



DECISIONES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS Y EQUILIBRIOS EN LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA. UNA PROPUESTA BASADA EN EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO

Scientific-technological decisions and trade-offs in science and technology. A proposal based on the development of thinking

Vanessa Ortega-Quevedo [vanessa.ortega@uva.es]

Universidad de Valladolid

Facultad de Educación. Plaza de la Universidad, 1, Segovia, 40005, España

Cristina Gil Puente [cristina.gil.puente@uva.es]

Cristina Vallés Rapp [cristina.valles@uva.es]

Universidad de Valladolid

Facultad de Educación. Plaza de la Universidad, 1, Segovia, 40005, España

Resumo

El objetivo principal de esta investigación es diseñar y evaluar una Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje que permita a los estudiantes desarrollar el análisis argumental y el razonamiento verbal (capacidades de pensamiento crítico) y mejorar sus concepciones sobre Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (decisiones sobre aspectos científico-tecnológicos y existencia de equilibrios entre efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología). El diseño metodológico es mixto y se aplican técnicas de investigación como la encuesta, la entrevista, la observación participante y el análisis documental. Los resultados del estudio muestran una evolución en aspectos concretos relacionados con las concepciones sobre la Influencia de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad (Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología) de los estudiantes, así como de las capacidades de pensamiento crítico estudiadas (análisis argumental y razonamiento verbal), por lo que se concluye que el diseño didáctico implementado ha ayudado a los participantes a mejorar estos conocimientos y capacidades.

Palabras-Clave: Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología; Pensamiento Crítico, Enseñanza de las Ciencias.

Abstract

The main objective of this research is to design and evaluate a Teaching-Learning Sequence that allows students to develop argumentative analysis and verbal reasoning (critical thinking skills) and to improve their conceptions about the Nature of Science and Technology (decisions about scientific-technological aspects and the existence of trade-offs between positive and negative effects of science and technology). The methodological design is mixed and research techniques such as survey, interview, participant observation and documentary analysis are applied. The results of the study show an evolution in specific aspects related to the students' conceptions of the Influence of Science and Technology on Society (Nature of Science and Technology), as well as in the critical thinking skills studied (argumentative analysis and verbal reasoning), so it is concluded that the didactic design implemented has helped the participants to improve these knowledge and skills.

Keywords: The Nature of Science and Technology; Critical Thinking; Science Education.

INTRODUCCIÓN

La sociedad actual y su estilo de vida se nutre del desarrollo científico-tecnológico, por tanto, es imprescindible la alfabetización científica de la ciudadanía global para que puedan comprender y tener una visión crítica de la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad, así como de las necesidades socioambientales y de las consecuencias de la emergencia ambiental que debemos afrontar. Atendiendo a estas necesidades se resalta la importancia de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) enmarcada por los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) (ONU, 2015). Como señalan Tenreiro-Vieira y Vieira (2021) una de las claves para la EDS es la formación en el cuarto ODS (Educación de calidad), ya que mediante dicha formación se puede fomentar el desarrollo del Pensamiento Crítico (PC); el pensamiento creativo; la comunicación y la colaboración, y, con ello, promover una ciudadanía colaborativa y responsable.

Desde la enseñanza de las ciencias se ha intentado promover esta alfabetización científico-tecnológica destacando componentes clave para la misma, como es el conocimiento sobre Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) (Acevedo, García-Carmona, & Aragón, 2017; Pleasants, Clough, Olson, & Miller, 2019; Vázquez & Manassero, 2012). Como señala Taber (2017), debe existir un equilibrio entre los contenidos que se imparten sobre ciencias y lo que se enseña sobre la ciencia y como esta produce nuevos conocimientos. Estos contenidos sobre ciencias (NdCyT) tal y como advierten Vázquez y Manassero (2018) se fomentan más fácilmente si los estudiantes tienen un mayor desarrollo de sus capacidades de PC. En otras palabras, para que esta sinergia se materialice en los procesos de Enseñanza-Aprendizaje se debe descartar el modelo de educación tradicional, basado en la memorización, y apostar por un modelo que promueva el desarrollo de competencias como las de PC, puesto que estas permitirán al alumnado mejorar en su aprendizaje, así como desenvolverse en la sociedad y procurar que esta sea más sostenible.

Este desarrollo competencial y de alfabetización que se persigue debe contemplar: (1) la adquisición de conocimientos científicos; (2) el fomento de un conjunto de estrategias, destrezas y hábitos que posibiliten practicar procesos de pensamiento eficaces (tomar buenas decisiones, argumentar con evidencias, analizar información, etc.) (Ritchhart, Church, & Morrison, 2014; Swartz, 2013); (3) la disposición de poner en práctica estas capacidades para aplicar los conocimientos adquiridos; (4) someter los elementos anteriores a un conjunto de normas dadas por el contexto de conocimiento, así como a la propia ética (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2020). Desde este estudio nos vamos a centrar concretamente en el trabajo de la NdCyT y de capacidades de PC. Aun así, estos constructos son muy amplios y pueden entenderse de diferentes formas según distintos autores, de modo que se pasa a esclarecer los conceptos y los elementos concretos que se van a tratar en la presente investigación.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La NdCyT y sus concepciones

Por su parte la NdCyT se concibe como “un meta-conocimiento sobre la ciencia, que surge de las reflexiones interdisciplinares hechas por expertos en filosofía, historia y sociología de la ciencia, así como por algunos científicos y educadores de ciencias” (Acevedo, García-Carmona, & Aragón, 2016, p.914). La formación de este constructo incluye diversas perspectivas según diferentes autores entre las que cabe destacar los 7 consensos de Lederman, Abd-El-Khalick, Bell y Schwartz (2002), completados por Mathews (2012); los consensos definidos por McComas (2002) tomando como referencia documentos normativos sobre enseñanza de las ciencias; el enfoque de parecido de familia abordado por Irzik y Nola (2011, 2014) y secundado por Erduran y Dagher (2014), y Dagher y Erduran (2016); o los resultados obtenidos en la búsqueda de consensos a partir de instrumentos de tradición CTS para la enseñanza de las ciencias, como el Cuestionario de Opinión sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (COCTS) de Manassero, Vázquez y Acevedo (2001) revisado en y Manassero y Vázquez (2019).

En concreto este estudio va a partir de los consensos extraídos por Manassero y Vázquez (2019), los cuales incluyen aspectos epistémicos, no epistémicos y factores sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (Acevedo, Aragón, & García-Carmona, 2018). Esta visión holística de la Naturaleza de la Ciencia tiene presentes cuestiones sobre ciencia y tecnología, así como su relación con la sociedad. En esta línea se justifica que se emplee en el ámbito educativo el concepto integrado NdCyT como forma de resaltar la inclusión de los nuevos aspectos mencionados (Vázquez, Manassero, & Talavera, 2010). En concreto, de esta formación se selecciona para el estudio la dimensión de sociología externa de la ciencia (ver Tabla 1), y a este respecto se van a abordar aspectos relacionados con la influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad. Más concretamente con decisiones y problemas relacionados con la ciencia y la

tecnología que afectan a la sociedad. Es decir, desde el estudio entendemos una visión holística de la NdCyT, pero para su trabajo en situaciones concretas de aula en edades tempranas, defendemos la enseñanza de elementos concretos que forman parte de cada una de las dimensiones de la NdCyT. De esta forma a lo largo de la escolaridad se irán adquiriendo conocimientos que en niveles más altos sirvan de cimentaje para la comprensión del constructo.

Tabla 1 – Dimensiones de Sociología externa de la ciencia

Sociología externa de la ciencia	<p>1-. Influencia de la Sociedad sobre la Ciencia y la Tecnología: estructuras de poder político y factual (gobierno, industria, ejército y lobbies); ética; instituciones educativas; influencia en científicos y tecnólogos; financiación de la ciencia.</p> <p>2-. Influencia tridimensionales CTS.</p> <p>3-. Influencia de la Ciencia y la Tecnología sobre la Sociedad: organizaciones e interacciones sociales; responsabilidad social; decisiones sociales; problemas sociales; resolución de cuestiones sociales; contribución al bienestar económico, el poder militar y el pensamiento social.</p> <p>4-. Influencia de la Ciencia Escolar sobre la Sociedad: características de la ciencia escolar; unión de las culturas humanística y científica; ciencia ciudadana. divulgación social de la ciencia y empoderamiento social.</p>
-----------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Manassero y Vázquez (2019, p. 3104-9)

Capacidades de Pensamiento Crítico

Hay gran cantidad de autores referentes en el estudio del PC en distintas áreas de conocimiento. En consecuencia, el PC es un constructo definido de diferentes formas según el autor y el área de referencia (Ennis, 1996; Facione, 1990; Halpern 2014; Lipman, 1991; Paul, 2005). Sin embargo, de las distintas definiciones se puede extraer que el PC es

“un conjunto de procesos que se implementan de forma intencional con el objetivo de establecer conclusiones sobre diferentes temas y determinar cómo se ha llegado a dichas conclusiones. Al aplicar los procesos asociados al PC, los datos relacionados o problemáticas a resolver se descomponen, sintetizan y evalúan reflexivamente para llegar una conclusión o solución sobre estos. Dicha solución a su vez también es evaluada con el fin de esclarecer si es mejorable. (Ortega-Quevedo, Gil, Vallés, & López-Luengo, 2020, p. 94)”

A pesar de las discrepancias entre los componentes del PC según los diferentes autores, sí se encuentran acuerdos sobre que este constructo está formado por: un conjunto de capacidades cognitivas, un componente disposicional, un conjunto de normas que deben aplicarse al contexto de implementación del pensamiento, y los conocimientos en los que debe cimentarse dicho pensamiento (Tenreiro-Vieira & Vieira, 2021). A juicio de Halpern (1998), el componente cognitivo del PC está dividido en cinco dimensiones: análisis argumental, razonamiento verbal, comprobación de hipótesis, resolución de problemas y probabilidad e incertidumbre.

De estas cinco dimensiones esta investigación va a contemplar el estudio del análisis argumental y el razonamiento verbal. Esta decisión se debe a la facilidad de infusión de estas capacidades con los contenidos curriculares seleccionados para el estudio. Asimismo, hay que entender que todas estas capacidades están íntimamente relacionadas y que su desarrollo y trabajo aislado no es posible, por tanto, aunque la predisposición es estudiar el análisis argumental y el razonamiento verbal, el resto de las capacidades pueden verse afectadas. A continuación, se pasa a esclarecer qué se entiende por las capacidades de análisis argumental y de razonamiento verbal.

Análisis argumental. Este análisis parte de la comprensión del argumento y sus componentes. Los argumentos se forman mediante la combinación de distintos componentes: razones, suposiciones, calificadores, contraargumentos y conclusiones. Los elementos principales son las razones y las conclusiones, no es posible generar un argumento sin al menos una razón y una conclusión (Halpern, 2014).

Razonamiento verbal. El razonamiento verbal contempla los conocimientos sobre el lenguaje cotidiano que permiten identificar ambigüedades o analogías, así como técnicas persuasivas en el discurso argumental y prevenirse contra ellas (Halpern, 1998).

OBJETIVOS

En este marco, el estudio en el que se centra este artículo se desarrolla con el propósito de diseñar, implementar y evaluar una Secuencia de Enseñanza Aprendizaje (SEA) para la enseñanza y aprendizaje de la energía, el desarrollo de concepciones de NdCyT y capacidades de PC en 6º Curso de Educación Primaria (alumnos de 11 a 12 años). En consecuencia, la pregunta de investigación del estudio fue: ¿Contribuye la propuesta didáctica diseñada e implementada a la mejora del análisis argumental del alumnado, su capacidad de razonamiento verbal, sus conocimientos sobre quién toma las decisiones con respecto a los asuntos científico-tecnológicos o sobre el porqué de la existencia de equilibrio entre efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología?

En base a dicha pregunta de investigación se establecen los siguientes objetivos:

- Comprobar si mejoran las concepciones de NdCyT relacionadas con la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad tras la implementación de una SEA. En concreto sobre los aspectos:
 - o Toma de decisiones sobre asuntos científicos.
 - o Equilibrios entre efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología.
- Comprobar si mejoran las capacidades de PC de análisis argumental y razonamiento verbal tras la implementación de una SEA.

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se centra en el análisis de sesiones de aula realizadas por una única docente-investigadora sobre estudiantes en sus grupos-clase, donde se implementa la secuencia diseñada. Esta investigadora forma parte del grupo que ha diseñado e implementado la SEA, que tiene como fin contribuir al desarrollo de las capacidades y concepciones de PC y NdCyT señaladas. La investigación se ajustó a un Diseño de Integración Múltiple (DIM) de carácter longitudinal (periodo de tres meses). La complejidad del objeto de estudio justifica la necesidad de aplicar métodos cuantitativos y cualitativos para afrontar los objetivos de la investigación, de este modo se pudo realizar una triangulación y compensación en el análisis de datos. Así pues, la estructura de diseño empleó procesos metodológicos cuantitativos y cualitativos y se distribuyó en las fases de investigación mostradas en la Figura 1.

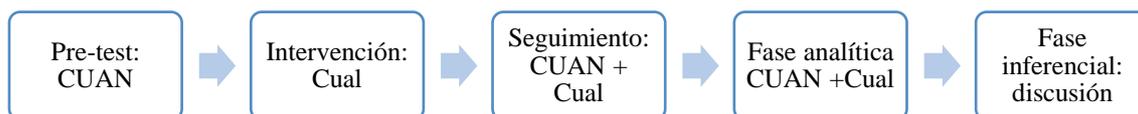


Figura 1 – Fases del DIM

En la primera de estas fases, la docente/investigadora llevó a cabo la evaluación diagnóstica de las capacidades y concepciones iniciales de los estudiantes mediante instrumentos de carácter cuantitativo (adaptaciones del COCTS y el instrumento de evaluación del pensamiento crítico). En la segunda fase se implementó la SEA. En este caso se obtuvieron datos mediante el diario de clase del docente y los cuadernos de trabajo de los estudiantes. La tercera fase permitió realizar el seguimiento y la evaluación final del proceso. En concreto se realizaron entrevistas a estudiantes y se volvieron a implementar los cuestionarios cuantitativos a modo de post-test. Por último, se llevó a cabo el análisis y la discusión de los datos obtenidos.

MUESTRA

En este estudio participaron 130 estudiantes de 6º de Educación Primaria (11/12 años) pertenecientes a siete grupos de cinco centros educativos de la provincia de Segovia, España (ver Tabla 2). Estos centros y grupos se han escogido según el denominado muestreo por conveniencia (Alaminos & Castejón, 2006). Este tipo de muestreo se aleja de la aleatoriedad de los muestreos probabilísticos y se realiza a partir de criterios subjetivos relacionados con los objetivos de la investigación y las posibilidades del grupo de investigación. Para acceder a los centros la investigadora solicitó permiso a inspección educativa (evaluación por un comité de la pertinencia del estudio, los instrumentos didácticos y de evaluación implementados y del impacto de la propuesta en la formación de los estudiantes); realizó una

presentación del proyecto al equipo directivo y los maestros tutores de los grupos implicados, y obtuvo un consentimiento informado por parte de las familias de los participantes.

De los siete grupos-clase que participaron en el estudio uno participó en calidad de grupo control. Conviene destacar que a dicho grupo se le ofreció realizar la intervención tras la recogida de datos, con el fin de minimizar el perjuicio que se pudiera ocasionar. En esta línea se estudió la validez del grupo-clase como grupo control aplicando la prueba H de Kruskal-Wallis con los resultados obtenidos en el pre-test en contraste con el resto de los grupos. Como resultado de dicha prueba se obtuvieron p valores superiores a 0,5 en todas las variables, lo cual permitió demostrar de forma estadística la equivalencia inicial en los conocimientos y capacidades entre el grupo control y los grupos experimentales. Asimismo, se destaca como variables que pueden afectar al estudio: la receptividad de los grupos a la metodología didáctica de la SEA diseñada, el perfil socioeconómico de las familias y las infraestructuras de los centros. Así pues, la receptividad ante la muestra y el perfil de las familias se recoge en la Tabla 2, sin embargo, se descarta la posibilidad de que las infraestructuras de los centros afecten al estudio, ya que para la implementación de la SEA se va a dotar a los centros de los materiales necesarios, de forma que todos los grupos-clase contarán con los mismos materiales. De esta forma los centros educativos solo han aportado el espacio del aula (similar en todos los grupos-clase).

Tabla 2 – Participantes por centro y grupo

Grupos de centros	Participantes			Receptividad a la metodología	Perfil socioeconómico
	Masculinos	Femeninos	Totales		
Centro_1_Grupo_A	12	10	22	Medio	Medio
Centro_1_Grupo_B	12	9	21	Medio	Medio
Centro_2_Grupo_A	9	10	19	Medio	Medio/Alto
Centro_3_Grupo_B	11	8	19	Alto	Medio
Centro_4_Grupo_A	7	11	18	Bajo	Medio/bajo
Centro_4_Grupo_B	5	13	18	Bajo	Medio/bajo
Centro_5_Control	9	4	13		Medio
	65	65	130		

Nota 1: la afinidad con la metodología se establece mediante conversaciones informales con los docentes naturales del aula, a través de las cuales se esclarece qué modelos y metodologías didácticas suele emplear el docente natural de cada uno de los grupos-clase, para después contrastar los mismos con los empleados en el modelo didáctico en el que se basa la SEA diseñada. Asimismo, esta información se contrasta con la propia percepción de la docente/investigadora y se registra en su propio diario de clase.

Nota 2: el perfil socioeconómico de las familias participantes se establece mediante el análisis de los Proyectos Educativos de Centro y las entrevistas informales con los maestros naturales de cada grupo-clase.

Por último, cabe destacar el muestreo llevado a cabo para la realización de las entrevistas a los estudiantes. En este caso concreto se determina que se realicen tres entrevistas dentro de cada grupo-clase con carácter experimental, pues se coincide con Kvale (2011) en que este es el número indicado para investigaciones que buscan comprobar hipótesis entre distintos grupos. En base a esto se pidió a los docentes naturales de cada uno de los grupos-clase que seleccionasen a un estudiante de nivel de aprendizaje alto, uno de nivel medio y uno de nivel bajo o como nos gusta llamar “en proceso” para su participación en estas entrevistas.

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

En concreto, se emplearon técnicas como la encuesta, la entrevista y el análisis documental y se recogieron datos mediante instrumentos como la Adaptación del COCTS (Vázquez, Manassero, & Acevedo, 2006) validada por Ortega-Quevedo y Gil (2019) y el instrumento de Evaluación del Pensamiento Crítico validado por Ortega-Quevedo y Gil (2019), el diario de la docente/investigadora y las producciones de los estudiantes. A continuación, se pasan a desarrollar los distintos aspectos metodológicos relativos a cada uno de estos instrumentos:

Adaptación del COCTS validada por Ortega-Quevedo y Gil (2019)

Este instrumento, diseñado para implementarse con estudiantes de 11 a 12 años, se aplica en la primera y tercera fase de investigación a modo de pre y post-test. La aplicación se llevó a cabo en el aula de

cada uno de los grupos-clase. En concreto, se analizan los resultados obtenidos en los ítems 40211 y 40311 (ver Figura 2).

Adaptación ítem 40211:

Siempre se necesita que haya un equilibrio (compromiso) entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología. SIEMPRE existen equilibrios entre los efectos positivos y negativos:

Algunas respuestas para valorar:

- Los científicos no pueden predecir los efectos a largo plazo de los nuevos avances, a pesar de realizar cuidadosos estudios iniciales.
- Porque no se pueden obtener resultados positivos sin probar una nueva idea y entonces trabajar los efectos negativos.

Adaptación ítem 40311:

El desarrollo tecnológico puede ser controlado por los ciudadanos.

Algunas respuestas para valorar:

- La decisión de usar una nueva tecnología depende principalmente de los beneficios para la sociedad, porque si hay demasiadas desventajas, la sociedad no la aceptará y esto puede frenar su desarrollo posterior.
- La decisión depende de algo más que sólo las ventajas o desventajas de la tecnología. Depende de lo bien que funcione, de cuánto cueste y de su eficacia.

Figura 2 – Ítems de la adaptación del COCTS

Instrumento de Evaluación del Pensamiento Crítico validado por Ortega-Quevedo y Gil (2019)

Al igual que en el caso de la adaptación del COCTS, este instrumento se implementa con los estudiantes y se aplica en la primera y tercera fase de investigación (pre y post-test) en el aula de cada uno de los grupos-clase. En concreto, se analizan los resultados obtenidos en las capacidades de análisis argumental y razonamiento verbal (ver Figura 3).

Situación para evaluación del análisis argumental:

Hay muchas oportunidades para los especialistas en informática. La verdad es que deberías especializarte en esta ciencia. El trabajo es interesante, hay muchas posibilidades de empleo y los sueldos son buenos. Por supuesto, no es una buena especialidad si le temes a las matemáticas o te gusta trabajar al aire libre.

Se pide identificar razones, contra-argumentos y conclusión en el enunciado.

Situación para evaluar el razonamiento verbal:

Se pidió a un candidato a presidente que explicara su posición acerca de una propuesta de ley para poner en marcha nuevas formas de obtener petróleo y así encontrar una solución al problema energético. Contestó que se oponía a la propuesta, porque era un error.

Se pide identificar las críticas razonables de entre enunciados como:

- El candidato no da ninguna razón sobre su decisión.
- El candidato no deja claro si estaba a favor o en contra de la propuesta.

Figura 3 – Situaciones del instrumento de evaluación del pensamiento crítico

Guion de entrevistas

En este estudio se han empleado entrevistas individuales semiestructuradas, con un guion preestablecido (ver Anexo I) que se puede modificar según el desarrollo de la entrevista, dando pie a improvisaciones (Albert, 2009). Dicho guion se ha validado por miembros del equipo de trabajo del proyecto denominado “Educación de las Competencias Científica, Tecnológica y Pensamiento Crítico Mediante la Enseñanza de Temas de Naturaleza de Ciencia y Tecnología” (CYTPENCRI) todos doctores con experiencia investigadora en didáctica de las ciencias experimentales y ajenos al equipo que diseñó inicialmente el guion.

Diario de clase

El diario de clase empleado lo realiza la docente/investigadora durante la fase de implementación y es de tipo analítico, pues se pretenden analizar aspectos concretos dentro de un determinado contexto de observación (Zabala, 2004). En concreto se establecen los siguientes aspectos a señalar en relación con las variables de estudio. Reflexiones sobre el aprendizaje de quién decide sobre los asuntos científicos; la necesidad de un equilibrio entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología; así como sobre la elaboración y el uso consciente de argumentos completos, y del análisis que hacen los discentes de los discursos generados en el aula. Estos elementos recogidos en el diario se analizan de forma cualitativa categorizando mediante el sistema de categorías expuesto en la Tabla 3.

Rúbricas

Una rúbrica o escala descriptiva es una escala que establece diferentes niveles de logro y, en cada uno de esos niveles, se desarrolla una descripción lo más precisa que se pueda conseguir sobre las características que pueda tener el ejercicio que se quiere evaluar (López-Pastor & Pérez-Pueyo, 2017). Este instrumento es el empleado en la evaluación de las producciones infantiles (ver Anexo II) y fue validado por expertos en distintas áreas de conocimiento como didáctica de las ciencias experimentales y psicología, todos ellos doctores, además de por docentes de educación primaria. Para aplicar este instrumento de evaluación se revisan los ejercicios del cuaderno de trabajo de cada grupo de estudiantes en los que se ponen en práctica los contenidos que evalúa cada uno de los ítems y en función de la resolución de dichos ejercicios por parte del alumnado se determina su nivel de logro según la escala.

Como ejemplo de este proceso evaluador, se presenta que a la pregunta planteada en el cuaderno de trabajo “¿Quién debería decidir qué recursos energéticos utilizar en el territorio español?”, las respuestas de los estudiantes clasificadas en el nivel de logro alto para el cuarto estándar de la rúbrica incluyen afirmaciones como como: *los científicos que saben sobre ello y los habitantes*. Las respuestas clasificadas en el nivel de logro medio siguen la línea: *los que más entiendan pero con la aprobación del gobierno y los habitantes*. Finalmente, las clasificadas en el nivel de logro bajo son semejantes a: *el gobierno*.

MÉTODO DE ANÁLISIS

Los datos cuantitativos se analizaron a través del *software* SPSS 23. La normalidad de las variables se estudió aplicando la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los resultados de dicha prueba mostraron que la distribución de algunas de las variables no era normal. Atendiendo a este criterio y al número de alumnos por grupo-clase se decidió aplicar pruebas no paramétricas para el análisis de los datos. En consecuencia, se empleó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon con el fin de comparar los resultados obtenidos en las distintas fases de medición (pre y post-test) y la prueba U de Mann-Whitney para determinar si las mejoras de cada uno de los grupos con respecto al grupo control eran significativas.

El análisis cualitativo del diario de clase y de las transcripciones de las entrevistas se realizó a través de un sistema de categorías recogido en la Tabla 3. Dicha categorización se ha construido de forma deductiva tomando como referencia a Manassero y Vázquez (2019) y Vázquez, Manassero y Acevedo, (2006) en la categoría de NdCyT y a Halpern (2014) en la categoría de PC. De este modo se pretende que cada categoría permanezca paralela a las variables de estudio cuantitativas para favorecer la triangulación metodológica. Por su parte, el análisis de las producciones infantiles (análisis documental) se realizó mediante rúbricas de evaluación (ver Anexo I). Dichas rúbricas se elaboraron en base a referencias teóricas como Vázquez y Manassero (2012) y Halpern (2014).

Tabla 3 – Categorías de análisis cualitativo

Categorías		Subcategorías	Ejemplos de fragmentos del diario categorizados
Mejoras en NdCyT	Influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad	40211 la toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos 40311 los equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología	40211. "Inicialmente los estudiantes creen que los científicos son las personas que tienen que decidir sobre qué fuentes de energía estudiar, aunque no tardan en exponer que a ellos también les gustaría opinar. Esto me ha permitido inducir la reflexión de que para opinar primero hay que tener conocimientos". 40311. "se les hace muy difícil ver la cara positiva de algo que tienen interiorizado que es negativo y al revés".
Mejoras en PC	Análisis argumental Razonamiento verbal	1.1. Uso de razones y contraargumentos 1.2. Formulación de conclusiones 2. Identificación de evidencias en el discurso de enseñanza	1.1. "los estudiantes de este grupo no conocían el concepto de contraargumento, pero tras explicar el concepto y ejemplificarlo los estudiantes más avanzados comenzaron a integrarlo en los debates". 1.2. "las conclusiones en esta primera sesión han sido muy sencillas haciendo referencia de forma superficial las razones tratadas y no los contraargumentos. 2. "en este grupo hay muchas dificultades, tanto para expresarse, como para extraer ideas del discurso que presenta un compañero e incluso yo misma"

INTERVENCIÓN DIDÁCTICA

La SEA aborda contenidos curriculares relacionados con la energía (bloque 4, según el Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria) adaptados al nivel psicoevolutivo de los niños de entre 10 y 12 años de forma infundada con contenidos relativos al PC y a la NdCyT (ver Tabla 4).

Esta SEA se ha diseñado de forma que la enseñanza de la NdCyT y el PC se realice de forma explícita, pues creemos que esta es la mejor forma de asegurar que se promueva el desarrollo de estas capacidades y la mejora de las concepciones de NdCyT (Acevedo, 2009; Tenreiro-Vieira & Vieira, 2021). Cada una de las sesiones de la SEA se divide en tres partes. La primera parte consiste en realizar rutinas de pensamiento (Ritchhart et al., 2014) que permitan la activación de conocimientos previos mediante su realización y puesta en común. Algunos ejemplos de estas rutinas son "generar, clasificar, conectar y elaborar: mapas conceptuales", "palabra, idea, frase" y "veo, pienso y me pregunto". La segunda consiste en establecer un diálogo con el alumnado, que facilite la explicación de los distintos contenidos y permita a los estudiantes satisfacer sus curiosidades y relacionar dichos contenidos con su entorno cercano (para apoyar esta presentación y diálogo se emplean soportes visuales y audiovisuales). La tercera actividad consiste en responder a una serie de preguntas controvertidas por parejas, para ello se deben transferir los contenidos trabajados a situaciones concretas, finalmente se discutirán las distintas respuestas en una puesta en común. Algunos ejemplos de estas preguntas son: ¿Por qué hay problemas energéticos si la energía está en todas partes? o ¿Creéis que existe equilibrio entre los efectos positivos y negativos del uso de fuentes de energía NO renovable?

El último elemento clave a resaltar en el diseño de la SEA son los procesos de evaluación formativa (López-Pastor & Pérez-Puello, 2017). Según autores como Dochy, Segers y Dierick (2002) realizar innovaciones como la planteada en esta investigación sin adaptar la evaluación a esos procesos crea métodos educativos carentes de sentido. En consecuencia, la comunicación y el *feed-back* realizado, tanto por los estudiantes como por el propio docente, resulta determinante.

Tabla 4 – Contenidos de la SEA por sesiones

Sesiones	Contenidos de NdCyT	Contenidos de PC	Contenidos curriculares
Sesión 1	Toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos	Análisis argumental y razonamiento verbal	Concepto, propiedades y tipos de energía
Sesión 2	Toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos y Los equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología	Análisis argumental y razonamiento verbal	Fuentes de energías renovables y no renovables
Sesión 3	Toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos y Los equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología	Análisis argumental y razonamiento verbal	El <i>fracking</i>

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las implementaciones se han realizado con el objetivo de que los estudiantes puedan mejorar unas capacidades y concepciones muy concretas que forman parte de los constructos de NdCyT y PC, además de la intención de promover la enseñanza de contenidos curriculares (energía). A juicio de Dorland (1994) una intervención es eficaz cuando muestra resultados positivos en el alumnado; de modo que se pasa a analizar los resultados obtenidos con el fin de determinar si han sido positivos para el desarrollo de los estudiantes.

Mejoras en NdCyT. Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos

En primer lugar, se analizaron los resultados de la adaptación del ítem 40211 del COCTS. En concreto, se han recogido en la Tabla 5 los principales estadísticos de las puntuaciones obtenidas por los participantes. Con el fin de proporcionar más información en esa tabla se presentaron los datos de modo que se pudiera apreciar el contraste entre las puntuaciones obtenidas entre el grupo control y el conjunto de grupos experimentales, así como entre el grupo control y cada uno de los grupos que han recibido la intervención didáctica. Además, conviene recordar que las puntuaciones obtenidas pueden oscilar entre -1 y 1, siendo 1 la puntuación máxima.

Al observar la Tabla 5 se apreció como la puntuación media y la mediana obtenidas por el conjunto de grupos experimentales son superiores en la fase post-test que en la fase pre-test. Esta misma mejora se percibió en cada uno de los grupos-clase. Sin embargo, este incremento en la puntuación no se detectó en el grupo control, que no solo no había mejorado, sino que obtuvo puntuaciones más bajas en sus medidas de tendencia central. Estas mismas apreciaciones se pudieron realizar al contemplar la Figura 4, donde se han recogido dos diagramas de cajas y bigotes. El primer diagrama ha permitido comparar entre el conjunto de grupos experimentales y el control; y el segundo entre cada uno de los grupos-clase.

Tabla 5 –Principales estadísticos descriptivos de los resultados de la adaptación del ítem 40211 del COCTS

Estadísticos	Centro Control		Grupos experimentales		Centro 1 grupo A		Centro 1 grupo B		Centro 2 grupo B		Centro 3 grupo A		Centro 4 grupo A		Centro 4 grupo B	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Media	-,03	-,075	-,01	,34	-,14	,43	,02	,54	,02	,36	-,04	,42	,3	,42	-,14	,18
Mediana	,04	-,17	,0	,38	-,23	,38	,0	,52	,13	,42	,08	,46	,3	,5	-,1	,17
Desviación estándar	,21	,25	,37	,31	,44	,23	,32	,17	,32	,3	,35	,26	,35	,3	,37	,29
Mínimo	-,42	-,5	-,1	-,5	-,1	,13	-,56	,25	-,67	-,21	-,1	-,83	-,54	-,17	-,83	-,33
Máximo	,29	,37	,1	,092	,67	,86	,58	,92	,5	,79	,42	,75	,1	,83	,33	,67
1er cuartil	-,21	-,27	-,25	,16	-,42	,26	-,2	,4	-,17	,08	-,25	,27	,1	,22	-,33	-,04
3er cuartil	,1	,15	,25	,58	,22	,58	,2	,63	,21	,63	,17	,65	,48	,66	,23	,42

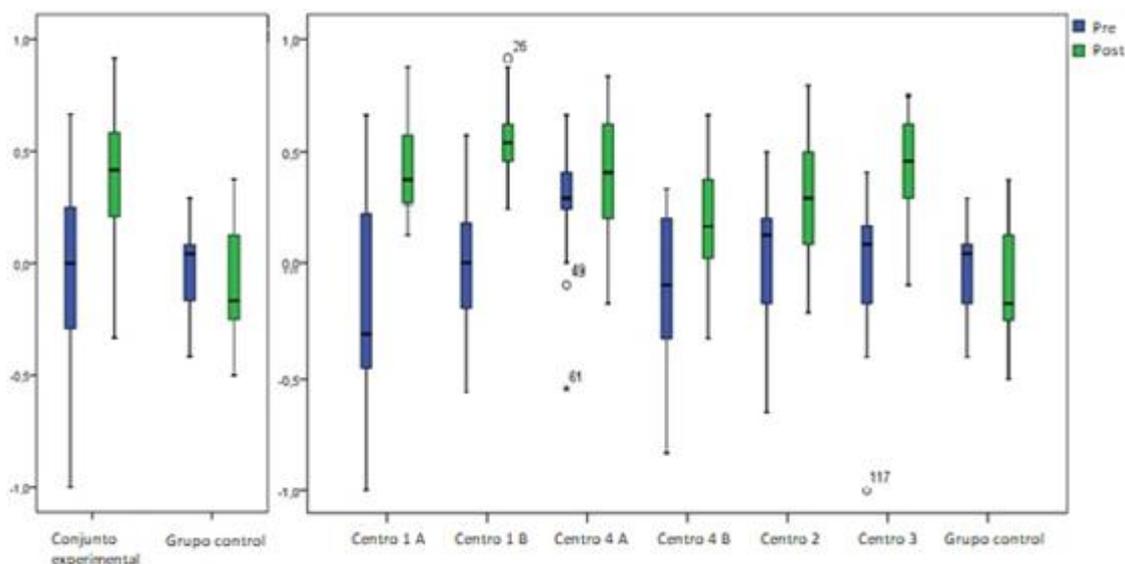


Figura 4 – Diagramas de cajas y bigotes de la adaptación del ítem 40211 del COCTS

Con el fin de comprobar la significatividad de estas observaciones se pasó a analizar el resultado de distintas pruebas. En primer lugar, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para comprobar si la diferencia entre los datos obtenidos en la fase pre y post-test era significativa. Los p valores que se han obtenido en dicha prueba fueron menores de ,05, tanto en el caso del conjunto de grupos experimentales, como en el desglose por grupos, con la excepción del Centro 4 grupo A (p valor ,31). Con estos datos se pudo afirmar con un 95% de seguridad que la diferencia entre las medianas de la primera y la segunda medición ha resultado significativa para todos los grupos excepto el grupo A del Centro 4 que, a pesar de haber mejorado, este incremento en las puntuaciones no es significativo. En cuanto al grupo control se obtuvo un p valor de ,88, por lo que en este caso se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición y, por ende, la ausencia de mejora en sus concepciones sobre este aspecto de NdCyT.

En segundo lugar, se pasó a comparar si la mejora de cada uno de los grupos es significativa con respecto al grupo control, para lo que se aplicó la prueba U de Mann-Whitney. Al comparar al conjunto de grupos experimentales con el grupo control se obtuvo un p valor de 0, lo cual permitió determinar que la diferencia entre las medianas es significativa al 95%. En la comparativa del resto de grupos experimentales con respecto al grupo control, todos los p valores obtenidos fueron < ,05 lo que nos indicó que la diferencia de medianas había sido significativa, o lo que es lo mismo, que los puntajes obtenidos por estos grupos habían sido significativamente superiores al logrado por los participantes del grupo control.

En resumen, los resultados cuantitativos permitieron demostrar mejoras en el conjunto de grupos experimentales, así como en su división en grupos clase. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Porras, Tuay y Ladino (2020), quienes en un estudio similar con alumnado de entre 15 y 17 años al aplicar una SEA y evaluar el desarrollo sobre esta categoría, con el ítem original del COCTS, obtuvieron un descenso de ,026 en las puntuaciones medias.

El análisis del contenido del diario determinó que el alumnado empezó a reflexionar sobre esta temática en el debate de la última actividad de consolidación de la segunda sesión. En este contexto, los estudiantes empezaron a plantearse qué recursos energéticos estaban disponibles en su entorno y de qué recursos provenía la energía que utilizaban. De dichos planteamientos surgieron reflexiones sobre, quién debe tomar las decisiones con respecto a qué fuentes de energía se estudian o se explotan. En este debate *“los participantes inicialmente piensan que las decisiones deben ser tomadas por los científicos porque “son los que saben”, sin embargo, tras las reconducciones amplían la perspectiva e incluyen a los ciudadanos “que saben” en la toma de decisiones”* (extracto del diario). Es decir, durante el desarrollo del debate se van aproximando a ideas más aceptadas desde un punto de vista científico como, que las decisiones deberían tomarse de manera compartida entre científicos e ingenieros y ciudadanos informados (Vázquez & Manassero, 2012).

Esto quedó reflejado en las actividades realizadas posteriormente, así los estudiantes respondieron a cuestiones como, ¿Quién debe tomar las decisiones sobre los asuntos científicos? con respuestas que se pueden clasificar como acertadas, plausibles o ingenuas tal y como muestran Vázquez y Manassero (2012). Acertadas como: *los científicos que saben sobre ello y los habitantes*. Plausibles como: *los que más*

entiendan pero con la aprobación del gobierno y los habitantes. Son escasas las aportaciones que mantienen un nivel de logro bajo aportando respuestas ingenuas como: *el gobierno*. De la evaluación de las producciones de los alumnos mediante las rúbricas diseñadas, se obtuvieron los siguientes resultados. Del total de 52 ejercicios revisados (se recuerda que se trabajan los documentos escritos por parejas o pequeños grupos), 11 presenta el nivel de logro bajo de la rúbrica, 30 el nivel medio y 11 el nivel alto. Esto mostró como 41 de las 52 parejas consiguió unas nociones aproximadas a lo científicamente aceptado sobre esta categoría (Vázquez & Manassero, 2012), lo que indica que existe un desarrollo sobre conocimientos relacionados con la NdCyT.

Al estudiar el caso concreto del Centro 4 grupo A, se pudo observar que de los ocho cuadernos presentados por ese grupo ninguno alcanzó el nivel de logro superior, seis llegaron al nivel medio y dos se mantuvieron en el bajo o ingenuo, lo que coincide con la limitada mejora que presentan en los estudios cuantitativos. Como contraste con otros grupos que sí han obtenido una mejora significativa en la adaptación del ítem 40211 del COCTS, por ejemplo, el Centro 3, de los siete cuadernos presentados cuatro han logrado un nivel de logro medio y tres el nivel superior.

Finalmente, en el seguimiento realizado un mes después de la intervención, se preguntó a los estudiantes entrevistados por si su opinión con respecto a esta categoría había cambiado. En el análisis se observaron diferencias en las respuestas del alumnado de distinto nivel de aprendizaje, los cambios más notables y mejor justificados fueron los de los discentes con un nivel de aprendizaje alto. El alumnado de nivel medio manifestó cambios de opinión, en algunos casos hacia respuestas consideradas como plausibles y en otros no supieron justificar su cambio de opinión. Los participantes del nivel en proceso cuando cambian de opinión tienden a no saber por qué o qué opinan. Algunos ejemplos de las respuestas dadas por los entrevistados son:

83.M.2.A.A.: *no, yo pensaba que había que hacerlo por igual, o sea que la gente lo tenía que decidir y a la vez los científicos y ahora pienso igual.*

37.H.1.B.A.: *sí.*

44.M.4.B.M.: *no, (¿Quién debe decidir?) el gobierno y sus consejeros científicos.*

6.M.1.A.M.: *sí.*

25.M.1.B.P.: *no, no sé.*

46.H.4.B.P.: *sí.*

Mejoras en NdCyT. Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Los equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología

En la Tabla 6 se recogieron los principales estadísticos que se han extraído de las respuestas al ítem 40311 de la adaptación del COCTS, asimismo se extrajeron los diagramas recogidos en la Figura 5, para aportar una representación más visual de dichos datos. Al observar la Tabla 6 se pudo apreciar como la puntuación media y los cuartiles obtenidos por el conjunto de grupos experimentales fueron ligeramente más altas en el post-test que en el pre-test. En lo relativo a cada uno de los grupos experimentales se detectó que mayoritariamente siguen esta tendencia, con algunas excepciones en las cuales se presentan resultados más bajos (estos casos se resaltan con un sombreado gris para facilitar su visualización). En cuanto al grupo control, la diferencia entre sus medidas de tendencia central o bien se mantuvo o bien descendió ligeramente.

Tabla 6 – Principales estadísticos descriptivos de los resultados de la adaptación del ítem 40311 del COCTS

Estadísticos	Centro Control		Grupos experimentales		Centro 1 grupo A		Centro 1 grupo B		Centro 2 grupo B		Centro 3 grupo A		Centro 4 grupo A		Centro 4 grupo B	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Media	-,04	-,05	-,03	,11	-,04	,15	,04	,03	,13	,2	-,33	,15	,02	,13	,01	,15
Mediana	0	0	0	,17	-,04	,17	,04	,13	,08	,25	-,33	,21	,08	,13	,17	,17
Desviación estándar	,4	,37	,43	,29	,39	,26	,3	,26	,45	,37	,53	,24	,34	,28	,45	,24

Estadísticos	Centro Control		Grupos experimentales		Centro 1 grupo A		Centro 1 grupo B		Centro 2 grupo B		Centro 3 grupo A		Centro 4 grupo A		Centro 4 grupo B	
Mínimo	-.63	-.88	-1	-.88	-.67	-.42	-.5	-.41	-.75	-.63	-1	-.33	-.86	-.5	-1	-.42
Máximo	.75	.5	1	.75	.75	.67	.75	.41	1	.75	.5	.5	.5	.58	.42	.58
1er cuartil	-.4	-.31	-.33	.0	-.33	.0	-.17	-.17	-.04	0	-1	-.02	-.25	0	-.42	.04
3er cuartil	.15	.17	.25	.33	.25	.31	.23	.17	.46	.5	.12	.33	.33	.31	.35	.29

Al igual que en el caso anterior se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para comprobar la significatividad entre los resultados de las distintas fases de medición. En concreto, se obtuvo un p valor de ,001 al comparar los resultados del conjunto de grupos experimentales, lo que nos permitió determinar con un 95% de seguridad que la mejora percibida como escasa, sí llegó a ser significativa. No obstante, cuando se realizó la comparativa por grupos-clase, se detectó que el único p valor inferior a ,05 era el obtenido al realizar la prueba entre el pre y el post-test del Centro 3, el centro con más afinidad a la metodología. Esto indicó que la diferencia entre las medianas de la primera y la segunda medición no era significativa, salvo en el caso del Centro 3. En cuanto a los resultados del grupo control se obtuvo un p valor de ,85 y, en consecuencia, se aceptó la igualdad entre las medianas y con ello la ausencia de mejora.

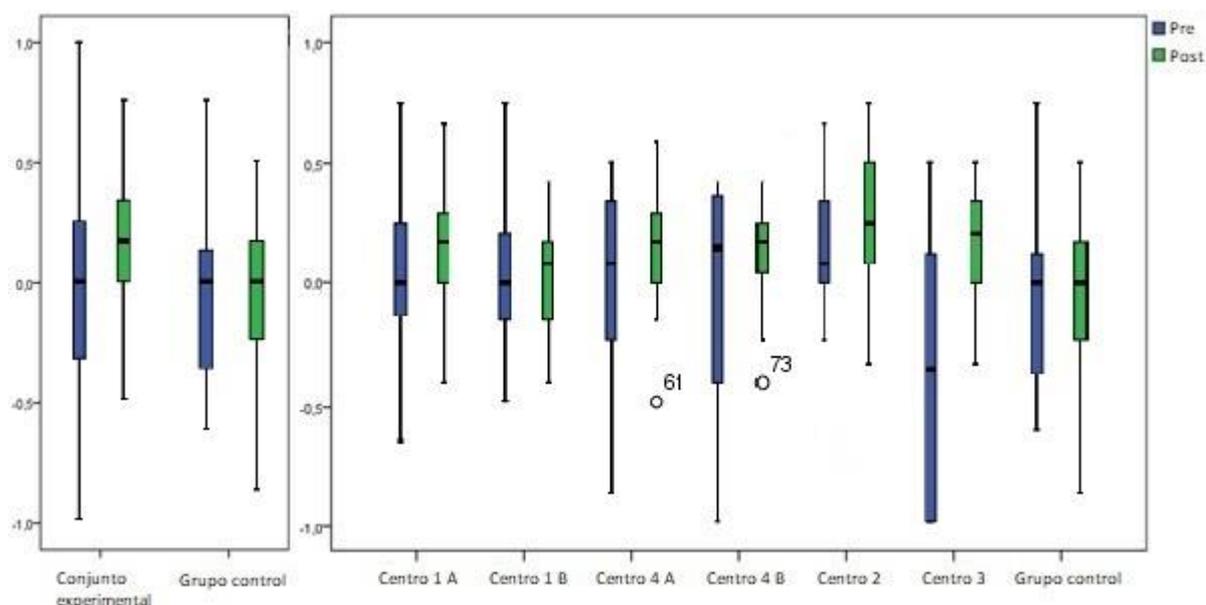


Figura 5 – Diagramas de cajas y bigotes de la adaptación del ítem 40311 del COCTS

En segundo lugar, se comprobó si la mejora de cada uno de los grupos era significativa con respecto al grupo control a través de la prueba U de Mann-Whitney. La comparación entre el conjunto de grupos experimentales y el grupo control obtuvo un p valor de ,08, lo cual permitió determinar que la diferencia entre las medianas no era significativa con un margen de error del 5% y, por tanto, la mejora de los estudiantes del conjunto de grupos experimentales no ha sido significativa en comparación con los resultados del grupo control. Esto mismo sucedió en la comparativa de cada uno de los grupos-clase con el grupo control.

En síntesis, los resultados cuantitativos permitieron detectar una mejora en los estadísticos de tendencia central que ha resultado ser significativa para el conjunto de grupos experimentales y para el grupo del Centro 3. Por otra parte, no se detectaron mejoras significativas con respecto al grupo control. Estos resultados se corresponden con los obtenidos por Porras et al. (2020) en el estudio mencionado en el análisis del anterior ítem. En este caso los autores señalan un incremento de ,075 en los resultados de sus estudiantes, el cual resulta similar al incremento obtenido por los grupos experimentales que muestran mejoras no significativas.

En el contenido del diario quedó recogido como los estudiantes comenzaron a ser conscientes de las consecuencias de los efectos positivos y negativos de las cuestiones científicas y tecnológicas durante el debate de la actividad de consolidación de la segunda sesión y el desarrollo de la tercera sesión. *“Inicialmente los alumnos tienen problemas para responder qué beneficios tienen las fuentes de energía no renovables. Tienen interiorizado que son malas porque contaminan, pero no saben por qué las utilizamos. [...] también tienen dificultades para reflexionar sobre los efectos negativos de fuentes de energía renovables...”* (extracto del diario de clase). Es decir, mientras se debatía sobre impactos ambientales y fuentes de energía renovables y no renovables; así como con el análisis de los argumentos a favor y en contra del *fracking*, los estudiantes comenzaron a vislumbrar la complejidad de los equilibrios entre efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología. Durante este proceso, el alumnado llegó a la conclusión de que hay ciertas cosas que benefician a unos y perjudican a otros, así como que hay ciertas tecnologías que traen consigo una serie de efectos que hay que sopesar. No se llegó tanto a profundizar en el motivo de la existencia de dichos efectos, lo cual es probable que haya sido una de las razones por las que la mejora en las puntuaciones cuantitativas no haya sido muy notable.

Estas reflexiones de la docente se corresponden con los resultados obtenidos en las actividades realizadas, pues se localizaron muestras de estos razonamientos en los ejercicios realizados por los participantes de los grupos experimentales en la segunda y tercera sesión. En dichos ejercicios, los discentes expresaron sus ideas sobre la existencia de efectos positivos y negativos sobre la puesta en práctica de una nueva ciencia o tecnología. No obstante, ninguno llega a un nivel de reflexión que se identifique con respuestas totalmente adecuadas (Vázquez & Manassero, 2012), es decir, los estudiantes durante el trabajo realizado, mejoran levemente sus creencias y reflexionan sobre los contenidos propuestos, pero interiorizan como correctos enunciados plausibles como: *hay que tener en cuenta ventajas, desventajas y beneficios a largo plazo* (respuesta repetida en diversas ocasiones y la que se podría considerar más correcta) o *las ventajas y las desventajas*. No se encuentran respuestas que no tengan en cuenta efectos negativos relacionados con la ciencia o la tecnología; sin embargo, se han incluido algunos grupos en el nivel bajo de la rúbrica debido a que se han limitado a exponer las ventajas o desventajas de las que se han hablado en el debate, sin transferir los conocimientos a la reflexión principal. En concreto, de los 52 ejercicios evaluados, 4 presentaron el nivel de logro bajo y 48 el nivel medio. Es preciso señalar también que ninguno de los grupos del Centro 3, ni del Centro 1 grupo A se han situado en el nivel de logro bajo, lo cual queda en consonancia con los resultados cuantitativos, ya que estos grupos son los que mayor incremento presentan en sus puntuaciones medias.

Por último, en el seguimiento realizado mediante las entrevistas se preguntó sobre si se ha cambiado de opinión con respecto a la existencia de equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología. Muchos de los entrevistados afirman haber cambiado de opinión, en especial los de nivel de aprendizaje alto o medio. Algunos entrevistados de nivel de aprendizaje alto sostienen que no han cambiado de opinión debido a que conocían la necesidad de la existencia de equilibrios. Por otra parte, la mayoría de los entrevistados que pertenecen al nivel en proceso no saben expresar su opinión o justificarla. Algunos ejemplos de respuestas a esta cuestión son:

83.M.2.A.A.: *sí, pensaba que todo era bueno, ahora veo que lo positivo y lo negativo tiene que tener un equilibrio.*

37.H.1.B.A.: *no, yo sí que sabía que tenía que haber equilibrios.*

102.M.3.B.M.: *sí.*

90.H.2.A.M.: *no me acuerdo de lo que pensaba antes, creo que ha cambiado.*

25.M.1.B.P.: *no.*

79.H.4.B.P.: *sí, he cambiado mi opinión.*

Mejoras en PC. Análisis argumental. Uso de razones y contraargumentos y formulación de conclusiones

En la Tabla 7 se recogieron los principales estadísticos descriptivos sobre el análisis argumental, cuya representación se puede observar en la Figura 6. A través del análisis de la Tabla 7 y la Figura 6 se observó un aumento en las puntuaciones tanto del conjunto de grupos experimentales, como de cada grupo-clase en la fase post-test. Esta tendencia no se contempló en los resultados del grupo control. En este caso se observó un descenso en las puntuaciones en la fase post-test.

Tabla 7 – Principales estadísticos descriptivos de los resultados de la evaluación del análisis argumental

Estadísticos	Centro Control		Grupos experimentales		Centro 1 grupo A		Centro 1 grupo B		Centro 2 grupo B		Centro 3 grupo A		Centro 4 grupo A		Centro 4 grupo B	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Media	25	2,38	242	3,14	2,12	35	2,33	3,1	3,05	3,26	263	3,72	256	363	1,72	2,22
Mediana	2	2	2	3	2	4	2	3	4	3	3	4	3	3,5	1,50	3
Desviación estándar	1,61	1,44	1,37	1,23	1,43	,89	1,11	,83	1,43	1,37	1,34	1,13	,78	,72	1,6	1,43
Mínimo	1	1	0	0	0	2	1	2	0	1	0	2	1	3	0	0
Máximo	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
1er cuartil	1	1	1	2	1	3	1,5	2,5	2	2	2	2,75	2	3	0	1
3er cuartil	4	3	3	4	3	4	3	4	4	4	4	5	3	4	3	3

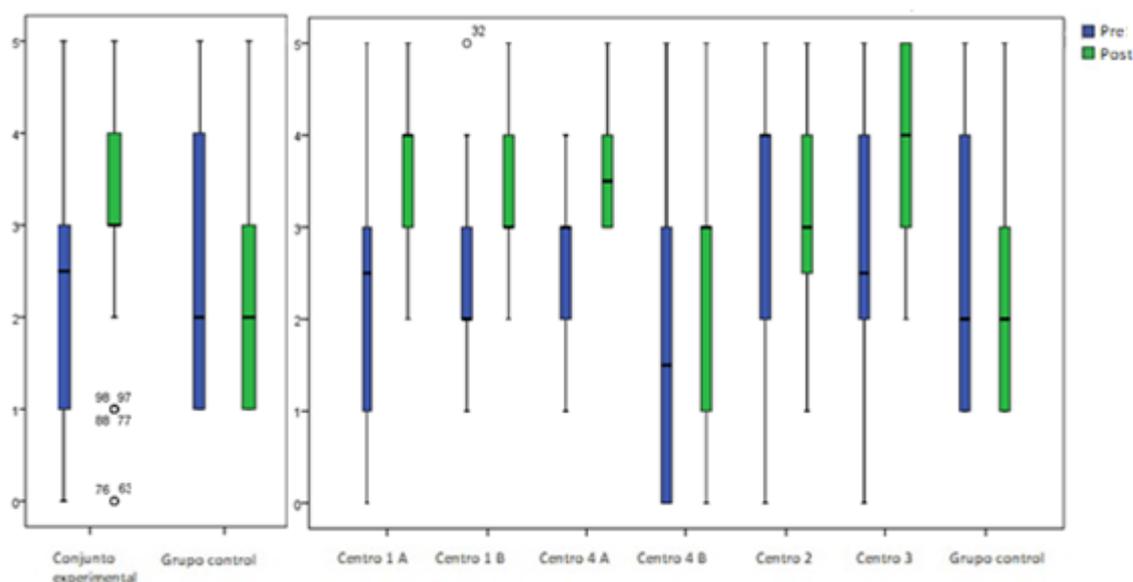


Figura 6 –Diagramas de cajas y bigotes de la evaluación del análisis argumental

Con el objetivo de comprobar la significatividad de estas observaciones se pasó a aplicar la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, la cual sirvió para corroborar si la diferencia entre las medianas obtenidas en la fase pre y post-test era significativa. Para el conjunto de grupos experimentales se obtuvo un p valor de ,0, por lo que se pudo afirmar que el incremento apreciado en las puntuaciones de la fase post-test ha resultado ser significativo. Los p valores que se obtuvieron en esta misma prueba en el desglose de los grupos experimentales también fueron menores de ,05 con la excepción del Centro 2 (p valor ,1), que parte de un nivel alto y no incrementa lo suficiente su puntuación, por lo que se determinó que se obtuvo una mejora significativa para cinco de los seis grupos-clase. En cuanto al grupo control, se obtuvo un p valor de ,56, por lo que en este caso se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición con un margen de error de 5%, es decir, en este caso no se apreció mejora.

Finalmente, se pasó a comparar si la mejora de cada uno de los grupos es significativa con respecto al grupo control. Se aplicó la prueba U de Mann-Whitney. De esa prueba se obtuvo un p valor ,02 en la comparativa del conjunto de grupos experimentales con el grupo control, lo cual permitió determinar que la diferencia entre las medianas es significativa. En el desglose por grupos-clase (comparación entre el resto de los grupos experimentales y el grupo control), se han recogido los siguientes p valores como resultado: Centro 1 grupo A p valor =,02, Centro 1 grupo B p valor =,076, Centro 4 grupo A p valor =,01, Centro 4 grupo B p valor =,92, Centro 2 p valor =,09, Centro 3 p valor =,012. En base a estos resultados se estableció la diferencia entre medianas o lo que es lo mismo la mejora de los resultados obtenidos por los

grupos experimentales con respecto del grupo control para tres de los seis grupos experimentales (Centro 1 grupo A, Centro 4 grupo B y Centro3).

En resumen, a partir de los resultados cuantitativos se pudieron demostrar mejoras significativas, tanto en las distintas fases de medición, como con respecto al grupo control, lo que demuestra que los estudiantes identifican las distintas partes de un argumento con apoyo. En el caso de la identificación de los componentes del argumento se presentan mayores niveles de acierto en el estudio de Porras et al. (2020). No obstante, el análisis realizado en esta investigación muestra mayor evolución tras la intervención que en el estudio de Porras et al.

En el contenido del diario quedó recogido cómo la argumentación se comenzó a trabajar en la primera sesión y cómo el uso de terminología relativa al proceso argumental, así como la elaboración de argumentos ha estado presente durante toda la SEA, especialmente en las actividades iniciales y finales de cada sesión. En este instrumento la docente reflejó como la constante implementación de esta capacidad ha permitido a los estudiantes incrementar la complejidad de sus argumentaciones en las que presentan más razones, contraargumentos y realizan conclusiones más elaboradas.

Las reflexiones del diario se corresponden con los resultados obtenidos en las actividades realizadas, pues en el cuaderno de trabajo se detectan hilos argumentales que mejoran conforme avanza la SEA. Mediante la evaluación de estos ejercicios a través de la rúbrica, se observó una mejora con el paso de las sesiones. En la Figura 7 se pudo observar esta mejora y señalar como se fue reduciendo el número de trabajos con un nivel de logro bajo y fue aumentando el número del nivel de logro alto.

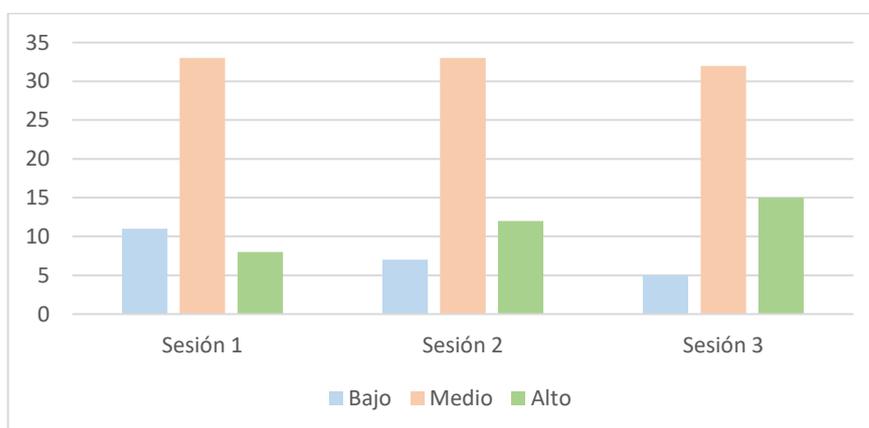


Figura 7 – Resultados del análisis argumental en los cuadernos de trabajo por nivel de logro y sesiones

En relación con la evolución de los grupos cuyos resultados en las pruebas cuantitativas muestran resultados negativos o mejoras no significativas como en el caso del Centro 1 grupo A (retroceso significativo), Centro 2 (mejoras no significativas en ambas partes), Centro 3 (mejora no significativa en la parte abierta), se puede resaltar que:

- Los estudiantes del Centro 1 grupo A sí presentan una mejora significativa entre las sesiones con respecto a la evaluación de los ejercicios mediante las rúbricas. En concreto, en la primera sesión se evalúan 10 cuadernos, de los cuales cinco quedan en el nivel bajo, cuatro en el medio y uno en el alto. Mientras que en la tercera sesión se clasifican los cuadernos en nueve en el nivel de logro medio y uno en el nivel de logro alto. Esto concuerda con la mejora significativa en el cuestionario, reforzando la relevancia en la mejora de esta capacidad.
- La evaluación en el caso del Centro 2 determina que la mejora visible es limitada, puesto que los resultados de la primera sesión muestran que ocho de los 11 cuadernos están en el nivel medio y tres en el alto; mientras que los de la tercera sesión sitúan a siete en el nivel medio y cuatro en el nivel alto. En este caso efectivamente la mejora no es notable, pero si es destacable que la evaluación inicial es buena.
- En el caso del Centro 3 se obtuvo en la evaluación mediante rúbricas que cuatro de los siete cuadernos tenían un nivel de logro medio y tres un nivel de logro alto. Mientras que en la tercera sesión se obtuvo que dos de los siete cuadernos tenían un nivel de logro medio y cinco un nivel alto. Esto nos permite observar una mejora, acorde con la demostrada como significativa en el cuestionario cuantitativo.

Por último, en el seguimiento realizado mediante las entrevistas se preguntó a los estudiantes si recordaban el hilo argumental principal del audiovisual presentado en la tercera sesión. Un estudiante por cada nivel de aprendizaje reconoció no recordar bien el vídeo y, por ende, no poder aportar las posturas que en este se presentaban. Sin embargo, la mayoría de los estudiantes sí recordaban el vídeo y pudieron exponer las dos posturas principales en el debate, además de mencionar algunos de los argumentos aportados en el discurso relacionado con dichas posturas. Esto permitió determinar que la mayor parte del alumnado identificó y pudo recordar los componentes del argumento presentado en el audiovisual, lo que se corresponde con los datos de mejora aportados por los resultados cuantitativos. Algunos ejemplos de las respuestas de los participantes son:

104.H.3.B.A.: *sí, unos estaban de acuerdo porque decían que no hacía tanto daño, que estaba controlado y que ayudaría a la economía y a la energía, y otros decían que estaban en contra porque producía muchos efectos negativos y podía contaminar los ríos.*

18.H.1.A.A.: *más o menos porque fue hace mucho tiempo. No me acuerdo bien.*

6.M.1.A.M.: *no me acuerdo bien.*

102.M.3.B.M.: *Sí. Unos defendían que el medio ambiente iba a quedar fatal y que todo se iba a poner muy peligroso, y los otros decían lo contrario.*

17.H.1.A.P.: *no.*

80.M.2.A.P.: *más o menos. Que unos estaban en contra porque iba a destruir el paisaje y los que vivían cerca se iban a tener que ir por la contaminación, y otros de acuerdo porque decían que era muy bueno para conseguir unos materiales y que no sufriría el medio ambiente.*

Mejoras en PC. Razonamiento verbal. Identificación de evidencias en el discurso de enseñanza

En la Tabla 8 se recogieron los principales estadísticos de los resultados de la prueba de razonamiento verbal, los cuales se pudieron observar en la Figura 8. En base a estos datos se pudo afirmar que tanto la media, como la mediana varían mucho en función del grupo experimental y que en todos los grupos los estadísticos son más elevados en la segunda fase de medición. No sucedió lo mismo con el grupo control, donde la diferencia entre sus medidas de tendencia central o bien se mantuvo o bien sufrió un ligero aumento.

Tabla 8 – Principales estadísticos descriptivos de los resultados de la evaluación del razonamiento verbal

Estadísticos	Centro Control		Grupos experimentales		Centro 1 grupo A		Centro 1 grupo B		Centro 2 grupo B		Centro 3 grupo A		Centro 4 grupo A		Centro 4 grupo B	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Media	3,46	3,69	2,92	3,73	2,86	3,1	2,71	3,62	3,9	4,37	3,16	4,22	2,33	3,69	2,11	3,44
Mediana	4	4	3	4	3	3	3	3	4	4	3	5	2	4	2	4
Desviación estándar	1,51	1,11	1,25	,93	1,08	,72	1,6	,74	,81	,5	1,57	1,11	,91	,87	,9	,86
Mínimo	0	2	0	1	1	2	1	3	2	4	0	1	0	2	1	1
Máximo	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4
1er cuartil	25	3	2	3	2	3	2	3	0	4	2	3,75	2	3	3	3
3er cuartil	5	5	4	4	4	4	3	4	1	5	5	5	3	4	4	4

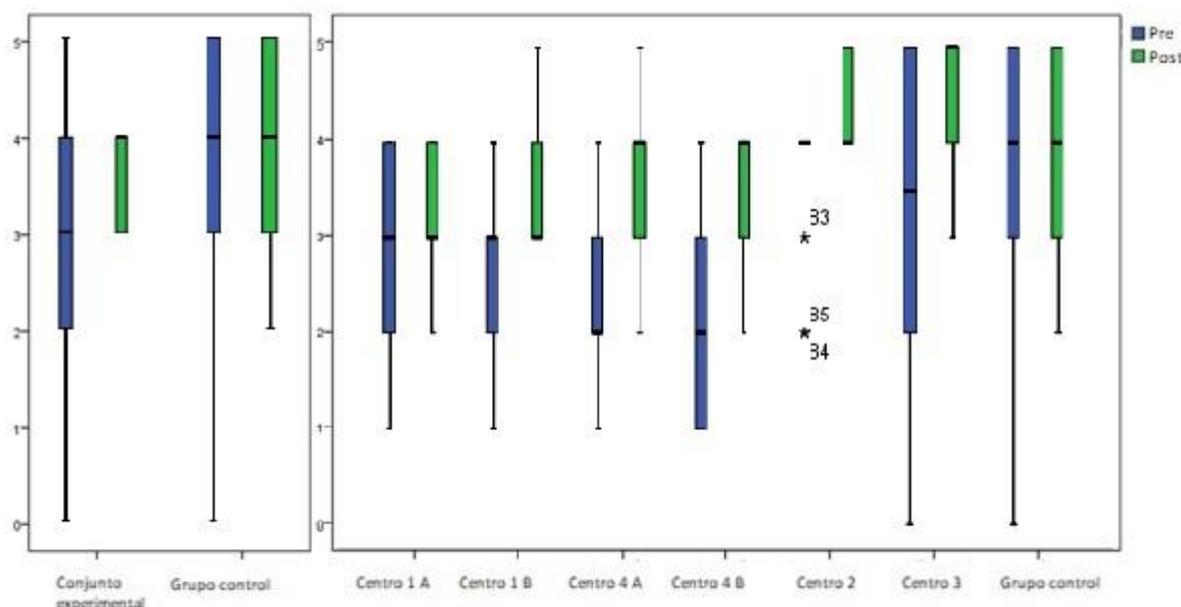


Figura 8 – Diagramas de cajas y bigotes de la evaluación del razonamiento verbal

La significatividad de estas diferencias entre fases de medición se comprobó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. En concreto, se obtuvo un p valor de ,0 al comparar los resultados del conjunto de grupos experimentales, lo que nos permitió determinar con una confianza del 95% la existencia de mejoras. Cuando se realizó la comparativa por grupos de trabajo se obtuvieron p valores < ,05 en todos los grupos excepto en el Centro 1 grupo A. Esto determinó que la diferencia entre las medianas de los resultados de las fases pre y post test son significativas para todos los casos excepto uno, o lo que es lo mismo, que se ha percibido una mejora significativa tras la intervención en cinco de los seis grupos experimentales. En el caso del grupo control se obtuvo un p valor de ,46 y, en consecuencia, se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición.

Seguidamente, se comprobó si la mejora de cada uno de los grupos era significativa con respecto al grupo control mediante la prueba U de Mann-Whitney. De dicha prueba se obtuvieron p valores superiores a ,05 en todos los casos. Esto nos indica que la mejora no es significativa con respecto a los resultados del grupo control, es decir, que a pesar de que se ha producido una mejora significativa entre mediciones para el caso de grupos experimentales, esta mejora no difiere de forma significativa en comparación con el grupo control.

En resumen, los resultados cuantitativos demostraron que las diferencias entre las puntuaciones de las distintas fases eran significativas en el caso de los grupos experimentales. Sin embargo, no se apreciaron diferencias significativas con el grupo control. Seguidamente se contrastaron estos resultados cuantitativos con sus homólogos cualitativos.

El análisis del contenido del diario determinó que desde la primera sesión se ha incitado al alumnado a analizar el discurso de sus compañeros para poder discutir sus ideas e incluso añadirlas a las suyas propias; de esta forma, se ha trabajado el razonamiento verbal de forma transversal a lo largo de todas las sesiones. En concreto, se destacó como en el Centro 4, gran parte del alumnado manifestaba serias dificultades para realizar ciertas conexiones y razonamientos, así como para expresar sus ideas. En consecuencia, y según se ha registrado en el diario, la docente realizó una adaptación formulando preguntas más concretas que indujesen a la reflexión de forma más progresiva y llamase más la atención sobre los temas a resaltar. Gracias a esto *“los estudiantes consiguieron materializar sus pensamientos y mejoraron en la capacidad de razonamiento verbal”* (extracto del diario). Esta reflexión conecta con los puntajes obtenidos en el cuestionario, puesto que las medias obtenidas por los dos grupos del Centro 4 son las menores en la fase pre-test, sin embargo, los esfuerzos y la moderación por parte de la docente para fomentar que los estudiantes establecieran estas conexiones ha tenido como consecuencia la mejora significativa señalada en el análisis cuantitativo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que la SEA diseñada y llevada a la práctica contribuye a la mejora de las capacidades de PC y las concepciones de NdCyT que se pretendían trabajar (quién toma las decisiones con respecto a los asuntos científico-tecnológicos y porqué de la existencia de equilibrio entre efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología) con estudiantes de 6º curso de Educación Primaria (11 y 12 años). Los resultados cuantitativos extraídos de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon fueron estadísticamente significativos en todos los casos en la comparativa entre pre y post-test del conjunto de grupos experimentales. Los resultados cualitativos corroboran estas evaluaciones aportando matices como son las respuestas, en palabras de los estudiantes, encontradas en las producciones infantiles sobre las cuestiones de NdCyT, la evolución en la construcción de hilos argumentales o el análisis de los discursos realizados en el aula.

En el desglose por grupos se observa como los grupos del Centro 4 experimentaron mayores dificultades en la puesta en práctica de capacidades como las de razonamiento verbal, debido principalmente a sus problemas para expresarse y analizar discursos. Sin embargo, se consiguen mejoras significativas que se relacionan con las modificaciones añadidas en la programación para paliar la escasa receptividad a la metodología que presentaba el grupo. Asimismo, cabe resaltar que el Centro 3 es el único grupo-clase que mejora en todas las variables de análisis, lo que se relaciona también con ser el grupo más afín a la metodología empleada.

Como consecuencia, se puede señalar que la SEA implementada es válida para desarrollar aspectos concretos de capacidades de PC y mejorar las concepciones sobre determinados elementos dentro de la Influencia de la Ciencia y la Tecnología sobre la Sociedad (NdCyT) del alumnado de entre 11 y 12 años.

REFERENCIAS

- Acevedo, J. A. (2009). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 355-386. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3681>
- Acevedo, J. A., Aragón, M. M., & García-Carmona, A. (2018). Comprensión de futuros profesores de ciencia sobre aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en cuatro controversias de historia de la ciencia. *Revista Científica*, 33(3), 344-355. <https://doi.org/10.14483/23448350.13355>
- Acevedo, J. A., García-Carmona, A., & Aragón, M. M. (2016) Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 408-422. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.13
- Acevedo, J. A., García-Carmona, A., & Aragón, M. M. (2017). *Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura
- Alaminos, A., & Castejón, J. L. (2006). *Elaboración, análisis e interpretación de encuestas, cuestionarios y escalas de opinión*. Alicante, España: Marfil.
- Albert, M. J. (2009). *La investigación educativa. Claves teóricas*. Madrid, España: Mc Graw Hill.
- Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the nature of science for science education. Why does it matter? *Science & Education*, 25(1), 147-164. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9800-8>
- Dochy, F., Segers, M., & Dierick, S. (2002). Nuevas vías de aprendizaje y enseñanza y sus consecuencias: una nueva era de evaluación. *Docencia universitaria*, 2(2), 1-29. Recuperado de <https://revistas.um.es/redu/article/view/20051>
- Dorland, W. A. (1994). *Borland's illustrated medical dictionary (28th ed.)*. Philadelphia, United States of America: W. B. Saunder.
- Ennis, R. H. (1996). *Critical Thinking*. New Jersey, United States of America: Prentice-Hall.

- Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction. Executive Summary "The Delphi Report"*.
- Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains. *American Psychologist*, 53(4), 449-455. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.53.4.449>
- Halpern, D. F. (2014). *Thought and knowledge. An Introduction to Critical Thinking*. New York, United States of America: Psychology Press.
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Irzik, G., & Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. In M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 999-1021). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Kvale, S. (2011). *Las entrevistas en Investigación Cualitativa*. Madrid, España: Morata.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521. <https://doi.org/10.1002/tea.10034>
- Lipman, M. (1991). *Thinking in education*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- López-Pastor V. M., & Pérez-Pueyo, A. (coords.) (2017). *Buenas prácticas docentes. Evaluación formativa y compartida en educación: experiencias de éxito en todas las etapas educativas*. León, España: Universidad de León. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=686946>
- Manassero, M. A., & Vázquez, A. (2019). Conceptualización y taxonomía para estructurar los conocimientos acerca de la ciencia. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación e Las Ciencias*, 16(3), 3104-3117. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3104
- Manassero, M. A., Vázquez, A., & Acevedo, J.A. (2001): *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca, España: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- Matthews, M. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research* (pp. 3-26). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- McComas, W.F. (2002). *The Nature of Science in Science Education, Rationales and Strategies*. New York, United States of America: Kluwer Academic Publishers.
- ONU. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Recuperado de https://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ares70d1_es.pdf
- Ortega-Quevedo, V., & Gil, C. (2019). La naturaleza de la ciencia y la tecnología. Una experiencia para desarrollar el pensamiento crítico. *Revista Científica*, 35(2), 167-182. <https://doi.org/10.14483/23448350.14095>
- Ortega-Quevedo, V., Gil, C., Vallés, C., & López-Luengo (2020). Diseño y validación de instrumentos de evaluación de Pensamiento Crítico en Educación. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 48, 91-110. <https://doi.org/10.17227/ted.num48-12383>
- Paul, R. (2005). *The state of critical thinking today*. New Directions for Community Colleges, Summer 2005, 27-38.
- Pleasant, J., Clough, M.P., Olson, J.K., & Miller, G. (2019) Fundamental Issues Regarding the Nature of Technology. *Science & Education*, 28, 561–597 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00056-y>
- Porras, Y., Tuay, N., & Ladino, Y. (2020). Desarrollo de la habilidad argumentativa en estudiantes de educación media desde el enfoque de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 48, 143-161. <https://doi.org/10.17227/ted.num48-11486>

- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria, pp. 19349-19420. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2014/BOE-A-2014-2222-consolidado.pdf>
- Ritchhart, R., Church, M., & Morrison, K. (2014). *Hacer visible el pensamiento. Cómo promover el compromiso, la comprensión y la autonomía de los estudiantes*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- Swartz, R. J. (2013) Thinking-Based Learning. Making the Most of What we Have Learned About Teaching Thinking in the Regular Classroom to Bring Out the Best in Our Students. *Educational Leadership*, 65(5).
- Taber, K. S. (2017). Reflecting the nature of science in science education. In K. S. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science Education: An International Course Companion* (pp. 23-37). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishers.
- Tenreiro-Vieira, C., & Vieira, R. M. (2021). Promover o pensamento crítico e criativo no ensino das ciências: propostas didáticas e seus contributos em alunos portugueses. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(1),70-84. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p70>
- Tenreiro-Vieira, C., & Vieira, R. M. (2020). Promover o Pensamento Crítico em Contextos CTS: Desenvolvimento de Propostas Didáticas para o Ensino Básico. *Indagatio Didactica*, 12(4), 471-484. <https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21823>
- Vázquez, A., & Manassero, M. A. (2012). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-31. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2749>
- Vázquez, A., & Manassero, M. A. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336. Recuperado de <https://cutt.ly/9mPw7aR>
- Vázquez, A., Manassero, M. A., & Acevedo (2006). An analysis of complex multiple choice science-technology-society items: Methodological development and preliminary results. *Science Education*, 90(4) 681-706. <https://doi.org/10.1002/sce.20134>
- Vázquez, A., Manassero, M. A., & Talavera, M. (2010). Actitudes y creencias sobre naturaleza de la ciencia y la tecnología en una muestra representativa de jóvenes estudiantes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(2), 333-352. Recuperado de <https://cutt.ly/1mPe5al>
- Zabala, M.A. (2004). *Diarios de clase. Un instrumento de investigación y desarrollo profesional*. Madrid, España: Narcea.

Recebido em: 15.08.2021

Aceito em: 12.02.2022

ANEXO I. PREGUNTAS DE LAS ENTREVISTAS DE SEGUIMIENTO AL ALUMNADO

- 1-. ¿Qué actividades o temas de las clases destacarías como más interesantes? ¿Por qué?
- 2-. ¿Qué actividades o temas de las clases consideras menos interesantes? ¿Por qué?
- 3-. ¿Qué cosas has aprendido durante las clases que antes no conocías?
- 4-. ¿Qué actividades o temas trabajados te han resultado más difíciles de entender?
- 5-. ¿Para qué crees que te ha servido el desarrollo de estas clases? ¿Crees que te ha ayudado a pensar?
¿Por qué?
- 6.1-. ¿Sabes quién debe tomar las decisiones con respecto a asuntos científicos como las fuentes de energía ¿Y antes habías pensado sobre esto?
- 6.2-. ¿Por qué crees que tiene que haber equilibrios entre los efectos negativos y positivos de la ciencia y la tecnología ¿Y antes habías pensado sobre esto?
- 6.3-. ¿Sobre de qué depende que se aplique una nueva tecnología? ¿Y antes habías pensado sobre esto?
- 6.4-. ¿Sabes si los ciudadanos tienen el control del desarrollo tecnológico? ¿Y antes habías pensado sobre esto?
- 7-. ¿Yo podría afirmar que todos los niños de 11 años Segovia son muy altos basándome solo en la altura de los niños de tu colegio? ¿Por qué?
- 8-. ¿Recuerdas el vídeo sobre el *fracking*? ¿Podrías decirme las dos posturas que defendían las personas que aparecían en el video y algún ejemplo de sus argumentos?

ANEXO II. RÚBRICA DE EVALUACIÓN PARA LAS PRODUCCIONES DE LOS ALUMNOS

	Máximo nivel de logro	Nivel de logro medio	Nivel de logro bajo
Estándar 1: conclusión	Expresa, la conclusión completa y fundamentada en evidencias válidas	Expresa la conclusión incompleta o mal expresada pero fundamentada en evidencias válidas	No expresa la conclusión de forma coherente con las evidencias
Estándar 2: razón	Expresa varias razones fundamentadas en evidencias válidas	Expresa una razón fundamentada en evidencias válidas	No Expresa razones fundamentadas en evidencias válidas
Estándar 3: contra argumento	Expresa varios contraargumentos fundamentados en evidencias válidas	Expresa un contraargumento fundamentado en evidencias válidas	No expresa contraargumentos fundamentados en evidencias válidas
Estándar 4: Toma de decisiones sobre asuntos científicos	<p>Comprende que:</p> <p>La decisión debería ser tomada de manera compartida entre científicos e ingenieros y ciudadanos informados. Los ciudadanos deberían decidir, porque la decisión afecta a todos; PERO científicos e ingenieros deberían aconsejar</p> <p>La decisión no debe depender del gobierno, aunque la política puede ayudar a la gestión</p>	<p>Comprender que:</p> <p>El gobierno debería decidir porque el tema es básicamente político; PERO científicos e ingenieros deberían aconsejar.</p>	<p>Comprende que:</p> <p>Los científicos e ingenieros deberían decidir porque tienen la formación y los datos que les permiten comprender mejor el tema</p> <p>Los ciudadanos no pueden, ni tienen por qué decidir porque no les afecta.</p> <p>Todo el poder de decisión depende del gobierno</p>
Estándar 5: equilibrios entre efectos positivos y negativos en ciencia y tecnología	<p>Comprenden qué</p> <p>Existen equilibrios porque los científicos no pueden predecir los efectos a largo plazo de los nuevos avances, a pesar de realizar cuidadosos estudios iniciales.</p>	<p>Comprende que:</p> <p>Existen equilibrios porque las cosas que son buenas para algunos serán malas para otros. Existen equilibrios porque no se pueden obtener resultados positivos sin probar una nueva idea y entonces trabajar los efectos negativos.</p>	<p>Comprende que:</p> <p>No existe equilibrio porque algunos nuevos desarrollos nos benefician sin producir efectos negativos.</p>