



Tecné, Episteme y Didaxis: TED

ISSN: 2665-3184

ISSN: 2323-0126

Universidad Pedagógica Nacional; Facultad de Ciencia y
Tecnología

Porras-Contreras, Yair Alexander; Tuay-Sigua, Rosa Nidia; Ladino-Ospina, Yolanda

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, núm. 48, 2020, pp. 143-161

Universidad Pedagógica Nacional; Facultad de Ciencia y Tecnología

DOI: <https://doi.org/10.7440/res64.2018.03>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=614270272009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org
UAEM

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto



Desarrollo de la habilidad argumentativa en estudiantes de educación media desde el enfoque de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología

- Argumentation's Development of High School Students from Nature of Science and Technology Approach
- Desenvolvimento da capacidade argumentativa em alunos do ensino médio a partir da perspectiva da natureza da ciência e tecnologia

Resumen

El propósito de este artículo de investigación es contribuir a los procesos de formación científica de estudiantes de enseñanza media a partir del desarrollo de la habilidad argumentativa, tomando algunos principios físicos como eje de referencia. Las habilidades argumentativas abordadas en una secuencia de aprendizaje (SEA) —que integra el enfoque CTS— evidencian la importancia de un proceso didáctico contextualizado que fomente el aprendizaje de aspectos fundamentales de la Naturaleza de la Ciencia (NdC); particularmente, las opiniones que formulan los estudiantes frente a cuestiones que involucran la sociología externa de la ciencia y la tecnología. Con la evaluación del proceso con un diseño de investigación cuasiexperimental —pretest-SEA-postest—, se reconoció una mejora en la habilidad argumentativa de los estudiantes y su progreso respecto a la Ciencia y la Tecnología. Así, se ratifican algunas situaciones específicas gracias a cambios significativos en las respuestas de los estudiantes en el Test de Halpern y el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia y Tecnología.

Palabras clave

habilidad argumentativa; pensamiento crítico; ciencia; tecnología; enseñanza; aprendizaje

Yair Alexander Porras-Contreras*
Rosa Nidia Tuay Sigua**
Yolanda Ladino Ospina***

* Doctor en innovación e Investigación en Didáctica. Profesor Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.

Correo electrónico: yporras@pedagogica.edu.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7111-0632>

** Doctora en Lógica, Historia y Filosofía de la Ciencia. Profesora Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.

Correo electrónico: rtuay@pedagogica.edu.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2040-2854>

*** Doctora en Educación. Profesora Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.

Correo electrónico: ladino@pedagogica.edu.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8820-1354>



Abstract

The purpose of this research article is to contribute to the processes of scientific education of middle school students based on the development of argumentative ability, considering studies about physical principles. The argumentative skills addressed a learning sequence (ls), integrated into the STS approach, have proved the importance of a contextualized didactic process that encourages learning of fundamental aspects of the Nature of Science (NoS), particularly those opinions of students regarding external sociology of Science and Technology. The process evaluation, a quasi-experimental research design (pretest+ls+posttest), allowed us to recognize an improvement in the student's argumentative ability and their progress about Science and Technology. Thus, results show significant changes in students answers to specific situations in Halpern test and Opinion Questionnaire on Science and Technology.

Keywords

argumentative skill; critical thinking; science; technology; teaching; learning

Resumo

O objetivo deste artigo de pesquisa é contribuir para os processos de educação científica de alunos do ensino médio, com base no desenvolvimento da capacidade argumentativa, tomando como referência o estudo de alguns princípios físicos. As habilidades argumentativas abordadas em uma sequência de aprendizagem (SEA), que integra a abordagem CTS, evidenciam a importância de um tratamento didático contextualizado com o qual incentivar a aprendizagem de alguns aspectos fundamentais da natureza da ciência (NdC), particularmente as opiniões dos alunos sobre questões que envolvem a sociologia externa da ciência e da tecnologia. A avaliação do processo, que segue um desenho de pesquisa quase experimental (pré-teste SEA+pós-teste), permitiu reconhecer uma melhoria na capacidade argumentativa dos alunos e um progresso em relação à imagem da ciência e da tecnologia, que ratifica com mudanças significativas nas respostas dos alunos a algumas situações específicas do teste de Halpern e do Questionário de Opinião sobre Ciência e Tecnologia.

Palavras chave

habilidade argumentativa; pensamento crítico; ciência; tecnologia; ensino; aprendizagem

Introducción

El crecimiento acelerado de la población mundial —7700 millones de personas al cierre de la segunda década del siglo XXI (ONU, 2019)— y el aumento en el uso de dispositivos móviles por el 66 % de la población mundial (GSMA, 2019) revelan la complejidad en los procesos de selección y apropiación social de la información que circula en la red. Algunas investigaciones señalan que más autores someten sus artículos al escrutinio público de las métricas alternativas (Altmetric, 2019), compartiéndolos en redes sociales, blogs, servicios de marcadores académicos, gestores de referencias, medios de comunicación, multimedia, canales, podcasts, preprints y sitios de revisión por pares posteriores a la publicación (Piwowar et al., 2018). Este ascenso exponencial de los datos ha generado problemas relacionados con el manejo ético de la información, particularmente las noticias falsas o *fake news* (Fernández-García, 2017), muy promocionadas en campañas electorales o productos de consumo masivo.

La rapidez en el acceso a la información justifica la necesidad de transformar los sistemas educativos para formar ciudadanos críticos, pensadores reflexivos, comprometidos con su realidad y capaces de tomar decisiones con base en pruebas y conocimientos (Manassero y Vázquez, 2020; Vázquez y Manassero, 2019; González-Galli, 2016; Scheid, 2016; Amórtegui, Gavidia, y Mayoral, 2017; Rivas, Amórtegui y Mosquera, 2017). La falta de una lectura crítica de la realidad ha contribuido al auge de una tendencia en redes sociales que fomenta la desconfianza, los rumores y la paranoia. Estos enfoques hacen necesario un análisis sobre las concepciones que construyen las personas, particularmente los docentes en ejercicio, sobre la tecnología (Ortega y Perafán, 2016), la biodiversidad (Pérez, 2019) y la cultura (Melo, 2017).

Del Vicario et al. (2016) analizan el auge de dos narrativas en el nicho tecnológico: una nace de las teorías conspirativas y otra es la propia información científica. Concluyen que el ecosistema social en el que se han convertido las redes sociales presenta un patrón similar de

consumo en ambas narrativas, pero difiere en el efecto de cascada de las noticias falsas, ya que estas se convierten en cámaras de eco que polarizan y socavan la veracidad de la información.

Ante este panorama el pensamiento crítico es vital en los procesos de formación ciudadana, particularmente en Colombia; un país megadiverso y pluricultural, pero con una serie de inequidades y desigualdades sociales. Por ello, se deben resaltar los esfuerzos de aquellas instituciones educativas que promueven la construcción de conocimientos, el desarrollo de habilidades, destrezas, actitudes y valores para resolver problemas y tomar decisiones fundamentadas, con las que se puedan promover emancipación y justicia social. Desde esta perspectiva, el pensamiento crítico se define como un proceso reflexivo, consciente y dinámico que conlleva a la acción. Se posiciona como una habilidad metacognitiva que ayuda a las personas a reflexionar sobre lo que piensan y en lo que pueden hacer.

La educación científica desde la perspectiva crítica es transformadora, se basa en el entendimiento sobre qué es la ciencia y la manera como funciona; además, articula una perspectiva epistemológica y sociológica relativa a la validación y la configuración social del conocimiento científico. Asimismo, se infiere otro propósito de la integración entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad: el posicionamiento de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología en los procesos de formación científica. Otro de los méritos del tratamiento didáctico de problemáticas sociocientíficas, aspectos socialmente relevantes o cuestiones socialmente vivas (Porras y Torres, 2019), es el fortalecimiento de valores como el respeto, el reconocimiento del otro, la empatía, la solidaridad, la tolerancia, la colaboración, entre otros, que se erigen como mecanismos de resistencia frente a aquellos dispositivos generados desde posiciones acríticas propias de las narrativas conspirativas.

Para propiciar el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en el contexto de la enseñanza de las ciencias, el presente trabajo busca que los estudiantes de educación media

de un colegio público de Bogotá mejoren su comprensión de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología, tomando como referencia el desarrollo del pensamiento crítico en Física, concretamente: la implementación de una Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje titulada “Huellas”.

Marco teórico

Pensamiento crítico

El pensamiento crítico (PC) es una de las habilidades fundamentales en el siglo xxi (Blair, 2019). Para discutir y comprender sobre la calidad del pensamiento y el papel de la escuela en la generación de condiciones de indagación e investigación de resolución de problemas mediante argumentos —evaluadas y comunicadas desde perspectivas intelectuales complejas y diversas— se deben exigir actitudes, conocimientos, competencias, habilidades y prácticas. Ampliar la significación del pensamiento crítico exige revisar las diversas perspectivas bajo las cuales se ha asumido el concepto, y la manera como se debe enseñar y evaluar.

Los caminos reales para abordar el PC surgen del aporte de Facione en los años noventa (Fisher, 2019) a partir de una declaración de consenso de expertos, en la que se definen condiciones para impactar las prácticas educativas a través de la transformación de la enseñanza rutinaria y la misma evaluación. Con el método Delphi se concluye que pensar críticamente requiere de habilidades cognitivas y disposiciones efectivas, que enfaticen en el conocimiento del contenido y la autorregulación para dar juicios de valor ante cualquier situación. Tung y Chang (2009, p. 291) consideran que un pensador crítico, particularmente un lector crítico de la realidad, tiene la capacidad de diferenciar hechos de opiniones; entiende los significados literales o implícitos al igual que el tono del narrador o quienes emiten un juicio; descubren la relación causal o las conexiones entre los eventos; detectan una relación inferencial a partir de los detalles observados; tienen la sensibilidad para percibir diferentes puntos de vista; hacen juicios justos y aplican lo que han aprendido en otros contextos y dominios (Wilson, 2012; Wright, 2015).

La forma en que se asume un pensador crítico parte de la revisión de diferentes autores. Norris y Ennis (1989) consideran que el PC está centrado en los pensamientos razonados y reflexivos que permiten a las personas tomar decisiones frente a lo que creen o hacen. Esta característica nace de la praxis individual y colectiva, y permite la construcción de contextos de significación sobre los diversos problemas que pueden ser abordados en el trabajo del aula. Así, Halpern (2003) define el pensamiento crítico como el “uso de las habilidades cognitivas o estrategias que incrementan la probabilidad de un resultado deseable. Es el pensamiento con propósito, razonado y dirigido a metas. Es el tipo de pensamiento involucrado en la resolución de problemas, la formación de inferencias, cálculo de probabilidades, y la toma de decisiones” (p. 6).

Argumentación

Según Vega-Reñón y Olmos (2012), la teoría de la argumentación ha tenido tres orientaciones en el transcurso de su historia: la primera deriva del análisis lógico,

pretende reconocer cómo unas proposiciones están justificadas por otras; la segunda viene de la dialéctica, resalta la actividad discursiva que busca la persuasión racional y el convencimiento de otros; la tercera es desde la retórica, pretende valorar el proceder del discurso, las fuentes y recursos de persuasión, al igual que el estilo del orador. Las diferentes vías o perspectivas de aproximación al desarrollo de las habilidades argumentativas en las clases de ciencias se orientan en la generación de condiciones prácticas para lograr la cohesión lingüística, sin desconocer las orientaciones discursiva y retórica como formas de interacción de los sujetos a través de los actos de habla.

La identificación, análisis y evaluación de buenos argumentos requieren considerar, además de sus fundamentos o solidez, la interacción discursiva evidenciada en debates o controversias para dirimir diferencias de opinión e influir sobre la conducta y las opiniones de las personas; intenta identificar y describir los recursos persuasivos construidos desde reglas consensuadas. Estas tres orientaciones requieren disposiciones teóricas, metodológicas, epistemológicas, pedagógicas, didácticas y psicológicas para analizar y evaluar el discurso argumentativo en la clase de ciencias. La argumentación, según Schwarz y Baker (2017), juega un papel central en la educación en ciencias, pues no solo permite alcanzar mejores niveles cognitivos, sociales y morales, sino una apropiación del discurso científico en consonancia con el trabajo epistémico de la ciencia.

Abordar las habilidades argumentativas y las implicaciones para la educación en ciencias exige explorar diferentes vías —escritura científica, controversias y disputas sociales, prácticas científicas, participación en entornos digitales, entre otros— con el fin de motivar a los estudiantes a adelantar una lectura crítica de las teorías y los conceptos científicos. Adicionalmente, promueve la comprensión del funcionamiento de la empresa científica y los procesos de toma de decisiones cotidianas (Bricker y Bell, 2008).

Metodología

Este estudio sigue los principios de la metodología mixta, que involucra recolección, selección, análisis e interpretación de datos cualitativos y cuantitativos en el estudio de un fenómeno particular (Leech y Onwuegbuzie, 2009). El diseño metodológico cuasiexperimental que orienta la investigación tiene como propósito “probar la existencia de una relación causal entre dos o más variables. Cuando la asignación aleatoria es imposible, los cuasiexperimentos —semejantes a los experimentos— permiten estimar los impactos del tratamiento o programa, dependiendo de si llega a establecer una base de comparación apropiada” (p. 58). Desde esta perspectiva, el uso de pretests, la implementación de una estrategia didáctica denominada Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje (SEA), y el empleo de postests constituyen ejes desde los cuales se promueven habilidades de Pensamiento Crítico (PC) y una mejor comprensión de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT).

La población de estudio está conformada por 13 estudiantes de grado once del colegio distrital Santa Librada de Bogotá, con edades entre los 15 y 17 años. Entre los objetivos del estudio se encuentra la integración de las habilidades del PC y la NdCyT, que busca promover un espacio de reflexión en torno a las estrategias de enseñanza y aprendizaje basadas en la resolución de problemas. En este sentido, se realiza un estudio de las investigaciones sobre el pensamiento crítico en la educación en ciencias en el Sistema Educativo colombiano en las bases de datos Scielo y Dialnet. Además, se reflexiona sobre las estrategias didácticas que pueden permitir el despliegue de las habilidades de PC en la población de estudio. Por ello, en el interior del grupo de trabajo se empleó un diseño de investigación pretest, estrategia, postest basado en la propuesta metodológica del proyecto CYTPENCR, utilizando instrumentos validados y empleados en diferentes investigaciones (Cobo, Abril y Romero, 2019; Halpern, 2010; Vázquez, Acevedo y Manassero et al., 2006).

Fase inicial

Para evaluar algunas habilidades de pensamiento crítico, se utiliza el Test de Halpern (*Halpern Critical Thinking Assessment Using Everyday Situations, HCTAES*), que consta de 25 ítems asociados a situaciones cotidianas que deben responderse de manera abierta o cerrada. Estos se distribuyen en cinco dimensiones propias del pensamiento crítico: razonamiento verbal, análisis de argumentos, verificación de hipótesis, probabilidad e incertidumbre, toma de decisiones y resolución de problemas. En cuanto a las habilidades argumentativas, se seleccionan cinco ítems que pretenden determinar si el estudiante elabora un argumento en torno a situaciones cotidianas, como se indica en la Tabla 1:

Tabla 1. Objetivos de las cinco situaciones del Test de Halpern abordadas por los estudiantes

Situación 11	Categoría: Argumentación
--------------	--------------------------

Objetivo: Determinar si el estudiante reconoce la posibilidad de que el país pueda tener una buena economía, aún si el Gobierno no está haciendo un buen trabajo.

Situación 12	Categoría: Argumentación
--------------	--------------------------

Objetivo: Determinar si el estudiante identifica las partes clave de un argumento: la conclusión, las razones y el contraargumento.

Situación 13	Categoría: Argumentación
--------------	--------------------------

Objetivo: Determinar si el estudiante puede generar un argumento que contenga una razón, una conclusión y un contraargumento.

Situación 14	Categoría: Argumentación
--------------	--------------------------

Objetivo: Determinar si el estudiante puede reconocer una falacia.

Situación 15	Categoría: Argumentación
--------------	--------------------------

Objetivo: Determinar si el estudiante puede formular una opinión, una razón y una conclusión.

Fuente: elaboración propia.

Con el fin de evaluar las actitudes de los estudiantes que involucran opiniones frente a situaciones relacionadas con la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología, se diligenciaron 9 cuestiones del *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia y Tecnología* (COCT) sobre la sociología externa de la ciencia.

Fase de desarrollo

El instrumento de intervención didáctica es la Secuencia de Actividades denominada “La observación en la ciencia”, elaborada en el marco del proyecto EANCYT. Su propósito es mejorar la comprensión de la observación y establecer diferencias entre mirar, observar e inferir. Las actividades que se desarrollaron corresponden a la sección “Pistas misteriosas”, en la que se presentan figuras a los estudiantes con una secuencia de huellas, solicitándoles que respondan frente a lo que observan para concluir que una inferencia es una interpretación de lo que se ve.

Tabla 2. Secuencia de Aprendizaje (SEA)

Tiempo	Actividades (alumnado / profesorado)	Metodología/organización		Materiales/ recursos
	ENGANCHAR Introducción-motivación			
15'	Dan ejemplos / Los científicos siempre están proponiendo ideas o teorías para intentar explicar las cosas que suceden en el mundo.	Toda la clase		Verbal
	ELICITAR Conocimientos previos			
15'	Dan ejemplos / A veces las ideas nuevas surgen porque las viejas ideas no se ajustan a las observaciones.	Toda la clase		Verbal
	Actividades de desarrollo			
	EXPLICAR Contenidos			
15'	Preguntan y escuchan / Una observación es lo que realmente se ve.	Toda la clase		Ejemplos
	EXPLICAR Procedimientos			
45'	Crear ideas / ¿Qué se observa en la figura?	Individual	Figura 1*	Figuras prediseñadas
	Escriben sus ideas de observación sobre la figura 1 /			
	Exhibe figura 1	Inductiva	Figura 2*	
		Se exhibe figura 1, después la figura 2, y finalmente la 3.		
	Escriben sus ideas de observación sobre la figura 2 / Exhibe figura 2		Figura 3*	
	Escriben sus ideas de observación sobre la figura 3 / Exhibe figura 3		(Figuras proyectadas Anexo 1)	
	Preguntan y escuchan / Una inferencia es una interpretación de lo que se ve.	Toda la clase		

Desarrollo de la habilidad argumentativa en estudiantes de educación media desde el enfoque de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología
Yair Alexander Portas-Contreras, Rosa Nidia Tuy Siguia, Yolanda Lodino Ospina

Tiempo	Actividades (alumnado / profesorado)	Metodología/organización		Materiales/ recursos	
30'	EXPLICAR Actitudes			Listado de observaciones en hojas	
	Cada estudiante ordena y lee al grupo sus ideas.				
	Apertura de mente para aceptar todas las ideas nuevas.				
	El grupo elabora su lista de observaciones / Regula discusiones				
15'	EXPLORAR Consolidación				
	Argumentar y discutir las ideas expuestas por cada grupo / Diferenciar las aportaciones que son observaciones de las que son inferencias.				
	Cada grupo elabora una lista nueva de observaciones y de inferencias / Regula.				
20'	Preguntan y escuchan / Conclusión: una inferencia es una interpretación de lo que se ve; varias inferencias son posibles.	Individual	Listado por grupo		
	EVALUAR				
25'	Instrumentos (seleccionar cuestiones del COCTS para evaluar).	Pre-postest	40211, 40221, 40231, 40311, 40321, 40411, 40421, 40441, 40451.		
	EXTENDER Actividades de refuerzo				
20'	Elaboran escrito del relato personal final / Regula, supervisa.	Individual			
	EXTENDER Actividades de ampliación				
25'	Se aplican las conclusiones sobre mirar, observar e inferir con situaciones propias de la física: cinética y dinámica de los cuerpos.	Individual			

Fase de finalización

La evaluación de la efectividad de la intervención didáctica se realizó a partir de la comparación entre las habilidades argumentativas previas y posteriores a la implementación. De igual manera, las actitudes de los estudiantes sobre los temas CTS —evidenciadas en las respuestas a las 9 cuestiones del CoCTS y relacionadas con la sociología externa de la ciencia— demuestran una tendencia al cambio antes y después del tratamiento didáctico.

Resultados y análisis

Para comprobar la eficacia de la secuencia didáctica en el desarrollo de las habilidades argumentativas y una mejor comprensión de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología, se consideran los pretest y postest de las cinco situaciones del Test de Halpern sobre análisis de argumentos y las diez cuestiones del CoCTS relacionadas con la sociología externa de la ciencia —entendida como el tipo de relaciones que establecen los estudiantes entre la sociedad y el sistema de Ciencia y Tecnología—.

Esta evaluación de las relaciones entre el PC y la NdCyT permite otorgar una especial importancia a la educación científica y tecnológica, que promueve una ciudadanía comprometida con la toma de decisiones, especialmente sobre aquellas cuestiones de la vida real relacionadas con la CyT (Acevedo, 2004). Al respecto, Vázquez, Acevedo y Manassero (2005) proponen una educación científica humanística a partir de una alfabetización científica y tecnológica para la ciudadanía, a través de la transformación del aula cerrada en un sistema abierto a la realidad. Esta perspectiva permite transferir los resultados de las investigaciones a otros contextos de significación, que para el presente estudio confluyen en los argumentos que construyen los estudiantes frente a situaciones cotidianas relacionadas con Ciencia y Tecnología.

Resultados Cuestionario Test de Halpern y adaptación de la secuencia didáctica

Se aplicó el cuestionario HCTAES —modificado antes y después de la secuencia de aprendizaje titulada “Pistas misteriosas”— para verificar el efecto de la intervención didáctica en el desarrollo de la habilidad argumentativa de los 13 estudiantes que participaron en el estudio. El HCTA presenta un alto nivel de confiabilidad debido a un método de puntuación único. En este, los participantes responden a indicaciones que demuestran su capacidad para razonar verbalmente, analizar argumentos, verificar hipótesis, reconocer la probabilidad e incertidumbre en situaciones cotidianas, tomar decisiones fundamentadas y resolver problemas.

La validez de constructo del HCTA se ha evaluado en una serie de estudios que incluyen diseños experimentales pre-postest, en muestras que incluyen estudiantes de secundaria y universitarios, al igual que docentes en formación y en ejercicio de numerosos países. Las 25 situaciones incluyen escenarios cotidianos que permiten evidenciar un factor de pensamiento crítico general y la separación de las facetas de reconocimiento y recuerdo (Butler, 2012).

1. La situación 11-P2, primera de la dimensión argumentación, pretende determinar si el estudiante reconoce la posibilidad de que el país pueda tener una buena economía, aun si el Gobierno no está haciendo un buen trabajo. De acuerdo con los resultados presentados, no hubo cambios significativos en las respuestas de los estudiantes antes y después de la intervención didáctica, lo que demuestra cierta dificultad para escoger una opción que permita elaborar un argumento sólido frente al enunciado de referencia.

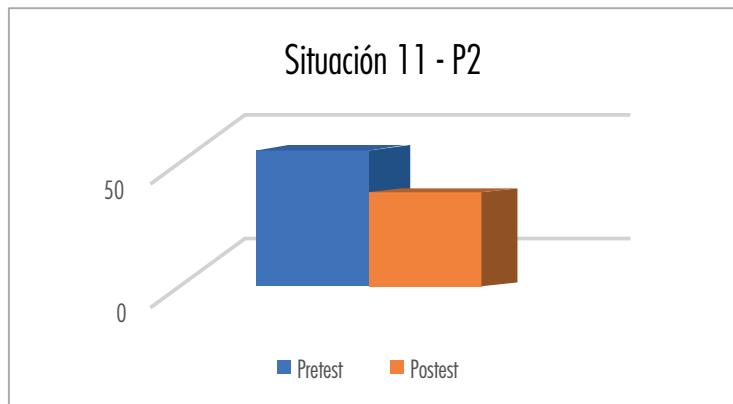


Figura 1. Resultados de pretest y postest frente a la situación 11-P2

Fuente: elaboración propia.

Según Bañales et al. (2014), uno de los obstáculos para los estudiantes universitarios, que coincide con el grupo de último año de bachillerato, es entender que los tipos de tareas y preguntas de indagación vinculadas a la argumentación disciplinar requieren de un entendimiento de los tipos de preguntas controversiales formulados el ámbito disciplinar. Por lo tanto, debería acercarse a los estudiantes al contexto de la reflexión académica como reto para la alfabetización científica y tecnológica. Desde esta perspectiva, la secuencia didáctica permitió a los estudiantes observar desde un nivel básico las imágenes presentadas en relación con las "huellas misteriosas", lo que propició algunas generalizaciones acríticas con respecto a cada una de las tres figuras presentadas. En el primer caso, la totalidad de estudiantes señala que las huellas presentadas son de dos animales, bípedos, quizás aves. Un estudiante (E8) considera que alguna de las aves lleva un movimiento constante por su tipo de huella: "Una tiene un trayecto constante y deja a la otra en pocos pasos".

Los resultados de la primera actividad de la SEA permiten deducir que los estudiantes presentan dificultades para hacer conjeturas sobre las alternativas que se les muestran, lo cual lleva a establecer conclusiones que se relacionan con una observación básica, desde la descripción preliminar de la situación. Al respecto, es necesario introducir el análisis de situaciones cotidianas propias de la mecánica, en procura de la construcción de argumentos y elaboraciones individuales y colectivas. El acercamiento a estos razonamientos cualitativos supone seguir las interacciones discursivas con las que los estudiantes elaboran y expresan sus ideas. En consecuencia, es importante orientarlos de manera explícita sobre las condiciones que permiten elaborar argumentos factibles.

Con base en los resultados preliminares se incluyen unos elementos de carácter metodológico (Kingsbury, 2019) adaptados a la SEA, que contribuyen al proceso de construcción de argumentos plausibles por parte de los estudiantes. Se presenta una situación en el contexto del transporte de pasajeros en autobús, en la cual los estudiantes infieren la dirección en la que las personas caen al frenar de manera súbita. Se les pide a los estudiantes que expliquen hacia dónde cayeron y contesten las siguientes cuestiones:

- a. Escriba las razones para deducir que esta es una buena explicación. Si la explicación no es una que usted cree, piense: ¿Qué razones podría tener alguien para creer en esa conclusión?

Las razones que aducen los estudiantes recaen en adaptar algunos conceptos de la física que harían más robusto el argumento (Vizcaino-Arévalo y Terrazzan, 2015). De hecho, 11 estudiantes (85 %) incluyen en la explicación los principios de la inercia, señalando que:

"La inercia es la propiedad que poseen todos los cuerpos para mantenerse en estado de reposo o movimiento hasta que una fuerza externa cambia su estado" (E13).

"El bus frenó y actuó la inercia" (E9).

"Al frenar el bus en seco la fuerza de inercia hace que la persona vaya a la misma velocidad del bus" (E4).

- b. Concéntrese en una razón o grupo de razones relacionadas. Considere si hay o no premisas no declaradas que deban agregarse antes de que esas razones respalden su conclusión. Si existen, agregue las premisas.

La mitad de los estudiantes incluyen nuevos elementos explicativos, centrados en las razones que permiten dilucidar la situación:

"Al frenar el bus la persona tiene una fuerza motriz que llevaba el bus y continúa con dicha fuerza motriz" (E10).

"El autobús lleva una velocidad que al frenar actúa en el individuo" (E4).

"Las personas llevan la misma velocidad que tiene el autobús" (E7).

- c. Considere si sus premisas iniciales y su suposición no declarada son plausibles. ¿Necesitan un respaldo adicional para que el público las acepte?

En esta parte se pide a los estudiantes que introduzcan los elementos del punto 1 y 2 para construir una conclusión:

"Al frenar el carro la inercia desplaza a las personas hacia adelante, debido a que llevan la misma velocidad del autobús" (E2).

"Al ir el bus en movimiento, los pasajeros seguirán la velocidad que llevaba el bus a menos que algo los detenga" (E5).

- d. Evalúe su argumento como si fuera el de otra persona. Considere qué objeciones podría plantear una persona capaz y con conocimiento. ¿Las premisas son plausibles tal como están, o necesitan más apoyo? ¿Las premisas brindan suficiente apoyo para la conclusión? ¿Si fueran verdaderas, harían la conclusión lo suficientemente probable? Si no, ajuste su argumento en consecuencia. Una forma de probar la cantidad de apoyo que las premisas dan a la conclusión es tratar de construir ejemplos contrarios: vea si puede pensar en alguna situación en la que las premisas sean verdaderas pero la conclusión sea falsa.

Al evaluar los componentes del argumento, se solicita a los estudiantes que tengan en cuenta otra situación similar a la analizada. Se llega a la conclusión grupal de explicar lo que ocurre al estrellar dos carros chocones de frente. Se verifican afirmaciones, razones, garantías, evidencias, contraargumentos y respaldos, que se traducen en explicaciones plausibles que involucran choques elásticos y la tercera ley de Newton:

"Es la tercera ley de Newton, dice que si le aplicamos una fuerza a un objeto este reacciona con una fuerza de igual magnitud" (E8).

"Los carros al chocarse rebotarán y la inercia si estás en el carro te devolverá" (E5).

"Al chocarse los carros se dirigen en direcciones opuestas debido a la fuerza que llevaban" (E3).

2. Los resultados plausibles frente a la situación 12-P2 del cuestionario HCTAES modificado permitieron determinar si los estudiantes identifican las partes clave de un argumento: la conclusión, las razones y el contraargumento en una situación que implica escoger una carrera profesional (Figura 2). Existe una mejora significativa en las respuestas de los estudiantes, específicamente en los ítems 2 y 4, que se refieren a la elaboración de una conclusión y una razón. Los ítems 1 y 3, relacionados con las razones de un argumento, obtuvieron las mismas respuestas en el pretest y el postest. Sin embargo, se resalta que nueve de los 13 estudiantes dieron como razón fundamental para escoger una carrera lo interesante que esta puede resultar.

Asimismo, existe una dificultad para reconocer los contraargumentos. Pareciera que los estudiantes se quedan con su forma básica, reconociendo una afirmación y una razón, pero desconociendo la estructura compleja de un argumento en cuanto a afirmaciones, razones, garantías, evidencias, contraargumentos y respaldo (Bañales et al., 2015).

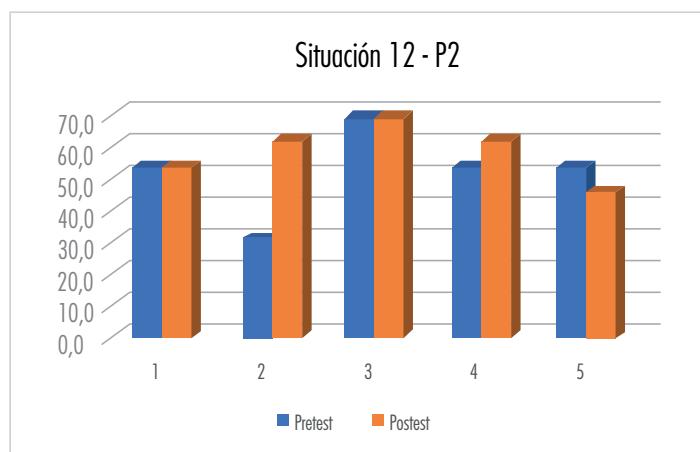


Figura 2. Resultados de pretest y postest frente a la situación 12-P2

Fuente: elaboración propia.

3. Al igual que la anterior cuestión, la situación 13 P-2 pretende establecer si el estudiante identifica las conclusiones, las razones y los contraargumentos de una situación cotidiana relacionada con el requisito del servicio público para obtener un título de grado (Figura 3). Se destaca el aumento de las respuestas adecuadas en 4 de 5 ítems del postest referidos a las partes de un argumento, como la razón —ítems 1 y 5—, el contraargumento —ítem 2— y la conclusión —ítem 3—. Es significativo que en el componente razón, el postest tenga un aumento del 23 % en el ítem 1 y de 31 % en el ítem 2. Estos resultados se explican por el avance de los estudiantes en el reconocimiento de las razones que apoyan un argumento.

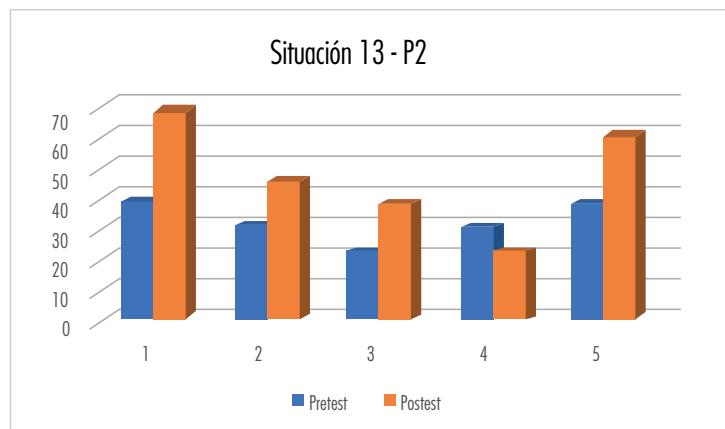


Figura 3. Resultados de pretest y posttest frente a la situación 13-P2

Fuente: elaboración propia.

La situación 14 P-2 tiene por objeto determinar si el estudiante puede reconocer una falacia. La situación planteada se enfoca en analizar la aceptación de un número mayor de inmigrantes por parte de un país y la posibilidad de aumentar las cuotas a todos los países (Figura 4). Los resultados de esta cuestión son muy bajos tanto en el pretest como en el posttest. Existe una dificultad en los estudiantes de reconocer una analogía de la falacia presen-

tada, pues el aumento de la cuota para varios países no significa necesariamente un aumento para los demás. Esta situación ratifica el énfasis que se le brinda a la argumentación desde la NdCyT, concretamente en la formación de ciudadanos bien informados que evalúen las teorías conspirativas o las noticias falsas. Así, es posible reconocer razones, fuentes, evidencias y contraargumentos.

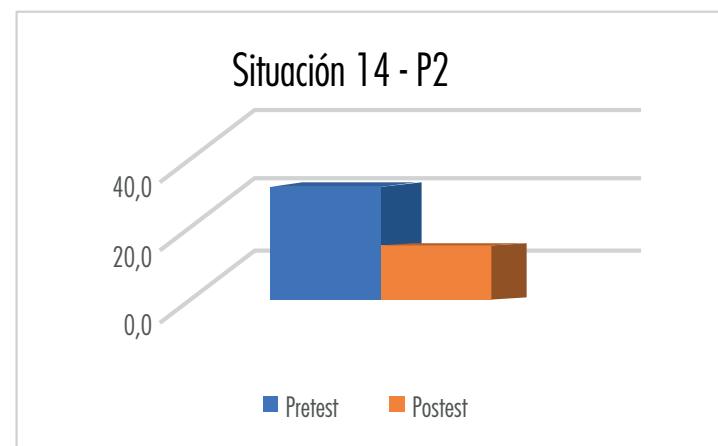


Figura 4. Resultados de pretest y posttest frente a la situación 14-P2

Fuente: elaboración propia.

Desde esta perspectiva, es necesario involucrar a los estudiantes en actividades que les permitan generar conocimiento relevante, a través del uso de fuentes creíbles, con el propósito de que asuman una posición informada en la cual construyan argumentos y contraargumentos basados en pruebas; además de plantear y resolver preguntas que aclaren, cuestionen o ratifiquen puntos de vista y hechos.

El propósito de la situación 15 P-2 consiste en determinar la capacidad del estudiante de proporcionar una opinión, un hecho o un argumento frente a una situación: la decisión de un alcalde de pintar los edificios de una ciudad con una pintura que permita limpiar fácilmente los grafitis.

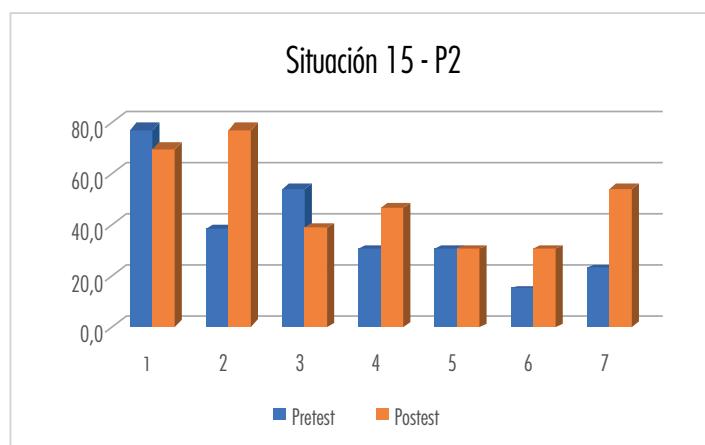


Figura 5. Resultados de pretest y posttest frente a la situación 15-P2

Fuente: elaboración propia.

Se infiere una mejoría en las respuestas de los estudiantes en el posttest: se refleja en los ítems 2, 4, 6 y 7, centrados en el reconocimiento de hechos y argumentos. Los ítems 1 y 5, que corresponden al reconocimiento de opiniones, presentan puntuaciones relativamente bajas, bien por la dificultad de los estudiantes de diferenciar su carácter debatible o por la tendencia de asumir las generalizaciones acríticas como posturas válidas. En otro sentido, los ítems 2 y 6, relativos al reconocimiento de hechos, presentan un aumento significativo en los resultados del posttest, lo que demuestra cierta capacidad de los estudiantes para determinar las características de ciertos acontecimientos. Los ítems 3, 4 y 7 constituyen argumentos, presentando un resultado bajo para el primero y un significativo aumento en los dos últimos, denotando una mejor disposición para el reconocimiento de razones y conclusiones; particularmente las justificaciones de asumir o no el uso de pintura que facilite la limpieza de los grafitis.

Resultados COCTS relacionados con la sociología externa de la ciencia

El análisis de las respuestas de los estudiantes a las nueve cuestiones del COCTS, relacionadas con la sociología externa de la ciencia y la tecnología, permitió reconocer representaciones y opiniones sobre las complejas relaciones entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad. De acuerdo con algunos autores (Vázquez y Manassero, 2019; Massi y Linhares, 2019), estas son reforzadas en las instituciones educativas con visiones descontextualizadas, que deben ser debatidas, reflexionadas y movilizadas desde la misma formación del estudiantado.

De hecho, algunos resultados que ratifican esas ideas muestran que el promedio de los índices ponderados para las nueve cuestiones aplicadas en la etapa de pretest es ligeramente positivo (+0,095). Esto demuestra que la tendencia actitudinal inicial de los estudiantes respecto a la sociología externa de la ciencia

cia es moderada (tabla 3). Según Vázquez, Manassero y Acevedo (2005), las valoraciones de las frases se transforman en un índice actitudinal global (rango: -1, +1) mediante un método interpretativo que requiere una clasificación previa de las frases: adecuadas, plausibles e ingenuas.

Tabla 3. Resultados globales de respuesta de los estudiantes en la fase de pretest y postest

Cuestiones sociología externa	INICIAL				FINAL			
	Adecuadas	Plausibles	Ingenuos	Índice Ponderado	Adecuadas	Plausibles	Ingenuos	Índice ponderado
40211	0,515	0,092	-0,523	0,023	0,183	0,039	-0,231	-0,003
40221	0,542	0,238	-0,192	0,192	0,327	0,413	-0,058	0,227
40231	0,731	-0,031	-0,015	0,223	0,481	0,183	0,154	0,272
40311	0,100	0,085	-0,400	-0,062	0,212	0,252	-0,423	0,013
40321	0,600	-0,108	-0,225	0,062	0,577	0,263	-0,481	0,120
40411	0,362	0,017	-0,008	0,131	0,250	0,346	-0,096	0,167
40421	0,369	0,077	-0,208	0,085	0,221	0,371	-0,212	0,127
40441	0,233	-0,025	-0,238	-0,023	0,231	0,404	-0,102	0,177
40451	0,717	0,008	0,033	0,225	0,462	0,353	0,019	0,278
Promedio	0,463	0,039	-0,197	0,095	0,327	0,292	-0,159	0,153

Fuente: elaboración propia.

En el pretest, el índice ponderado con el valor más positivo (+0,225) se obtiene en la cuestión 40451 sobre el papel exclusivo de la Ciencia y la Tecnología en la solución de los problemas de contaminación. El índice ponderado más negativo (-0,062) corresponde a la cuestión relacionada con efectos negativos y positivos de la Ciencia y la Tecnología. Como puede apreciarse, el reconocimiento de las actitudes de los estudiantes en términos de disposiciones psicológicas personales, que implican una valoración de los beneficios y los perjuicios de la Ciencia y la Tecnología, aún es incipiente en la etapa de pretest. Por estas razones, resulta conveniente tomar decisiones con respecto a la necesidad de una alfabetización científica y tecnológica que fomente un pensamiento crítico contextualizado.

En el postest, el índice ponderado con el valor más positivo (+0,278) continúa siendo la cuestión 40451 relacionada con la responsabilidad de la Ciencia y la Tecnología en la solución de los problemas de contaminación. El único índice ponderado negativo del postest (-0,003) corresponde a la cuestión 40211 sobre el papel de científicos e ingenieros en las decisiones científicas y tecnológicas de un país. Los planteamientos esbozados hasta este punto invitan a considerar la evolución de las respuestas de los estudiantes en relación con las ideas y actitudes que construyen sobre el papel de la Ciencia y la Tecnología en la sociedad, resaltando el papel del tratamiento didáctico contextualizado que se presenta en la SEA. De esta manera, la evolución en la configuración de los procesos de formación desde el enfoque de la NdCyT se evidencia comparando las respuestas de los estudiantes en el postest y en el pretest (tabla 4).

Tabla 4. Cambio en las respuestas de los estudiantes (final-inicial)

Cuestiones	CAMBIO FINAL-INICIAL			Índice Ponderado
	Adecuadas	Plausibles	Ingenuos	
40211	-0,332	-0,053	0,292	-0,026
40221	-0,215	0,175	0,134	0,035
40231	-0,25	0,214	0,169	0,049
40311	0,112	0,167	-0,023	0,075
40321	-0,023	0,371	-0,256	0,058
40411	-0,112	0,329	-0,088	0,036
40421	-0,148	0,294	-0,004	0,042
40441	-0,002	0,429	0,136	0,2
40451	-0,255	0,345	-0,014	0,053
Promedio	-0,136	0,253	0,038	0,058

Fuente: elaboración propia.

Como se indica en la tabla, ocho de los nueve índices ponderados para las cuestiones del COCTS analizadas en función de la sociología externa de la ciencia y la tecnología presentan una valoración positiva después de la intervención didáctica. Si bien los valores reflejan un cambio significativo en los índices actitudinales en el postest, aún siguen siendo moderados con respecto a las expectativas frente al papel de la Ciencia y la Tecnología en la sociedad.

Consideraciones finales

La articulación de procesos de formación científica y tecnológica con el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, a través de una propuesta didáctica centrada en la construcción de argumentos, ha permitido que los estudiantes consideren importante una actuación ciudadana que cuestione ciertas explicaciones relacionadas con la influencia de la Ciencia y la Tecnología en la sociedad.

Los resultados globales en función de la habilidad argumentativa y las actitudes frente a la Ciencia y la Tecnología, referidos a la sociología externa, permiten inferir que el trabajo iniciado con estudiantes de enseñanza media pretende, en principio, formar ciudadanos que aprendan a evaluar la credibilidad de las fuentes de información, identifiquen los aspectos explícitos e implícitos de un argumento —bien sea una declaración, una noticia o una conversación—, además de rechazar aquellas conclusiones que no estén respaldadas por razones válidas o se escapen al escrutinio crítico.

El reconocimiento de la Ciencia y la Tecnología como procesos no neutrales, que en ocasiones pueden alimentar la discriminación, las desigualdades y las injusticias, justifican la necesidad de un tratamiento complejo en los procesos de formación científica ciudadana. En consecuencia, la evaluación de las actitudes relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad pretende que los estudiantes desarrollen y ejerzan esa capacidad de captar conexiones infe-

rentiales que se sostienen entre afirmaciones, además de aprender estrategias metacognitivas de autorregulación, monitoreo cognitivo y evaluación para una mejor toma de decisiones dentro y fuera el salón de clases.

Agradecimientos

Proyecto EDU2015-64642R (AEI/FEDER, UE), financiado por la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

Referencias

- Acevedo-Díaz, J. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3–16. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92010102>
- Altmetric. (2019). Embiggen [Ruby]. <https://github.com/altmetric/embiggen>
- Amórtegui-Cedeño, E., Gavidia-Catalán, V., y Mayoral, O. (2017). Las prácticas de campo en la enseñanza de la biología y la formación docente: estado actual de conocimiento. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (Número Extraordinario). <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/4416>
- Bañales, G., Vega, N., Reyna, A., Pérez, E. y Rodríguez, B. (2014). La argumentación escrita en las disciplinas: retos de alfabetización de los estudiantes universitarios, *Revista Internacional de Ciencias Sociales. SOCOTAM*, 24(2), 27-50.
- Bañales, G., Vega, N., Araujo, N., Reyna, A. y Rodríguez, B. (2015). La enseñanza de la argumentación escrita en la universidad: una experiencia de intervención con estudiantes de lingüística aplicada. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 20(66), 879-910.
- Blair, J. (ed.) (2019). *Studies in Critical Thinking*. University of Windsor.
- Bricker, L. y Bell, P. (2008). *Conceptualizations of Argumentation from Science Studies and the Learning Sciences and Their Implications for the Practices of Science Education*. Seattle: University of Washington. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/sce.20278>
- Butler, H. A. (2012). Halpern critical thinking assessment predicts real world outcomes of critical thinking. *Applied Cognitive Psychology*, 26, 721-729.
- Cobo Huesa, C., Abril Gallego, A. M., y Romero Ariza, M. (2019). Propuesta didáctica en la formación de profesorado para trabajar naturaleza de la ciencia y pensamiento crítico. Ápice. *Revista de Educación Científica*, 3(1), 15-28.
- Del Vicario, M., Bessi, A., Zollo, F., Petroni, F., Scala, A., Caldarelli, G., Stanley, H. E. y Quattrociocchi, W. (2016). The spreading of misinformation online. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 113(3), 554-559.
- Fernández-García, N. (2017). Fake news: una oportunidad para la alfabetización mediática. *Nueva Sociedad*, 269, 66-67. https://nuso.org/media/articles/downloads/5.TC_Fernandez_269.pdf
- Fisher, A. (2019). What Critical Thinking Is. In: Blair, J. (ed.) (2019). *Studies in Critical Thinking* (pp. 17-31). University of Windsor.
- González-Galli, L. (2016). El problema de la teleología y la metáfora del diseño en biología: cuestiones epistemológicas e implicancias didácticas. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (40), 149-173. <https://doi.org/10.17227/01203916.6151>
- GSMA. (2019). *The Mobile Economy 2019*. <https://www.gsmaintelligence.com/research/?file=b9a6e6202ee1d5f787cfbb95d3639c5&download>

- Halpern, D. F. (2003). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking*. Erlbaum.
- Halpern, D. F. (2010). *The Halpern critical thinking assessment: Manual*. Schuhfried.
- Kingsbury, J. (2019). Teaching argument construction. In J. A. Blair (Ed.), *Studies in Critical Thinking* (Vol. 8, pp. 59-64). University of Windsor.
- Leech, N.L. y Onwuegbuzie, A.J. (2009) A typology of mixed methods research designs. *Quality & Quantity*, 43, 265-275.
- Manassero-Mas, M.A. y Vázquez-Alonso, A. (2020). Evaluación de destrezas de pensamiento crítico: Validación de instrumentos libres de cultura. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (47), 15-32. <https://doi.org/10.17227/ted.num47-9801>
- Marques, R., Tenreiro, C. y Martins, I. (2011). Critical thinking: Conceptual clarification and its importance in science education. *Science Education International*, 22, 43-45
- Massi, L. y Linhares-Queiroz, S. (2019). Aspectos de la naturaleza de la ciencia presentes en el discurso científico: investigando los efectos del sentido del lenguaje científico. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (46), 101-121. <https://doi.org/10.17227/ted.num46-8185>
- Melo, N. (2017). Los puentes en la enseñanza de las ciencias: un compromiso para comprender las investigaciones sobre las relaciones entre conocimientos científicos escolares y conocimientos ecológicos tradicionales. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (42), 43-61. <https://doi.org/10.17227/01203916.6962>
- Norris, S. y Ennis, R. (1989). *Evaluating critical thinking*. Pacific Grove: Midwest Publications.
- Ortega, J. M., y Perafán, G. A. (2016). El concepto de tecnología escolar: una construcción de conocimiento profesional específico del profesorado de tecnología e informática. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (40), 13-49. <https://doi.org/10.17227/01203916.6145>
- Pérez, R. (2019). Concepciones de biodiversidad y prácticas de cuidado de la vida desde una perspectiva cultural. Reflexiones a propósito de la formación de profesores de biología. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (45), 17-34. <https://doi.org/10.17227/ted.num45-9830>
- Piwowar, H., Priem, J., Larivière, V., Alperin, J.P., Matthias, L., Norlander, B., Farley, A., West, J., Haustein, S. (2018). The State of OA: A large-scale analysis of the prevalence and impact of Open Access articles. *PeerJ* 6: e4375.
- Porras-Contreras, Y. y Torres_Aranguren, J. (2019). El dopaje deportivo como cuestión socialmente viva: una revisión bibliográfica. *Química Nova*, 42(8), 955-961.
- Quattrociocchi, W. (2016) The spreading of misinformation online. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 113 (3), 554-559. <http://www.pnas.org/content/pnas/113/3/554.full.pdf>

- Rivas-Aviléz, J., Amórtegui-Cedeño, E. F., Y Mosquera, J. A. (2017). Estado del arte de los trabajos de grado realizados en el programa de licenciatura en ciencias naturales de la universidad surcolombiana (2006-2015): Caracterización desde el conocimiento del profesor. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (Número Extraordinario). <https://revisitas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/4475>
- United Nations. (2019). *World Population Prospects 2019*. <https://population.un.org/wpp/>.
- Scheid, N. M. J. (2016). Os desafios da docência em ciências naturais no século xxi. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 40, 177-196. <https://doi.org/10.17227/01203916.6153>
- Schwarz, B. y Baker, M. (2017). *Dialogue, argumentation and education: History, theory and practice*. Cambridge University Press.
- Tung, C. A. y Chang, S. Y. (2009). Developing critical thinking through literature reading. *Feng Chia Journal of Humanities and Social Sciences*, 19, 287-317. <http://www.cocd.fcu.edu.tw/wSite/publicfile/Attachment/f1262069682958.pdf>
- Vázquez-Alonso, A., Acevedo-Díaz, J. y Manassero-Mas, M.A. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2). http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART5_Vol4_N2.pdf
- Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2006). Aplicación del Cuestionario de Opiniones CTS con una nueva metodología en la evaluación de un curso de formación CTS del profesorado. *Tarbiya*, 37, 31-65.
- Vázquez, A., Manassero, M. A. y Acevedo, J. A. (2005). Análisis cuantitativo de ítems complejos de opción múltiple en ciencia, tecnología y sociedad: Escalamiento de ítems. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 7(1). <http://redie.uabc.mx/vol7no1/contenido-vazquez.html>.
- Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, M. A. (2019). La educación de ciencias en contexto: Aportaciones a la formación del profesorado. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (46), 15-37. <https://doi.org/10.17227/ted.num46-10538>
- Vizcaino-Arévalo, D. F. y Terrazzan, E. A. (2015) Diferencias trascendentales entre matematización de la física y matematización para la enseñanza de la física. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (38), 95-111. <https://doi.org/10.17227/01203916.3789>
- Vega-Reñón, L. y Olmos, P. (eds.). (2012). *Compendio de lógica, argumentación y retórica*. Madrid: Editorial Trotta.
- Wilson, J. (2012). Thinking Critically about Critical Thinking. *Educational Philosophy and Theory*, 44(5), 464-479
- Wright, D. (2015). Review of The Palgrave Handbook of Critical Thinking in Higher Education Part V "Critical Thinking and the Cognitive Sciences". *Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines*, 30(2), 54-62.

Para citar el artículo

- Porras, Y., Tuay, N. y 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>