



Relaciones entre pensamiento crítico, naturaleza de la ciencia y la tecnología en la educación científica y tecnológica en aulas colombianas

Relations between critical thinking, nature of science and technology in science and technology education in Colombian classrooms

Rosa Nidia Tuay-Sigua

Departamento de Física, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia
rtuay@pedagogica.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-2040-2854>

Yair Alexander Porras-Contreras

Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia
yporras@pedagogica.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-7111-0632>

Yolanda Ladino-Ospina

Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional de Colombia
ladino@pedagogica.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-8820-1354>

Resumo:

Uma das principais tarefas do ensino de ciências não é apenas abordar conceitos disciplinares e práticas experimentais, mas criar condições para ensinar bons hábitos epistêmicos, que podem ser avaliados para monitorar se o que é feito é apropriado ou não. Nesta perspectiva, esta pesquisa tem como objetivo avaliar as relações entre o pensamento crítico-PC- e a natureza da ciência e tecnologia -NdCyT- em 13 alunos de 15 a 17 anos, utilizando um projeto de pesquisa pré-teste, estratégia, pós-teste com base na proposta metodológica do projeto "Educação de competências de pensamento científico, tecnológico e crítico". Através do ensino de disciplinas de natureza científica e tecnológica -CYTPENCRI-, utilizou-se instrumentos validados e utilizados em diferentes investigações, tomando como referência a análise crítica e multifatorial das relações da CTSA. Os resultados mostram a necessidade de os jovens terem o conhecimento científico e tecnológico necessário para mobilizá-lo no cotidiano, o que lhes permite resolver problemas e tomar decisões. Isso mostra a importância de um tratamento didático contextualizado, para promover a aprendizagem de alguns aspectos fundamentais da natureza da ciência e da tecnologia nas aulas de ciências.

Palavras-chave: argumentação; natureza da ciência e tecnologia; pensamento crítico; relações CTSA.



Abstract:

One of the main tasks of science education is not just approaching disciplinary concepts and experimental practices, but to create conditions to teach good epistemic habits, which can be evaluated to monitor whether what is done is appropriate. From this perspective, this research aims to assess the relationships between Critical Thinking -CT- and the Nature of Science and Technology -NST- in 13 students from 15 to 17 years old, by using a pre-test, strategy, post-test research pipeline based on the methodology proposed by the project "Education of scientific, technological and critical thinking competences through the teaching of subjects of a science and technology nature" -CYTPENCRI-, and using validated instruments presented in previous research publications, finally, we take as reference the critical and multifactorial analysis of CTSA relationships.

The presented results show the need for young people to acquire the scientific and technological knowledge necessary to function in daily life, which allows them to solve problems and make decisions. This shows the importance of a contextualized didactic treatment, in order to promote the learning of the fundamental aspects of the Nature of Science and Technology in science classes.

Keywords: argumentation; nature of science and technology; critical thinking; STSE relationships.

Resumen:

Una de las tareas claves de la enseñanza de las ciencias no es sólo abordar conceptos disciplinares y prácticas experimentales, sino generar condiciones para enseñar buenos hábitos epistémicos, que pueden ser evaluados para hacer el seguimiento si lo que se hace es adecuado o no. Desde esta perspectiva, esta investigación tiene por objetivo evaluar las relaciones entre el pensamiento crítico (PC) y la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) en 13 estudiantes de 15 a 17 años, empleando un diseño de investigación pretest, estrategia, y postest con base en la propuesta metodológica del proyecto Educación de las competencias científica, tecnológica y pensamiento crítico mediante la enseñanza de temas de naturaleza de ciencia y tecnología (CYTPENCRI). Se utilizan instrumentos validados y empleados en diferentes investigaciones, tomando como referencia el análisis crítico y multifactorial de las relaciones CTSA. Los resultados muestran la necesidad de los jóvenes de disponer de conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para desenvolverse en la vida diaria, que les permita resolver problemas y tomar decisiones. Esto evidencia la importancia de un tratamiento didáctico contextualizado para fomentar el aprendizaje de algunos aspectos fundamentales de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología en las clases de ciencias.

Palabras clave: argumentación; naturaleza de la ciencia y la tecnología; pensamiento crítico; relaciones CTSA.

Introducción

El pensamiento crítico es un modo de concebir el pensamiento que abarca habilidades cognitivas y metacognitivas, prácticas, y disposiciones y rasgos que contribuyen al razonamiento sistemático. Este permite transferir las capacidades intelectuales de un campo a través de juicios y toma de decisiones razonables, reflexivas y conscientes. Así, estos enfoques abren diferentes



vertientes en el campo educativo no sólo en relación con las prácticas que deberíamos enseñar para obtener resultados beneficiosos, sino cómo debemos evaluar y analizar estos resultados; ver cómo funciona, además de aprender cómo enseñar buenos hábitos epistémicos y rasgos de carácter a los estudiantes. Por eso la investigación del pensamiento crítico es importante en educación y en otros campos de conocimiento que evidencian esta revisión.

La forma en que el pensamiento crítico se ha enmarcado como un objetivo educativo ha conducido, por un lado, a una mayor presencia en el discurso formativo y, por otro, la posibilidad de probar su eficacia en el desarrollo de habilidades que pueden ser reportadas en los diferentes niveles educativos. Además, se ha mostrado que indudablemente aporta a las investigaciones de naturaleza interdisciplinaria, lo que permite a los educadores encontrar otras formas de replantear el pensamiento crítico dentro y fuera del aula, en actuaciones de interacción social, ambiental, y en elecciones éticas y compromisos públicos.

La variedad de definiciones del pensamiento crítico ha dado lugar a diferentes visiones de lo que se necesita para que el pensamiento se produzca de manera efectiva. Sin embargo, hay algunos componentes comunes que se incluyen en la mayoría de las discusiones sobre el pensamiento crítico. Las habilidades y estrategias utilizadas, el enfoque o contenido, y el resultado o producto se citan frecuentemente como componentes del pensamiento que están interrelacionados y conectados.

Desde estas consideraciones, en este artículo se presentan los resultados de la evaluación de las relaciones entre el pensamiento crítico (PC) y la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) en 13 estudiantes de 15 a 17 años, basada en la propuesta metodológica del proyecto Educación de las competencias científica, tecnológica y pensamiento crítico mediante la enseñanza de temas de naturaleza de ciencia y tecnología (CYTPENCRI).

Contextualización teórica

El pensamiento crítico implica acciones intencionadas de diferentes habilidades de pensamiento en contextos específicos, complejos o no de forma reflexiva (Melo, 2017). Se basa en valores intelectuales universales que trascienden divisiones de los campos de conocimiento, permitiendo claridad, precisión, coherencia y relevancia. Se considera que el pensamiento crítico tiene dos componentes: 1) un conjunto de información y habilidades de generación y procesamiento de creencias; 2) un hábito, basado en un compromiso intelectual de usar estas habilidades para guiar las creencias y las acciones. En contraste con 1), la adquisición y retención de información involucra una manera particular cómo la información es buscada y tratada; 2) la sola posesión de habilidades no implica el uso continuo de ellas; y 3), el uso de esas habilidades sólo como un ejercicio, sin la proyección de sus resultados.

El pensamiento crítico es una acción emergente que surge de la interacción entre diferentes habilidades de pensamiento en un contexto de significación, caracterizado por la resolución de problemas y la praxis individual y colectiva. Para Ennis (1993), el pensamiento crítico es un “pensamiento razonable y reflexivo que se centra en las decisiones sobre qué creer y qué hacer” (Ennis, 1993, p. 180).

El pensamiento crítico implica acciones intencionadas de diferentes habilidades de pensamiento, en contextos específicos complejos de forma reflexiva. Esta condición es fundamental



para la educación científica y tecnológica, que promueve una ciudadanía comprometida con la toma de decisiones (Acevedo, 2004; Marques, Tenreiro y Martins, 2011). Por estas razones, compartimos la definición de Dwyer, Hogan y Stewart (2011) sobre la importancia del pensamiento crítico como un proceso complejo superior:

El pensamiento crítico es un proceso metacognitivo que se compone de una colección de subhabilidades (es decir, análisis, evaluación e inferencia) que, cuando se usa adecuadamente, aumenta las posibilidades de producir una solución lógica a un problema o una conclusión válida a un argumento (Dwyer, Hogan, y Stewart, I. 2011).

Desde esa perspectiva, algunas líneas de investigación de los estudios CTS pretenden, desde un contexto de enseñanza de la NdCyT, analizar el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico como condición de apertura a ideas alternativas desde las cuales, a partir de juicios sustentados, se puedan construir argumentos para la discusión de aspectos esenciales de la ciencia y la tecnología. Esto se debe a que la NdCyT sintetiza los rasgos históricos, sociales, epistemológicos y de valores que caracterizan al pensamiento científico, lo cuales se soportan en habilidades de pensamiento crítico.

Un factor de complejidad de los rasgos de NdCyT es su mutua relación, de modo que su aprendizaje debe ir más allá de la pura memorización (la ciencia es...) para requerir procesos de reflexión y convicción (la ciencia es... pero también es... y en determinadas situaciones podría ser...etc.). Estas demandas coinciden con las exigencias de las destrezas del PC (apertura de mente a ideas opuestas), y de ahí la conexión entre ambos que pretende desarrollar esta experiencia: enseñar PC desarrolla comprensión de NdCyT y aprender NdCyT desarrolla destrezas de PC (Vázquez y Manassero, 2012).

Metodología

Se utiliza una metodología mixta mediante el uso de un pretests, la implementación de una estrategia didáctica de Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje (SEA), y el empleo de postests. La población está conformada por 13 estudiantes de grado once de una institución oficial de la ciudad de Bogotá, Colombia, con edades entre los 15 y 17 años. Entre los objetivos se encuentra la integración de las habilidades del PC y la NdCyT, promoviendo un espacio de reflexión en torno a las estrategias de enseñanza y aprendizaje basadas en la resolución de problemas.

Una definición orientadora que involucra el pensamiento crítico como una meta educativa, que permite a las personas participar de manera informada y propositiva en las decisiones que competen a su bienestar, fue aportada por Halpern (2006), quien 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 (Halpern, 2006).



Desde este enfoque, se pretende que los individuos asuman una formación racional frente a los retos que se les presenta en la vida; que evalúen críticamente la información y aquellas prácticas sociales que ponen en riesgo su integridad, demostrando una toma de decisiones fundamentada, basada en pruebas desde la misma valentía cívica, con el objeto de confrontar sus ideas, sus percepciones, sus concepciones y las mismas representaciones sociales que se construyen en comunidad. De esta misma manera, se procura la formación hacia una posición madura de las personas (Scheid, 2016). Esto significa evaluar las opciones para mejorar su estilo de vida como resultado de reconocer sus habilidades de pensamiento crítico y emitir juicios sobre qué creer o qué hacer.

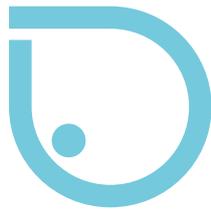
Estas ideas se materializan con la capacidad de los estudiantes para reconocer la estructura de un argumento, lo que constituye un eje central en la comprensión de las implicaciones socio-científicas de ciertas situaciones que afectan sus vidas. En este sentido, vale la pena considerar los elementos constituyentes de un argumento (Kingsbury, 2019; pp. 60-61) que contribuyen en el proceso de comprensión de una situación específica. En la tabla 2, se referencian los aspectos a desarrollar en una propuesta didáctica para la construcción de un argumento plausible.

Tabla 1: Construcción de un argumento (Basado en Kingsbury, 2019, p. 60-61)

Conclusión	Escriba las razones para deducir que esta es una buena explicación. Si la explicación no es una que usted cree, ¿qué razones podría tener alguien para creer en esa conclusión?
Razón	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.
Validez de la información	Considere si sus premisas iniciales y su suposición no declarada son plausibles. ¿Necesitan un respaldo adicional para que el público las acepte?
Contraargumentos	Una forma de probar la cantidad de apoyo que las premisas dan a la conclusión es tratar de construir ejemplos contrarios: ¿puede pensar en alguna situación en la que las premisas sean verdaderas, pero la conclusión sea falsa?
Modificación del planteamiento inicial con base en pruebas	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.

Propuesta didáctica

A propuesta didáctica que se adelantó con el grupo de estudiantes sigue los principios metodológicos del modelo de las 7E de Eisenkraft (2003), que involucran las experiencias de los estudiantes con las nuevas situaciones de aprendizaje; permiten captar el interés de los estudiantes; contribuyen en el fortalecimiento de las capacidades comunicativas; y consolidan un ambiente de aprendizaje en el que se despliegan las habilidades de pensamiento crítico.



Es muy importante el acompañamiento que fomenta el modelo de las 7E (figura 1), ya que activa el planteamiento de situaciones problémicas, promueve el desarrollo de hipótesis, favorece la determinación de variables, apoya la consolidación de diseños experimentales, contribuye a la elaboración y análisis de resultados; permitiendo responder la pregunta problémica inicial, los resultados finales.

El papel del maestro se relaciona directamente con la de un dinamizador y facilitador de los procesos, particularmente en el acompañamiento reflexivo, que es fundamental para elevar el nivel de comprensión de los estudiantes. La secuencia de aprendizaje (SEA) tiene como propósito permitir a los estudiantes que expresen la comprensión de las nociones relevantes, fomenten habilidades de pensamiento y se motiven para resolver una situación cotidiana

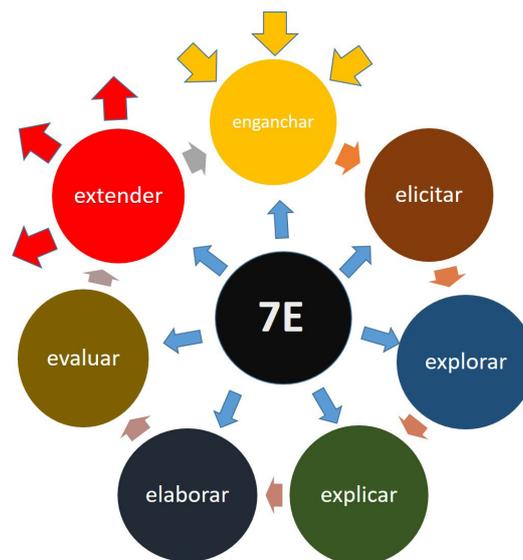


Figura 1: Secuencia de aprendizaje desde las 7E de Eisenkraft

El modelo de las 7E propuesto por Eisenkraft (2003) consiste en una serie de etapas que permiten a los estudiantes familiarizarse con las características del trabajo científico, partiendo de una motivación particular por la tarea a asumir, a partir de la motivación e interés por el tema de la clase. Las fases del modelo de las 7E, organizadas en la secuencia de aprendizaje titulada La observación en la ciencia (Vázquez, Aponte, Manassero y Montesano, 2014) del proyecto EANCYT, constituyeron la propuesta didáctica de la que parte la presente investigación. Estas etapas se describen a continuación, teniendo en cuenta las ideas de Eisenkraft (2003), Shaheen y Kayani, (2015) y Sharma y Sankhian (2018):

Enganchar: supone capturar la atención de los estudiantes para visualizar la importancia de la articulación de las actividades y la construcción del conocimiento científico. Se empieza una discusión a partir de la frase: “Los científicos siempre están proponiendo ideas o teorías para intentar explicar las cosas que suceden en el mundo”, en la cual el docente formula ejemplos concretos en ciencia que contextualizan la discusión. Se expone a los estudiantes



que la observación es un proceso determinante para realizar análisis, confrontar evidencias y concluir en la ciencia. Las observaciones hechas por científicos competentes serán distintas si estos creen en diferentes teorías, es decir, la teoría orienta lo observado.

Elicitar: en esta etapa se procura que los estudiantes revisen sus experiencias anteriores, vinculadas con el tema de la clase. Los estudiantes discuten las ideas relacionadas con las características de la observación y las registran para sustentar. El profesor propone las siguientes preguntas: ¿Qué es observar? ¿En qué se diferencia observar de mirar? ¿Cuál es la diferencia entre sensación y percepción? Al propiciar este ambiente de aprendizaje, el profesor permite a los estudiantes que evoquen procesos científicos, emitan hipótesis, registren regularidades, consoliden datos, y piensen en diseños experimentales, prototipos y modelos.

Explorar: esta fase es muy importante para que el estudiante piense y consulte libremente, teniendo en cuenta los criterios de evaluación y las indicaciones previas. En este punto, el profesor como dinamizador de la cultura de aula fomenta y aconseja la lectura, el uso de fuentes confiables y formula preguntas de investigación. El propósito es concluir que una inferencia es una interpretación de lo que se ve, respaldada por los conocimientos que las personas construyen.

Explicar: constituye una etapa activa en la que tanto el profesor como los estudiantes entran en una negociación de significados, alentando el ejercicio juicioso de reconocer fuentes, explicaciones basadas en pruebas y argumentos plausibles. Se presenta a los estudiantes tres imágenes que representan huellas en diferentes direcciones, por lo que se pide que describan lo que observan, de manera individual y después grupal. Se pretende que los estudiantes logren conceptualizar que una inferencia es una interpretación de lo que se observa, y que varias inferencias pueden constituir un argumento.

Elaborar: el propósito de esta fase consiste en refinar los conocimientos, actitudes, procedimientos, capacidades y destrezas que el estudiante ha construido a lo largo del proceso. Es un momento propicio para profundizar las ideas y motivar a los estudiantes a pensar alternativas para solucionar problemas o cuestiones relevantes. Cada estudiante o grupo de estudiantes observa, registra y lee a los demás sus ideas. Al escuchar las afirmaciones, se enriquece la discusión con conceptos, teorías e implicaciones en diferentes ámbitos del actuar humano. El grupo elabora su lista de observaciones con base en argumentos.

Evaluar: en esta fase se obtiene información acerca de la evolución de los conocimientos elaborados por los estudiantes, las actitudes desarrolladas y las habilidades de pensamiento crítico desplegadas. La premisa que guía la secuencia didáctica es: “La observación en la ciencia depende de la teoría y la experiencia previa, en consecuencia, la observación es relativa a lo que el científico haya construido como su corpus teórico”.

Extender: se constituye en un proceso de transferencia del aprendizaje, en el que los estudiantes aplican los conocimientos y habilidades de pensamiento en situaciones nuevas; fomentando el espíritu científico ante cuestiones que merecen ser argumentadas con base en la validez de las fuentes y la confiabilidad del proceso de enseñanza y aprendizaje. En la secuencia didáctica se solicita a los estudiantes que comparen las teorías de Ptolomeo, Pitágoras, Copérnico y Galileo, a la luz de la naturaleza de las observaciones que ellos realizaron.



Para analizar el despliegue de las habilidades de pensamiento crítico de manera comparativa, se utiliza el Test de Halpern (HCTAES), que consta de 25 ítems asociados a situaciones cotidianas. Vale la pena mencionar que, para hacer un seguimiento de la habilidad argumentativa, se evaluaron cinco cuestiones específicas:

1. 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.
2. Determinar si el estudiante identifica las partes clave de un argumento: la conclusión, las razones y el contraargumento.
3. Determinar si el estudiante puede generar un argumento que contenga una razón, una conclusión y un contraargumento.
4. Determinar si el estudiante puede reconocer una falacia.
5. Determinar si el estudiante puede formular una opinión, una razón y una conclusión.

En el presente documento se analiza la quinta situación (15-P2), que se enfoca en determinar los aspectos que constituyen un argumento. La importancia de este ejemplo permite posicionar la capacidad de argumentación como una habilidad clave en la comprensión de los eventos científicos que, además de estar relacionado con la experiencia de la persona, contribuye a construir una visión más compleja del mundo.

Con el fin de indagar las actitudes, creencias y opiniones de los estudiantes sobre las complejas relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, se utiliza el Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS), el cual es diseñado por Vázquez y Manassero (2012), a partir del cuestionario VOSTS (Views on Science, Technology and Society) y el instrumento TBA-STs (Teacher's Belief about ScienceTechnology-Society). El estudio de las creencias de los estudiantes sobre los temas CTS, a través de las 9 cuestiones del COCTS analizadas, permite reconocer sus ideas en torno a la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología, particularmente en temas que involucran la sociología externa de la ciencia y la tecnología.

Resultados

Al diligenciar el cuestionario HCTAES, modificado antes y después de la secuencia de aprendizaje titulada "Pistas misteriosas" (Vázquez y Manassero, 2017), se evidenció un relativo efecto positivo de la intervención didáctica en el desarrollo de la habilidad argumentativa de los estudiantes participantes (Tabla 2).

Tabla 2: Resultados pretest y postest ítem 15-parte 2

El alcalde ha propuesto que todos los edificios del centro de la ciudad se pinten con una pintura que permita limpiar fácilmente los grafitis.
*Para cada una de las siguientes afirmaciones, indica si se trata de una **opinión (O)**, un **hecho (H)**, o un **argumento razonado (AR)**.*



	Pretest		Postest	
	Media	D.E	Media	D.E
15.2.1. Esto no funciona. (O)	0,67	0,096	0,53	0,023
15.2.2. En otras ciudades donde se empleó esta pintura, los grafitis se redujeron en un 50 %. (H)	0,33	0,001	0,59	0,045
15.2.3. Este sistema no funciona porque la gente que hace grafiti encontrará el modo de hacer que se mantengan. (AR)	0,44	0,008	0,29	0,008
15.2.4. Es una buena idea porque evitará el mensaje de que no toleramos grafiti en nuestra ciudad. (AR)	0,33	0,001	0,35	0,001
15.2.5. Su construcción disminuirá el abastecimiento de agua y afectará el comercio local. (O)	0,39	0,001	0,24	0,019
15.2.6. El coste será superior a un millón de euros. (O)	0,11	0,061	0,24	0,019
15.2.7. Esto solo hará que el problema empeore porque los artistas de grafiti son delincuentes y esto animará a delinquir (AR)	0,22	0,018	0,41	0,001

Teniendo en cuenta los resultados frente a la pregunta 15-parte 2, se infiere que hubo mejoras en las respuestas en relación con el reconocimiento de argumentos razonados. Los hechos son destacados de manera plausible y las opiniones siguen siendo un asunto por mejorar, aunque las diferencias entre pretest y postest no son significativas (Figura 2.)

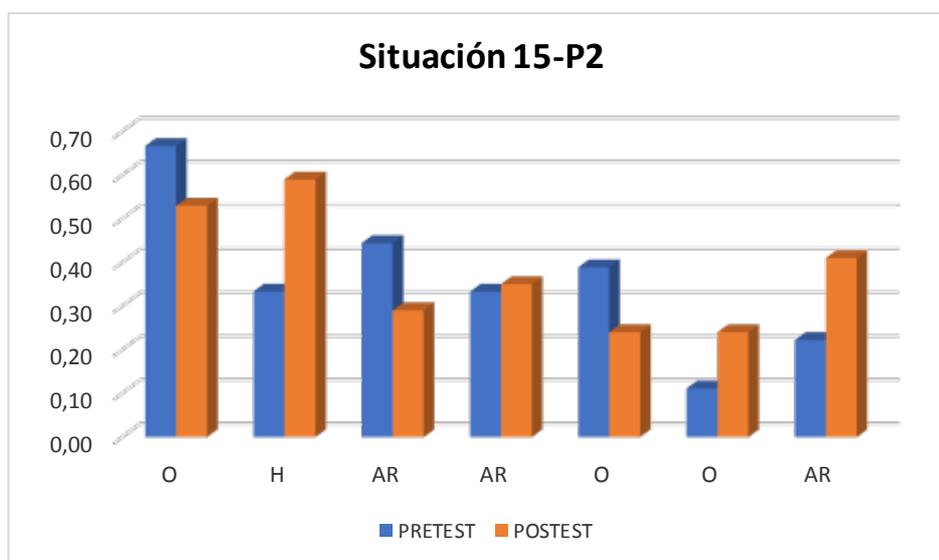


Figura 2: Comparativo pretest y postest de la situación 15-P2



El análisis de argumentos incluye destrezas para identificar hechos, opiniones, valorar la calidad de las razones ofrecidas y las razones que constituyen un argumento. Por lo que resulta fundamental identificar y valorar la calidad de las ideas, de las explicaciones o de los argumentos de las personas como parte de un proceso superior de pensamiento que contribuya a la comprensión de situaciones, en donde esté implicado el conocimiento científico.

Desde esta mirada, al comparar la media del ítem 15.2.7 tanto del pretest (0,22) como del postest (0,41) referida a los argumentos razonados frente a la afirmación: “Esto solo hará que el problema empeore porque los artistas de grafiti son delincuentes y esto animará a delinquir”, se infiere que si bien la proposición es polémica, la tarea de identificar un razonamiento argumentado fue desarrollada de manera efectiva por los estudiantes. Esto se corrobora con las ideas de Nieto, Saíz y Orgaz (2009; pág 11), quienes afirman que uno de los méritos del Test de Halpern consiste en el tratamiento del razonamiento verbal, particularmente el desarrollo de habilidades que permitan evitar el uso de técnicas de convencimiento muy utilizadas en el lenguaje común. Sin embargo, en ocasiones resulta difícil analizar las cuestiones científicas por el mismo sesgo de opinión que se le concede a las situaciones que involucran juicios de valor.

Si bien en clase de ciencias se pretende que los estudiantes reconozcan cuáles son las características del trabajo científico y se familiaricen con los principios teóricos y metodológicos que rigen una investigación, también es claro que, gracias a la discusión de los resultados del Test de Halpern con los mismos estudiantes, se reafirma una crítica al carácter aséptico y neutral de la misma “empresa científica”. De esta manera coincidimos con Bañales et al. (2014), cuando sostienen que uno de los obstáculos que presentan los estudiantes cuando inician una secuencia didáctica es entender que los tipos de tareas y preguntas de indagación, vinculadas a la argumentación disciplinar, requieren un entendimiento de los tipos de preguntas controversiales que se formulan en el ámbito disciplinar. Por lo que debería acercarse a los estudiantes al contexto de la reflexión académica, posicionándola como un reto para la alfabetización científica y tecnológica.

También se destaca de los resultados del test de Halpern la dificultad que presentan algunos estudiantes para reconocer que las opiniones, de por sí, no constituyen un argumento. Por lo tanto, es necesario promover espacios y ambientes de aprendizaje en donde los estudiantes puedan reconocer la importancia del pensamiento crítico en sus vidas. Para cumplir con este propósito, Dwyer, Hogan y Stewart (2011) sugieren adelantar una propuesta de actividades que permitan a los estudiantes reconocer el argumento de un texto, su cadena de razonamiento y la justificación de las afirmaciones.

Evaluación de opiniones de los estudiantes frente a la sociología externa de la ciencia

Una educación científica que impacte efectivamente en la calidad de vida de los ciudadanos requiere cambios estructurales en la manera de abordar la formación científica de las personas. Los nuevos retos que enfrenta la humanidad ante una pandemia de dimensiones insospechadas, como la Covid-19 (Sohrabi et al., 2020; Ali et al., 2020), convierten esta época en un escenario de



crisis planetaria, clave para enfocar nuestros esfuerzos en una educación científica democrática, abierta a la participación de todos; también esperanzadora y transformadora.

En esta misma vía, las oportunidades que se presentan para fomentar la cultura científica ponen al escrutinio público temas, cuestiones y problemáticas que despiertan interés en la sociedad (Porrás y Torres, 2019); adelantan una crítica a las pseudociencias (Vázquez y Manassero, 2019); involucran la investigación, la innovación y la creatividad en los procesos de formación en ciencias (Vázquez y Manassero, 2012; 2017; Manassero y Vázquez, 2020); contribuyen en la reflexión frente a la metodología de la superficialidad (Carrascosa y Gil, 1985); rechazan las noticias falsas y las teorías de conspiración (Del Vicario et al., 2016); y proponen estrategias para el desarrollo de iniciativas centradas en el pensamiento crítico (Bezanilla et al., 2019), entre otras.

La sociología externa de la ciencia se convierte en el ambiente propicio para reconocer el tipo de relaciones que se establecen entre la sociedad y los ámbitos que involucran la Ciencia y la Tecnología. De hecho, algunas dificultades para enfrentar afirmaciones que se emiten desde el anonimato, que tergiversan los principios éticos, sociales, científicos y culturales, se constituyen en temas de estudio en las aulas de clase; obteniendo resultados positivos en las actitudes hacia la ciencia por parte de los estudiantes. Estos hechos se corroboran con un índice ponderado ligeramente positivo en el pretest (0,095), demostrando que los estudiantes exhiben una imagen de la ciencia cercana a las personas y a su cotidianidad (Tabla 3). Como puede apreciarse, 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. Sin embargo, aún siguen siendo moderados con respecto a la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad.

Tabla 3. Resultados globales de respuesta de los estudiantes, pretest y postest COCTS

Cuestiones sociología externa	INICIAL				FINAL			
	Adecua- das	Plausi- bles	Inge- nuas	Índice ponderado	Adecua- das	Plausi- bles	Inge- nuas	Índice ponderado
40211 Los científicos e ingenieros deberían ser los únicos en decidir los asuntos científicos de nuestro país porque son las personas que mejor conocen estos asuntos.	0,515	0,092	-0,523	0,023	0,183	0,039	-0,231	-0,003
40221 La ciencia y la tecnología pueden ayudar a la gente a tomar algunas decisiones morales (esto es, decidir cómo debe actuar una persona o un grupo respecto a otras personas).	0,542	0,238	-0,192	0,192	0,327	0,413	-0,058	0,227



40231 La ciencia y la tecnología NO pueden ayudar a las personas a tomar decisiones legales (por ejemplo, decidir si una persona es culpable o no en un tribunal de justicia).	0,731	-0,031	-0,015	0,223	0,481	0,183	0,154	0,272
40311 Siempre se necesita hacer equilibrios (compromisos) entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología.	0,100	0,085	-0,400	-0,062	0,212	0,252	-0,423	0,013
40321 En nuestro país se debería gastar mucho más dinero en ciencia y tecnología, aunque suponga quitar este dinero de otras cosas, tales como programas sociales, educación, incentivos a la empresa e impuestos más bajos.	0,600	-0,108	-0,225	0,062	0,577	0,263	-0,481	0,120
40411 La ciencia y la tecnología son una gran ayuda para resolver problemas sociales como la pobreza, el crimen, el desempleo, la superpoblación, la contaminación o la amenaza de una guerra nuclear.	0,362	0,017	-0,008	0,131	0,250	0,346	-0,096	0,167
40421 En tu vida diaria, el conocimiento de la ciencia y la tecnología te ayuda personalmente a resolver problemas prácticos (por ejemplo, lograr sacar el coche de una zona de hielo, cocinar o cuidar un animal).	0,369	0,077	-0,208	0,085	0,221	0,371	-0,212	0,127



40441 A pesar de su sabiduría y formación, los científicos y tecnólogos pueden ser engañados por lo que ven en la televisión o leen en los periódicos.	0,233	-0,025	-0,238	-0,023	0,231	0,404	-0,102	0,177
40451 Tenemos que preocuparnos de los problemas de la contaminación que son insolubles hoy. La ciencia y la tecnología no tienen necesariamente que arreglar estos problemas en el futuro.	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

Se aprecia en los resultados obtenidos por los 13 estudiantes que el valor más positivo del índice ponderado (+0,225) se obtiene en la cuestión 40451 (tenemos que preocuparnos de los problemas de la contaminación que son insolubles hoy. La ciencia y la tecnología no tienen necesariamente que arreglar estos problemas en el futuro), lo cual pone un énfasis en el papel de todos los ámbitos del actuar humano (la cultura, la sociedad, la política, la economía, la ciencia, la tecnología, etc.) en la resolución de una problemática global, que pone en riesgo los mismos cimientos de la humanidad (Beck, 2006). Por otra parte, la cuestión 40311 (siempre se necesita hacer equilibrios (compromisos) entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología) denota una baja actitud en el pretest, con un índice ponderado negativo (-0,062). Esto se explica por la dificultad de los estudiantes en reconocer la incertidumbre como parte esencial de los procesos de la ciencia y la tecnología, particularmente en la incapacidad de los científicos de predecir los efectos a largo plazo de sus adelantos y desarrollos.

El cambio actitudinal de los estudiantes, una vez desarrollada la estrategia didáctica, se puede corroborar con los resultados del índice ponderado del postest, específicamente el valor más positivo (+0,278) de la cuestión 40451, una situación bien valorada en el pretest. El índice ponderado negativo del postest (-0,003) corresponde a la cuestión 40211 (los científicos e ingenieros deberían ser los únicos en decidir los asuntos científicos de nuestro país porque son las personas que mejor conocen estos asuntos), en la cual se pone en discusión el papel preponderante de los científicos como las únicas voces autorizadas para decidir en temas que requieren su experticia. En esta cuestión se pone en relieve el papel de los ciudadanos para la toma de decisiones de tipo sociocientífico; sin embargo, tanto los científicos como los otros profesionales deberían aconsejar a los estamentos autorizados para gestionar las acciones a seguir.



Conclusiones

Las intervenciones didácticas para enseñar con y sobre la NdCyT, y sus implicaciones en la enseñanza de las ciencias y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en los estudiantes, exige de los profesores un conocimiento de las prácticas científicas y tecnológicas. A su vez, apoyados en estudios históricos, filosóficos, sociológicos y psicológicos que permiten estructurar entornos sólidos de aprendizaje contextualizados en términos de los procesos cognitivos, epistémicos y prácticas sociales, que caracterizan el hacer ciencia.

De esta forma la enseñanza de la NdCyT debe buscar que los estudiantes comprendan los objetivos y valores de la ciencia y la tecnología, los métodos científicos, las prácticas científicas, el conocimiento científico y tecnológico, y los aspectos socioinstitucionales de la ciencia, entre otros aspectos.

La evaluación del desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, a través de test validados, evidencia que el trabajo intencionado en el aula para desarrollar el pensamiento crítico en los contextos educativos implica la proyección de experiencias educativas enriquecidas, que fomenten el reconocimiento de diversas problemáticas ambientales, el estudio de cuestiones sociocientíficas, las relaciones CTSA, la toma de decisiones y la formación ciudadana; aspectos que potencian procesos de argumentación en sus diferentes niveles.

Esto demanda que los maestros asuman la Naturaleza de la Ciencia desde la reflexión de su enseñanza en contextos particulares y de los estudiantes, una disposición a nuevas maneras de abordar el conocimiento científico y tecnológico, siendo actores principales en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Agradecimientos

Proyecto EDU2015-64642-R (MINECO/FEDER), con financiación del Ministerio de Economía y Competitividad de España y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

Proyecto IUB-UPN 2017. Educación de las competencias científica, tecnológica y pensamiento crítico mediante la enseñanza de temas de naturaleza de ciencia y tecnología (CYTPENCRI).

Referencias

- Acevedo, 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.
- Ali, S., Baloch, M., Ahmed, N., Ali, A., & Iqbal, A. (2020). The outbreak of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)—An emerging global health threat. *Journal of Infection and Public Health*, 13(4) 644-646.
- Bañales, G., Vega, N., Reyna, A., Pérez, E., & Rodríguez, B. (2014). La argumentación escrita en las disciplinas: retos de alfabetización de los estudiantes universitarios, *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, 24(2), 27-50.



- Beck, U. (2006). *La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.
- Bezanilla, M. J., Fernández-Nogueira, D., Poblete, M., & Galindo-Domínguez, H. (2019). Methodologies for teaching-learning critical thinking in higher education: The teacher's view. *Thinking Skills and Creativity*, 33, 100584.
- Carrascosa, J., & Gil, D. (1985). La metodología de la superficialidad y el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 3, 113-120.
- Del Vicario, M., Bessi, A., Zollo, F., Petroni, F., Scala, A., Caldarelli, G., Stanley, H. E., & Quattrociocchi, W. (2016). The spreading of misinformation online. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(3), 554-559.
- Dwyer, C. P., Hogan, M. J., & Stewart, I. 2011. The Promotion of Critical Thinking Skills through Argument Mapping. In C. P. Horvath & J. M. Forte (eds.) *Critical Thinking* (pp. 97–122), New York: Nova Science Publishers.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Ennis, R. H. (1993). Critical thinking: What is it? In Henry A. Alexander (Ed.), *Philosophy of education* (pp. 76-80), Urbana, IL: Philosophy of Education Society.
- Halpern, D. F. (2006). Is intelligence critical thinking? Why we need a new construct definition for intelligence. In P. Kyllonen, I. Stankov, & R. D. Roberts (Eds.) *Extending intelligence: Enhancement and new constructs*. Mahwah, NJ: Erlbaum Associates.
- Kingsbury, J. (2019). Teaching argument construction. In J. A. Blair (Ed.), *Studies in Critical Thinking* (Vol. 8, pp. 59-64). Canada: University of Windsor.
- Manassero-Mas, M. A., & Vázquez-Alonso, A. (2020). Evaluación de destrezas de pensamiento crítico: Validación de instrumentos libres de cultura. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, 47, 15-32.
- Marques, R., Tenreiro, C., & Martins, I. (2011). Critical thinking: Conceptual clarification and its importance in science education. *Science Education International*, 22, 43-45.
- 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*, 42, 43-61.
- Nieto, A.M., Saiz, C., & Orgaz, B. (2009). Análisis de la propiedades psicométricas de la versión española del HCTAES-Test de Halpern para la evaluación del pensamiento crítico mediante situaciones cotidianas. *Revista Electrónica de Metodología Aplicada*, 14(1), 1-15.
- Porras-Contreras, Y., & Torres, J. (2019). El dopaje deportivo como cuestión socialmente viva: una revisión bibliográfica. *Química Nova*, 42(8), 955-961.
- Shaheen, M. N. U. K., & Kayani, M. M. (2015). Improving students' achievement in biology using 7e instructional model: an experimental study. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(4), 471-490.
- Sharma, S., & Sankhian, A. (2018). 7E Learning cycle model: a paradigm shift in instructional approach. *Shanlax International Journal of Education*, 6, 13-22.
- Scheid, N. M. (2016). Os desafios da docência em ciências naturais no século XXI. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 40, 177-196.
- Sohrabi, C., Alsafi, Z., O'Neill, N. et al. (2020). World Health Organization declares global emergency: a review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19). *International Journal of Surgery*, 76, 71–76.
- Vázquez, Á., & Manassero, M. (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*, 9(1), 2-33.



desenvolvimento curricular e didática

VII SIACTS

Eje 4

El currículo CTS en la Educación en Ciencias y las competencias frente a los desafíos sociales. Cuestiones socio científicas y CTS

Indagatio Didactica, vol. 12 (4), novembro 2020
<https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21973>

ISSN: 1647-3582

- Vázquez, A., & Manassero, M. (2017). Juegos para enseñar la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. *Educar* 53(1), 149-170.
- Vázquez, A., & Manassero, M. (2019). La educación de ciencias en contexto. Aportaciones a la formación del profesorado. *Tecné Episteme y Didaxis*, 46, 15-37.
- Vázquez, A., Aponte, A., Manassero, M., & Montesano, M. (2014). Una secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre un tema socio-científico: análisis y evaluación de su aplicación en el aula. *Educación Química*, 25, 190-202.