexo II.3). En la tercera versión, además de mantener las preguntas relacionadas con la toma de posición ante el problema tratado y la percepción del SSI del uso de energía nuclear, conocimientos científicos básicos sobre el uso de energía nuclear y sobre aspectos didácticos del juego de rol, se introdujeron cuestiones relativas a la conciencia ambiental sobre el consumo energético, concretamente a las dimensiones afectiva, conativa y activa. En esta versión se modificó la pregunta sobre el cambio de posición para ajustarla al problema tratado en el juego de rol en el 3.º ciclo de la IBD y se incluyó una pregunta más relacionada con la percepción sobre el SSI del uso de energía nuclear. Por último, se eliminó la pregunta sobre aspectos didácticos del postest.

Debe mencionarse que en las preguntas 15 y 16 del pretest se consultaba al alumnado sobre sus conductas, lo que supone una fuente de datos indirecta. La dimensión activa de la conciencia es la que en menor medida podría ser atendida, tanto en cuanto a su evaluación como a la medición de un posible cambio, dada la imposibilidad de observar de forma directa las conductas del PPFi. Los datos obtenidos son, por tanto, información acerca de la conducta autopercebida.

Por último, el orden de las preguntas en los tres cuestionarios fue alterado en cada experiencia, siendo uno de los principales motivos que una determinada pregunta no pudiera ofrecer información relevante al PPFi para responder a la siguiente, condicionando así los datos recogidos y los posteriores resultados. Finalmente, el contenido del cuestionario fue validado por dos profesores e investigadores con amplia experiencia en educación ambiental mediante el método de juicio de expertos (Lacave *et al.*, 2016).

### **2.2.1.3. Correspondencia entre los tres cuestionarios para el análisis**

Se analizaron aquellas preguntas consideradas más relevantes para los objetivos de investigación establecidos. A continuación, se exponen las preguntas analizadas y, en su caso, aquellas de las otras versiones del cuestionario con las que fueron comparadas:

- La toma de posición del PPFi se estudió mediante las respuestas ofrecidas a la pregunta 1 de los tres cuestionarios (ver anexo II) (en adelante P.1). Estas preguntas solicitaban al PPFi mostrar su posición acerca de la cuestión abordada en cada ciclo de la IBD, a saber: ampliación del periodo de vida útil de la central nuclear de Garoña (1.º ciclo), campaña de Greenpeace (2.º ciclo) y pacto realizado entre el Gobierno español y algunas empresas energéticas (3.º ciclo). En las dos primeras versiones del cuestionario se incluyeron dos opciones de respuesta (a favor o en contra), mientras que en la tercera se incluyeron tres opciones de respuesta.
- Los aspectos relacionados con el conocimiento científico básico (dimensión cognitiva de la conciencia ambiental) provienen de las respuestas del PPFi a las preguntas relativas a los gases expulsados en las centrales nucleares (en adelante P.2) y al proceso de obtención de calor llevado a cabo en estas (en adelante P.3). La formulación de la P.2 y la P.3 varió en los cuestionarios utilizados en los tres ciclos (ver anexo II). En el 1.º cuestionario estas preguntas eran de respuesta múltiple, por lo que, para poder compararlas con las respuestas de los ciclos posteriores, se incluyó una categoría más en cada una

en los resultados del 1.º ciclo. Esta categoría comprendía los casos que habían respondido tanto «agua» (P.2) o «fisión nuclear» (P.2) como otra/s opción/es. Se consideran, por tanto, respuestas adecuadas (desde el punto de vista científico) aquellas en las que se marcaron las opciones «agua» y «fisión nuclear» en el 1.º ciclo y «vapor de agua» y «fisión nuclear» en el 2.º y 3.º ciclos, e inadecuadas, si se marcaron cualquiera de las demás opciones.

- Los aspectos relativos a las dimensiones afectiva, conativa y activa de la conciencia ambiental solo pudieron ser analizados en el 3.º ciclo de la IBD, y provienen de las respuestas a las preguntas 12, 13, 14 y 15 del pretest y el postest (en adelante P.12, P.13, P.14 y P.15) y la pregunta 16 del pretest (en adelante P.16).

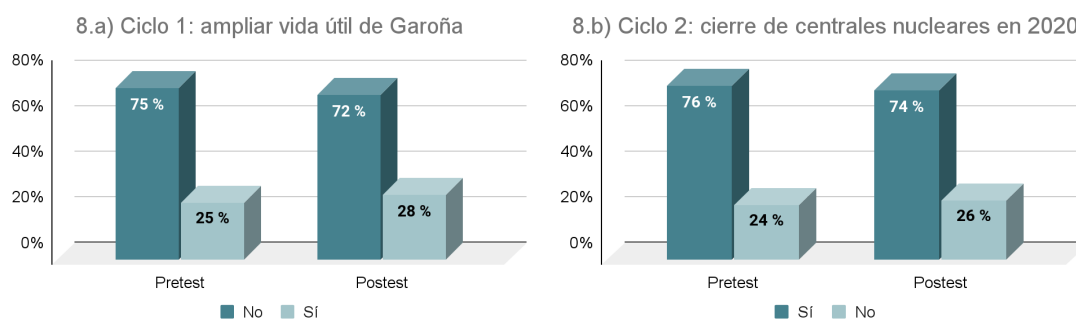
Las preguntas cerradas se analizaron de forma cuantitativa, mientras que las preguntas abiertas fueron analizadas mediante la extracción de categorías de forma inductiva. El número de PPFi que respondieron tanto al pretest como al postest fueron 32, 93 y 78 en cada ciclo respectivamente.

## 2.2.2. Resultados

A continuación, se muestran los resultados para responder a la pregunta de investigación P1.

### 2.2.2.1. Toma de posición

En cuanto a la toma de posición (P.1), la mayor parte del PPFi eligió las opciones de respuesta contrarias al uso de energía nuclear tanto en el pretest como en el postest (figura 8), esto es: en contra de ampliar el periodo de vida útil de la central nuclear de Garoña en el 1.º ciclo y a favor de la campaña de Greenpeace en el 2.º, lo que muestra una tendencia muy similar en la posición de los PPFi en los dos primeros ciclos de la IBD.



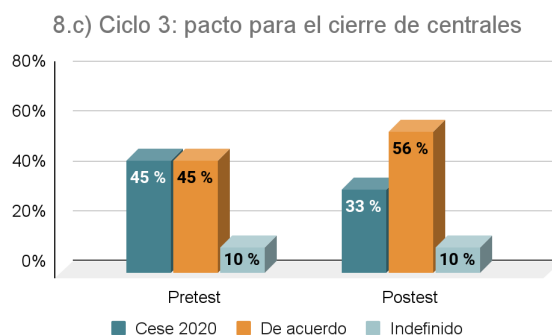
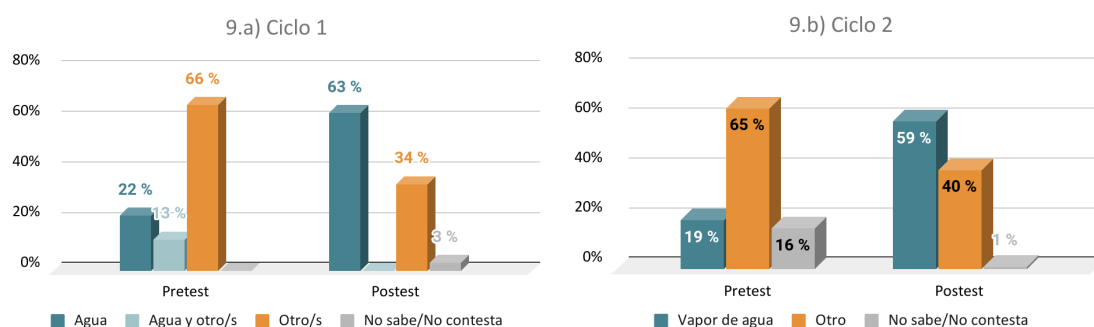


Figura 8. Porcentajes de respuesta obtenidos para la P.1 en cada ciclo de la IBD. 1.<sup>er</sup> ciclo figura 8.a), 2.<sup>o</sup> ciclo figura 8.b) y 3.<sup>er</sup> ciclo figura 8.c).

En el 3.<sup>er</sup> ciclo, en el que se incluían tres opciones de respuesta, correspondientes con tres posiciones (una moderada entre dos más extremas), se registró un menor porcentaje de la opción más extrema contraria al uso de energía nuclear, que en este caso se correspondía con el uso indefinido de energía nuclear (10 % del PPFi tanto en el pretest como en el postest). Gran parte del PPFi (45 %) optó en el pretest por la opción moderada, mientras que otra parte optó por la opción más extrema en cuanto al cierre del parque nuclear español (45 %). Otra diferencia entre la última experiencia y las anteriores se encuentra en los cambios de posición producidos tras la participación en el juego de rol, puesto que mientras que en los dos primeros ciclos los cambios de posición ante la pregunta planteada fueron minoritarios, en el 3.<sup>o</sup> se registró un incremento de las posiciones favorables al pacto (56 %).

### 2.2.2.2. Dimensión cognitiva de la conciencia ambiental

En la figura 9 se muestran los resultados obtenidos con respecto a la pregunta relativa a los gases emitidos por las centrales nucleares (P.2).



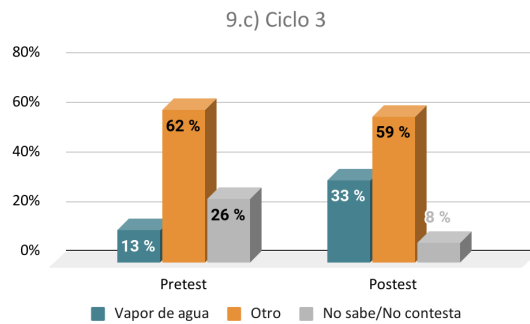


Figura 9. Porcentajes de respuesta obtenidos para la P.2 en cada ciclo de la IBD. 1.<sup>er</sup> ciclo figura 9.a), 2.<sup>o</sup> ciclo figura 9.b) y 3.<sup>er</sup> ciclo figura 9.c).

En el 1.<sup>er</sup> ciclo se registró un 41 % más de respuestas adecuadas en el posttest respecto al pretest, y ningún PPFi en el posttest respondió «agua» y otra opción. En el 2.<sup>o</sup> ciclo se registró un aumento del 40 % en las respuestas adecuadas y el porcentaje de PPFi que no contestaron o no sabían la respuesta pasó del 16 % en el pretest al 1 % en el posttest. En el 3.<sup>er</sup> ciclo el aumento de respuestas adecuadas fue la mitad que en los ciclos anteriores (20 %). El porcentaje de PPFi que no contestó a la pregunta pasó del 26 % en el pretest al 8 % en el posttest. No obstante, el porcentaje de PPFi que respondió opciones no adecuadas prácticamente no varió, pasando del 62 % en el pretest al 59 % en el posttest. Las diferencias entre pretest y posttest fueron significativas en los tres ciclos con tamaños del efecto entre medianos y grandes (ciclo 1 [ $Z(3, 32) = -2.651^{10}$ ,  $p = .008$ ,  $r = .469$ ]<sup>11</sup>, ciclo 2 [ $Z(3, 93) = -5.689$ ,  $p = .000$ ,  $r = .590$ ] y ciclo 3 [ $Z(3, 78) = -3.633$ ,  $p = .000$ ,  $r = .411$ ].

Dadas las diferencias encontradas en el 3.<sup>er</sup> ciclo respecto a los dos primeros, se analizaron por separado las dos clases participantes en este último. Una de estas clases mostraba, con una tendencia inversa a la registrada en los ciclos anteriores, un aumento de respuestas inadecuadas en el posttest (78 %) respecto del pretest (57 %). Así, mientras que en una clase el porcentaje de PPFi que marcó el vapor de agua como respuesta aumentó un 34 %, en la otra clase el aumento fue del 5 %. También aumentó en esta clase el porcentaje de PPFi que respondió que las centrales nucleares «no expulsan gases», pasando del 16 % en el pretest al 35 % en el posttest. Asimismo, el porcentaje de PPFi que no contestó pasó del 32 % en el pretest al 5 % en el posttest.

<sup>10</sup> Se ha preferido el uso del punto decimal en todo el documento, puesto que el uso de la coma decimal podría llevar a confusión en la lectura de los resultados de las pruebas estadísticas realizadas. En el caso de estadísticos que no pueden ser mayores a 1, se ha omitido el 0 inicial, siguiendo la convención general.

<sup>11</sup> Los resultados de las pruebas estadísticas se muestran de la siguiente forma: [*Estadístico* (grados de libertad, tamaño de la muestra) = valor del estadístico, p-valor ( $p$ ), tamaño del efecto ( $r$ ), en su caso)].

Las diferencias en los postest de ambas clases fueron estadísticamente significativas con un tamaño del efecto pequeño [ $Z(3, 78) = -2.368, p = .018, r = .268$ ].

En la pregunta sobre el proceso de obtención de calor en las centrales nucleares (P.3) el porcentaje de PPFi que identificó la «fisión nuclear» como el proceso realizado en las centrales nucleares aumentó un 3 %, un 26 % y un 37 % en cada ciclo, respectivamente (figura 10). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el pretest y el postest del 2.º ciclo [ $Z(3, 93) = -4.350, p = .000, r = .451$ ] y el 3.º ciclo [ $Z(3, 78) = -4.190, p = .000, r = .474$ ] con tamaños del efecto medianos.

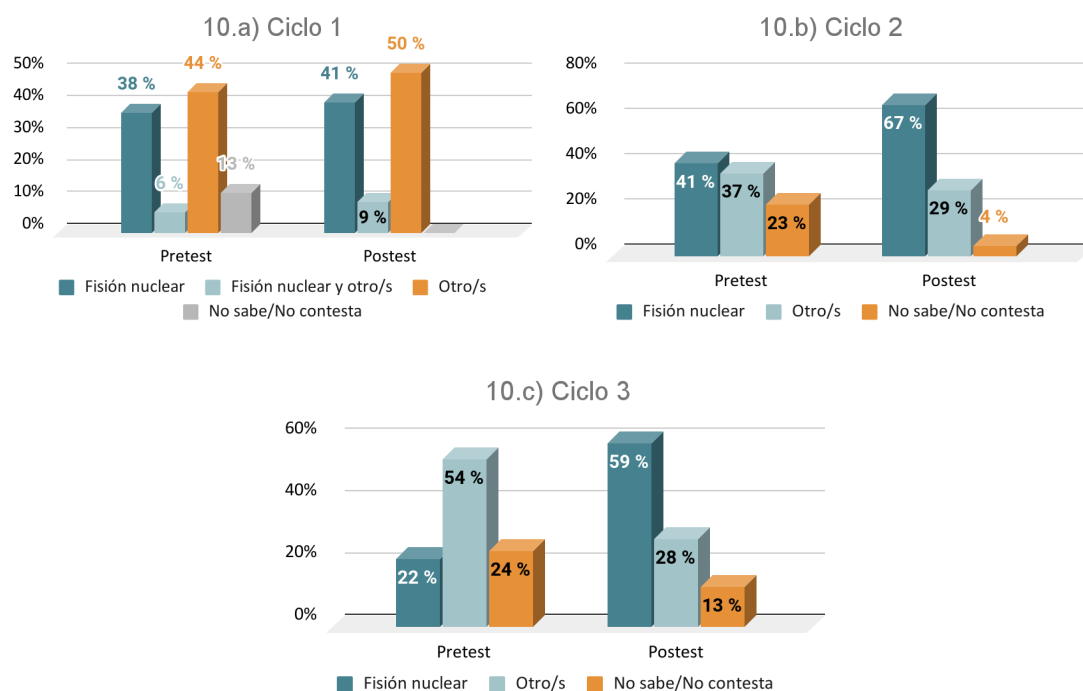


Figura 10. Porcentajes de respuesta obtenidos para la P.3 en cada ciclo de la IBD. 1.º ciclo figura 10.a) 2.º ciclo figura 10.b) y 3.º ciclo figura 10.c).

Para conocer ciertos aspectos sobre el resto de las dimensiones de la conciencia ambiental del PPFi sobre cuestiones energéticas, se analizaron algunas de las preguntas incluidas en la 3.ª versión del cuestionario.

### 2.2.2.3. Dimensión afectiva

La pregunta acerca de la importancia de informarse sobre el tipo de fuentes de energía de las que procede nuestro consumo energético cotidiano (P.13), fue analizada mediante una codificación abierta que dio como resultado nueve categorías (tabla 6).

Tabla 6. Frecuencias absolutas y porcentajes de las categorías de análisis de la P.13 en el pretest y el posttest del 3.º ciclo de la IBD.

Categoría	Pretest		Posttest	
	Número de referencias	% de referencias	Número de referencias	% de referencias
Ambiental	34	40.00	29	33.72
Conocimiento	24	28.24	28	32.56
Perjuicios	8	9.41	2	2.33
Salud	5	5.88	8	9.30
Actuar	4	4.71	11	12.79
Ahorrar	4	4.71	3	3.49
Beneficios	3	3.53	4	4.65
Otros	2	2.35	1	1.16
Política	1	1.18	0	0.00
Total	85	100.00	86	100.00

La mayor parte de las justificaciones realizadas por el PPFi (tabla 6) tanto en el pretest (40 %) como en el posttest (34 %) se incluyeron en la categoría *ambiental*. La segunda categoría más identificada fue *conocimiento* (28 % en el pretest y 33 % en el posttest). En estas respuestas se indicaba que la importancia de informarse sobre el consumo energético radica en la adquisición de conocimiento en sí misma, sin especificar otras razones. Los cambios más significativos se dieron en las justificaciones incluidas en las categorías *actuar* (sobre la importancia de informarse para poder actuar colectiva o individualmente), que pasaron de un 5 % en el pretest a un 13 % en el posttest, y *perjuicios* (sobre la importancia de informarse aludiendo a los posibles perjuicios derivados del uso de ciertas fuentes de energía, sin especificar qué tipos de perjuicios), que pasó de un 9 % en el pretest a un 2 % en el posttest.

#### **2.2.2.4. Dimensiones activa y cognitiva**

Al PPFi se le preguntó en el pretest sobre sus conductas declaradas de uso responsable de energía (dimensión activa) y en el posttest sobre nuevas conductas de uso responsable aprendidas (dimensión cognitiva). Las preguntas se formularon de esta manera porque se consideró que la participación en el juego de rol por sí sola no cambiaría sus conductas. La figura 11 muestra los porcentajes de las categorías de análisis en el pretest y el posttest.

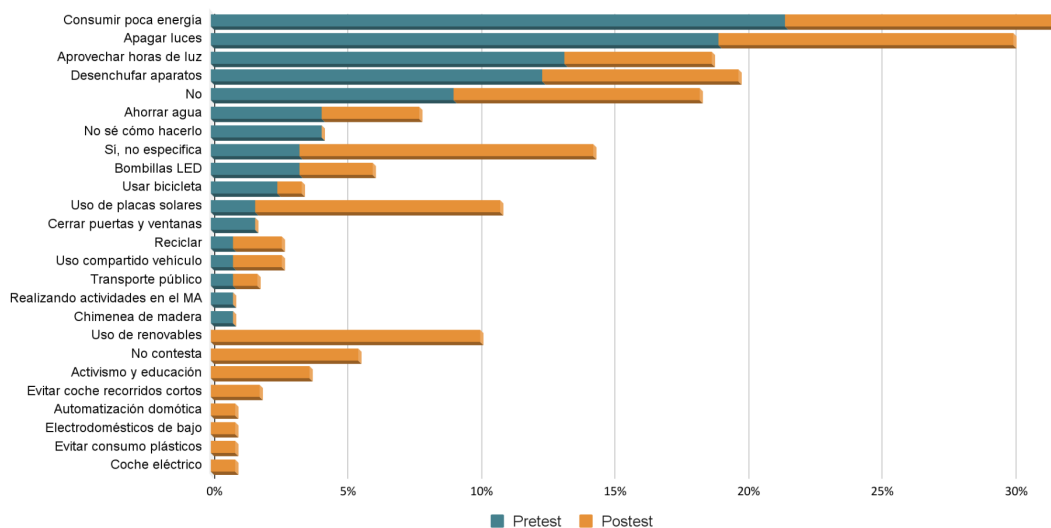


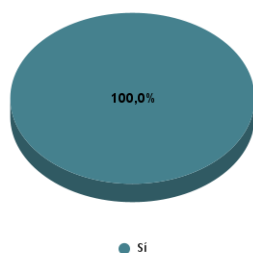
Figura 11. Porcentajes de las categorías de análisis de la P.15 para el pretest y el posttest del 3.º ciclo de la IBD.

En el pretest, el 21 % del PPFi dijo que sus conductas habituales eran la reducción del consumo, el 19 % apagar las luces de las estancias del hogar, el 13 % aprovechar las horas de luz y el 12 % desenchufar diferentes aparatos y electrodomésticos cuando no están siendo usados. El 9 % del PPFi respondió que no tenía ningún hábito en este sentido. En el posttest, las categorías con mayores porcentajes de respuesta son la reducción del consumo (11 %), apagar luces innecesarias en el hogar (12 %), desenchufar aparatos (8 %) y el uso de placas solares (10 %). Surgen, además, algunas ideas nuevas en el posttest: como la automatización domótica (1 %), el uso de coches eléctricos (1 %), evitar hacer uso del vehículo particular para recorridos cortos (1 %), utilización de electrodomésticos de bajo consumo (1 %), evitar el consumo de plásticos (1 %) y el activismo y la educación (4 %).

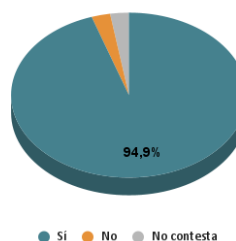
### 2.2.2.5. Dimensiones afectiva, conativa y activa

Las preguntas sobre la importancia percibida por el PPFi de informarse acerca del tipo de fuentes del que procede su consumo energético cotidiano (P.12), sobre su disposición a asistir a eventos para informarse acerca del consumo energético (P.14), ambas presentes en el pretest y el posttest, y la pregunta sobre la asistencia a eventos o haberse informado sobre el consumo energético (P.16), presente solo en el pretest, hacían referencia a distintas dimensiones de la conciencia ambiental, a saber: afectiva, conativa y activa, respectivamente. El análisis conjunto de estas preguntas permitió valorar el denominado *gap* ambiental (Cerrillo, 2010). En la figura 12 se muestran los resultados obtenidos para cada una de estas preguntas.

12.a) P.12, pretest: ¿crees que es importante informarse sobre el tipo de fuentes de energía de las que proviene nuestro consumo cotidiano?



12.b) P.14: ¿estarías dispuesto/a a asistir a algún evento (charlas, conferencias, foros, organizaciones, cursos o cualquier otro que se te ocurra) para informarte sobre el consumo energético?



12.c) P.16: ¿participas o has participado en eventos (charlas, conferencias, blogs, foros, organizaciones, asociaciones, manifestaciones o por cualquier otro medio que se te ocurra), para informarte sobre el consumo energético?

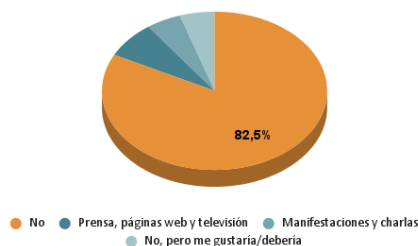


Figura 12. Porcentajes de las respuestas obtenidos para la P.12 (figura 12.a), la P.14 (figura 12.b) y la P.16 (figura 12.c) en el pretest del 3.º ciclo de la IBD.

Nota: las etiquetas de los porcentajes iguales o menores al 5 % no han sido incluidas.

Tanto en el pretest como en el postest el 100 % del PPFi respondió que consideraba importante informarse sobre su consumo energético (P.12). En la P.14, el 95 % respondió estar dispuesto a asistir a eventos para informarse acerca del consumo energético en el pretest y un 94 % en el postest. Por último, en la P.16 del pretest el 82 % del PPFi dijo no haber asistido a eventos o haberse informado sobre el consumo energético. Sobre aquellos que sí dijeron haberse informado, el 8 % lo hizo a través de los medios de comunicación masivos y el 5 % dijo haber asistido a charlas y manifestaciones. La comparación de los resultados obtenidos en el pretest da una idea de la inconsistencia existente entre la importancia otorgada a las cuestiones energéticas por las que se preguntaban, la disposición a informarse sobre las mismas y las conductas manifestadas por el PPFi.

### 2.2.3. Discusión

La IBD ha resultado útil en el proceso de mejora del juego de rol en cuanto a los procesos que producen la movilización de posiciones y al aprendizaje de conocimientos científicos básicos sobre el SSI tratado.

En el 3.º ciclo se consiguió producir un cambio de posiciones en gran parte del PPFi con respecto al pacto de cierre del parque nuclear español, cuestión que no se producía en los ciclos anteriores, presumiblemente debido a la ampliación de las

opciones de respuesta disponibles en P.1. Este es un resultado interesante dada la importancia de crear contextos en los que el futuro profesorado pueda experimentar cambios de opinión (Simonneaux, 2001). El último diseño del juego de rol parece constituir un buen contexto en este sentido.

Los resultados con respecto al proceso de obtención de calor en las centrales nucleares (P.3) muestran que la diferencia entre las respuestas adecuadas entre el pretest y el postest se incrementó en cada ciclo. No obstante, no sucede así con respecto a los gases expulsados en las centrales nucleares (P.2), con porcentajes de respuestas similares en el 1.<sup>er</sup> y 2.<sup>o</sup> ciclos e inferiores en el 3.<sup>er</sup> ciclo. Estos resultados podrían deberse a las características específicas de cada grupo y/o a diferencias en el desarrollo de los juegos de rol. Por ejemplo, al analizar los grupos participantes en cada ciclo, se observó que el grupo de PPFi del tercero fue el que partía de un menor porcentaje de respuestas adecuadas en el pretest tanto para P.2 como para P.3. En cuanto al desarrollo de los juegos de rol, un análisis preliminar de las grabaciones en vídeo de las escenificaciones mostró que en ninguno de ellos se mencionó que el gas emitido por las centrales nucleares es el vapor de agua. Sin embargo, sí se mencionaron las emisiones de dióxido de carbono asociadas a las centrales nucleares en varias ocasiones.

Dados los resultados obtenidos en las preguntas sobre conocimientos científicos básicos, puede afirmarse que se han producido mejoras en la dimensión cognitiva de la conciencia ambiental del PPFi en relación con los SSI relacionados con el uso de energía nuclear tratados, aunque no puede afirmarse lo mismo respecto al resto de dimensiones de la conciencia ambiental. Asumiendo que la relación entre actitudes medioambientales y conducta es más fuerte cuanto mayor es el conocimiento sobre el medioambiente (Meinhold y Malkus, 2005), puede decirse que el juego de rol ha contribuido a desarrollar la conciencia ambiental del PPFi.

Entre el pretest y el postest, la importancia que el PPFi otorga al problema abordado (P.12) y su predisposición a asistir a eventos informativos y formativos (P.13) no varía prácticamente. No obstante, otros estudios sí han encontrado cambios en las actitudes y valores del alumnado tras su participación en un juego de rol. Por ejemplo, Hernández (2010) concluía en un estudio acerca de las actitudes y valores con 396 estudiantes de 2.<sup>o</sup> de E.S.O. en torno al autoconsumo energético, que la utilización del juego de rol potenciaba los cambios en las actitudes y valores. España-Ramos (2008) encontraba que las actitudes eran los componentes afectivos que con más abundancia y variedad se mostraban en los argumentos del alumnado al participar en un juego de rol acerca de los alimentos transgénicos. Por su parte, Rueda-Serón (2018) reportó que la

adquisición de actitudes y valores es una de las ventajas educativas del juego de rol más consideradas por el futuro profesorado de ciencias de secundaria.

Por último, también pudo constatarse que el conocimiento general sobre buenas prácticas y alternativas de consumo se amplió (P.15). Y, por último, los resultados muestran una inconsistencia recurrente en la relación actitud-comportamiento (Muñoz, 2011) en lo referente a la conciencia ambiental: el *gap* ambiental (P.12, P.14 y P.16).

## 2.3.Estudio 2. Conocimiento científico

En el estudio 2 se analizó si un juego de rol sobre el SSI del uso de la energía nuclear ayuda al PPFi a desarrollar ideas más científicamente informadas sobre el proceso de obtención de electricidad en una central nuclear (P2), así como qué ideas no científicamente informadas tiene el PPFi sobre este proceso y hasta qué punto persisten después de participar en el juego de rol (P3). Para ello, se planteó como objetivo específico analizar las ideas manifestadas por el PPFi acerca del funcionamiento de las centrales nucleares antes y después de la participación en un juego de rol sobre energía nuclear (O2).

### 2.3.1.Metodología

En el 3.<sup>er</sup> ciclo de la IBD, el juego de rol se llevó a cabo en dos clases de PPFi que, a su vez, fueron divididas en dos subgrupos. Por tanto, se llevaron a cabo cuatro juegos de rol que serán identificados de ahora en adelante como A1, A2, B1 y B2. Se analizaron las respuestas de la pregunta: «Describe, de principio a fin, todo el proceso que piensas que se lleva a cabo en una central nuclear» (pregunta 5, anexo II.3). Para ello, se utilizó el esquema de la figura 13, que muestra el proceso general llevado a cabo en las centrales nucleares y que fue elaborado con información proporcionada por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2019) y el Consejo de Seguridad Nuclear (2019).

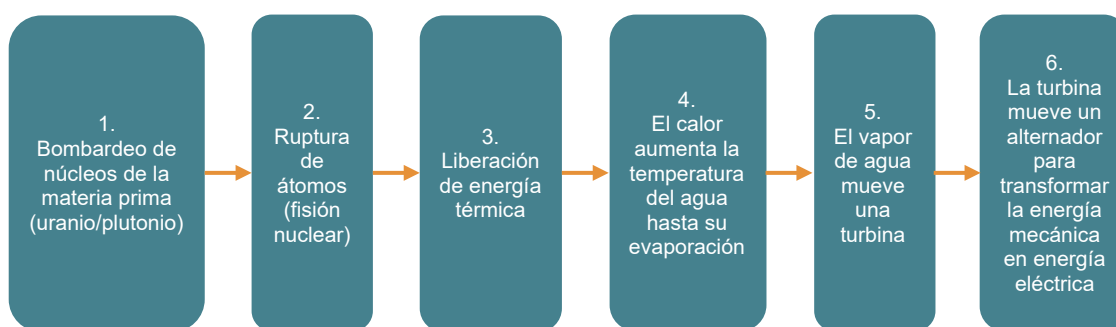


Figura 13. Esquema general del proceso llevado a cabo en las centrales nucleares.

Las respuestas del PPFi se analizaron en términos de su estructura, es decir, de en qué medida reflejaban las etapas del proceso mostradas en el esquema de la figura 13, y del nivel de precisión de las ideas científicas implicadas. Más concretamente, y con el objetivo de poner de manifiesto las ideas no científicamente informadas en las respuestas del PPFi, se analizó el grado de precisión en el uso del lenguaje científico, buscando errores conceptuales e imprecisiones en su descripción de los procesos implicados en la obtención de electricidad en una central nuclear. De este modo, las respuestas del PPFi, para cada etapa, se clasificaron según los tres niveles siguientes:

- Nivel 0 (N0): no menciona una etapa determinada. También se asignó este nivel al PPFi que dejó la respuesta en blanco y a los que dijeron no saber cómo se obtenía la energía nuclear.
- Nivel 1 (N1): presencia de ideas no científicamente informadas debido a imprecisiones y/o errores conceptuales.
- Nivel 2 (N2): es adecuada desde el punto de vista científico, lo que sugiere que el PPFi comprende los conceptos básicos incluidos en una determinada etapa.

La figura 14 muestra un ejemplo<sup>12</sup> de análisis de una respuesta a partir del esquema del proceso y los tres niveles descritos anteriormente.

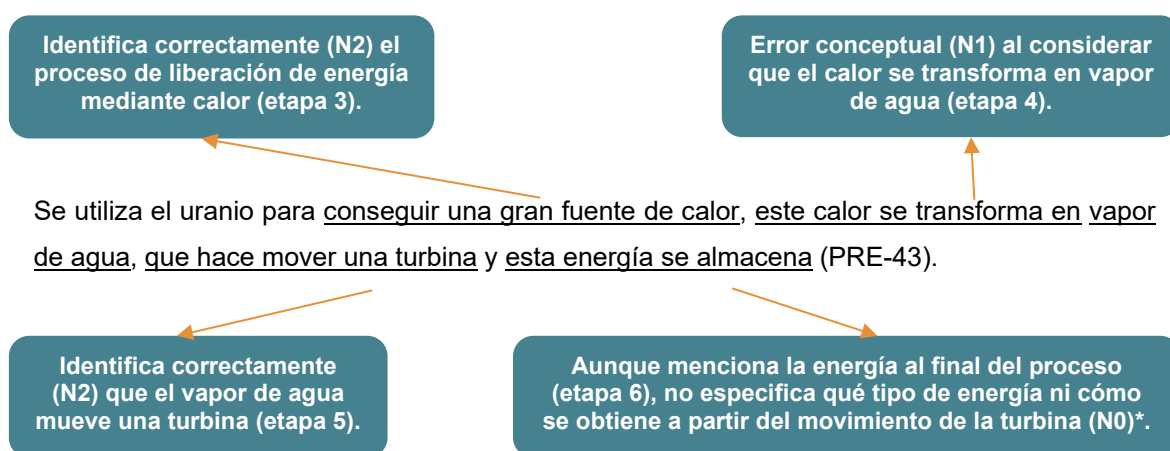


Figura 14. Ejemplo del análisis de una respuesta del PPFi.

\*Ejemplo de parte de una respuesta clasificada en el nivel 0; en este caso se consideró que la/el PPFi no describió ningún aspecto en la etapa 6 del proceso.

Aunque 78 PPFi respondieron tanto el pretest como el postest, 4 PPFi no respondieron esta pregunta concreta en el pretest, el postest o en ambos, por lo que fueron

<sup>12</sup> En adelante, los ejemplos de respuestas del PPFi se etiquetan como PRE o POS (dependiendo de si se refieren al pretest o al postest), seguidos del número asignado al PPFi en la recopilación de datos anonimizada. En caso necesario, se han corregido las faltas de ortografía de las respuestas del PPFi, sin que su contenido haya sido alterado en modo alguno.

eliminados de la muestra analizada. Para el análisis de los datos, en primer lugar, dos de los investigadores participantes en el estudio examinaron y clasificaron de forma independiente las 74 respuestas del pretest y el postest. El análisis constó de dos fases:

1. Identificación las etapas del proceso (figura 3) descritas en las respuestas del PPFi y asignación de un nivel de precisión a la descripción de estas (N0, N1 o N2).
2. Análisis de los cambios en el número de etapas mencionadas en las respuestas del PPFi entre el pretest y el postest.

Tras el análisis cualitativo, se calculó el grado de desacuerdo interevaluadores y los desacuerdos fueron resueltos mediante discusión y consenso entre todos los investigadores involucrados en el estudio. Los siete aspectos analizados (presencia de las etapas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 y número de etapas descritas) arrojaron una concordancia superior al 70 %. En cuanto al índice Kappa de Cohen ponderado, cinco de los aspectos (presencia de etapas 1, 2, 3, 4 y 6) arrojaron valores entre .61 y .80, rango considerado de acuerdo sustancial, mientras que los dos aspectos restantes (etapa 5 y número de etapas) tuvieron valores Kappa superiores a .81, considerado como un acuerdo casi perfecto.

### **2.3.2.Resultados**

A continuación, se exponen los resultados globales obtenidos y el análisis del número de etapas que el PPFi identificó en sus respuestas.

La tabla 7 muestra las respuestas categorizadas en cada nivel según la etapa del proceso. El número de respuestas con contenido categorizado en el nivel 2 aumentó para todas las etapas entre el pretest y el postest. Las etapas a las que se hizo referencia con mayor frecuencia de forma correcta desde el punto de vista científico en el postest fueron la 2 y la 3, seguidas de las etapas 6, 5 y 4. Las descripciones de la etapa 1 fueron las menos frecuentes tanto en el pretest como en el postest. Se observa que los errores conceptuales y las ideas imprecisas (N1) en relación con las etapas 2 y 6 persistieron en mayor medida que las del resto de etapas tras el juego de rol.

Tabla 7. Frecuencias absolutas de la descripción de las etapas en las respuestas del PPFi en el pretest y el postest, clasificadas de acuerdo con los tres niveles de precisión.

Nivel	Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3		Etapa 4		Etapa 5		Etapa 6	
	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos
N0	74	71	53	36	66	50	65	55	65	48	35	31
N1	0	1	16	14	1	2	7	8	2	8	31	22
N2	0	2	5	24	7	22	2	11	7	18	8	21
Total	74											

Se realizaron análisis mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon fusionando los niveles 0 y 1 (ninguna mención o ideas no científicamente informadas sobre una etapa determinada, respectivamente) y comparándolos con el número de respuestas cuyo contenido refleja el nivel 2 (ideas científicamente informadas sobre una etapa determinada). La tabla 8 muestra los resultados de dichas pruebas estadísticas para cada etapa. Para todas las etapas, hubo un mayor número de rangos positivos que negativos, lo que indica un cambio de N0 o N1 a N2 entre el pretest y el postest. A excepción de la etapa 1, las diferencias son estadísticamente significativas, lo que indica que las respuestas del PPFi incluían más contenidos clasificados como N2 en el postest. El tamaño del efecto de estas diferencias fue pequeño para la etapa 4, mediano para las etapas 3, 5 y 6 y grande para la etapa 2.

Tabla 8. Resultados de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para cada etapa entre el pretest y el postest.

Etapa	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon					
	Rangos negativos	Rangos positivos	Empates	Z	p	r
1	0	2	72	-	NS*	-
2	0	19	55	-4.359	.000	.507
3	4	19	51	-3.128	.002	.364
4	2	11	61	-2.496	.013	.290
5	3	14	57	-2.668	.008	.310
6	2	15	57	-3.153	.002	.367

Nota: N = 74. \*NS = no significativo.

También fue analizado el número de etapas presentes en las respuestas del PPFi tanto en el pretest como en el postest y los cambios que se produjeron entre ambos momentos (figura 15).

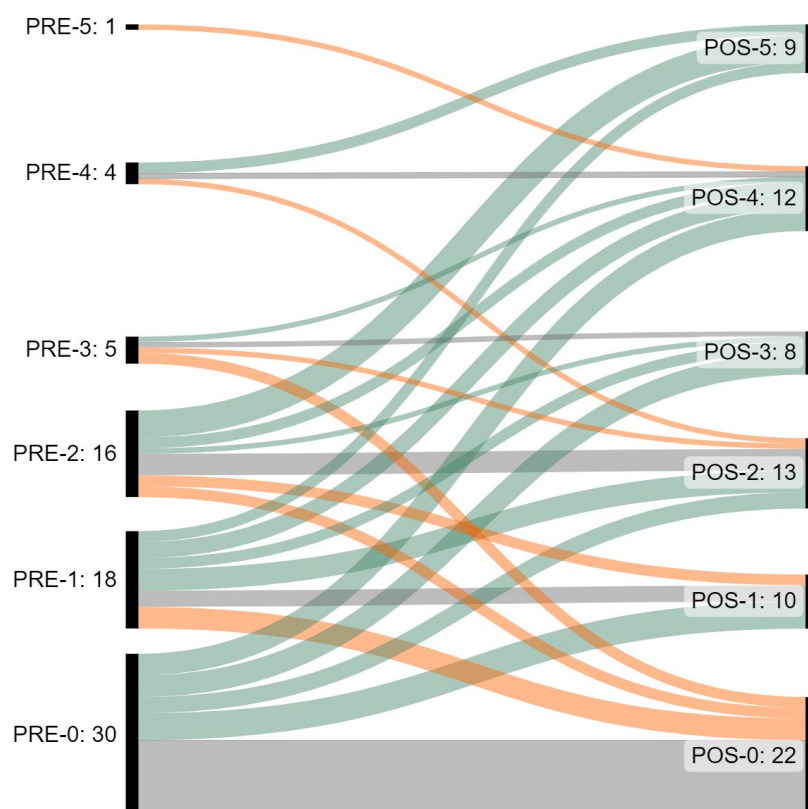


Figura 15. Diagrama de Sankey<sup>13</sup> que muestra el cambio entre el pretest y el postest en el número de etapas del proceso referidas por el PPFi en sus respuestas.

Las etiquetas del diagrama de Sankey indican si los datos se refieren al pretest (PRE) o al postest (POS), seguidas del número de etapas identificadas y del número de PPFi cuyas respuestas describen dicho número de etapas. Por ejemplo, la etiqueta «PRE-2: 16» indica que en el pretest un total de 16 PPFi hicieron referencia a 2 etapas en sus respuestas. La anchura de las líneas de flujo es proporcional al número de PPFi que representan. Los flujos ascendentes (es decir, mayor número de etapas mencionadas en el postest que en el pretest) se muestran en azul, mientras que los descendentes (es decir, menor número de etapas en el postest que en el pretest) se muestran en naranja; los flujos grises representan aquellos casos en los que no hubo cambios en el número de etapas mencionadas antes y después del juego de rol. Las barras verticales laterales negras (nodos) representan el número de PPFi que describieron un determinado número de etapas en su respuesta (entre 0 y 5, ya que ningún PPFi mencionó las seis etapas del proceso) en el pretest (PRE), a la izquierda, y en el postest (POS), a la derecha. Como puede observarse, hay más líneas de flujo ascendentes (13) que descendentes (7) y las primeras son, en general, más anchas que las segundas, lo que indica un aumento neto del número de PPFi que describen más etapas del proceso en el postest. Los flujos descendentes reflejan una disminución

<sup>13</sup> Diagrama creado con SankeyMATIC (<https://sankeymatic.com/>).

de tres en el número de etapas descritas (por ejemplo, de 3 en el pretest a 0 en el postest), mientras que los flujos ascendentes más pronunciados muestran un aumento de cuatro (de 0 a 4, o de 1 a 5 etapas). La mediana del número de etapas descritas en el pretest fue de 1 y en el postest de 2. La prueba de rangos con signo de Wilcoxon sobre el número de etapas descritas en las respuestas mostró que el PPFi describió un número significativamente mayor de etapas del proceso en el postest respecto al pretest con un tamaño del efecto mediano [ $Z(6, 74) = -4.029, p = .000, r = .468$ ].

A continuación, se presentan los resultados de las ideas no científicamente informadas mostradas por el PPFi en sus respuestas sobre cada una de las etapas del proceso de obtención de energía eléctrica en las centrales nucleares.

### *Etapas 1*

Esta etapa (bombardeo de núcleos de uranio/plutonio) fue la menos presente (N0) en las respuestas del PPFi tanto en el pretest como en el postest. Sólo tres PPFi se refirieron a ella en el postest, uno de ellos como idea no científicamente informada (N1) y dos como ideas científicamente informadas (N2), lo que sugiere que el juego de rol no mejoró sus ideas científicas en este aspecto. En cuanto a las ideas imprecisas, un PPFi se refirió en el postest a la colisión de partículas, sin dar más detalles: «[...] chocan las partículas de estos materiales entre sí [...]» (POS-21).

### *Etapas 2*

La etapa 2 (división de átomos, fisión nuclear) fue la segunda más mencionada en el pretest y en el postest, aunque algunas de las descripciones estaban en N1. Disminuye el número de PPFi que no mencionan la etapa (N0) y aumenta el porcentaje de respuestas en N2 entre el pretest y el postest. A continuación, se muestran las ideas no científicamente informadas que se expresaron en relación con esta etapa. En cada caso se indica el número de respuestas que contenían la idea en cuestión en el pretest y en el postest entre paréntesis y separadas por una barra (por ejemplo, 11/5):

1. Se menciona el término «fisión» sin explicar lo que implica, o se hace referencia al proceso que experimenta la materia prima utilizando términos muy generales como «transformación», «tratamiento» o «descomposición» (11/5). Por ejemplo: «[...] mediante fisión, modificamos elementos nucleares [...]» (POS-7).
2. El proceso que tiene lugar en una central nuclear se describe como fusión nuclear, o como fisión y fusión (1/6). Por ejemplo: «[...] procesos de fusión para obtener la energía» (POS-10).

3. La materia prima se somete a procesos o reacciones químicas (2/1). Por ejemplo: «Hacen procesos químicos hasta que convierten eso en energía» (POS-9).
4. El proceso de obtención de calor en una central nuclear es el resultado de una combustión (2/1). Por ejemplo: «Se coge combustible fósil y se quema» (PRE-50).
5. El propio núcleo del reactor nuclear experimenta la fusión nuclear, en lugar de ser el lugar donde se produce la reacción de fisión (0/1): «Con los elementos radiactivos, se calienta el agua para producir el funcionamiento de la fusión del núcleo» (POS-8).

### *Etapa 3*

En esta etapa (liberación de energía térmica), aumenta considerablemente el número de respuestas clasificadas en N2, siete en el pretest y 22 en el postest. Se observaron las siguientes ideas no científicamente informadas:

1. Se hace referencia a la obtención de energía, sin especificar su tipo (0/2). Por ejemplo: «Primero se obtiene la energía, después se genera el vapor de agua y se accionan unas turbinas que son las que producen una energía mecánica que acaba accionando el generador que produce la electricidad» (POS-15).
2. Confunde el calor, como proceso de transferencia de energía, con un tipo de energía (1/0): «Luego, esa energía que irradia se transforma en calor» (PRE-50). En este ejemplo, la liberación de energía se distingue del calor, como si ambos procesos no estuvieran relacionados; el PPFi no reconoce el calor como un proceso de transferencia de energía térmica.

### *Etapa 4*

La etapa 4 (el calor aumenta la temperatura del agua hasta su evaporación) se mencionó (N1 más N2) en nueve respuestas en el pretest y 19 en el postest. Hay un aumento en el número de PPFi que mencionaron esta etapa en N2, dos en el pretest y 11 en el postest. Las ideas no científicamente informadas que se observaron en estas respuestas fueron:

1. El vapor es un producto de la fisión nuclear (2/4). Por ejemplo: «Se lleva a cabo el proceso de fisión, el cual libera energía y vapor de agua, [...]» (POS-1).
2. Descripción imprecisa de la etapa (3/3). Por ejemplo: «primero se obtiene la energía, después se genera el vapor de agua y se accionan unas turbinas [...]» (POS-15).

3. El calor se transforma en vapor, como si se tratara de la transformación de una sustancia en otra (2/1). Por ejemplo: «Se utiliza el uranio para conseguir una gran fuente de calor, este calor se transforma en vapor de agua, [...]» (PRE-43).

#### *Etapa 5*

En cuanto a la etapa 5 (el vapor de agua mueve una turbina), aumentó el número de respuestas que la mencionaban entre el pretest y el postest, pasando de nueve a 26, así como el número de respuestas tanto en N1 como en N2. Las ideas no científicamente informadas que se encontraron fueron las siguientes:

1. Se omite la turbina, afirmando que es el vapor el que mueve los alternadores, así como otras ideas que no reflejan el funcionamiento de las turbinas (1/5). Por ejemplo: «[...] la cual activa una turbina que genera vapor de agua [...]» (POS-70).
2. Se afirma que el calor o la fisión son los responsables de accionar la turbina (1/3). Por ejemplo: «[...] y esto se puede obtener a través de la fisión nuclear la cual permite mover una turbina [...]» (POS-45).

#### *Etapa 6*

La etapa 6 (la turbina mueve un alternador para transformar la energía mecánica en energía eléctrica) fue la más descrita (en N1 o N2) tanto en el pretest (39 respuestas) como en el postest (43 respuestas). El número de respuestas disminuyó en N1 y aumentó en N2. Las ideas no científicamente informadas que se encontraron en esta etapa fueron:

1. La energía eléctrica es el producto final, pero se obtiene directamente de etapas anteriores del proceso, como la fisión, el calor o el vapor, o de la turbina, pero sin alternador (11/14). Por ejemplo: «A través de una reacción de fisión se rompen dos o más átomos, generando energía eléctrica» (POS-26).
2. El uso de términos como «crear» o «elaborar» para referirse a la obtención final de energía (16/7). Por ejemplo: «[...] uso de máquinas que serán las responsables de elaborar la energía nuclear [...]» (PRE-10)
3. El producto final del proceso es la energía nuclear, no la energía eléctrica (2/1). Por ejemplo: «[...] a través de vapor de agua se accionan unas turbinas que ayudan a que se produzca energía nuclear [...]» (PRE-27).
4. Se menciona el calor, pero no el hecho de que se obtenga energía eléctrica, lo que a nuestro juicio sugiere que el PPF1 considera la energía térmica como el

resultado final del proceso (2/0). Por ejemplo: «Se produce una reacción nuclear en la que se produce calor, en la cual se genera una serie de residuos que no se eliminan» (PRE-26).

### 2.3.3. Discusión

El análisis realizado mostró que el PPFi tenía una serie de ideas no científicamente informadas sobre el proceso de obtención de electricidad en las centrales nucleares debido a imprecisiones y/o errores conceptuales, algunos de los cuales persistieron después del juego de rol. Al igual que en otros estudios (Iscan y Seyhan, 2021; Jho *et al.*, 2014; Pontes, 2000; Solbes, 2007), los conceptos erróneos encontrados estaban relacionados con el concepto general de energía, sus transformaciones y, en particular, con las reacciones físicas (bombardeo de núcleos y fisión) que tienen lugar en una central nuclear.

En línea con otros estudios (Domínguez *et al.*, 1998; Pontes, 2000; Solbes y Tarín, 1998), también se observó que parte del PPFi, al referirse a la etapa 3 del proceso (liberación de energía calorífica), pensaba que el calor era un tipo de energía y no el resultado de una transferencia de energía. A este respecto, Solbes (2007) sostiene que al alumnado le cuesta entender el calor como mecanismo de transferencia de energía porque no han comprendido el concepto de pérdida de energía.

Otra idea no científicamente informada, estrechamente relacionada con la anterior, se mostró en relación con la etapa 6 del proceso (la turbina hace girar un alternador para convertir la energía mecánica en energía eléctrica), al expresarse en algunas respuestas que el calor era el producto final. Esto sugiere que el PPFi entiende el calor como energía térmica y, erróneamente, como un producto que puede almacenarse (Solomon, 1985) y distribuirse, es decir, como una función de estado (Domínguez *et al.*, 1998). Asimismo, en relación con la etapa 6 del proceso, en algunas respuestas se encontró un error conceptual común sobre la energía, al confundir sus formas con sus fuentes (Solomon, 1985).

En cuanto al momento o momentos en que aparecen estas ideas no científicamente informadas, merecen destacarse dos situaciones. Para ello, sólo se han considerado aquellas con cierta prevalencia (presencia en más de cinco respuestas, en pretest, en posttest o en ambos):

1. Las que apenas se mencionaron en el pretest y aparecen en el posttest. En este grupo se incluyen el uso del término fusión o de los términos fisión y fusión juntos y la omisión de las turbinas o ideas incorrectas sobre su funcionamiento. En estos casos, es posible suponer que estas ideas se utilizaron durante la

escenificación y fueron retomadas en el postest por parte del PPFi que no las había incluido en el pretest. El uso de fusión en lugar de fisión parece ser un claro ejemplo de confusión terminológica, ya que, al mismo tiempo, también se observa una mejora en el uso preciso del término fisión.

2. Los mencionados tanto en el pretest como en el postest. En esta situación se encuentra el error conceptual de que el vapor de agua es un producto directo de la fisión nuclear, lo que pone de manifiesto la falta de comprensión de esta etapa, que también queda patente en las descripciones imprecisas de la misma.

Cabe señalar que el PPFi participante no ha demostrado ser capaz de hacer una descripción detallada de los procesos nucleares, sino solo superficial. Con respecto a estos procesos, muchos estudios con estudiantes de secundaria y universitarios han mostrado que tienen errores conceptuales en química y física nuclear (Kohnle *et al.*, 2011; Nakiboglu y Tekin, 2006), que cabría esperar encontrar también en el PPFi. Lo que revela el análisis realizado, por tanto, es que la mejora en las ideas científicas del PPFi se limitó a ciertos aspectos del proceso de obtención de electricidad en una central nuclear y que parte del PPFi siguió teniendo un pobre dominio de los conceptos físicos implicados en el proceso y/o mostrando imprecisiones en el uso del vocabulario científico (Domínguez *et al.*, 1998; Pontes, 2000; Solbes y Tarín, 1998). Prueba de ello es que casi ningún PPFi hacía referencia a conceptos científicos como los neutrones o el bombardeo de núcleos, necesarios para explicar el proceso de fisión nuclear.

## **2.4. Estudio 3. Cambio de posiciones**

El estudio 3 se centró en los cambios de posición, y sus tipos (P4), que se producen en el PPFi sobre el futuro uso de energía nuclear, analizando la posición inicial del PPFi y su relación con la posición del rol que tenían que defender (P4.1, O3), la relación entre la posición inicial del PPFi y el cambio de posición tras el juego de rol (P4.2, O4), la forma adoptada por los cambios de posición del PPFi (P4.3, O5), la relación entre los cambios de posición personal del PPFi y la posición que tuvieron que defender en su rol (P4.4, O6) y la relación entre los cambios en la posición personal del PPFi con el hecho de que su posición inicial coincidiera o no con la que tuvieron que defender en su rol (P4.5, O7).

### **2.4.1. Metodología**

Los datos utilizados en este estudio proceden de la pregunta 1 del cuestionario del 3.<sup>er</sup> ciclo de la IBD (anexo II.3), que versaba sobre el pacto realizado por el Gobierno español y algunas empresas energéticas para el cierre de las centrales nucleares españolas entre los años 2030 y 2035. Las opciones de respuesta reflejaban diferentes

posiciones posibles en relación con la propuesta de abandono progresivo del uso de energía nuclear, desde una posición muy a favor del uso de energía nuclear (en adelante denominada como «Indefinido - Opción A») hasta una posición muy en contra (en adelante denominada como «Inmediatamente 2020 - Opción C»), habiendo una posición intermedia (en adelante denominada como «Corto plazo 2025-2035 - Opción B»). Estas opciones se corresponderían con diferentes sensibilidades encontradas en la sociedad española sobre el pacto, a saber: la opción C es similar a la posición adoptada por los grupos ecologistas en España (20 Minutos, 2020), la opción A refleja la opinión de aquellos grupos vinculados con la industria nuclear (Sociedad Nuclear Española, 2021) y la opción B refleja la posición expresada en el pacto.

Para el análisis de la relación entre la posición personal del PPFi y la del rol que debía defender, se estableció el nivel de desacuerdo, definido como la diferencia entre la posición personal del PPFi (reflejada en su respuesta individual a la pregunta realizada) y la posición que tenía que defender su rol. Las descripciones de los roles que fueron entregadas al PPFi habían sido redactadas por las y los investigadores de forma que reflejara una de las tres opciones de respuesta posibles; es decir, se dejaba claro cuál de las tres posiciones -A, B o C- habría que defender en un rol determinado. Así, por ejemplo, si un/a PPFi que marcó la opción A para indicar su posición personal tenía que defender un rol con la posición B, se estableció un nivel de desacuerdo de 1. O si marcó la opción A y tenía la opción C, se estableció un nivel de desacuerdo de 2. Si la posición personal era la misma que la del rol, el nivel de desacuerdo era 0. Una vez establecido el nivel de desacuerdo de cada PPFi, se calculó el nivel medio de desacuerdo para cada uno de los roles; el valor de esta media oscilaba entre 0 y 2, y los valores cercanos a 0 y 2 indicaban, respectivamente, un nivel bajo y un nivel alto de desacuerdo entre la posición personal del PPFi y la del rol que tenían que defender. El análisis de los niveles de desacuerdo se realizó tanto para los datos del pretest como para los del postest.

## **2.4.2.Resultados**

### **2.4.2.1.Posición inicial del PPFi y posición del rol que tuvieron que defender**

Antes de participar en el juego de rol, 8 PPFi (10.2 %) estaban a favor de que las centrales nucleares siguieran operativas indefinidamente, 35 PPFi (44.9 %) estaban a favor del abandono progresivo de la energía nuclear a corto plazo y 35 PPFi (44.9 %) estaban a favor del cese inmediato de la producción de energía nuclear. Estos resultados indican que la gran mayoría del PPFi (89.8 %) estaba inicialmente a favor

de la eliminación progresiva o el cese inmediato de la producción de energía nuclear y, por tanto, partían de una posición personal contraria al uso futuro de la energía nuclear.

En cuanto al papel asignado al PPF, la Tabla 9 muestra el número de PPF cuya posición personal inicial coincidía o discrepaba con la que tenía que defender su rol, categorizados según si este rol estaba a favor o en contra del futuro uso de energía nuclear.

Tabla 9. Distribución del PPF según su posición personal inicial y la del rol que representaban.

	Rol a favor de la energía nuclear		Rol en contra de la energía nuclear		Total	
	n	%	n	%	n	%
PPF cuya posición inicial personal coincidía con la de su rol	7	9.6	13	17.8	20	27.4
PPF cuya posición inicial personal no coincidía con la de su rol	37	50.7	16	21.9	53	72.6

Nota: prueba exacta de Fisher para la tabla 9 [Fisher (1, 73),  $p = .014$ ,  $OR = .238$ ] (el rol de presentador/a del programa no fue tenido en cuenta).

La mayoría del PPF (72.6 %) tuvo que defender en su rol una posición que discrepaba con su posición personal sobre la cuestión de la energía nuclear (ya fuera a favor o en contra de su uso futuro). El desacuerdo fue especialmente marcado entre el PPF cuyo rol le exigía argumentar a favor de que las centrales nucleares siguieran operativas indefinidamente (el 50.7 % de los cuales mantenía una posición personal contraria). Cuando la posición personal del PPF coincidía con la del rol que se le había asignado, el patrón de resultados era diferente, en la medida en que el acuerdo era más probable que implicara posiciones contrarias a continuar con el uso de energía nuclear (17.8 % del PPF).

#### 2.4.2.2. Posición inicial del PPF y cambio de posición

La tabla 10 muestra el número de PPF que cambió o mantuvo su posición inicial en función de su posición personal.

Tabla 10. Cambio en la posición personal del PPF tras el juego de rol en función de cuál era su posición personal inicial.

		Cambio en la posición personal			
		Sí		No	
		n	%	n	%
Posición personal en el pretest	Indefinido	7	87.5	1	12.5
	Corto plazo 2025-2035	10	28.6	25	71.4
	Inmediato 2020	19	54.3	16	45.7
	Total	36	46.2	42	53.8

Nota: prueba de chi-cuadrado para la tabla 10 [ $\chi^2 (2, 78) = 10.788$ ,  $p = .0045$ ,  $r = .372$ ]. Porcentajes por fila.

En la tabla 10 puede verse que casi la mitad del PPFi (46.2 %) cambió su posición personal sobre el futuro uso de energía nuclear tras participar en el juego de rol. En particular, todos los que inicialmente estaban a favor de que las centrales nucleares siguieran funcionando indefinidamente menos uno (87.5 %) cambiaron de posición tras el juego de rol. Entre los que inicialmente consideraban que la producción de energía nuclear debía cesar inmediatamente o a corto plazo, la proporción que cambió su posición tras el juego de rol fue del 54.3 % y el 28.6 %, respectivamente. Un análisis más detallado mostró que la proporción de PPFi que cambió de posición tras el juego de rol difería significativamente en función de cuál fuera su posición inicial. Estas diferencias significativas se debieron al mayor número de cambios entre el PPFi que inicialmente eligió la opción Indefinido y al menor número de cambios entre los que inicialmente eligieron la opción Corto plazo 2025-2035, con un tamaño del efecto mediano. En general, estos resultados sugieren que la posición inicial del PPFi sobre la cuestión del uso de energía nuclear fue un factor que influyó en que cambiaran o no de posición tras el juego de rol.

### 2.4.2.3. Tipos de cambio de posición del PPFi

Al examinar las respuestas del PPFi a la pregunta que se le planteó antes y después de participar en el juego de rol (es decir, cuál de las tres opciones de respuesta respaldaron en los dos momentos), es posible distinguir dos cualidades concomitantes de los cambios de posición. Una se refiere a la magnitud del cambio (que en adelante se caracterizará como moderado o brusco), mientras que la otra se refiere a la dirección del cambio (hacia una posición más a favor o más en contra del futuro uso de energía nuclear). Los resultados obtenidos al analizar estos dos aspectos se describen a continuación y se resumen gráficamente en la figura 16.

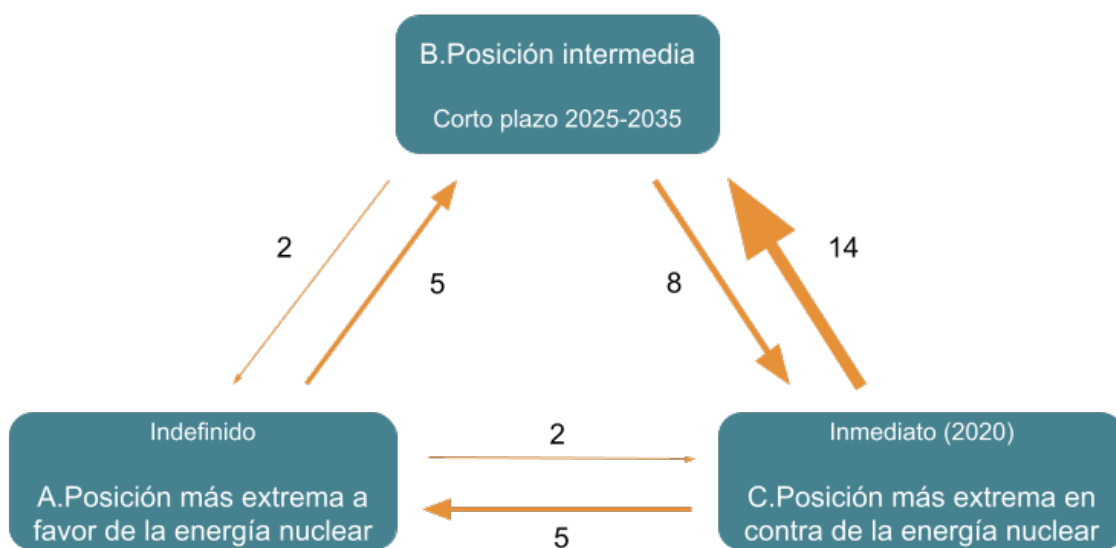


Figura 16. Esquema de los distintos tipos de cambio de posición.

- Cambios de posición moderados: paso de una posición extrema (A o C) a una intermedia (B), o viceversa. La mayoría de los cambios de posición observados fueron de este tipo (29 PPFi), y pueden subdividirse en los siguientes:
  - Cambio moderado hacia una posición más contraria al futuro uso de energía nuclear: cambio de la posición A a la B (cinco PPFi), o de la B a la C (ocho PPFi). Ambos implican un cambio de posición hacia la reducción del periodo de tiempo en el que las centrales nucleares permanecerían operativas.
  - Cambio moderado hacia una posición más favorable a la energía nuclear: cambio de la posición C a la B (14 PPFi), o de la B a la A (dos PPFi). Ambos implican un cambio de posición hacia la prolongación del periodo de funcionamiento de las centrales nucleares.
- Cambios de posición bruscos: paso de una posición extrema a otra (de A a C o de C a A). Los cambios de este tipo son menos numerosos (siete PPFi) y pueden subdividirse del siguiente modo:
  - Cambio brusco hacia una posición más contraria a la energía nuclear: dos PPFi que inicialmente pensaban que las centrales nucleares debían seguir operativas indefinidamente cambiaron su posición por una a favor del cierre inmediato (posición A a C).
  - Cambio brusco hacia una posición más favorable a la energía nuclear: cinco PPFi que inicialmente pensaban que las centrales nucleares debían cerrarse de forma inmediata cambiaron su posición a una a favor de que siguieran operativas indefinidamente (posición C a A).

Estos resultados muestran que los cambios de posición tras la participación en el juego de rol fueron en su mayoría de magnitud moderada y que los cambios de este tipo tendieron a implicar un cambio hacia una posición más favorable al uso de energía nuclear. La prueba de chi-cuadrado no reveló diferencias significativas al analizar la dirección del cambio (es decir, hacia una posición más a favor o más en contra) según la magnitud del cambio (moderado o brusco).

#### 2.4.2.4. Cambios de posición del PPFi y posición del rol que tuvieron que defender

El posible efecto del rol en el cambio de posición se examinó analizando los cambios en la posición personal del PPFi en función de la posición que tuvieron que defender en el rol. Los resultados se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Cambios en la posición personal del PPFi tras el juego de rol según el rol representado.

Posición del rol con respecto al futuro uso de energía nuclear	Rol (n)	Posición del rol en función de las tres posibles posiciones	Número total de cambios		Cambios a posiciones más en contra		Cambios a posiciones más a favor		Cambios bruscos		Cambios moderados	
			n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
En contra	E (8)	Inmediato (C)	5	62.5	3	37.5	2	25.0	1	12.5	4	50.0
	ES (5)	Inmediato (C)	1	20.0	1	20.0	0	0.0	0	0.0	1	20.0
	CR (8)	Corto plazo (B)	3	37.5	1	12.5	2	25.0	0	0.0	3	37.5
	C (6)	Corto plazo (B)	1	16.7	1	16.7	0	0.0	0	0.0	1	16.7
	PO (2)	Corto plazo (B)	1	50.0	0	0.0	1	50.0	0	0.0	1	50.0
<b>Total (29)</b>			<b>11</b>	<b>37.9</b>	<b>6</b>	<b>20.7</b>	<b>5</b>	<b>17.2</b>	<b>1</b>	<b>3.5</b>	<b>10</b>	<b>34.5</b>
A favor	CN (8)	Indefinido (A)	5	62.5	1	12.5	4	50.0	1	12.5	4	50.0
	PG (13)	Indefinido (A)	9	69.2	3	23.1	6	46.2	3	23.1	6	46.2
	ARN (10)	Indefinido (A)	5	50.0	3	30.0	2	20.0	0	0.0	5	50.0
	ACN (8)	Indefinido (A)	4	50.0	1	12.5	3	37.5	1	12.5	3	37.5
	T (5)	Indefinido (A)	2	40.0	1	20.0	1	20.0	1	20.0	1	20.0
<b>Total (44)</b>			<b>25</b>	<b>56.8</b>	<b>9</b>	<b>20.5</b>	<b>16</b>	<b>36.4</b>	<b>6</b>	<b>13.6</b>	<b>19</b>	<b>43.2</b>
Neutral	P (5)	Neutral	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0

Nota: E, ecologista; ES, empresaria/o de energía solar; CR, científica/o de energías renovables; C, ciudadana/o; PO, política/o de la oposición; CN, científica/o nuclear; PG, política/o del Gobierno; ARN, administrador/a de un repositorio de residuos nucleares; ACN, administrador/a de una central nuclear; T, trabajador/a de una central nuclear; P, presentador/a del programa; A, indefinido; B, corto plazo; C, inmediato.

Se observaron cambios de posición personal del PPFi para todos los roles, aunque en distintos grados. Fue más común entre el PPFi que había defendido el rol pronuclear de política/o del Gobierno (el 69.2 % cambió su posición tras el juego de rol), y menos común en el PPFi que había representado el rol de ciudadana/o que estaba a favor del abandono progresivo de la energía nuclear a corto plazo (el 16.7 % del PPFi). También hay que señalar que ninguno de los cinco PPFi que defendieron el rol de presentador/a del programa (neutral) cambió su posición personal tras el juego de rol. La comparación de los dos grandes grupos de roles (es decir, a favor y en contra del futuro uso de energía nuclear) mostró que el porcentaje medio de cambios de posición era mayor entre el PPFi que representó uno de los roles pronucleares (el 56.8 % cambió su posición, frente al 37.9 % del PPFi con un rol más antinuclear), aunque las proporciones de cambio de posición por rol variaron más ampliamente en el grupo antinuclear (desde el 16.7 % del PPFi que representaba el rol de ciudadana/o hasta el 62.5 % del PPFi que defendió el rol de ecologista). Sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas en la frecuencia de los cambios de posición en función del rol representado (a favor frente a en contra del uso futuro de la energía nuclear), de la magnitud de los cambios de posición (moderados o bruscos) o de la dirección del cambio (hacia una posición más a favor o más en contra del futuro uso de energía nuclear).

Aunque el rol en sí no parece ser un factor determinante para que el PPFi cambie o no su posición personal, se realizó otro análisis para examinar si el nivel de desacuerdo entre la posición personal del PPFi y la posición que tenía que defender su rol era un factor relevante.

#### 2.4.2.5. Cambios de posición del PPFi y nivel de desacuerdo con el rol que tuvieron que defender

Se analizó si el nivel de desacuerdo entre la posición inicial del PPFi y la posición asociada a su rol era un factor que influía en: 1) el cambio de posición y 2) la forma que adoptaba este cambio. También se analizó el nivel medio de desacuerdo entre la posición personal del PPFi tanto en el pretest como en el postest y la posición que debía defender su rol.

##### *Influencia del nivel de desacuerdo en el cambio de posición*

La tabla 12 muestra el número de PPFi que cambiaron y que no cambiaron su posición personal tras el juego de rol, según el nivel de desacuerdo entre su posición personal inicial y la posición que tuvieron que defender en el rol.

Tabla 12. Cambios de posición tras el juego de rol según el nivel de desacuerdo entre la posición personal inicial del PPFi y la posición que tuvieron que defender en su rol.

Nivel de desacuerdo entre la posición personal inicial del PPFi y la posición que debían defender en su rol	Cambio en la posición personal tras el juego de rol	
	Número de PPFi que no cambiaron	Número de PPFi que cambiaron
Nivel 0	10	10
Nivel 1	20	11
Nivel 2	7	15

Nota: prueba de chi-cuadrado para la tabla 12 [ $\chi^2(2, 73) = 5.509, p = .064$ ]. Prueba exacta de Fisher para los niveles 1 y 2 [(1, 73),  $p = .027, OR = 3.790$ ].

En la tabla se puede observar que no existe una relación clara entre el nivel de desacuerdo en el pretest y el cambio de posición tras el juego de rol, y que no hubo diferencias significativas al considerar los tres niveles en su conjunto (prueba de chi-cuadrado). Sin embargo, la prueba de Fisher indicó que la proporción de PPFi que cambió de posición tras el juego de rol fue significativamente mayor para el nivel 2 en comparación con el nivel 1.

##### *Influencia del nivel de desacuerdo en la forma que adoptó el cambio*

La tabla 13 muestra los resultados obtenidos al analizar la magnitud de los cambios de posición (moderados o bruscos) y la dirección de estos (más a favor o más en contra del futuro uso de energía nuclear) según el nivel de desacuerdo entre la posición personal inicial del PPFi y la posición que tuvieron que defender en su rol.

Tabla 13. Tipos de cambios de posición en función del nivel de desacuerdo entre la posición personal inicial del PPFi y la posición que tenían que defender en su rol.

Nivel de desacuerdo entre la posición personal inicial del PPFi y la posición del rol que tenían que defender	Tipo de cambio			
	Moderado		Brusco	
	Más en contra	Más a favor	Más en contra	Más a favor
Nivel 0	7	2	1	0
Nivel 1	6	14	0	0
Nivel 2	0	0	1	5

Nota: prueba exacta de Fisher para la tabla 13 [(6, 36),  $p = .000$ ,  $OR = null$ ].

Dadas las diferencias significativas entre niveles en los tipos de cambio de posición, se realizaron análisis separados de la relación entre los niveles de desacuerdo y cada uno de los dos aspectos del cambio de posición: dirección (más a favor frente a más en contra del futuro uso de energía nuclear) y magnitud (moderado o brusco).

Las diferencias estadísticamente significativas mostradas en la tabla 14 indican que la proporción de PPFi cuya posición cambió en la dirección antinuclear fue significativamente mayor entre aquellos cuya posición inicial coincidía con la de su rol (nivel 0), en comparación con el PPFi cuya posición inicial discrepaba con la de su rol (niveles 1 y 2).

Tabla 14. Dirección de los cambios de posición en función del nivel de desacuerdo entre la posición personal inicial del PPFi y la posición que tenían que defender en su rol.

Nivel de desacuerdo entre la posición personal inicial del PPFi y la posición del rol que debían defender	Dirección del cambio	
	Más en contra	Más a favor
Nivel 0	8	2
Nivel 1	6	14
Nivel 2	1	5

Nota: prueba exacta de Fisher para la tabla 14 [(2, 36),  $p = .016$ ,  $OR = null$ ]. Prueba exacta de Fisher para los niveles 1 y 2 [(1, 36),  $p = .019$ ,  $OR = 8.568$ ]; niveles 0 y 2 [(1, 36),  $p = .035$ ,  $OR = 15.469$ ].

En cuanto a la magnitud de los cambios de posición (tabla 15), la prueba exacta de Fisher volvió a mostrar diferencias significativas. Estos resultados indican que la proporción de cambios de posición bruscos fue significativamente mayor entre el PPFi cuya posición inicial discrepaba más fuertemente de la del rol que representaba (nivel 2), en comparación con el PPFi cuya posición inicial se aproximaba más a la de su rol (niveles 0 y 1).

Tabla 15. Magnitud de los cambios de posición en función del nivel de desacuerdo entre la posición personal inicial del PPFi y la posición que tenían que defender en su rol.

Nivel de desacuerdo entre la posición personal inicial del PPFi y la posición del rol que debían defender	Magnitud del cambio	
	Moderado	Brusco
Nivel 0	9	1
Nivel 1	20	0
Nivel 2	0	6

Nota: prueba exacta de Fisher para la tabla 15 [(2, 36),  $p = .000$ ,  $OR = \text{null}$ ]. Prueba exacta de Fisher para los niveles 0 y 2 [(1, 36),  $p = .000$ ,  $OR = \text{infinito}$ ]; niveles 1 y 2 [(1, 36),  $p = .000$ ,  $OR = \text{infinito}$ ].

*Nivel medio de desacuerdo entre la posición defendida por el PPFi en el rol y su posición personal inicial*

La figura 17 muestra los resultados obtenidos al analizar el nivel medio de desacuerdo entre la posición personal del PPFi y la posición defendida en el rol, tanto en el pretest como en el postest. En la figura, los roles se organizan en dos grandes grupos: en contra y a favor del futuro uso de energía nuclear.

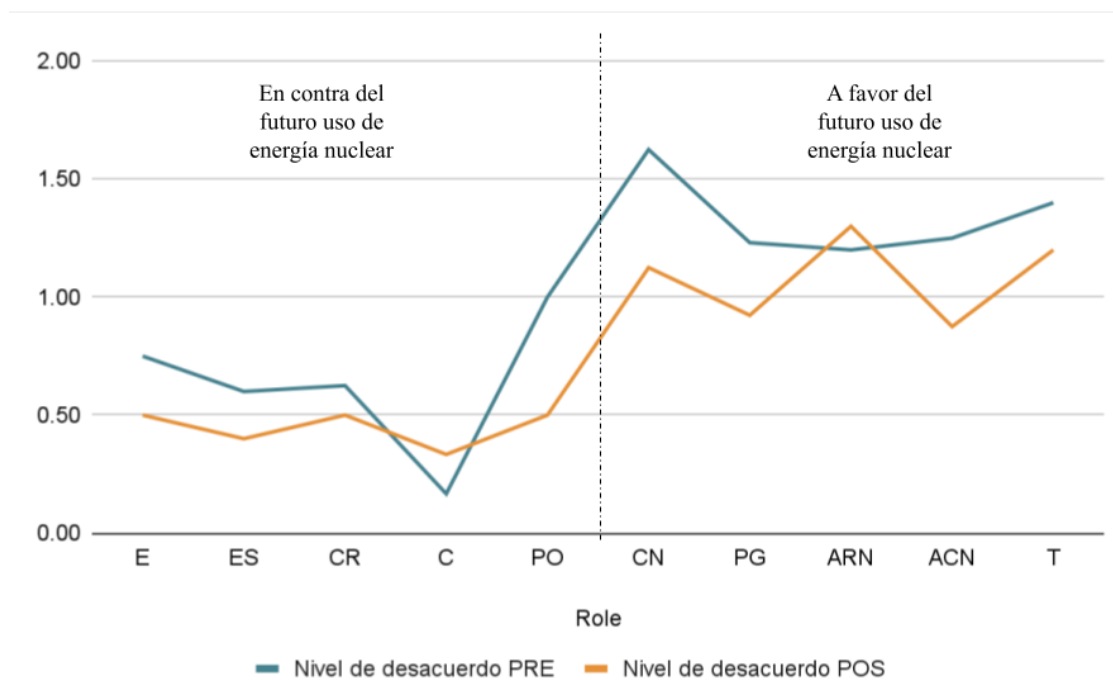


Figura 17. Nivel de desacuerdo entre el rol que defendió el PPFi y su posición personal, en el pretest y en el postest.

Nota: prueba de rangos con signo de Wilcoxon por rol [(Z (9, 73) = -2.398,  $p = .019$ ,  $r = .855$ ]. Prueba U de Mann-Whitney por rol: pretest [(Z (9, 73) = -2.611,  $p = 0.009$ ,  $r = 1$ ]; postest [(Z (9, 73) = -2.643,  $p = .008$ ,  $r = 1$ ].

En la figura 17 puede observarse que, a excepción de dos roles (C, a favor del abandono progresivo del uso de energía nuclear a corto plazo; y ARN, a favor de que las centrales nucleares sigan operativas indefinidamente), el grado de desacuerdo entre la posición personal del PPFi y la posición que tenían que defender en el rol era menor en el postest

(después del juego de rol) que en el pretest. La prueba de rangos con signo de Wilcoxon mostró diferencias significativas entre el pretest y el posttest, con un tamaño del efecto grande, lo que indica una disminución significativa del nivel de desacuerdo. Esto sugiere que, tras participar en el juego de rol, la posición personal del PPFi tendía a acercarse a la del rol que habían representado.

El análisis del nivel de desacuerdo en cada uno de los dos grandes grupos (es decir, roles a favor y roles en contra del futuro uso de energía nuclear) también reveló diferencias significativas, con un tamaño del efecto grande, tanto en el pretest como en el posttest. En ambos casos, el nivel de desacuerdo fue menor para el grupo de roles en contra del uso de energía nuclear. Estos resultados indican que el nivel de desacuerdo entre la posición personal del PPFi y la posición asociada a su rol fue mayor tanto en el pretest como en el posttest cuando el rol implicaba argumentar a favor del futuro uso de energía nuclear.

### **2.4.3. Discusión**

La gran mayoría del PPFi que participó en este estudio estaba inicialmente a favor de la eliminación progresiva o el cese inmediato del uso de energía nuclear, por lo que partían de una posición personal contraria a su uso. Esta opinión coincide con los resultados de las encuestas sociológicas realizadas en la última década en la población general española (Martínez, 2017). Con respecto a otros estudios realizados con PPFi, este perfil inicial de opinión es similar al reportado por Cansiz y Cansiz (2015) y Evren y Aycan (2018), pero contrasta con los resultados descritos por Ates y Saracoglu (2016), quienes encontraron que la mayoría del profesorado de ciencias en formación de su estudio estaba a favor del uso de energía nuclear. La posición inicial mantenida por el PPFi participante en este estudio ilustra la controversia que rodea a la energía nuclear (Ho *et al.*, 2018), por lo que es un tema muy adecuado para ser explorado a través del juego de rol.

Casi la mitad del PPFi (46 %) cambió su posición personal sobre la energía nuclear tras el juego de rol, lo que apoya la opinión de Simonneaux (2001) de que el uso de juegos de rol puede facilitar el cambio de posición entre el alumnado. La proporción de PPFi que cambió su posición personal también es similar a la reportada en otros estudios centrados en el tema de la energía nuclear: 42 % del alumnado en el estudio de Martini *et al.* (2021) y 47 % en el de Evren y Aycan (2018). Estos resultados, junto con los nuestros, sugieren que el debate y los juegos de rol sobre la cuestión de la energía nuclear pueden llevar a una proporción considerable del alumnado a revisar sus opiniones. En cuanto a por qué los juegos de rol del tipo utilizado en este estudio pueden

facilitar el cambio de posición, entre los posibles factores se incluyen la exposición a diferentes puntos de vista (Herawati y Ardianto, 2017), la posibilidad de debatir cuestiones oralmente (Simonneaux, 2001) y estar mejor informados gracias al acceso a nueva información (Martini *et al.*, 2021). En este sentido, cabe destacar que la mayoría del PPFi tuvo que defender en su rol una posición que discrepaba con su posición personal, y este desacuerdo fue especialmente marcado entre el PPFi cuyo rol le exigía argumentar a favor de que las centrales nucleares siguieran operativas indefinidamente.

Al analizar los cambios en la posición personal que se produjeron tras la participación en el juego de rol, se identificaron dos cualidades concomitantes en el cambio de posición: una se refiere a la dirección del cambio (es decir, hacia una posición más a favor o más en contra del futuro uso de energía nuclear), mientras que la otra se refiere a la magnitud del cambio (moderado o brusco). En cuanto a la dirección del cambio, no se observó una tendencia clara, lo que también ocurrió con el profesorado de ciencias en formación del estudio de Evren y Aycan (2018). Sin embargo, con respecto a la magnitud del cambio, y en línea con los resultados de Evren y Aycan (2018), se encontró que cuando el alumnado puede expresar su posición en un rango de tres opciones, es más probable que un cambio de posición sea moderado que brusco; el 80,6 % de los cambios en el estudio de esta tesis fueron moderados, en comparación con el 75 % del estudio de Evren y Aycan (2018).

Además de analizar la magnitud y la dirección de los cambios de posición, se trató de identificar los factores asociados a estos cambios. En concreto, se analizó la posible influencia del rol que el PPFi tuvo que representar en el juego de rol, su posición personal inicial sobre la cuestión de la energía nuclear y la interacción entre estas dos variables. Los resultados mostraron que la posición inicial del PPFi sobre esta cuestión era un factor que influía en si su posición cambiaba o no después del juego de rol, en la medida en que los cambios de posición eran proporcionalmente más frecuentes cuando el PPFi partía de una de las dos posiciones extremas (es decir, a favor del cierre inmediato de las centrales nucleares o de continuar indefinidamente con el uso de energía nuclear). En particular, todos menos uno de los PPFi que inicialmente estaban a favor de que las centrales nucleares siguieran funcionando indefinidamente cambiaron de posición tras el juego de rol. Por el contrario, el rol que el PPFi tenía que representar no parecía ser un factor que influyera en el cambio de posición, aunque el análisis sí sugería que su posición personal tras el juego de rol se acercaba más a la de su rol. Esta tendencia se observó en todos menos en dos de los diez roles que aparecían en el juego de rol, y no dependía de la posición del rol con respecto a la cuestión de la energía nuclear (es decir, a favor o en contra de su futuro uso).

Los resultados también mostraron que, aunque el nivel de desacuerdo entre la posición inicial del PPFi y la del rol que tenían que defender no estaba relacionado con la proporción global de cambios de posición tras el juego de rol, sí era un factor que influía en la magnitud del cambio (moderado o brusco) y en su dirección (hacia una posición más a favor *versus* más en contra del futuro uso de energía nuclear). En general, y como argumentan Hammer *et al.* (2018), la representación de personajes anima a las/os participantes en un juego de rol a comprometerse y comprender otros puntos de vista, y tener que defender una determinada posición sobre un tema significa que el alumnado debe reunir pruebas para apoyarla (construyendo argumentos, contraargumentos y refutaciones), como resultado de lo cual su propio punto de vista personal puede en el proceso acercarse al del rol que representaron. Simonneaux (2001) también ha planteado la hipótesis de que un cambio de opinión puede estar relacionado con el hecho de representar un rol en un juego de rol. Nuestros resultados aquí añaden matices a esta hipótesis, en la medida en que sugieren que el cambio de posición no resulta del juego de rol *per se*, sino más bien de que haya cierto grado de desacuerdo entre la posición inicial del alumnado sobre un tema y la del rol representado.

## **2.5. Estudio 4. Argumentación**

El estudio 4 se centró en las habilidades argumentativas del PPFi durante su participación en el juego de rol (P5), analizando: los aspectos del SSI y los modos de razonamiento informal utilizados por el PPFi en sus argumentos (P5.1, O8), la relación entre los roles y la frecuencia con la que se utilizan los modos de razonamiento informal (P5.2, O9), las diferencias en la frecuencia de los modos de razonamiento informal utilizados entre las dos partes de la escenificación del juego de rol (P5.3, O10), la estructura de los argumentos utilizados por el PPFi (P5.4, O11) y la estructura del diálogo construido por el PPFi (P5.5, O12).

### **2.5.1. Metodología**

Los datos utilizados para conducir este estudio proceden de las grabaciones en vídeo de los juegos de rol. La metodología de investigación se basa en la observación indirecta no participante de la conducta verbal del PPFi registrada mediante grabaciones en vídeo, la posterior transcripción de los vídeos, el análisis cualitativo de las transcripciones y, finalmente, la transformación de la información cualitativa para conducir análisis cuantitativos.

Para analizar las habilidades argumentativas del PPFi se estudiaron tres aspectos: el razonamiento informal, la estructura de los argumentos y la estructura del diálogo. La parte inicial del análisis de las transcripciones fue común a los tres aspectos. De este

modo, se tomó una muestra de una de las transcripciones equivalente al 25 % de la misma (Wimmer y Dominick (2011), que contenía en 28 intervenciones del juego de rol A1. En dicha muestra se realizaron varias rondas de análisis para, por un lado, desarrollar el sistema de categorías de los modos de razonamiento informal y, por otro, probar la adecuación de los marcos de análisis elegidos para el estudio de la estructura de los argumentos y del diálogo. Para ello tres de los investigadores participantes en el estudio analizaron de forma independiente los tres aspectos anteriormente mencionados en la muestra seleccionada. Tras estas rondas, se obtuvo la primera versión del sistema de categorías para el análisis del razonamiento informal (18 categorías) y los análisis de fiabilidad interevaluadores para los marcos de análisis de los tres aspectos estudiados. Los desacuerdos se resolvieron mediante discusión entre todos los investigadores. En el caso del análisis de los modos de razonamiento informal, el sistema de categorías se fue incrementando al aparecer temas nuevos en el resto de los juegos de rol, por lo que finalmente se obtuvieron 29 categorías que se agruparon en tres modos de razonamiento informal: ambiental, económico y social.

A continuación, se describen las metodologías de análisis seguidas para cada uno de los tres aspectos.

#### **2.5.1.1. Análisis de los modos de razonamiento informal**

El razonamiento informal fue analizado mediante un proceso de codificación abierta extrayendo categorías de forma inductiva. Se construyó un sistema de análisis cuyas categorías y sus descripciones pueden verse en la tabla 17, mientras que en el anexo III se incluyen ejemplos de citas incluidas en cada una de ellas.

#### **2.5.1.2. Análisis de la estructura de los argumentos**

La estructura de los argumentos fue analizada utilizando la adaptación de Jiménez-Aleixandre (2010) del modelo de Toulmin (1958), utilizada por otros autores en trabajos con PPFi (Ha *et al.*, 2022). Esta presenta los elementos básicos del modelo de Toulmin de forma más apropiada para la práctica de la argumentación en las aulas o para la investigación educativa, estableciendo como elementos esenciales de los argumentos las pruebas, las justificaciones y las conclusiones.

Los argumentos también fueron analizados en cuanto al número de elementos que incluían, pudiendo ser completos (si incluían prueba/s, justificación y conclusión) o incompletos (si no incluían al menos uno de los elementos mencionados). Los argumentos con elementos implícitos también se han considerado completos. A veces el PPFi no decía explícitamente la conclusión, pero era evidente la intervención a la que respondían y, por tanto, podía saberse si el argumento expresaba una posición contraria

o no a la de la intervención del interlocutor. Un ejemplo del análisis de algunas intervenciones en términos de la estructura de los argumentos puede verse en la figura 18.

### 2.5.1.3. Análisis de la estructura del diálogo

Wu y Tsai (2007) proponen los siguientes indicadores cuantitativos para el análisis de la calidad del razonamiento: número de argumentos iniciales, número de contraargumentos, número de refutaciones y número de argumentos total. En el estudio realizado en esta investigación se consideró relevante analizar otros tipos de interacciones que se producen durante las intervenciones<sup>14</sup> de las/os participantes en un juego de rol, además de los propuestos por estos autores (p. ej., si solicitan más información, si responden a las preguntas recibidas, si utilizan la información expuesta por el resto de participantes y de qué modo lo hacen, etc.). Por ello, se utilizó el marco desarrollado por Felton y Kuhn (2001), basado en la taxonomía de Searle (1979), que permitía el análisis de una gran variedad de interacciones. En este marco se establecen tres categorías: *transactive questions*<sup>15</sup>, *transactive statements* y *nontransactive statements*, que comprenden diferentes subcategorías. Felton y Kuhn (2001) definen estas categorías del siguiente modo:

1. *Transactive questions*. Son enunciados que solicitan una respuesta del interlocutor. Suelen adoptar la forma gramatical de una pregunta. La función del enunciado es obtener una respuesta del interlocutor.
2. *Transactive statements*. No solicitan directamente una respuesta del interlocutor. En cambio, son expresiones de los pensamientos del hablante que se ofrecen como respuesta al interlocutor. Son «transactivas» porque están directamente relacionadas con el enunciado anterior del interlocutor.
3. *Nontransactive statements*. Enunciados que no conectan con el enunciado anterior del interlocutor; es decir, no se dirigen al enunciado anterior del interlocutor ni incitan a este a responder. En estos casos, el hablante rompe con la conversación anterior e introduce un nuevo argumento o línea de pensamiento.

---

<sup>14</sup> En esta investigación, se denomina «intervención» al tiempo completo en que un/a participante hacía uso de la palabra de forma ininterrumpida y «enunciado» [*utterance* para Felton y Kuhn (2001)] a los recursos orales concretos utilizados durante una intervención. De este modo, una intervención puede tener varios enunciados. En esta investigación los argumentos (tanto completos como incompletos) han sido considerados como unidades mínimas de diálogo (enunciados) para el análisis de la estructura del diálogo.

<sup>15</sup> Se ha decidido dejar el marco de análisis en la lengua original (inglés), puesto que tanto la adaptación del marco como el análisis se realizaron en dicha lengua.

Este marco de análisis tuvo que ser modificado, puesto que fue ideado originalmente para el análisis de conversaciones entre dos personas y algunas cuestiones debían ser adaptadas para el análisis de un contexto dialógico con múltiples participantes, como es el juego de rol. Las categorías y subcategorías del marco de análisis y sus descripciones pueden consultarse en la tabla 23.

En cuanto a la adaptación realizada, las modificaciones consistieron en introducir cambios en la descripción de las subcategorías, fusionar algunas de ellas e incluir otras nuevas. A continuación, se detallan las modificaciones realizadas:

1. En lo que respecta a las descripciones, las referencias del marco original redactadas como *the partner's preceding utterance* se cambiaron a *a partner's preceding utterance*. Este cambio se debe a que, en los juegos de rol, las intervenciones no siempre se refieren a la intervención inmediatamente anterior, lo cual no significa que esta se haya ignorado, ya que a menudo son respondidas varios turnos después.
2. Se fusionaron las subcategorías *Add* y *Advance*, al considerar que cumplían funciones muy similares (la de ampliar o elaborar un argumento anterior) y en ambos casos se aportaba nueva información.
3. Por último, se incluyeron tres nuevas subcategorías: *Rhetorical-?*, que incluye las preguntas que no esperan necesariamente una respuesta; *Unsuitable*, sobre si una intervención es o no adecuada (se trata de quejas sobre si un interlocutor debía o no intervenir en ese momento); y *Management*, que se refiere a las expresiones realizadas con el objetivo de organizar el debate, como dar la palabra a un participante o agradecer una intervención, y realizadas casi en exclusiva por el rol de presentador del programa.

Las subcategorías no eran mutuamente excluyentes, ya que el PPFi realizó en muchas ocasiones intervenciones con más de una función en el diálogo. Además, el objetivo de los enunciados podía ser explícito (por ejemplo, cuando algún/a participante decía que iba a contraargumentar el argumento de un interlocutor concreto) o implícito (por ejemplo, si no se mencionaba a quién iba dirigida exactamente la intervención, pero el tema permitía seguir el hilo temático al que se refería y vincularlo a ese hilo). No se muestran ejemplos de citas clasificadas en todas las categorías del marco de análisis puesto que la clasificación de cada enunciado requiere la visualización tanto de la intervención en la que se produce como de la intervención a la que responde. No obstante, en la figura 18 se muestra un fragmento de transcripción analizado en el que pueden verse ejemplos tanto del análisis de la estructura de los argumentos como de la del diálogo.

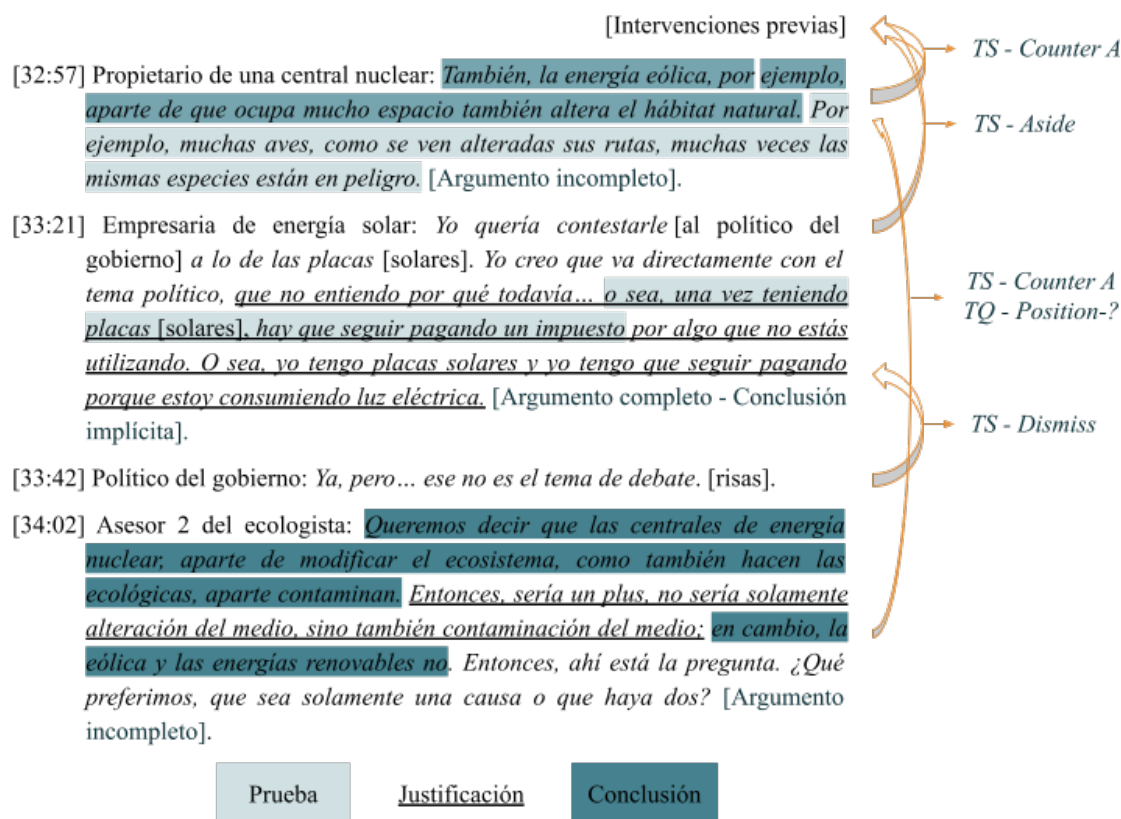


Figura 18. Ejemplo de análisis de la estructura de los argumentos y del diálogo en un fragmento de la transcripción del juego de rol B2.

Nota: la información entre corchetes ha sido añadida para facilitar la lectura de la transcripción y la interpretación del análisis.

### 2.5.2.Resultados

A continuación, se muestran los resultados de las preguntas de investigación relativas a las habilidades argumentativas del PPF1. Los tres primeros apartados (P5.1, P5.2 y P5.3) corresponden al análisis de los modos de razonamiento informal, el cuarto apartado (P5.4) al análisis de la estructura de los argumentos y el quinto apartado (P5.5) al análisis de la estructura del diálogo.

En este estudio, todos los porcentajes de acuerdo fueron superiores al 75 % para las categorías de los modos de razonamiento (este análisis fue realizado con la primera versión del sistema de categorías), superiores al 89 % para los aspectos de la estructura de los argumentos estudiados y superiores al 71 % para los aspectos de la estructura del diálogo estudiados. Los valores del coeficiente Kappa de Cohen fueron próximos a cero en todos los casos (ver explicación en el apartado Análisis estadísticos - 1.4.3).

Hubo diferencias en la duración de los juegos de rol, sobre todo en la parte del debate. Estas diferencias se debieron a la distinta gestión del tiempo por parte de los presentadores. Para estudiar en qué medida pueden compararse los resultados de los

cuatro juegos de rol, se calculó un coeficiente de contribución, producto de la división del número de intervenciones entre el tiempo que duró la escenificación (tabla 16). A pesar de la diferencia de tiempo entre los juegos de rol A1 y B2 (los dos juegos de rol con mayor diferencia de tiempo), el número de intervenciones por minuto es similar.

Tabla 16. Coeficiente de contribución de la relación entre el tiempo dedicado a la ronda de presentación, al debate y a la escenificación completa, y el número de intervenciones realizadas.

Juego de rol	Ronda de presentación			Debate			Coeficiente de contribución total (intervenciones/minuto)
	N.º de intervenciones	Duración (minutos)	Coeficiente de contribución (intervenciones/minuto)	N.º de intervenciones	Duración (minutos)	Coeficiente de contribución (intervenciones/minuto)	
A1	26	17	1.53	144	45	3.20	2.74
A2	36	14	2.57	117	27	4.33	3.73
B1	19	15	1.27	116	32	3.63	2.87
B2	22	15	1.47	66	21	3.14	2.44

El tiempo dedicado a las rondas de presentación fue similar (entre 14 y 17 minutos), mientras que el dedicado a los debates difirió más (entre 21 y 45 minutos). El coeficiente de contribución varía entre los juegos de rol, mostrando una participación de entre 2.44 y 3.73 intervenciones por minuto. Sin embargo, el juego de rol con un coeficiente de contribución más alto (A2) mostró particularidades durante la ronda de presentación, ya que los presentadores no se adaptaron a las reglas preestablecidas e hicieron varias preguntas a los portavoces, una tarea que debería haberse reservado para el debate. Además, el juego de rol A2 es uno de los que más intervenciones tuvo por parte de los presentadores, junto con el A1 (44 intervenciones). Por lo tanto, a pesar de no ser el de mayor duración, el juego de rol A2 tiene el coeficiente de contribución más elevado. Es evidente que cada juego siguió un ritmo diferente, en algunos casos con intervenciones más cortas (A2), lo que permitió al PPFi intervenir más a menudo, y en otros con intervenciones más largas (A1, B1 y B2), lo que redujo el número de intervenciones.

### 2.5.2.1. Modos de razonamiento informal

El análisis de los modos de razonamiento informal se llevó a cabo con un sistema formado por 29 categorías de aspectos sobre el SSI del uso de energía nuclear, que se agruparon en tres modos de razonamiento informal: medioambiental, económico y social. Los resultados del análisis, las categorías y sus descripciones pueden verse en la tabla 17. Los resultados muestran que los argumentos ambientales son los más utilizados (362 argumentos), seguidos de los económicos (174), discutiéndose los sociales en menor medida (102). Las categorías con más frecuencias son, por orden, «contaminación», «seguridad», «empleo», «suministro energético», «costes de producción», «residuos y gestión de residuos», «salud», «agotamiento de recursos» y «producción continua».

Tabla 17. Número de argumentos clasificados en cada categoría, sus descripciones y el modo de razonamiento informal al que se asocian.

Modo de razonamiento informal	Categoría	Relacionada con...	Total
Ambiental	Contaminación	Cómo una determinada fuente de energía contamina el medioambiente, tanto por medios químicos como físicos.	150
	Seguridad	Cómo de segura es una determinada fuente de energía	81
	Residuos y gestión de residuos	Los residuos que una determinada fuente de energía emite y cómo son gestionados	44
	Salud	Aspectos de salud humana sobre el uso de una determinada fuente de energía	29
	Agotamiento de recursos	Las reservas de recursos naturales o el ritmo de consumo	28
	Cambio climático	Los efectos de una determinada fuente de energía sobre el cambio climático	12
	Ambiental	Aspectos ambientales en general	12
	Disponibilidad de recursos	La disponibilidad de recursos naturales en ciertos lugares o condiciones	6
<b>Total</b>			<b>362</b>
Económico	Empleo	Qué supone una determinada fuente de energía en términos de empleo	62
	Costes de producción	Cuánto cuesta producir/distribuir un determinado tipo de energía (p. ej., incluye los costes de desmantelamiento de centrales o cementerios nucleares)	46
	Producción continua	Hasta qué punto es factible mantener una producción continua de energía con una determinada fuente de energía	23
	Económico	Aspectos económicos en general	9
	Dependencia de otros países	La dependencia de otros países para abastecer la demanda energética	8
	Ahorrar dinero	Cuánto dinero podemos ahorrar usando una determinada fuente de energía	7
	Ganar dinero	Los ingresos para pueblos, ciudades, países, etc., del uso de una determinada fuente de energía	6
	Intereses económicos/corrupción	Intereses económicos y corrupción asociada a la producción de energía	6
	Estabilidad de precios	La fluctuación de los precios	5
	Viabilidad	Viabilidad económica o práctica de una determinada fuente de energía	2
<b>Total</b>			<b>174</b>
Social	Abastecimiento energético	Cómo suplir la demanda energética de la sociedad y/o sobre por qué necesitamos una determinada fuente de energía (u otras cosas, p. ej., un cementerio nuclear) para abastecer a la sociedad	61
	Política	El papel de la política en el uso de una determinada fuente de energía (p. ej., impuestos para la ciudadanía)	14
	Desarrollo tecnológico	El desarrollo/beneficios/perjuicios de la tecnología relacionada con la producción de energía produce en la sociedad	7
	Armas nucleares y terrorismo	El uso de energía nuclear para la guerra o fines terroristas	6
	Repoblación	Los beneficios de la energía nuclear para zonas despobladas	5
	Conciencia/percepción sobre la energía nuclear	La conciencia/percepción de la gente sobre la energía nuclear y/o la necesidad de cambiar su conciencia	3
	Reducir consumo	La necesidad para la sociedad de reducir su consumo energético	2
	Medios de comunicación	El tratamiento mediático de los diferentes tipos de energía	2
	Otros usos	Otros usos de la energía nuclear (p. ej., medicina, conservación de alimentos, arqueología o prueba del Carbono-14)	2
	Social	Aspectos sociales en general	0
<b>Total</b>			<b>102</b>
	Aspecto desconocido	No es posible saber cuál es el aspecto exacto sobre el que están hablando	18
			<b>Total 655</b>

### 2.5.2.2. Modos de razonamiento informal y roles

En cuanto a la influencia de los diferentes roles en los modos de razonamiento informal utilizados por el PPFi, se observa un comportamiento similar en todos los roles (figura 19). En general, la mayoría de sus argumentos estaban orientados al medioambiente,

seguidos de los orientados a la economía y los orientados a lo social. Cinco roles (C, E, PO, CR y ACN) siguen los mismos patrones mostrados en los resultados generales (número de argumentos medioambientales > económicos > sociales). Sin embargo, los roles ES, PG, ARN, T y CN muestran patrones diferentes: 1) ES y PG tienen más argumentos medioambientales, seguidos de los sociales y, por último, de los económicos; 2) ARN y T tienen un número similar de argumentos medioambientales y económicos en comparación con el resto de roles; y 3) CN tiene el mismo número de argumentos económicos y sociales. El rol de PG también muestra prácticamente el mismo número de argumentos económicos y sociales y es el rol con un uso más equilibrado de los modos de razonamiento informal.

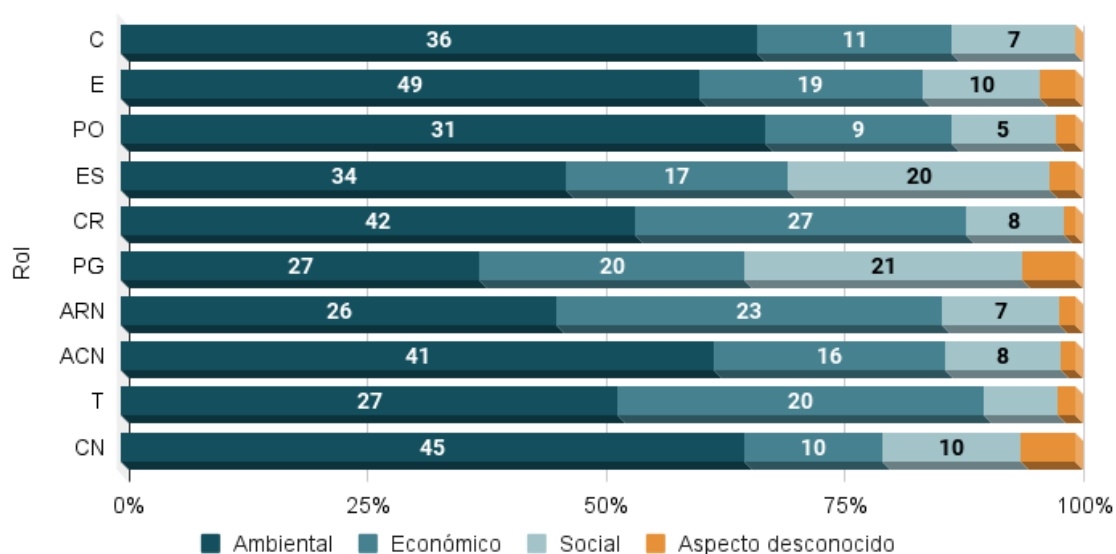


Figura 19. Resultados de los modos de razonamiento informal utilizados por cada rol.

Nota: las etiquetas de datos que aparecen en las barras corresponden a los resultados en términos absolutos y no se incluyen las etiquetas de frecuencias inferiores a 5.

Para estudiar las posibles diferencias estadísticas entre los diez roles (no se considera el rol de presentador/a) en el uso de los tres modos de razonamiento informal, se aplicó la prueba de chi-cuadrado sin considerar la categoría «aspecto desconocido». Se encontraron diferencias estadísticamente significativas con un tamaño del efecto pequeño [ $\chi^2(18, 656) = 47.088, p = .000, r = .193$ ]. Las diferencias estadísticamente significativas encontradas en las comparaciones por pares pueden verse en la tabla 18. El rol que muestra un mayor número de diferencias estadísticamente significativas es PG (diferencias con 8 roles), los segundos son ES y CN (7), y el resto tienen dos o menos. Todas las diferencias estadísticamente significativas tienen un tamaño del efecto pequeño.

Tabla 18. Diferencias estadísticamente significativas y tamaños del efecto encontrados para las comparaciones por pares entre los roles.

		C	E	PO	ES	CR	PG	ARN	ACN	T	CN
C	$\chi^2$						9.416				
	$p$						.009				
	$r$						.278				
E	$\chi^2$						9.658				
	$p$						.008				
	$r$						.257				
PO	$\chi^2$				6.078		10.028				
	$p$				.048		.007				
	$r$				.229		.298				
ES	$\chi^2$					8.028	6.546		8.667	6.428	
	$p$					.018	.038		.013	.040	
	$r$					.233	.227		.267	.217	
CR	$\chi^2$						9.609				7.174
	$p$						.008				.028
	$r$						.257				.225
PG	$\chi^2$							6.124	9.091	9.322	11.675
	$p$							.047	.011	.010	.003
	$r$							.222	.261	.280	.296
ARN	$\chi^2$										10.122
	$p$										.006
	$r$										.289
ACN	$\chi^2$										
	$p$										
	$r$										
T	$\chi^2$										8.844
	$p$										.012
	$r$										.276
CN	$\chi^2$										
	$p$										
	$r$										

Nota: todas las pruebas tienen dos grados de libertad. Los tamaños muestrales fueron diferentes para cada prueba y variaron entre 113 y 148.

Para estudiar las posibles diferencias estadísticamente significativas, los datos se agruparon según los dos grupos de roles, a favor y en contra, organizados para la puesta en escena (figura 20). Prácticamente no hay diferencias entre los roles a favor y en contra en el uso de los tres modos de razonamiento informal y la prueba de chi-cuadrado indicó que no había diferencias estadísticamente significativas.

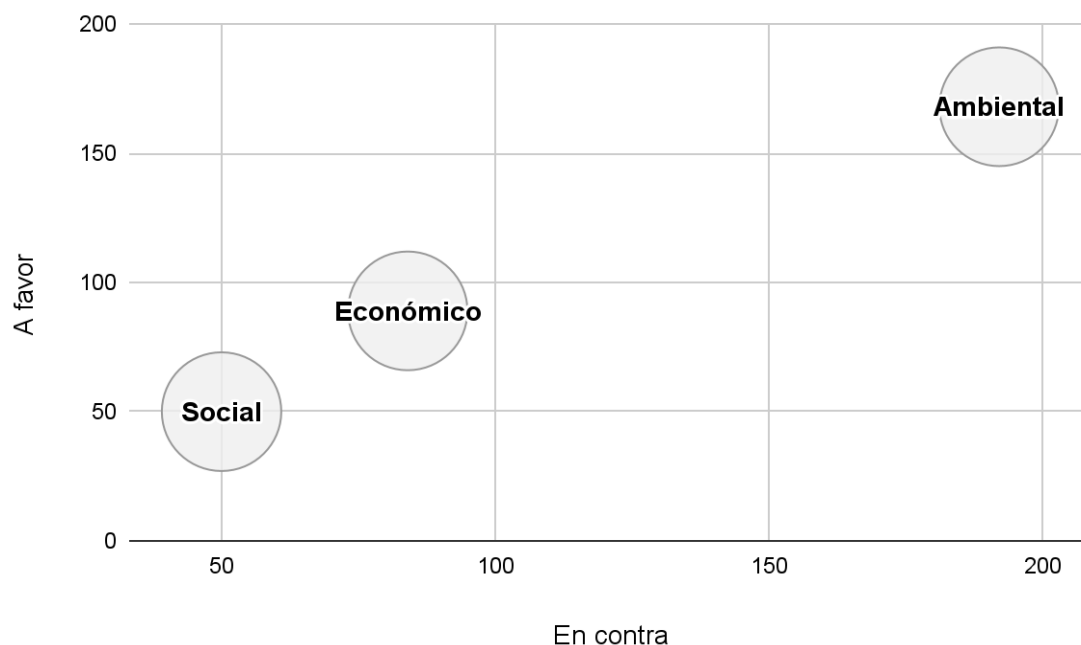


Figura 20. Frecuencias del modo de razonamiento informal utilizado en función de la posición de los roles.

La figura 20 muestra que ambos grupos argumentaron utilizando aproximadamente el mismo número de argumentos de los tres modos de razonamiento informal, siguiendo el orden: medioambiental > económico > social. Las diferencias apreciables (no significativas desde el punto de vista estadístico) son que el grupo en contra utilizó más argumentos de tipo ambiental, mientras que el grupo a favor utilizó más argumentos de tipo económico y social. Parece que los que estaban a favor recurrieron más a este tipo de argumentos que los que estaban en contra.

### 2.5.2.3. Modos de razonamiento informal y partes de la escenificación

A continuación, se muestran los resultados del análisis de los modos de razonamiento informal utilizados en las dos partes de la escenificación. En la ronda de presentación, en la que no hubo interrupciones ni, por lo general, contraargumentos, hubo un mayor equilibrio entre los argumentos ambientales y los económicos (figura 21). Fue durante el debate cuando aparecieron más argumentos sociales. Tal vez esto indique un cambio en la estrategia de argumentación, al ver que puede ser más eficaz lanzar argumentos de orientación social.

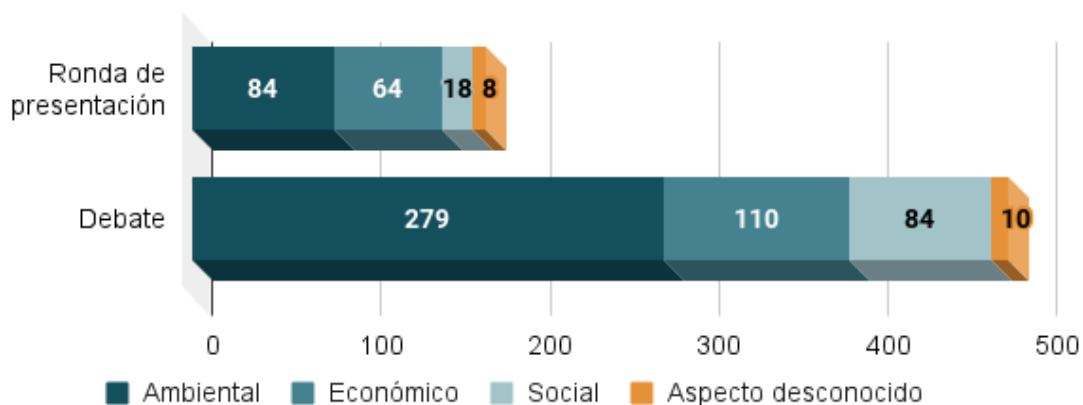


Figura 21. Frecuencias absolutas y porcentajes de los modos de razonamiento informal en función de la parte de la escenificación.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas con un tamaño del efecto pequeño entre las dos partes de la escenificación [ $\chi^2(3, 639) = 15.763, p = .000, r = .157$ ]. Tanto en la ronda de presentación como en el debate, hubo más argumentos ambientales que económicos y sociales. Sin embargo, mientras que el número de argumentos económicos se multiplicó por 1.72 en el debate en comparación con la ronda de presentación, los argumentos ambientales y sociales se multiplicaron por 3.32 y 4.67, respectivamente.

#### 2.5.2.4. Estructura de los argumentos

En este apartado se muestran los resultados obtenidos del análisis de la estructura de los argumentos. Las tablas 19 y 20 muestran los resultados del análisis de los elementos contenidos en los argumentos y de los argumentos completos e incompletos elaborados. El PPFi utilizó una gran cantidad de pruebas en sus argumentos. Sin embargo, formularon conclusiones en menor medida, y las justificaciones fueron los elementos menos presentes en sus argumentos.

Tabla 19. Frecuencias absolutas y porcentajes de las pruebas, justificaciones y conclusiones encontradas en los argumentos del PPFi en los juegos de rol.

	Total	
	n	%
Prueba	420	43.61
Justificación	188	19.52
Conclusión	355	36.86
Total	963	100.00

Tabla 20. Frecuencias absolutas y porcentajes de argumentos completos e incompletos en los juegos de rol.

	Total	
	n	%
Argumentos completos	175	38.38
Argumentos incompletos	281	61.62

Total	456	100.00
-------	-----	--------

Se estudió la posible relación estadística entre el coeficiente de contribución y el número de argumentos completos e incompletos (tabla 21). Las variables «argumentos completos» y «argumentos incompletos» mostraron distribuciones normales, por lo que se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, aunque este no mostró correlaciones estadísticamente significativas entre el coeficiente de contribución y el número de argumentos completos [ $r_{xy}(2, 4) = -.919, p = .081$ ] ni entre el coeficiente de contribución y el número de argumentos incompletos [ $r_{xy}(2, 4) = .656, p = .344$ ].

Tabla 21. Frecuencias absolutas de argumentos completos e incompletos y coeficientes de contribución para cada juego de rol.

	Argumentos completos	Argumentos incompletos	Coefficiente de contribución
Juego de rol A2	34	91	3.73
Juego de rol B1	44	71	2.87
Juego de rol A1	50	93	2.74
Juego de rol B2	47	26	2.44

Dado el elevado número de argumentos incompletos en los juegos de rol, se consideró interesante analizar su estructura. En la figura 22 pueden verse los porcentajes de cada una de las distintas estructuras encontradas.

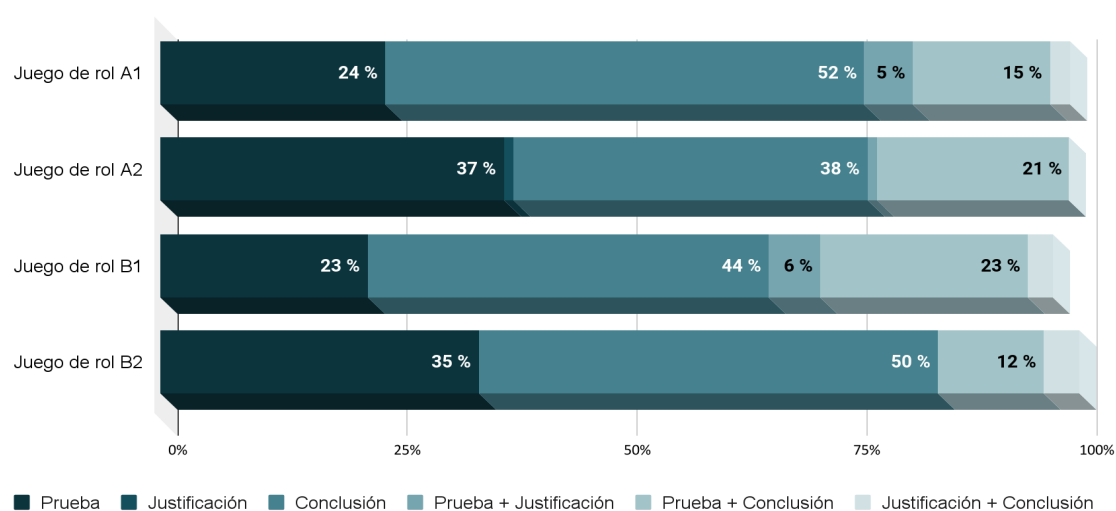


Figura 22. Porcentajes de estructuras encontradas en los argumentos incompletos.

Nota: no se representan los porcentajes inferiores al 5 %.

En cuanto a los argumentos incompletos que constan sólo de un elemento, los que constan de conclusiones son los más comunes en los cuatro juegos de rol, seguidos de los que constan solo de pruebas. En el caso de los argumentos incompletos con dos elementos, la estructura más común es la de prueba más conclusión. La prueba de chi-cuadrado indicó que no había diferencias estadísticamente significativas en las estructuras de los argumentos incompletos entre los cuatro juegos de rol.

### 2.5.2.5. Estructura del diálogo

En este apartado se muestran los resultados del análisis de la estructura del diálogo producido en los juegos de rol, que pueden encontrarse en la tabla 22. *Transactive statements* fue la categoría con mayor presencia durante la escenificación, seguida por *transactive questions* y *nontransactive statements*. En cuanto a la categoría *transactive questions*, destaca el uso de preguntas retóricas, que los interlocutores en ocasiones respondieron y en otras no.

Tabla 22. Frecuencias absolutas y relativas de las subcategorías adaptadas de Felton y Kuhn (2001) para el análisis de la estructura del diálogo.

Categoría	Subcategoría	Descripción	Total
Transactive questions	Agree-?	A question that asks whether a partner will accept or agree with the speaker's claim	7
	Case-?	A request for a partner to take a position on a particular case or scenario	8
	Clarify-?	A request for a partner to clarify his or her preceding utterance	18
	Justify-?	A request for a partner to support his or her preceding claim with evidence or further argument	5
	Meta-?	A question regarding a dialogue itself (vs. its content)	2
	Position-?	A request for a partner to state his or her position on an issue	2
	Question-?	A simple informational question that does not refer back to a partner's preceding utterance	27
	Respond-?	A request for a partner to react to the speaker's utterance	9
	Rhetorical-?	A rhetorical question that does not necessarily expect a response.	39
Total			117
Transactive statements	Add&Advance	An extension or elaboration of a partner's preceding utterance/An extension or elaboration that advances a partner's preceding argument	39
	Agree	A statement of agreement with a partner's preceding utterance	28
	Aside	A comment that does not extend or elaborate a partner's preceding utterance	25
	Clarify	A clarification of speaker's own argument in response to a partner's preceding utterance	38
	Coopt	An assertion that a partner's preceding utterance serves the speaker's opposing argument	9
	Counter-A	A disagreement with a partner's preceding utterance, accompanied by an alternate argument	180
	Counter-C	A disagreement with a partner's preceding utterance, accompanied by a critique	47
	Disagree	A simple disagreement without further argument or elaboration	5
	Dismiss	An assertion that a partner's preceding utterance is irrelevant to the speaker's position	3
	Interpret	A paraphrase of a partner's preceding utterance with or without further elaboration	6
	Management	Management actions, e.g. giving a turn to speak, thanking the speaker, interrupting a participant, asking if it is possible to intervene, etc.	155
	Meta	An utterance regarding the dialogue itself (vs. its content)	20
	Null	An unintelligible or off-task utterance	38
	Refuse	An explicit refusal to respond to a partner's preceding question	1
Substantiate	An utterance offered in support of a partner's preceding utterance	5	
Unsuitable	A complaint about a partner is speaking	2	
Total			601
Nontransactive statements	Continue	An utterance which is ignored by all the partners' next utterances	77
	Unconnected	An utterance having no apparent connection to the preceding utterances of either partners or speaker	5
Total			82

El elevado porcentaje de la subcategoría *Management* corresponde casi en su totalidad a las intervenciones de los presentadores en la moderación de la escenificación. Las subcategorías *Counter-A* y *Counter-C* son las siguientes con mayores porcentajes de intervenciones.

Dada la alta frecuencia de intervenciones en la subcategoría *Continue*, se analizaron los temas a los que se referían dichas intervenciones. Los temas principales de las

intervenciones ignoradas son «contaminación» (17 %), «seguridad» (16 %), «residuos y gestión de residuos» (10 %), «costes de producción» (8 %), «abastecimiento energético» (8 %), «salud» (7 %) y «empleo» (6 %).

### 2.5.3. Discusión

Parece que los roles a favor del uso de energía nuclear tenían que reforzar sus posiciones y para ello aumentaban el número de argumentos de tipo económico y social en comparación con los mostrados por los roles en contra. Sin embargo, no hay diferencias estadísticamente significativas que permitan afirmar que existen dos grupos distintos.

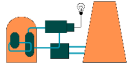
El hecho de que los temas más frecuentemente ignorados en la escenificación fueran las cuestiones medioambientales puede indicar que se trata de los temas más controvertidos, ya que el debate se detiene y se reinicia varias veces.

Las estructuras de los argumentos incompletos más comunes son las que constan de un único elemento (prueba o conclusión) o de dos (prueba y conclusión). Esto implica, teniendo en cuenta la clasificación de Osborne *et al.* (2016), que la mayoría de los argumentos incompletos se sitúan en los niveles más bajos de la argumentación científica, ya que estos argumentos solo aportan conclusiones o pruebas aisladas (nivel 0), y un porcentaje muy pequeño consigue construir justificaciones (nivel 1). El hecho de que no se encuentren diferencias significativas entre los cuatro juegos de rol indica que los resultados pueden ser replicables y muestran patrones argumentativos similares en el PPFi participante.

En cuanto a la estructura del diálogo, el uso de *transactive statements* fue cinco veces mayor que el de *transactive questions*, lo que puede indicar cierta dificultad del PPFi para cuestionar los argumentos de los demás. Esto muestra que los diálogos argumentativos fueron principalmente expositivos (articulación y aclaración de la posición y perspectiva propias), mientras que sólo una proporción relativamente pequeña cuestionó o intentó identificar los puntos débiles de las afirmaciones de los interlocutores (Felton y Kuhn, 2001).

Si no tenemos en cuenta la subcategoría *Management*, las subcategorías *Counter-A* y *Counter-C* son las que presentan un mayor porcentaje en cuanto a *transactive statements*. El elevado número de intervenciones en estas subcategorías señala que el juego de rol es una buena estrategia didáctica para que el PPFi practique el uso de los niveles más altos en la progresión del aprendizaje en argumentación (Osborne *et al.*, 2016).





## 3. CONCLUSIONS

### 3.1. Conclusions of study 1. Environmental awareness

The conclusions of the study conducted to answer the research question **RQ1 (Does the iterative methodological improvement of a role play on nuclear power have a greater impact on the environmental awareness of PPT?)** are as follows:

1. The DBR process has been useful for the improvement of the design of the role play, mainly in terms of studying the processes of mobilising positions on the SSI addressed and on learning some basic scientific knowledge related to the operation of nuclear power stations.
2. The modifications made in the 3<sup>rd</sup> cycle of the DBR and, specifically, the extension of the response options to the problem addressed, have succeeded in producing and recording the PPT's position changes with respect to the pact to close nuclear power stations in Spain; changes that did not occur in the two previous cycles; or if they did occur, they could not be recorded.
3. The modifications made in each cycle of the DBR show improvements in the learning of basic scientific knowledge about the process of obtaining heat carried out in nuclear power stations, with an increase in the percentage of adequate responses in each cycle between the pre-test and the post-test. However, this is not the case for the gases expelled by nuclear power stations in their operation, with the percentage of adequate answers decreasing in the third cycle.
4. The participation of the PPT in the role play has contributed to the development of the cognitive dimension of their environmental awareness. However, it does not seem to have a similar effect on the other dimensions of environmental awareness.
5. Participation in the role play seems to have broadened the knowledge of the PPT about good energy consumption practices and habits.

### 3.2. Conclusions of study 2. Scientific knowledge

The conclusions of the study 2, carried out to answer the research questions RQ2 and RQ3 are as follows:

1. Regarding the **RQ2 (To what extent, if at all, does a role play on the SSI of the use of nuclear power help the PPT to develop more scientifically informed ideas about the process of obtaining electricity in a nuclear power station?)**, the analysis suggests, overall, that the role play led to significant improvements in PPT's scientifically informed ideas about the different stages of the process of obtaining electricity in nuclear power stations. However, these improvements are moderate and they are restricted to certain aspects of knowledge assessed.
2. With respect to the **QR3 (What non-scientifically informed ideas do PPT hold about this process and to what extent do these persist after participating in the role play?)**, the conceptual errors we encountered were related especially to the general concept of energy. Importantly, although we observed a significant shift towards more scientifically informed ideas following the role play, a number of erroneous ideas remained at post-test, and in some cases were expressed by PPT who had not done so prior to the role play.

### 3.3. Conclusions of study 3. Position change

The conclusions of the study 3, carried out to answer the research question **RQ4 (What changes, if any, are there in the PPT's position on the future use of nuclear power?)**, are as follows:

1. Regarding the **RQ4.1 (What was students' initial position on the future use of nuclear power prior to participating in the RPG and how did it relate to the position they had to defend in role?)**, the large majority of PPT were initially against the future use of nuclear power, and most of them had to defend in role a position that disagreed with their own personal position on this issue. This was especially marked among PPT whose role required them to argue in favor of nuclear power stations remaining operational indefinitely.
2. Regarding the **RQ4.2 (Is there a relationship between students' initial position on this issue and a change in their position following the role play?)**, almost half of the PET changed their personal position on the future use of nuclear power following participation in the role play. Furthermore, PPT's initial position was a factor in whether or not their view changed after the role play, insofar as position changes were proportionally more common among those who

started from one of the two extreme positions (in favor of the immediate closure of nuclear stations or of continuing indefinitely with nuclear power).

3. Regarding the **RQ4.3 (If students' personal positions on the future use of nuclear power do change as a result of participating in the role play, what form do these changes take?)**, both moderate and abrupt changes of opinion were observed, towards positions both more in favor of and more against the continued use of nuclear power. The majority of changes were moderate in magnitude, regardless of the direction of change.
4. Regarding the **RQ4.4 (Are changes in students' personal position related to the position they had to defend in role?)**, the role that PPT portrayed was not in itself a factor in whether or not they changed their personal position, although more changes of opinion were observed among those whose role required them to argue in favor of nuclear power.
5. Regarding the **RQ4.5 (Are changes in students' personal position related to whether or not their initial position was in agreement with the one they had to defend in role?)**, PPT's initial personal position and the extent to which this disagreed with the position they had to defend in role were factors related to position changes, both in terms of their direction (towards a position more in favor of *versus* more against nuclear power) and their magnitude (abrupt or moderate). Finally, PPT's personal position after the role play tended to be closer to that of the role they had portrayed.

### 3.4. Conclusions of study 4. Argumentation

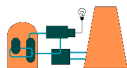
The conclusions of the study 4, carried out to answer the research questions **RQ5 (How does the PPT argue when it engages in a role play on nuclear power?)**, are as follows:

1. Regarding the **RQ5.1 (What aspects of SSI on the closure of nuclear power stations in Spain and informal reasoning modes do PPT use in their arguments during a staging of a role play, and how often do they do so?)**, the PPT's arguments are focused on environmental aspects and, to a lesser extent, on financial aspects; the least addressed are social aspects.
2. Regarding the **RQ5.2 (Is there a relationship between the roles and the frequency in which the informal reasoning modes are used?)**, there are statistically significant differences that allow us to establish the hypothesis of the existence of differences between the roles in terms of the informal reasoning mode dealt with during the staging. Practically all the roles against the use of nuclear power

follow a marked structure in the proportions of the informal reasoning mode used during the staging (environmental > financial > social), while practically in all the roles in favour the differences in the proportions are reduced or changed. Furthermore, the roles of government politician, solar energy entrepreneur and nuclear scientist seem to deviate from the argumentation patterns followed by the other roles, considering the significant differences found.

3. Regarding the **RQ5.3 (Are there differences in the frequency of the informal reasoning modes used between the two parts of the staging of the roleplay?)**, there are statistically significant differences between the informal reasoning mode used during the two parts of the staging. Social-oriented arguments are the ones that increase the most, in proportion, in the debate compared to the presentation round, followed by environmental-oriented and finally financial-oriented arguments. In addition, the open debate (second part of the staging) has been found to be conducive to the contribution of arguments on social aspects.
4. Regarding the **RQ5.4. (How is the structure of the arguments used by the PPT during their participation in the role play?)**:
  - 4.1. The PPT used a large amount of evidence and claims in their arguments, but seem to have difficulties in formulating justifications in a satisfactory way.
  - 4.2. The relationship found between the contribution coefficient and the number of complete and incomplete arguments made allows us to hypothesise that favouring slower debate rhythms during the role play could lead to a greater construction of complete arguments by the PPT.
  - 4.3. The most common incomplete argument structures are those consisting of a single element (evidence or claim) or of evidence and claim.
5. Regarding the **RQ5.5. (How is the structure of the dialogue constructed by the PPT during their participation in the role play?)**:
  - 5.1. The use of Felton and Kuhn's (2001) framework, with the modifications included for this study, has proved to be useful in analysing the different types of interactions that take place in a group discussion on the SSI of the use of nuclear power, extending the application that had been made of it in the research so far.
  - 5.2. The use of transactive statements was five times higher than transactive questions, which may indicate a certain inability of PPT to question the others' arguments.





## 4. LIMITACIONES, IMPLICACIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

### 4.1. Limitaciones de la investigación

Esta investigación ha sido llevada a cabo con una muestra reducida de carácter intencional, que no permite la generalización de los resultados y las conclusiones obtenidas al resto del profesorado en formación inicial. A continuación, se exponen las principales limitaciones de los estudios realizados.

1. Los cuestionarios de conciencia ambiental (estudio 1) constituyen instrumentos *ad hoc* que, a pesar de haber pasado un proceso de validación inicial por parte de expertos, no han sido sometidos a pruebas de validez y fiabilidad estadística que aseguren su adecuación para muestras similares a la utilizada en este estudio. Asimismo, aunque se pretendió abarcar los aspectos más importantes de cada una de las dimensiones de la conciencia ambiental, estos no cubren todos los generalmente incluidos en cuestionarios de tipo cuantitativo sobre conciencia ambiental.
2. La naturaleza del estudio 2 (conocimiento científico) realizado ha permitido identificar cambios en las ideas del PPFi sobre el proceso de obtención de electricidad en una central nuclear, pero no pueden aventurarse las razones de estos cambios, aspecto importante para identificar y concretar líneas de mejora en el uso educativo de este juego de rol.
3. Aunque el método utilizado en el estudio 3 (cambio de posiciones) permitió analizar los cambios en la posición personal del PPFi tras el juego de rol, y examinar la influencia del rol que tuvieron que representar, los resultados no nos dicen por qué pudieron producirse estos cambios. En consecuencia, el análisis realizado en esta investigación debe complementarse con la exploración de los tipos de razonamiento empleados por el PPFi para justificar su posición inicial y final sobre el problema, en línea con el enfoque descrito por otros autores como Simonneaux (2001) y Evren y Aycan (2018).

4. Por último, los resultados y conclusiones expuestos en el estudio 3 se derivan del uso de un juego de rol concreto para explorar un SSI específico, el uso de energía nuclear, y es posible que la naturaleza de esta cuestión y las posiciones iniciales del PPFi al respecto influyeran en el alcance y/o el tipo de cambio de posición observado.
5. El estudio 4, de la estructura de los argumentos, se ha limitado al análisis de los elementos que los componen, sin evaluar la calidad de las pruebas utilizadas en los mismos.
6. En el análisis de los argumentos del PPFi no se ha establecido un modo de razonamiento informal científico-tecnológico, como sí se puede encontrar en otros trabajos. Sería necesaria una revisión del análisis realizado desde una perspectiva científico-tecnológica para comprobar si existen similitudes con estudios que sí analizan este SSI desde dicha perspectiva.
7. Algunos de los factores que determinan los diferentes resultados encontrados en la literatura sobre los modos de razonamiento informal provienen de aspectos metodológicos de las diferentes perspectivas aplicadas, dado que los trabajos centrados en este aspecto parecen no seguir los mismos criterios para la definición de los mismos (p. ej., Crujeiras-Pérez *et al.* (2020) asocian los argumentos relacionados con la salud humana al modo de razonamiento informal social, mientras que en el estudio 4 dichos argumentos han sido clasificados en el modo de razonamiento informal ambiental).

## 4.2. Implicaciones de la investigación

### 4.2.1. Para la formación del profesorado

Los resultados de esta investigación permiten esbozar algunas implicaciones educativas del uso de los juegos de rol sobre el SSI del uso de energía nuclear con PPFi que se detallan a continuación.

1. El juego de rol descrito en el estudio 1 podría contribuir positivamente a la alfabetización científica del PPFi, fomentando conocimientos, actitudes y valores relacionados con SSI relacionados con el uso de energía nuclear y ayudando al desarrollo de sus habilidades argumentativas, a la vez que familiarizarlos con los procesos de participación ciudadana, vinculados al activismo educativo (Cebrián-Robles *et al.*, 2021).
2. El uso de juegos de rol para tratar SSI relacionados con el uso de energía nuclear puede ser una buena estrategia didáctica para favorecer el desarrollo de la conciencia ambiental del PPFi con respecto a su dimensión cognitiva.

3. Dado el *gap* ambiental presente en el PPF1, al igual que otros grupos sociales, es necesario buscar formas de que el juego de rol pueda incidir en aspectos como los valores personales, las actitudes o las normas sociales (dimensiones afectiva, conativa y activa de la conciencia ambiental), y no solo de los aspectos cognitivos.
4. A pesar de que el uso de juegos de rol parece mejorar el conocimiento general del PPF1 sobre el funcionamiento de las centrales nucleares, el aprendizaje de algunas cuestiones relevantes desde el punto de vista del conocimiento científico (procesos físicos que permiten la obtención de energía en las centrales nucleares) y desde los puntos de vista ambientales y sociales (p. ej., qué gases emiten las centrales nucleares o qué riesgo existe realmente de sufrir enfermedades por vivir cerca de una central o un cementerio nuclear) requiere de un mayor andamiaje durante la preparación del juego de rol (p. ej., ampliación del periodo de preparación del juego de rol o definición más detallada de los roles). Dicho andamiaje iría en la línea de realizar ciertas modificaciones en el diseño del juego de rol para ayudar al PPF1 a adquirir aspectos clave de las ideas científicas que no surgieron cuando trabajaron de forma autónoma (téngase en cuenta que el PPF1 no recibió orientaciones o instrucciones específicas sobre los conceptos científicos relevantes para el juego de rol). Estas modificaciones podrían enfocarse de varias maneras:
  - a. Proporcionarles materiales o fuentes de información científica que pudieran utilizar al preparar sus roles. Por ejemplo, las fichas de los roles podrían incluir información más detallada sobre el rol en cuestión y ofrecer orientaciones más detalladas sobre cómo estructurar su investigación, aunque debe considerarse que esto podría condicionar en cierta medida las opiniones de los alumnos (Belova *et al.*, 2015).
  - b. Facilitarles el acceso a expertos externos (p. ej., expertas/os en física y/o química) a los que podrían consultar, en persona o en línea, durante el proceso de preparación del juego de rol.
  - c. Analizar el papel de los docentes en el proceso de argumentación (Evagorou y Dillon, 2011). En el juego de rol utilizado en esta investigación, los docentes estaban presentes únicamente como observadores no participantes durante la investigación, por lo que sería interesante explorar el impacto de que estos guiaran el debate hasta cierto punto, proponiendo ciertos temas o introduciendo conceptos clave.

Por ejemplo, podrían sugerir preguntas a los equipos de estudiantes durante el debate para facilitar la aparición de ideas científicas clave.

5. En vista de la descripción superficial de los procesos nucleares realizada por el PPFi y de la persistencia de imprecisiones y errores conceptuales en sus descripciones sobre el funcionamiento de las centrales nucleares, se recomienda un tratamiento explícito de ciertos aspectos. En este sentido, Brown (2018) sugiere que las ideas erróneas sobre la radiación y la energía nuclear deben abordarse explícitamente en los programas educativos. Los juegos de rol requieren una gran cantidad de conocimientos específicos (Belova *et al.*, 2015) y, con base en los resultados obtenidos, no se espera que el PPFi los adquiriera de forma autónoma durante el desarrollo del juego de rol.
6. Las/os responsables de formar al futuro profesorado de ciencias y de ayudarles a desarrollar sus ideas científicas sobre temas como el uso de energía nuclear no sólo tienen que entender la física implicada, sino también ser conscientes de las dificultades que puede tener dicho profesorado para asimilar estos conceptos e ideas (Siersma *et al.*, 2021).
7. El planteamiento de diferentes posiciones ante el SSI del uso de energía nuclear, incluido en el 3.º ciclo de la IBD, a diferencia del planteamiento de dos únicas posiciones contrapuestas (1.º y 2.º ciclos), y las modificaciones que se hicieron en los perfiles de los roles en el 3.º ciclo, parecen favorecer el cambio de posiciones en el PPFi, en la medida en que aportan puntos de vista y posiciones más matizadas sobre el SSI.
8. Sería necesario que el juego de rol, como indican Kuhn y Udell (2003, p. 1247), lograra un cambio en la dirección de una proporción cada vez mayor de diálogo dedicado al desafío y una proporción cada vez menor dedicado a la exposición.
9. Favorecer ritmos de debate más lentos durante el juego de rol podría conducir a una mayor construcción de argumentos completos por parte del PPFi. La intervención del docente como moderador podría favorecer un ritmo más lento.
10. Dado que el PPFi muestra dificultades para formular justificaciones de forma satisfactoria, los resultados muestran que los formadores del profesorado deberían prestar más atención a este componente de los argumentos.
11. Proporcionar más información al PPFi antes de la escenificación del juego de rol, poniendo más énfasis en el andamiaje de los aspectos sociales a la hora de diseñar la actividad.

12. Es importante conocer el modo de razonamiento informal predominante a la hora de seleccionar un SSI, ya que puede condicionar los roles y la actividad del juego de rol de forma que se argumente mayoritariamente sobre aspectos concretos, alejándose de otras áreas igualmente relevantes a la hora de abordar ese SSI.
13. Para ayudar a equilibrar el debate en cuanto a áreas temáticas, se podría ofrecer al PPFi información adicional antes de preparar sus roles, de modo que su búsqueda de información no se dirija únicamente hacia los aspectos más presentes en los medios de comunicación (que suelen ser los medioambientales y, en menor medida, los económicos), sino también hacia otros con igual relevancia para comprender el alcance social de este SSI. Esta información podría venir en forma de un breve resumen de las controversias que rodean el uso de la energía nuclear y/o la aportación de más información en las fichas descriptivas de los roles, tratando, no obstante, que la cantidad y naturaleza de la información contenida en ellas no dificulte un debate abierto y fluido (Belova *et al.*, 2015).
14. Fomentar la capacidad del PPFi para cuestionar los argumentos de los demás, que en este estudio se ha mostrado limitada. Aunque nuestro juego de rol ya incorporaba hojas de registro que intentaban incidir en este aspecto, parece necesario proporcionar un mayor andamiaje. Una alternativa podría consistir en incluir una fase previa de contraargumentación, antes de la escenificación, en la que el PPFi pueda analizar los argumentos iniciales del resto de roles y preparar los contrargumentos para la escenificación.
15. Por último, las posibles implicaciones de este estudio, dada la naturaleza del problema abordado, van más allá del ámbito educativo. El tratamiento con el PPFi de SSI relacionados con el uso de la energía nuclear, como el utilizado en esta investigación, además de promover el desarrollo de sus habilidades argumentativas, puede hacerles más conscientes de cuestiones relacionadas con la política energética, la comunicación de información sobre la energía nuclear, la política medioambiental o aspectos sociales como la oferta y la demanda de energía.

#### **4.2.2. Para la investigación**

Consideramos que la investigación desarrollada realiza las siguientes contribuciones al conocimiento existente sobre la formación inicial del profesorado de ciencias de educación primaria:

1. Realiza aportaciones relevantes a la línea de investigación sobre la evaluación del impacto de las actividades de juego de rol en el conocimiento científico del profesorado en formación inicial (estudio 2).
2. Los resultados del estudio 3 tienen implicaciones tanto teóricas como prácticas. En cuanto a las primeras, los resultados contribuyen a arrojar luz sobre dos aspectos del cambio de posición tras un juego de rol que hasta ahora no han sido analizados en profundidad en la bibliografía, a saber: (i) si el cambio de posición está influido por la posición inicial del alumnado sobre un tema, y (ii) cómo influye en el cambio de posición el nivel de desacuerdo entre la posición inicial del alumnado y la del rol que se les pide que representen. Un factor clave que aportó un mayor matiz a los datos en este sentido fue el hecho de que se establecieran tres posibles posiciones sobre el tema tratado, y se pidiera al alumnado que indicara, tanto antes como después del juego de rol, la posición que reflejaba la suya; lo que es más importante, el rol que se asignó a cada participante en el juego de rol correspondía a una de esas tres posiciones, por lo que podía estar de acuerdo o en desacuerdo (en diferentes grados) con la posición personal del alumnado. A nivel práctico, el presente estudio ha empleado un novedoso método de análisis que ha podido identificar la magnitud de los cambios de posición, su naturaleza y su relación con el rol adoptado por el alumnado en el juego de rol.
3. El uso del marco de Felton y Kuhn (2001), con las modificaciones incluidas para el estudio 4, ha demostrado ser útil para analizar los diferentes tipos de interacciones que tienen lugar en una discusión de grupo sobre un SSI relacionado con el uso de energía nuclear, ampliando la aplicación que se había hecho del mismo en la investigación hasta el momento.

### **4.3. Futuras investigaciones**

En futuras investigaciones sería interesante abordar preguntas que, o bien no han sido atendidas (o lo han sido de forma parcial) en esta tesis doctoral, o bien han surgido de la investigación realizada. Algunas de estas preguntas son:

1. ¿Cómo influye, si lo hace, el rol defendido por el PPFi en el aprendizaje de conocimientos científicos?
2. ¿Cómo influye, si lo hace, el rol defendido por el PPFi en la estructura de los argumentos elaborados durante el juego de rol?
3. ¿Cómo influye, si lo hace, el rol defendido por el PPFi en la estructura del diálogo construido durante la escenificación del juego de rol?

4. ¿Qué diferencias, si las hay, se encuentran en la estructura de los argumentos en las dos partes de la escenificación del juego de rol?
5. ¿Qué diferencias, si las hay, se encuentran en la estructura del diálogo en las dos partes de la escenificación del juego de rol?
6. ¿Qué relación, si la hay, se encuentra entre el cambio de posición y el cambio en las ideas científicas del PPFi tras el juego de rol?
7. ¿Qué relación, si la hay, se encuentra entre los cambios de posición experimentados por el PPFi (especialmente su dirección) y los argumentos en los que estos se fundamentan?

Como proyección de esta investigación, sería interesante analizar el contenido de los juegos de rol desde la perspectiva del conocimiento científico, qué ideas científicas, y cuándo, han sido utilizadas por el PPFi. La relación entre las ideas científicas y las habilidades argumentativas del PPFi es una cuestión que merece una investigación más profunda, en la medida en que ambas son relevantes para los procesos de toma de decisiones con los que la ciudadanía tendrá que comprometerse en las próximas décadas para abordar los problemas locales y globales asociados al cambio climático y a la transición energética. Obviamente, el profesorado también tendrá que abordar estas mismas cuestiones en el aula.

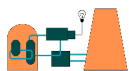
Asimismo, dado que el uso de pruebas es una característica central de la evaluación del conocimiento y, por tanto, de la argumentación (Bravo-Torija y Jiménez-Aleixandre, 2018), es necesario continuar el análisis de la estructura de los argumentos llevado a cabo en esta tesis explorando en detalle la calidad, relevancia y consistencia de estas pruebas en relación con los argumentos.

Los temas más frecuentemente ignorados de los argumentos del PPFi durante el juego de rol fueron sobre cuestiones medioambientales y esto puede también indicar que son los temas más controvertidos, pareciendo que en algún momento llegan a un «callejón sin salida». Estos aspectos requerirán un análisis más profundo para intentar averiguar las razones de estos puntos «sin salida» en lo que podrían considerarse aspectos importantes de este SSI.

También es necesario corroborar los resultados del estudio acerca del cambio de posiciones con nuevas investigaciones que incluyan diferentes SSI, así como también sería interesante realizar estudios sobre el mismo SSI en otros países, dado que se sabe que la opinión pública sobre la cuestión de la energía nuclear varía a través de las fronteras nacionales (Comisión Europea, 2009).

Por último, en estudios futuros sería pertinente abordar la cuestión planteada por Maharaj-Sharma (2008), a saber: cómo animar o motivar al profesorado de ciencias para que utilice estrategias de juegos de rol en su enseñanza de las ciencias. La incorporación de los juegos de rol en la formación del profesorado, como se ha hecho en esta investigación, puede ayudar a lograr este objetivo al proporcionarles una oportunidad temprana de experimentar los beneficios de dicha estrategia.





## 5. CONTRIBUCIONES COMPLEMENTARIAS

### 5.1. Artículos en revistas

**CC1. Cruz-Lorite, I. M.**, Acebal-Expósito, M. C., Cebrián-Robles, D. y Blanco-López, A. (2020). El juego de rol como estrategia didáctica para el desarrollo de la conciencia ambiental. Una Investigación Basada en el Diseño. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 2(1), 1-23.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_educ\\_ambient\\_sostenibilidad.2020.v2.i1.1302](https://doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2020.v2.i1.1302)

**CC9. Cruz-Lorite, I. M.**, Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C., & Blanco-López, A. (2023). Preservice elementary teachers' position changes about nuclear power following participation in a role play. *Journal of Turkish Science Education*. Artículo aceptado.

### 5.2. Comunicaciones a congresos

**CC2. Cruz-Lorite, I. M.**, Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C. y Blanco-López, A. (2019). Influence of a nuclear role-playing game on the environmental awareness of preservice teachers. A Design-Based Research. *I Conference of International Researchers of the Education of Environmental Citizenship 2019 (iREEC 2019)*. Málaga, España, 7-8 de noviembre de 2019. Comunicación oral.

**CC3. Cruz-Lorite, I. M.**, Cebrián-Robles, D., Franco-Mariscal, A. J. y España-Ramos, E. (2019). Impact of a role-playing game about nuclear energy on the scientific knowledge of pre-service elementary teachers. *European Science Education Research Association Conference 2019 (ESERA Conference 2019)*. Bolonia, Italia, 26-30 de agosto de 2019. Póster.

**CC4. Cruz-Lorite, I. M.**, Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C. y Blanco-López, A. (2020). ¿Qué ocurre en una central nuclear? Conocimiento del profesorado en formación inicial antes y después de participar en un juego de rol. En *VII Seminario Iberoamericano CTS (VII SIACTS)*. Valencia, España, 19-21 de noviembre de 2020 (online). Póster.

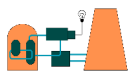
**CC5. Cruz-Lorite, I. M.,** Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C. y Blanco-López, A. (2021). Juego de rol y conocimiento científico en profesorado de primaria en formación inicial. Estudio exploratorio. En *XI Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. Lisboa, Portugal, 7-10 de septiembre de 2021 (online). Comunicación oral.

**CC6. Cruz-Lorite, I. M.,** Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C. y Blanco-López, A. (2021). Influence of the role defended during a role-playing game on pre-service elementary science teachers' scientific knowledge. En *14th Conference of European Science Education Research Association (ESERA Conference 2021)*. Braga, Portugal, 30 de agosto-3 de septiembre de 2021 (online). Comunicación oral.

**CC7. Cruz-Lorite, I. M.,** Evagorou, M., Cebrián-Robles, D. y Acebal-Expósito, M. C. (2022). Preservice primary teachers' argumentative skills during their participation in a role play on nuclear energy. En *30 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Melilla, España, 7-9 de septiembre de 2022 (online). Comunicación oral.

**CC8. Cruz-Lorite, I. M.,** Evagorou, M., Cebrián-Robles, D. y Blanco-López, A. (2023). Application of Felton and Kuhn's framework for analysing argumentative skills during a role play. *European Science Education Research Association Conference 2023 (ESERA Conference 2023)*. Cappadocia, Turquía, 28 de agosto-1 de septiembre de 2023. Comunicación aceptada.





## 6. REFERENCIAS

- Abella, V. y Grande, M. (2010). Juegos de rol como estrategia educativa: percepciones de docentes en formación y estudiantes de secundaria. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11(3), 27-54. <https://doi.org/10.14201/eks.7449>.
- Acebal-Expósito, M. C. (2010). *Conciencia Ambiental y Formación de Maestras y Maestros* [Tesis Doctoral, Universidad de Málaga]. <http://hdl.handle.net/10630/4579>.
- Achiam, M., Glackin, M. y Dillon, J. (2021). Wicked problems and out-of-school science education: Implications for practice and research. En M. Achiam, J. Dillon y M. Glackin (Eds.), *Addressing wicked problems through science education: The role of out-of-school experiences* (pp. 229-237). Springer International Publishing.
- Agell, L., Soria, V. y Carrió, M. (2015). Using role play to debate animal testing. *Journal of Biological Education*, 49(3), 309-321. <https://doi.org/10.1080/00219266.2014.943788>
- Alderman, L. y Pronczuk, M. (2 de enero de 2022). Europe plans to say nuclear power and natural gas are green investments. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2022/01/02/business/europe-green-investments-nuclear-natural-gas.html>.
- Anguera, T. y Mendo, A. (2015). Avances en estudios observacionales de ciencias del deporte desde los mixed methods. *Cuadernos de Psicología*, 16(1), 17-30. <https://revistas.um.es/cpd/article/view/254261>.
- Archibugi, D., Bavastrelli, M. y Cellini, M. (2021). Does discussion lead to opinion change within political science students? A pedagogical exercise of deliberative democracy. *Journal of Political Science Education*, 17(4), 513-540. <https://doi.org/10.1080/15512169.2019.1667808>.
- Ates, H. y Saracoglu, M. (2016). Pre-service science teachers' views about nuclear energy with respect to gender and university providing instruction. *Science Education International*, 27(2), 238-252.

Avin, S., Gruetzemacher, R. y Fox, J. (2020). Exploring AI futures through role-play. En *Proceedings of the 2020 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society (AIES '20)* (pp. 8-14). <https://doi.org/10.1145/3375627.3375817>.

Barab, S. y Squire, K. (2004). Design-Based Research: putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301\\_1](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1).

Belova, N., Eilks, I. y Feierabend, T. (2015). The evaluation of role-playing in the context of teaching climate change. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(1), 165-190. <https://doi.org/10.1007/s10763-013-9477-x>.

Benayas, J., Gutiérrez, J. y Hernández, N. (2003). *La investigación en Educación Ambiental en España*. Ministerio de Medio Ambiente.

Benayas, J. y Jiménez, B. (1990). Los juegos de simulación como herramienta de sensibilización ecológica. *Educación Ambiental*, 1, 25-39.

Blanco, P. y Díaz, J. (2014). Argumentación y uso de pruebas: realización de inferencias sobre una secuencia de icnitas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(2), 35-52. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1009>.

Bravo-Torija, 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. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9803-9>.

Brown, K. (2018). The effects of a university research reactor's outreach program on students' attitudes and knowledge about nuclear radiation. *Research in Science & Technological Education*, 36(4), 484-498. <https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1465032>.

Cakici, Y. y Bayir, E. (2012). Developing children's views of the nature of science through role play. *International Journal of Science Education*, 34(7), 1075-1091. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.647109>.

Cansiz, N. y Cansiz, M. (2015). Views and knowledge of preservice science teachers about nuclear power plants. *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, 6(2), 216-224.

Carnes, C. M. (2004). *Reacting to the Past. Pedagogy Manual*. Pearson Education.

Cebrián-Robles, D., España-Ramos, E. y Franco-Mariscal, A. J. (2018). Diseño de un juego de rol sobre un problema socio-científico relacionado con las centrales nucleares para iniciar en el activismo y en el uso de pruebas a maestros de primaria en formación

inicial. En *Actas de los XXVIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 1241-1246. Universidad de A Coruña.

Cebrián-Robles, D., España-Ramos, E. y Reis, P. (2021). Introducing preservice primary teachers to socioscientific activism through the analysis and discussion of videos. *International Journal of Science Education*, 43, 2457-2478. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1969060>.

Cebrián-Robles, D., Franco-Mariscal, A.J. y Blanco-López, 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. <https://doi.org/10.7203/dces.40.18178>.

Cerrillo, J. A. (2010). Medición de la Conciencia Ambiental: una revisión de la obra de Riley E. Dunlap. *Athenea Digital*, 17, 33-52. <https://doi.org/10.5565/rev/athenead/v0n17.609>.

Chang, S. N. y Chiu, M. H. (2008). Lakatos' scientific research programmes as a framework for analysing informal argumentation about socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 30(13), 1753-1773. <https://doi.org/10.1080/09500690701534582>.

Chuliá, E. (1995). La conciencia medioambiental de los españoles en los noventa. *Analistas socio-políticos*, 12(a). <https://www.asp-research.com/es/node/412>.

CIRES [Centro de Investigaciones de la Realidad Social]. (1994). *Medio Ambiente*. [http://www.jdsurvey.net/jds/jdsurveyAnalisis.jsp?ES\\_COL=129&Idioma=E&SeccionCol=04&ESID=379](http://www.jdsurvey.net/jds/jdsurveyAnalisis.jsp?ES_COL=129&Idioma=E&SeccionCol=04&ESID=379).

Cobb, P., diSessa, A., Lehrer, R. y Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001>.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed). L. Erlbaum Associates.

Collins, A., Joseph, D. y Bielaczyc, K. (2004). Design research: theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_2).

Colucci-Gray, L., Camino, E., Barbiero, G. y Gray, D. (2006). From scientific literacy to sustainability literacy: an ecological framework for education. *Science Education*, 90, 227-252.

Comisión Europea. (2009). *Special eurobarometer 324: Europeans and nuclear safety*. [https://data.europa.eu/data/datasets/s769\\_72\\_2\\_ebs324?locale=es](https://data.europa.eu/data/datasets/s769_72_2_ebs324?locale=es).

Comisión Europea. (2017). *Special Eurobarometer 468: Attitudes of European citizens towards the environment*. [https://data.europa.eu/data/datasets/s2156\\_88\\_1\\_468\\_eng?locale=en](https://data.europa.eu/data/datasets/s2156_88_1_468_eng?locale=en).

Consejo de Seguridad Nuclear. (2019). *Energía nuclear*. <https://www.csn.es/la-energia-nuclear>.

Coolican, H. (2009). *Research methods and statistics in psychology*. Hodder Education Group.

Corraliza, J. A., Berenguer, J., Moreno, M. y Martín, R. (2004). La investigación de la conciencia ambiental. Un enfoque psicosocial. En R. De Castro (Coord.), *Persona, Sociedad y Medio Ambiente* (pp. 105-120). Junta de Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/servicios/publicaciones/detalle/47592.html>.

Corraliza, J. A., Martín, R., Moreno, M. y Berenguer, J. (2002). El estudio de la conciencia ambiental. *Medio Ambiente*, 40, 14-18. [https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-documento/-/asset\\_publisher/jXKpcWryrKar/content/revista-medio-ambiente-1/20151](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-documento/-/asset_publisher/jXKpcWryrKar/content/revista-medio-ambiente-1/20151).

Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE.

Crujeiras-Pérez, B., Martín-Gámez, C., Díaz-Moreno, N. y Fernández-Oliveras, A. (2020). Trabajar la argumentación a través de un juego de rol: ¿debemos instalar un cementerio nuclear? *Enseñanza de las Ciencias*, 38, 125-142. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2888>.

Curren, R. (2003). Introduction. En R. Curren (Ed.), *A companion of the philosophy of education* (pp. 1-4). Blackwell Publishing.

De Benito, B. y Salinas, J. M. (2016). La Investigación Basada en el Diseño en Tecnología Educativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, (0), 44-59. <https://doi.org/10.6018/riite2016/260631>.

De Miguel, B. y Abril, G. (1 de enero de 2022). La Comisión Europea reconoce la energía nuclear como verde al menos hasta 2045. *El País*. <https://elpais.com/economia/2022-01-01/la-comision-europea-reconoce-la-energia-nuclear-como-verde-al-menos-hasta-2045.html>.

Demircioğlu, T. y Uçar, S. (2014). Investigation of written arguments about Akkuyu Nuclear Power Plant. *Elementary Education Online*, 13(4), 1373-1386.

Díaz-Moreno, N. y Jiménez-Liso, M. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70. <http://hdl.handle.net/10498/14624>.

Domínguez, J. M., de Pro, A. y García-Rodeja, E. (1998). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y temperatura: un estudio transversal. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 461-475. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4121>.

Ercan, O., Ural, E. y Tekbiyik, A. (2015). Pre-service teachers' attitudes towards nuclear energy and the effect of Fukushima nuclear disaster on their attitudes. *The International Journal of Social Sciences and Humanities Invention*, 11(2), 1669-1678. <https://doi.org/10.18535/ijsshi/v2i11.01>.

Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. En M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 119-161). MacMillan.

Es, H., Mercan, S. I. y Ayas, C. (2016). A new socio-scientific issue for Turkey: Life with nuclear. *Turkish Journal of Education*, 5(2), 47-59. <https://doi.org/10.19128/turje.7299116>.

España-Ramos, E. (2008). *Conocimiento, actitudes, creencias y valores en los argumentos sobre un tema socio-científico relacionado con los alimentos* [Tesis doctoral, Universidad de Málaga].

España-Ramos, E. y Prieto, T. (2005). Controversia sobre los alimentos transgénicos: ¿la llevarías a tu clase? *Cooperación Educativa. Kikiriki*, 78, 71-75.

España-Ramos, E. y Prieto, T. (2010). Los problemas socio-científicos como contexto para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 71, 17-24.

España-Ramos, E., Rueda-Serón, J.A. y Blanco-López, A. (2013). Juegos de rol sobre el calentamiento global. Actividades de enseñanza realizadas por estudiantes de ciencias del Máster en Profesorado de Secundaria. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 10(n.º extraordinario), 763-779. <http://hdl.handle.net/10498/15626>.

Euronews. (12 de octubre de 2021). Led by France, 10 EU countries call on Brussels to label nuclear energy as green source. [https://www.euronews.com/my-europe/2021/10/11/led-by-france-10-eu-countries-call-on-brussels-to-label-nuclear-energy-as-green-source#:~:text=Europe%20News-,Led%20by%20France%2C%2010%20EU%20countries%20call%20on%20Brussels%](https://www.euronews.com/my-europe/2021/10/11/led-by-france-10-eu-countries-call-on-brussels-to-label-nuclear-energy-as-green-source#:~:text=Europe%20News-,Led%20by%20France%2C%2010%20EU%20countries%20call%20on%20Brussels%20)

20to,nuclear%20energy%20as%20green%20source&text=A%20group%20of%20ten%20EU,long%20transition%20towards%20climate%20neutrality.

Evagorou, M. y Dillon, J. (2011). Argumentation in the teaching of science. En D. Corrigan, J. Dillon y R. Gunstone (Eds.), *The professional knowledge base of science teaching* (pp. 189-203). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-3927-9\\_11](https://doi.org/10.1007/978-90-481-3927-9_11).

Evren, A. y Aycan, Ş. (2018). Pre-service science teachers' decisions and types of informal reasoning about the socioscientific issue of nuclear power plants. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 13(1), 31-53. <https://doi.org/10.29329/epasr.2018.137.2>.

Farrow, K., Grolleau, G. y Ibanez, L. (2017). Social norms and pro-environmental behavior: a review of the evidence. *Ecological Economics*, 140, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.017>.

Feinstein, A. R. y Cicchetti, D. V. (1990). High agreement but low kappa: I. The problems of two paradoxes. *Journal of Clinical Epidemiology*, 43, 543-549. [https://doi.org/10.1016/0895-4356\(90\)90158-L](https://doi.org/10.1016/0895-4356(90)90158-L).

Felton, M. y Kuhn, D. (2001). The development of argumentative discourse skill. *Discourse Processes*, 32(2&3), 135-153. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2001.9651595>.

Fernández-Oliveras, A., Martín-Gámez, C., Díaz-Moreno, N. y Crujeiras-Pérez, B. (2022). Cementerio nuclear, ¿sí o no? Una propuesta para la formación docente inicial en pensamiento crítico. *Estudios Pedagógicos*, 48(1), 11-31. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052022000100011>.

Ferreira, M. A. y Faustino, H. (2013). Learning through role-playing games: an approach for active learning and teaching. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 37(1), 80-88. <https://doi.org/10.1590/S0100-55022013000100012>.

Fleiss, J. L. (1981). *Statistical methods for rates and proportions*. John Wiley & Sons.

Fouk, J. A., Sadler, T. D. y Friedrichsen, P. M. (2020). Facilitating preservice teachers' socioscientific issues curriculum design in teacher education. *Innovations in Science Teacher Education*, 5(3), 1-18.

Franciosi, S. J. y Mehring, J. (2015). What do students learn by playing an online simulation game? En F. Helm, L. Bradley, M. Guarda, S. Thouësny (Eds.), *Critical CALL - Proceedings of the 2015 EUROCALL Conference*, Padova, Italia (pp. 170-176). <https://doi.org/10.14705/rpnet.2015.000328>.

Franco-Mariscal, A. J., Oliva-Martínez, J. M., Blanco-López, A. y España-Ramos, E. (2016). A game-based approach to learning the idea of chemical elements and their periodic classification. *Journal of Chemical Education*, 93(7), 1173-1190.

Freire, S., Baptista, M. y Freire, A. (2016). Sustainability and science learning: Perceptions from 8th grade students involved with a role playing activity. *Universal Journal of Educational Research*, 4(8), 1757-1763. <https://doi.org/10.13189/ujer.2016.040803>.

García, D., Castillo, C., Rios, S., Cristofol, C., Carrasco, M. J., Rodríguez, R. M., Pastor, I. y González, D. (2011). La interdisciplinariedad en la educación superior: propuesta de una guía para el diseño de juegos de rol. *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 12(1), 386-413. <https://doi.org/10.14201/eks.7894>.

García, E. M., González, J. C., López, J. A., Luján, J. L., Martín, M., Osorio, C., y Valdés, C. (2001). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Garrecht, C., Eckhardt, M., Höffler, T. y Harms, U. (2020). Fostering students' socioscientific decision-making: Exploring the effectiveness of an environmental science competition. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 2(5), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s43031-020-00022-7>.

Gomera, A. (2008). La conciencia ambiental como herramienta para la educación ambiental: conclusiones y reflexiones de un estudio en el ámbito universitario. *Boletín Carpeta Informativa CENEAM*, 1-8. <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/default.aspx>.

Gomera, A. (2011). *Análisis, medición y distribución de la conciencia ambiental en el alumnado universitario: una herramienta para la educación ambiental* [Tesis inédita de doctorado, Universidad de Córdoba].

Gomera, A., Villamandos, F. y Vaquero, M. (2012). Medición y categorización de la conciencia ambiental del alumnado universitario: contribución de la universidad a su fortalecimiento. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 16(2), 193-212. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/profesorado/article/view/19928>.

Gómez, C., Noya, F. J. y Paniagua, A. (1999). *Actitudes y comportamientos hacia el medio ambiente en España*. EFCA.

Grande de Prado, M., Baelo, R., García, S. y Abella, V. (2020). Mapping role-playing games in Ibero-America: an educational review. *Sustainability*, 12(16), 6298. <https://doi.org/10.3390/su12166298>.

Green, D. y Cassani, M. K. (2020). Scenarios, stakeholders, autonomy, and choice: Using role-play to facilitate transformational learning experiences. *Journal of College Science Teaching*, 49(5), 42-45.

Greenpeace. (2020). *Nuclear*. <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/cambio-climatico/energia-nuclear/>.

Gutiérrez, M. F. (2018). Socioscientific argumentation and model-based reasoning: A study on mining exploitation in Colombia. *Universitas Psychologica*, 17(5), 1-12. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy17-5.samb>.

Ha, H., Park, W. y Song, J. (2022). Preservice elementary teachers' socioscientific reasoning during a decision-making activity in the context of COVID-19. *Science & Education*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00359-7>.

Halady, I.R. y Rao, P.H. (2010). Does awareness to climate change lead to behavioral change? *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 1, 6-22. <https://doi.org/10.1108/17568691011020229>.

Hamid, S., Ijab, M. T., Sulaiman, H., Md. Anwar, R. y Norman, A.A. (2017). Social media for environmental sustainability awareness in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(4), 474-491. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-01-2015-0010>.

Hammer, J., To, A., Schrier, K., Bowman, S. L. y Kaufman, G. (2018). Learning and role-playing games (283-299). En J. P. Zagal y S. Deterding (Eds.), *Role-playing game studies: Transmedia foundations*. Routledge.

Harvey, F. (2022). Ukraine war prompts European reappraisal of its energy supplies. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2022/mar/04/ukraine-war-european-reappraisal-energy-supplies-coal-renewables>.

Henriksen, T. D. (2010). Moving educational role-play beyond entertainment. *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11(3), 226-262. <http://hdl.handle.net/10366/100603>.

Herawati, D. y Ardianto, D. (2017). Pre-service science teachers socioscientific argumentation: A decision regarding nuclear power plant. En *Proceedings of the 2nd Asian Education Symposium (AES 2017)*, 390-394.

Hernández, J. (2010). Cambio de actitudes y valores ante la energía tras el uso de un juego de rol. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11(3), 135-148.

Hines, J. M., Hungerford, H. R. y Tomera, A. N. (1987). Analysis and synthesis of research on responsible environmental behavior: a meta-analysis. *The Journal of Environmental Education*, 18(2), 1-8. <https://doi.org/10.1080/00958964.1987.9943482>.

Ho, S. S., Leong, A. D., Looi, J., Chen, L., Pang, N. y Tandoc, E. (2018). Science literacy or value predisposition? A meta-analysis of factors predicting public perceptions of benefits, risks, and acceptance of nuclear energy. *Environmental Communication*, 13(4), 457-471. <https://doi.org/10.1080/17524032.2017.1394891>.

Hodson, D. (2003). Time for action. Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670. <https://doi.org/10.1080/09500690305021>.

Horwath, C.C. (1999). Applying the transtheoretical model to eating behaviour change: challenges and opportunities. *Nutrition Research Reviews*, 12(2), 281-317. <https://doi.org/10.1079/095442299108728965>.

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>.

Inouye, T. M. y Kling, J. A. (2020). From farm to cup: A coffee supply chain negotiation role-play. *Decision Sciences. Journal of Innovative Education*, 18(3), 344-373. <https://doi.org/10.1111/dsji.12215>.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2018). *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>.

Iscan, Y. y Seyhan, H. (2021). The effect of the 5E learning model supported with material ensuring conceptual change on science achievement: the example of "heat and temperature". *Mimbar Sekolah Dasar [Elementary School Pulpit]*, 8(3), 250-280. <https://doi.org/10.53400/mimbar-sd.v8i3.33044>.

Jaén, M. y Banet, E. (2003). Formación inicial del profesorado de secundaria: Dificultades para aprender a planificar y desarrollar las actividades de enseñanza en las aulas de secundaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 17(1), 51-78.

Jho, H., Yoon, H. G. y Kim, M. (2014). The relationship of science knowledge, attitude and decision making on socio-scientific issues: The case study of students' debates on

a nuclear power plant in Korea. *Science and Education*, 23, 1131-1151. <https://doi.org/10.1007/s11191-013-9652-z>.

Jiménez, M. y Lafuente, R. (2006). La operacionalización del concepto de conciencia ambiental en las encuestas. En R. de Castro (Coord.), *Persona, Sociedad y Medio Ambiente* (pp. 121-150). Junta de Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/servicios/publicaciones/detalle/47592.html>.

Jiménez, M. y Lafuente, R. (2010). Defining and measuring environmental consciousness. *Revista Internacional de Sociología*, 68(3), 731-755. <https://doi.org/10.3989/ris.2008.11.03>.

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Graó.

Jiménez-Tenorio, N., Vicente-Martorell, J. J., Aragón-Núñez, L. y Oliva-Martínez, J. M. (2020). Fomentar la argumentación en clases de ciencias a través de una controversia sociocientífica en futuros docentes. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 79-86. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.4639>.

Juárez-González, P., Hierrezuelo-Osorio, J. M., Cebrián-Robles, 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 de Innovación Educativa*, 287, 15-20.

Junta de Andalucía. (2018). *Ecobarómetro de Andalucía 2018*. [https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-%C3%ADndice/-/asset\\_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/ecobar-c3-b3metro-2018/20151](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-%C3%ADndice/-/asset_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/ecobar-c3-b3metro-2018/20151).

Kallendorf, C. (2003). Humanism. En R. Curren (Ed.), *A companion of the philosophy of education* (pp. 62-72). Blackwell Publishing.

Kilinc, A., Boyes, E. y Stanisstreet, M. (2013). Exploring students' ideas about risks and benefits of nuclear power using perception theories. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 252-266. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9390-z>.

Kinsky, M. y Zeidler, D. (2021). Elementary preservice teachers' challenges in designing and implementing socioscientific issues-based lessons. *Journal of Science Teacher Education*, 32(3), 350-372. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1826079>.

Kohlberg, L. (1992). *Psicología del desarrollo moral*. Descleé de Brouwer.

Kohnle, A., Mclean, S. y Aliotta, M. (2011). Towards a conceptual diagnostic survey in nuclear physics. *European Journal of Physics*, 32(1), 55-62. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/32/1/006>.

- Kokolaki, A. y Stavrou, D. (2022). Pre-service primary teachers develop teaching artifacts on contemporary socioscientific issues. *Journal of Science Teacher Education*, 34(3), 287-306. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2022.2078546>.
- Kollmuss, A. y Agyeman, J. (2002). Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239-260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>.
- Kolstø, S. D. (2000). Consensus projects: Teaching science for citizenship. *International Journal of Science Education*, 22(6), 645-664. <https://doi.org/10.1080/095006900289714>.
- Kuhn, D. (1994). *The skills of argument*. Cambridge University Press.
- Kuhn, D. (2005). *Education for thinking*. Harvard University Press.
- Kuhn, D. y Udell, W. (2003). The development of argument skills. *Child Development*, 74(5), 1245-1260. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00605>.
- Lacave, C., Molina, A. I., Fernández, M. y Redondo, M. A. (2016). Análisis de la fiabilidad y validez de un cuestionario docente. *ReVisión, Revista de Investigación en Docencia Universitaria de la Informática*, 9(1), 23-36. [https://aenui.org/revision/#vol\\_9\\_n\\_1](https://aenui.org/revision/#vol_9_n_1).
- Landis, J. R. y Koch, G. G. (1997). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174. <https://doi.org/10.2307/2529310>.
- Laso, S., Marbán, J. M. y Pastrana, M. (2019). Diseño y validación de una escala para la medición de conciencia ambiental en los futuros maestros de primaria. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 23(3), 297-316. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v23i3.11181>.
- Lee, M-H., Wu, Y-T y Tsai, C-C. (2009). Research trends in science education from 2003 to 2007: a content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 31(15), 1999-2020. <https://doi.org/10.1080/09500690802314876>.
- Levin, T. y Wagner, T. (2009). Mixed-methodology research in science education: opportunities and challenges in exploring and enhancing thinking dispositions. En M. C. Shelley, L. D. Yore y B. Hand (Eds.), *Quality Research in Literacy and Science Education. International Perspectives and Gold Standards* (pp. 213-243). 10.1007/978-1-4020-8427-0\_11.
- López-Martín, E. y Ardura-Martínez, D. (2022). El tamaño del efecto en la publicación científica. *Educación XX1*, 26(1), 9-17. <https://doi.org/10.5944/educxx1.36276>.
- Luhmann, N. (2005). *Organización y decisión. Autopoiesis, acción y entendimiento comunicativo*. Anthropos.

Lytzerinou, E. y Iordanou, K. (2020). Teachers' ability to construct arguments, but not their perceived self-efficacy of teaching, predicts their ability to evaluate arguments. *International Journal of Science Education*, 42(4), 617-634. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1722864>.

Macagno, F. (2016). Argument relevance and structure. Assessing and developing students' uses of evidence. *International Journal of Educational Research*, 79, 180-194. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2016.07.002>.

Maharaj-Sharma, R. (2008). Using role-play to develop science concepts. *Caribbean Curriculum*, 15, 25-43.

Martín-Gómez, C. y Erduran, S. (2018). Understanding argumentation about socio-scientific issues on energy: a quantitative study with primary pre-service teachers in Spain. *Research in science & Technological education* 36(4), 463-483. <https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1427568>.

Martínez, V. (12 de diciembre de 2017). Seis de cada 10 ciudadanos apoyan cerrar el carbón y las nucleares. *El Mundo*. <https://www.elmundo.es/economia/2017/12/12/5a2edcdaca4741f3348b45a1.html>.

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. <https://doi.org/10.15294/jpii.v10i3.30050>.

Matas, A. (2003). Los juegos de rol como recurso formativo. Una aplicación en educación ambiental. *Bordón. Revista de pedagogía*. 55(2), 281-291.

Matas, A. (2008). *Los juegos de rol. Un acercamiento psicopedagógico*. Adiesoc.

McSharry, G. y Jones, S. (2000). Role-play in science teaching and learning. *School Science Review*, 82(298), 73-82.

Meinhold, J. L. y Malkus, A. J. (2005). Adolescent environmental behaviors: can knowledge, attitudes, and self-efficacy make a difference? *Environment and Behavior*, 37, 511-532. <https://doi.org/10.1177/0013916504269665>.

Metz, D. (2005). Field based learning in science: Animating a museum experience. *Teaching Education*, 16(2), 165-173. <https://doi.org/10.1080/10476210500122733>.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2019). *Energía nuclear*. <https://energia.gob.es/Nuclear/Paginas/IndexEnergiaNuclear.aspx>.

Muñoz. (2012). *Concepto, expresión y dimensiones de la conciencia ambiental. El papel de la cultura científica*. Editorial Académica Española.

Murga, M. A. (2008). Percepciones, valores y actitudes ante el desarrollo sostenible. Detección de necesidades educativas en estudiantes universitarios. *Revista Española de Pedagogía*, 240, 327-344.

Nakiboglu, C. y Tekin, B. B. (2006). Identifying students' misconceptions about nuclear chemistry a study of turkish high school students. *Journal of Chemical Education*, 83(11), 1712-1718. <https://doi.org/10.1021/ed083p1712>.

Nielsen, J. A. (2009). Structuring students' critical discussions through processes of decision-making on socio-scientific controversies. *Revista de Estudos Universitários*, 35(2), 139-165.

Núñez, J. (2017). Los métodos mixtos en la investigación en educación: hacia un uso reflexivo. *Cadernos de Pesquisa*, 47(164), 632-649. <https://doi.org/10.1590/198053143763>.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivo 13: adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>.

Osborne, J., Erduran, S. y Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science". *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020. <https://doi.org/10.1002/tea.20035>.

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. <https://doi.org/10.1002/tea.21316>.

Ozturk, N. y Yilmaz-Tuzun, O. (2017). Preservice science teachers' epistemological beliefs and informal reasoning regarding socioscientific issues. *Research in Science Education*, 47, 1275-1304. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9548-4>.

Pallant, J. (2011). *SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using the SPSS program* (4th ed.). Allen & Unwin.

Palmer, D. H. (2006). Sources of self-efficacy in a science methods course for primary teacher education students. *Research in Science Education*, 36, 337-353. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-9007-0>.

Pitipornatapin, S., Yutakom, N., Sadler, T. D. y Hines, L. (2018). Enhancing pre-service science teachers' understanding and practices of socioscientific issues (SSIs)-based teaching via an online mentoring program. *Asian Social Science*, 14(5), 1-13. <https://doi.org/10.5539/ass.v14n5p1>.

Pontes, A. (2000). Aprendizaje reflexivo y enseñanza de la energía: Una propuesta metodológica. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 25, 80-94.

Powell, L., Lambert, D., McGuigan, N., Prasad, A. y Lin, J. (2020). Fostering creativity in audit through co-created role-play. *Accounting Education*, 29(6), 605-639. <https://doi.org/10.1080/09639284.2020.1838929>.

Pro, A., Saura, O. y Sánchez, G. (2000). ¿Qué actividades de enseñanza utilizan los profesores en formación inicial y en ejercicio cuando planifican unidades didácticas de ciencias? *Investigación en la Escuela*, 40, 23-37. <https://doi.org/10.12795/IE.2000.i40.02>.

Prochaska, J.O. y Velicer, W.F. (1997). The transtheoretical model of health behavior change. *American Journal of Health Promotion*, 12(1), 38-48. <https://doi.org/10.4278/0890-1171-12.1.38>.

Prochaska, J.O., Velicer, W.F., Rossi, J.S., Goldstein, M.G., Marcus, B.H., Rakowski, W., Fiore, C., Harlow, L.L., Redding, C.A., Rosenbloom, D. y Rossi, R.R. (1994). Stages of change and decisional balance for 12 problem behaviors. *Health Psychology*, 13, 39-46. <https://doi.org/10.1037/0278-6133.13.1.39>.

Rivera, F. (2017). Conveniencia del nivel de significación y tamaño del efecto y otros retos de la práctica basada en la evidencia. *Boletín Psicoevidencias*, 48, 1-6. <https://psicoevidencias.es/boletin/sumario-de-boletines/649-boletin-48>.

Romero, M. (2014). Uniendo investigación, política y práctica educativas: DBR, desafíos y oportunidades. *Magis. Revistas Internacional de Investigación en Educación*, 7(14), 159-176. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.M7-14.UIPP>.

RTVE. (1 de agosto de 2017). Greenpeace vaticina «el fin de la energía nuclear en España» con el cierre de Garoña. <http://www.rtve.es/noticias/20190306/grandes-electricas-pactan-cierre-escalonado-centrales-nucleares-espanolas-entre-2025-2035/1896202.shtml>.

RTVE. (6 de marzo de 2019). Las grandes eléctricas pactan el cierre escalonado de las centrales nucleares españolas entre 2025 y 2035. <http://www.rtve.es/noticias/20190306/grandes-electricas-pactan-cierre-escalonado-centrales-nucleares-espanolas-entre-2025-2035/1896202.shtml>.

Rueda-Serón, J. A. (2018). *Las actividades de juego de rol en el marco de una propuesta en la formación inicial del profesorado de ciencias de educación secundaria contextualizada en el problema del calentamiento global* [Tesis doctoral inédita, Universidad de Málaga].

- Sachs, J. (2015). *The age of sustainable development*. Columbia University Press.
- Sadler, T. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536. <https://doi.org/10.1002/tea.20009>.
- Sadler, T. D. (2011). Situating socio-scientific issues in classrooms as a means of achieving goals of science education. En T. D. Sadler (Ed.), *Socio-Scientific Issues in the Classroom. Teaching, Learning and research* (pp. 1-9). Springer.
- Saglam, H.I. y Eroglu, B. (2022). A mixed-method study on pre-service teachers' informal reasoning regarding nuclear energy use. *Journal of Turkish Science Education*, 19(2), 594-607. <https://www.tused.org/index.php/tused/article/view/1321>.
- Sauvé, L. (2003). Perspectivas curriculares para la formación de formadores en educación ambiental. En *Primer Foro Nacional sobre la Incorporación de la Perspectiva Ambiental en la Formación Técnica y Profesional* (pp. 1-20). Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México, 9-13 de junio de 2023. <http://ambiental.uaslp.mx/foroslp/cd/>.
- Schein, E. H. (1998). *La cultura empresarial y el liderazgo. Una visión dinámica*. Plaza & Janés.
- Schnurr, M. A., De Santo, E. M., Green, A. D. y Taylor, A. (2015). Investigating student perceptions of knowledge acquisition within a role-play simulation of the convention on biological diversity. *Journal of Geography*, 114(3), 94-107. <https://doi.org/10.1080/00221341.2014.937738>.
- Schwartz, S. H. (1970). Elicitation of moral obligation and self-sacrificing behavior: An experimental study of volunteering to be a bone marrow donor. *Journal of Personality and Social Psychology*, 15(4), 283-293. <https://doi.org/10.1037/h0029614>.
- Searle, J. R. (1979). *Expression and meaning: Studies in the theory of speech acts*. Cambridge University Press.
- Siersma, P. T., Pol, H. J., van Joolingen, W. R. y Visscher, A. J. (2021). Pre-university students' conceptions regarding radiation and radioactivity in a medical context. *International Journal of Science Education*, 43(2), 179-196. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1864504>.
- Simonneaux, L. (2000). Cómo favorecer la argumentación sobre las biotecnologías entre el alumnado. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 25, 27-44.
- Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 23(9), 903-927. <https://doi.org/10.1080/09500690010016076>.

Simonneaux, L. (2008). Argumentation in socio-scientific contexts. En S. Erduran y M. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (179-199). Springer.

Sociedad Nuclear Española. (2021). Preguntas y respuestas. Producción eléctrica de origen nuclear. <https://www.sne.es/preguntas-y-respuestas/produccion-electrica-origen-nuclear/que-tecnologia-utilizan-los-reactores-de-las-centrales-nucleares-espanolas-podrian-renovarse-o-cambiar-de-este-modo-se-podria-evitar-el-cierre-de-nuestras-centrales-nucleares/>.

Solbes, J. (2007). Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la energía y su conservación basada en la investigación en didáctica de las ciencias. *Revista de Enseñanza de la Física*, 20(1), 65-90. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/8049>.

Solbes, J. y Torres, N. (2018). Energía nuclear: Una cuestión sociocientífica para el desarrollo del pensamiento crítico. En D. Melissa-Conrado y N. Nunes-Net (Eds.), *Questões sociocientíficas: Fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolítica* (pp. 375-394). Editora da UFBA. <https://doi.org/10.7476/9788523220174.0019>.

Solbes, J. y Tarín, F. (1998). Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 387-397. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4115>.

Solomon, J. (1985). Teaching the conservation of energy. *Physics Education*, 20, 165-176. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/20/4/307>.

Susilawati, Aznam, N., Paidi y Irwanto, I. (2021). Socio-scientific issues as a vehicle to promote soft skills and environmental awareness. *European Journal of Educational Research*, 10(1), 161-174. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.1.161>.

Swaim, J., Maloni, M., Napshin, S. y Henley, A. (2014). Influences on student intention and behavior toward environmental sustainability. *Journal of Business Ethics*, 124(3), 465-484. <https://doi.org/10.1007/s10551-013-1883-z>.

Taplin, R., Singh, A., Kerr, R. y Lee, A. (2018). The use of short role-plays for an ethics intervention in university auditing courses. *Accounting Education*, 27(4), 383-402. <https://doi.org/10.1080/09639284.2018.1475244>.

Topcu, M. S., Sadler, T. D. y Yilmaz-Tuzun, O. (2010). Preservice science teachers' informal reasoning about socioscientific issues: The influence of issue context.

*International Journal of Science Education*, 32(18), 2475-2495.  
<https://doi.org/10.1080/09500690903524779>.

Toulmin, S. (1958). *The Uses of argument*. Cambridge University Press.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (1975). La carta de Belgrado. Un marco general para la Educación Ambiental. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000017772\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000017772_spa).

Unión Europea. (2022). *Special Eurobarometer 501. Attitudes of europeans towards the environment*. <https://doi.org/10.2779/902489>.

Villa, L. (2016). Garoña marca el futuro de la energía nuclear en España. *Público*. <https://www.publico.es/politica/garona-marca-futuro-energia-nuclear.html>.

Villarreal, A. (25 de febrero de 2019). Michael Shellenberger, ecologista peculiar: "La solar es más radiactiva que la nuclear". *El Confidencial*. [https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2019-02-25/michael-shellenberg-ecologista-nuclear\\_1846926/](https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2019-02-25/michael-shellenberg-ecologista-nuclear_1846926/).

Wimmer, R.D. y Dominick, J.R. (2011). *Mass Media Research: An Introduction* (10th ed.). Wadsworth.

Wu, Y.T. y Tsai, C.C. (2007). High school students' informal reasoning on a socio-scientific issue: qualitative and quantitative analyses. *International Journal of Science Education*, 29(9), 1163-1187. <https://doi.org/10.1080/09500690601083375>.

Wu, Y.T. y Tsai, C.C. (2011). High school students' informal reasoning regarding a socioscientific issue, with relation to scientific epistemological beliefs and cognitive structures. *International Journal of Science Education*, 33(3), 371-400. <https://doi.org/10.1080/09500690903505661>.

Yang, F.Y. y Anderson, O.R. (2003). Senior high school students' preference and reasoning modes about nuclear energy use. *International Journal of Science Education*, 25(2), 221-224. <https://doi.org/10.1080/09500690210126739>.

Yang, Z. y Guo, X. (2020). Teaching hadoop using role play games. *Decision Sciences. Journal of Innovative Education*, 18(1), 6-21. <https://doi.org/10.1111/dsji.12197>.

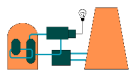
Zeidler, D. L. y Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49-58. <https://doi.org/10.1007/BF03173684>.

Zeidler, D. L., Osborne, J., Erduran, S., Simon, S. y Monk, M. (2003). The role of argument during discourse about socioscientific issues. En D. L. Zeidler (ed.), *The role*

*of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 97-116). Springer.

20 Minutos. (2020). Greenpeace pide cerrar las nucleares ante la declaración judicial del director de Vandellòs. <https://www.20minutos.es/noticia/4476213/0/greenpeace-pide-cerrar-las-nucleares-ante-la-declaracion-judicial-del-director-de-vandellos/?autoref=true>.





## 7. ANEXOS

### Anexo I. Contribuciones principales

#### Anexo I.1. Contribución principal 1

Cruz-Lorite, I. M., Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C. y Blanco-López, A. (2021). Juego de rol sobre energía nuclear en la formación inicial de maestras y maestros de primaria. En D. Cebrián, A. J. Franco, T. Lupión y M. C. Acebal (Coord.), *Enseñanza de las ciencias y problemas relevantes de la ciudadanía* (pp. 372-391). Graó.

**Resumen:** Los problemas sociocientíficos son cuestiones de interés social con una importante base científica cuyo conocimiento se hace imprescindible para la comprensión de las controversias generadas, la formación de opiniones fundamentadas, la toma de decisiones responsables, tanto individuales como colectivas, y la participación ciudadana en la generación de soluciones realistas y justas. En este capítulo se describe detalladamente la metodología, secuencia y materiales desarrollados para la puesta en práctica de un juego de rol acerca de una de estas cuestiones: el uso de energía nuclear. El diseño del juego plantea la simulación de un debate televisivo en torno al principio de acuerdo llevado a cabo por las empresas eléctricas Endesa, Iberdrola y Naturgy en el año 2019, para el cierre progresivo del parque nuclear español que culminaría entre los años 2030 y 2035. El alumnado se organiza en once grupos, constituido cada uno por un portavoz y un equipo asesor, que representan cinco roles más favorables al acuerdo, cinco roles menos favorables y un rol de presentador. Cada grupo recibe una descripción del perfil del rol que debe defender y dispone de hojas de registro que deberán usar antes y durante la escenificación.

## Anexo I.2. Contribución principal 2

Cruz-Lorite, I. M., Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C. y Blanco-López, A. (2022). Pre-service teachers' ideas about obtaining electricity in nuclear power stations in a role play context. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(11), 1-15. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12507>.

**Resumen:** *This study examined whether participation in a role-play on the socio-scientific issue of the use of nuclear power had an impact on pre-service primary teachers' ideas regarding the process of obtaining electricity in a nuclear power station. Before and after the role-play, 78 pre-service primary teachers were asked to describe this process to analyze the ideas they displayed about the stages involved in it. The results showed, overall, an increased presence of more scientifically informed ideas in some of these stages following the role play, although a number of non-scientifically informed ideas persisted, for example, regarding the way in which heat is obtained or the final transformation of energy into electricity. These results support the potential value of role-play for developing more scientifically informed ideas, although some modifications of the role-play are recommended for further development of them.*

### Anexo I.3. Contribución principal 3

Cruz-Lorite, I. M., Cebrián-Robles, D., Acebal-Expósito, M. C. y Evagorou, M. (2023). Analysis of the informal reasoning modes of preservice primary teachers when arguing about a socio-scientific issue on nuclear power during a role play. (2023). *Sustainability*, 15, 1-17. <https://doi.org/10.3390/su15054291>.

**Resumen:** *The use of nuclear power is a socio-scientific issue that raises controversy in many areas, such as health, environment, employment or energy supply, and generates arguments both for and against. This paper examines the specific aspects addressed by preservice primary teachers in their arguments during their participation in a role-play on the SSI of nuclear power stations closure in Spain, in order to better understand their informal reasoning modes, as well as the possible effect of the roles defended and the design of the staging of the role-play. To this end, the transcripts of four role-plays were analysed. The data analysis was carried out by open coding, extracting different categories of analysis that were classified into three different informal reasoning modes: environmental, financial and social. The results showed that participants used more environmental-oriented arguments than financial and social ones. Differences in informal reasoning modes were found between some roles and between the two parts of the staging. Some educational implications of these results are discussed, such as providing more information to the participants before the role-play and emphasising the scaffolding of the social aspects when designing the role-play.*

## Anexo II. Cuestionarios utilizados en cada ciclo de la IBD

### Anexo II.1. Cuestionario utilizado en el 1.º ciclo de la IBD (curso 2015-2016)

#### *Pretest*

1. Imagina que eres un diputado y puedes votar para cambiar las leyes. Garoña es una central nuclear de 45 años y el periodo de vida útil que tienen las centrales nucleares es de 40 años, es decir, para que siga funcionando habría que cambiar la ley, ¿Estarías a favor de cambiar dicha ley y ampliar a 50/60 años la vida útil de las centrales?
2. Justifica la elección que tomaste de cambiar la ley. ¿Por qué consideras importante cambiar o no la ley?
3. El gas que sale de las centrales nucleares es:
  - a) CO<sub>2</sub>
  - b) Helio
  - c) Agua
  - d) Aire
  - e) No hay gases que salen
  - f) Contaminantes varios
4. Enumera las ventajas que tiene la energía nuclear para ti (Ejemplo: 1. Es barata 2. Es útil para España...)
5. En una central nuclear española el proceso que se hace se llama:
  - a) Reacción nuclear
  - b) Fisión nuclear
  - c) Fusión nuclear
  - d) No sé
6. Enumera los inconvenientes que conozcas que presenta la energía nuclear (Ejemplo: 1. Es cara 2. No nos sirve en España...)
7. ¿Qué se hace con los residuos de las centrales nucleares en España?
  - a) Se vierten al mar
  - b) No hay residuos sólidos
  - c) Se entierran bajo tierra
  - d) Se entierran bajo tierra, pero se guardan dentro de paredes de hormigón
  - e) Se llevan a otros países para que lo gestionen
8. ¿Conoces el nombre de alguna central nuclear española?
9. Describe brevemente cómo se obtiene energía en la central nuclear

#### *Postest*

#### Preguntas de la 1 a la 9

10. ¿Crees que los juegos de rol son interesantes para trabajarlos en primaria?
11. ¿Por qué elegiste la opción anterior que trataba sobre si eran interesantes los juegos de rol en primaria?

## Anexo II.2. Cuestionario utilizado en el 2.º ciclo de la IBD (curso 2017-2018)

### Pretest

1. ¿Crees que se debería cesar el uso de energía nuclear en España para el 2020?
2. Argumenta todo lo mejor que puedas tu decisión anterior
3. El gas que sale de las centrales nucleares es:
  - a) Dióxido de carbono
  - b) Helio
  - c) Vapor de agua
  - d) Aire
  - e) Otros gases
  - f) No salen gases
  - g) No sé
4. Enumera las ventajas que tiene la energía nuclear para ti
5. Enumera los inconvenientes que tiene la energía nuclear para ti
6. En una central nuclear el proceso de obtención de calor se produce mediante
  - a) Fusión nuclear
  - b) Reacción nuclear
  - c) Evaporación de agua
  - d) Fisión nuclear
  - e) Combustión
  - f) No sé
7. ¿Qué crees que se suele hacer con los residuos sólidos de las centrales nucleares?
  - a) Se vierten al mar
  - b) No hay residuos sólidos
  - c) Se entierran bajo tierra
  - d) Se entierran bajo tierra, pero se guardan dentro de paredes de hormigón
  - e) Se llevan a otros países para que lo gestionen
8. Justifica por qué has elegido esa opción
9. Describe todo el proceso de obtención de energía en una central nuclear
10. ¿Crees que los juegos de rol son actividades interesantes para trabajarlos en primaria?
  - a) Sí
  - b) No
  - c) Depende
  - d) No sé
11. Justifica la opción anterior

### Postest

Preguntas de la 1 a la 11

12. ¿Qué es lo que más te ha gustado de la actividad? Explica tu respuesta
13. ¿Qué es lo que menos te ha gustado de la actividad? Explica tu respuesta
14. ¿Qué cambiarías en la actividad? Explica tus respuestas
15. Expresa tu grado de acuerdo, 1 (total desacuerdo) a 5 (total acuerdo), con las siguientes afirmaciones sobre el juego de rol que acabas de hacer. Hay preguntas en negativo, lee con atención
  - a) La actividad que hemos desarrollado en clase es útil para mí como docente
  - b) La actividad que hemos desarrollado en clase es útil para mis estudiantes
  - c) La actividad no es útil para motivar a mis estudiantes
  - d) La actividad es inviable para mis futuras clases
  - e) La metodología seguida es útil para el trabajo colaborativo
  - f) La actividad es inútil para el futuro profesional de mis estudiantes
  - g) La actividad es adecuada para el desarrollo de competencias
  - h) Me ha gustado la actividad que acabamos de desarrollar
  - i) La actividad que acabamos de desarrollar se hizo larga
  - j) Me ha gustado cómo se planteó la evaluación de la actividad
  - k) La actividad es clara y fácil de entender.
  - l) La actividad fue compleja de elaborar
  - m) Esta actividad y la metodología mejoró mi motivación hacia el tema o tarea
  - n) Se han visto mejoradas mis competencias con la actividad
  - o) La actividad no es innovadora para el contexto de mis futuras clases
16. ¿Algo más que aportar? Incluye aquí cualquier otro comentario que quieras hacer sobre la actividad del juego de rol.

### Anexo II.3. Cuestionario utilizado en el 3.º ciclo de la IBD (curso 2018-2019)

#### Pretest

1. ¿Estás de acuerdo con el pacto de cierre de las centrales nucleares españolas entre los años 2030 y 2035?
  - a) Sí, estoy de acuerdo con el pacto realizado de cese del uso de energía nuclear entre los años 2030-2035
  - b) No estoy de acuerdo con el pacto, creo que debería mantenerse el uso de energía nuclear por tiempo indefinido
  - c) No estoy de acuerdo con el pacto, debería de eliminarse en el año 2020 el uso de energía nuclear
2. Justifica la respuesta anterior.
3. Explica si estarías de acuerdo o no con la instalación de una central nuclear en tu municipio de residencia. ¿Y con la instalación de un cementerio nuclear?
  - a) Estaría de acuerdo con la instalación de una central nuclear
  - b) Estaría de acuerdo con la instalación de un cementerio nuclear
  - c) Estaría de acuerdo con la instalación de ambas
  - d) No estaría de acuerdo con la instalación de ninguna
4. ¿Qué diferencia piensas que hay entre una central nuclear y un cementerio nuclear?
5. Describe, de principio a fin, todo el proceso que piensas que se lleva a cabo en una central nuclear.
6. Enumera las principales ventajas que crees que tiene el uso de energía nuclear (1 o 2).
7. Enumera las principales desventajas que crees que tiene el uso de energía nuclear (1 o 2).
8. ¿Cómo se llama el proceso de obtención de calor que se llevan a cabo en una central nuclear?
  - a) Fusión nuclear
  - b) Reacción nuclear
  - c) Fisión nuclear
  - d) Evaporación de agua
  - e) Combustión
  - f) No lo sé
9. ¿Qué gas expulsan las centrales nucleares?
  - a) Dióxido de carbono
  - b) Helio
  - c) Vapor de agua
  - d) No expulsan gases
  - e) No lo sé
10. ¿Qué piensas que se hace con los residuos sólidos producidos en las centrales nucleares?
  - a) Se vierten al mar
  - b) No se generan residuos sólidos en las centrales nucleares
  - c) Se entierran bajo tierra
  - d) Se llevan a otros países para que los gestionen
  - e) Se entierran bajo tierra, pero se guardan dentro de paredes de hormigón
  - f) No lo sé
11. ¿Piensas que actualmente en España tenemos algún problema relacionado con la energía? Explica tu respuesta, y si es sí, concreta cuál/es problema/s.
12. ¿Crees que es importante informarse sobre el tipo de fuentes de energía de las que proviene nuestro consumo cotidiano?
  - a) Sí
  - b) No
13. Explica brevemente tu elección anterior.
14. ¿Estarías dispuesto/a a asistir a algún evento (charlas, conferencias, foros, organizaciones, cursos o cualquier otro que se te ocurra) para informarte sobre el consumo energético?
  - a) Sí
  - b) No
15. ¿Contribuyes o intentas contribuir con tus conductas habituales para hacer un uso responsable de la energía? Si es así, ¿de qué forma?
16. ¿Participas o has participado en eventos (charlas, conferencias, blogs, foros, organizaciones, asociaciones, manifestaciones o por cualquier otro medio que se te ocurra), para informarte sobre el consumo energético? Si es así, menciona brevemente qué tipo de evento fue.

#### Postest

Preguntas de la 1 a la 14

15. Durante la preparación del juego de rol, ¿has descubierto o pensado medidas con las que podrías contribuir con tus conductas habituales para hacer un uso responsable de la energía? Si es así, ¿cuál/es?
16. ¿Consideras el juego de rol un buen recurso para utilizarlo en la educación primaria? Explica por qué sí o por qué no.
17. ¿Consideras adecuado tratar problemas ambientales mediante juegos de rol en educación primaria? Si es así, explica por qué y con qué problema/s lo harías.

## Anexo III. Ejemplos del análisis de los modos de razonamiento informal

Categoría	Ejemplo
Ambiental	[...] por lo que es totalmente buena para el ambiente [...]. (A2, ACN)
Cambio climático	Pero [la energía nuclear] genera radiactividad y un montón de cosas que realmente afectan al cambio climático. (A2, PO)
Salud	Estoy totalmente en contra de las centrales nucleares, porque creo que [...] pueden provocar accidentes como los que hemos visto que son letales para la salud humana (B1, PO)
Contaminación	[...] realmente, contaminan más los coches que circulan por la ciudad que las centrales [nucleares]. (B1, ACN)
Disponibilidad de recursos	Es que en todos los sitios no puedes tener la misma cantidad de horas ni días de sol [...]. (A2, ARN)
Agotamiento de recursos	[...] por mucho que desarrolléis [la tecnología], hasta que no lleguéis al punto en el que las centrales nucleares trabajen por fusión en vez de por fisión, vais a tener el mismo problema [agotamiento del uranio]. (A2, ES)
Seguridad	Pese a lo que se dice, [la energía nuclear] es bastante segura porque no suele haber fallos en los reactores. Lo único que pasa es que, desgraciadamente, cuando los hay, pues los fallos son estrepitosos, pero no hay fallos apenas. (B2, ARN)
Residuos y gestión de residuos	[...] los residuos que se producen necesitan un espacio de almacenamiento, [...], y tardan mucho tiempo en dejar de ser radiactivos. (A1, C)
Económica	[...] hablando de la economía, también sería un aspecto importante para el país. (B2, ES)
Producción continua	[...] [la energía nuclear] funciona 24 horas 7 días a la semana y no como la solar, por ejemplo [...]. (B2, ARN)
Dependencia de otros países	[...] por otro lado, no tendríamos que ir a otros países a pedirles petróleo [...]. (A1, E)
Ganar dinero	Tú no estás construyendo un molino [aerogenerador], tú estás construyendo muchos molinos para que tu empresa pues... tenga grandes cantidades económicas. (A2, ACN)
Intereses económicos/corrupción	Yo en ningún momento he hablado de corrupción, solamente que, si está estipulado que la duración de las centrales nucleares es de 25 años, ¿cómo puede haber centrales nucleares con 30 y pico años, con 40 años, aún vigentes [...]? (A1, E)
Empleo	Las energías renovables está previsto que generen mucho empleo. No sé si en España... tenía un dato que era que iban a generar 45.000 puestos de trabajo. (B2, CR)
Estabilidad de precios	[la energía nuclear] Ofrece, sobre todo, una estabilidad de precios, totalmente imprescindible para el mercado de hoy en día. No como otras fuentes de energía fósiles tradicionales como el petróleo, que está constantemente en variación de precios (A1, ACN)
Costes de producción	[...] realmente al usar energía solar hay que hacer una inversión inicial para el tema de las placas, pero luego no debe suponer más gasto una vez que se paguen dichas placas (B2, ES)
Ahorrar dinero	[...] este tipo de energías [renovables] pueden ahorrar hasta 200 billones de euros al año de media [...]. (A2, CR)
Viabilidad	[...] se pueden cambiar todas [las energías de fuentes fósiles] antes de 2050. (B1, Asesor del CR)
Social	-----
Conciencia/percepción sobre la energía nuclear	[...] la oposición social que esto genera, ya que cada vez hay mayor sensibilidad sobre el tema, por los inconvenientes que [la energía nuclear] tiene en cuanto a la salud o por posibles accidentes [...]. (A2, PO)
Abastecimiento energético	Por ejemplo, un reactor nuclear de nueva generación que se alimente de residuos radiactivos es capaz de satisfacer las necesidades de energía de los Estados Unidos durante los próximos 800 años. (A2, Asesor del CN)
Medios de comunicación	Además, [las energías renovables] tienen mejor prensa [...]. (A2, PO)
Armas nucleares y terrorismo	[...] [la energía nuclear] tiene una especie de relación con las armas nucleares que sería interesante tener en cuenta. (A2, PO)
Otros usos	[...] no sé si sabes que sin la energía nuclear no se podrían realizar curas como con procesos de quimioterapia o los famosos rayos X y radiofármacos que son necesarios para que muchas personas puedan vivir. (B1, CN)
Política	Otro elemento a nuestro favor sería añadir que la Unión Europea propone subvenciones a los países que utilicen la energía solar. (B2, ES)
Reducir consumo	Yo creo que lo que hay que cambiar en nuestra sociedad es la demanda del consumidor. (B1, E)
Repoblación	[la energía nuclear] genera empleo y sería una gran forma de llenar la España vacía que tenemos en el interior gracias a las centrales nucleares. (B2, ARN)
Desarrollo tecnológico	España, a día de hoy, en Europa es una de las pioneras en la creación de tecnología especializada en energía nuclear. Por lo tanto, somos ahora exportadores de dicha tecnología, lo cual mueve muchos sectores [...]. (A1, ACN)
Aspecto no conocido	[...] pero también tiene muchos inconvenientes que tienes que ir arrastrando a largo del tiempo [no es posible saber si se refiere a inconvenientes ambientales, económicos o sociales]. (A2, ES)