



Conjuro de Santa Martha (2024)
Joyce Rivas Medina

La importancia del pensamiento crítico en la enseñanza de la física*

The Importance of Critical Thinking in the Teaching of Physics

Erick Rodolfo Ortiz Ibáñez

Estudiante del Doctorado Interinstitucional en Educación, énfasis en Educación en Ciencias,
Grupo de Investigación Educación en Ciencias, Ambiente y Diversidad (EduCADiverso).
Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. erortizi@upn.edu.co

* Se presentó una versión preliminar como ponencia oral en el VI Coloquio Internacional *Formación en pensamiento reflexivo y crítico: un aporte a la investigación en la educación y ciencias en posgrados* en mayo del 2020 en la Universidad Santo Tomás, Bogotá-Colombia.

Resumen

La física es una ciencia que se ha desarrollado por un gran periodo de tiempo, desde los griegos o antes hasta la actualidad, permeando la cotidianidad del ser humano, *e.g.*, se encuentra en el movimiento de un objeto o en la ubicación por medio de GPS. Sin embargo, su interpretación puede llegar a ser algo compleja para el público general que no esté completamente vinculado con ella. Por ende, la enseñanza de la física es primordial para la educación en ciencias y, a través de los años, se ha convertido en un campo de investigación pedagógica y educativa que ha suscitado diferentes maneras de abordaje en el aula. Una de ellas, que corresponde al objetivo del presente artículo, es el uso del pensamiento crítico como estrategia, permitiendo analizar y reflexionar sobre la manera en que se está generando conocimiento científico en la escuela. La construcción del pensamiento crítico en el aula no solo permite elaborar explicaciones; también permite comprender los hechos que han marcado la física a través de su historia, así como su importancia para el mundo. Este tipo de pensamiento hace parte de la formación ciudadana, brindando al estudiante autonomía y responsabilidad en cuanto a la búsqueda de información fiable y verídica para su propio proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta reflexión surge como un aporte investigativo una tesis doctoral que se elabora bajo los lineamientos del programa del Doctorado Interinstitucional en Educación de la Universidad Pedagógica Nacional.

Palabras clave: pensamiento crítico, enseñanza de la física, formación de ciudadanos, ciencia escolar.

Abstract

Physics is a science that has developed over a long period of time, from the Greeks or even earlier to the present day, permeating the everyday life of human beings, *e.g.*, it is present in the movement of an object or in location tracking via GPS. However, its interpretation can be somewhat complex for the general public who are not fully engaged with it. Therefore, teaching physics is essential for science education, and, over the years, it has become a field of pedagogical and educational research that has prompted different approaches in the classroom. One of these, which corresponds to the objective of this article, is the use of critical thinking as a strategy, enabling analysis and reflection on the way scientific knowledge is being generated in school. The construction of critical thinking in the classroom not only allows for the development of explanations; it also allows understanding the events that have marked physics throughout its history, as well as its importance to the world. This type of thinking is part of citizenship education, providing students with autonomy and responsibility with regard to seeking reliable and truthful information for their own teaching-learning process. This reflection emerges as a research contribution to a doctoral thesis elaborated under the guidelines of the Interinstitutional Doctorate in Education of Universidad Pedagógica Nacional.

Keywords: critical thinking, physics teaching, citizenship education, school science.

Introducción

La ciencia se ha enfrentado a una gran cantidad de cambios en el pensamiento, en el lenguaje, en la interpretación, en la manera en que se observa la naturaleza. Ha experimentado una serie de ‘revoluciones’ que, como lo indica Kuhn, “se desvía[n] hacia una parte nueva de la misma aún por estudiar” (Hacking, 2013, p. 46). Esto se hace visible si se consideran las nuevas teorías que surgieron al inicio del siglo XX. La teoría de la relatividad y la mecánica cuántica cambiaron la forma de ver el mundo y proyectaron avances tecnológicos que proporcionaron un sinnúmero de nuevas investigaciones en las ciencias (Hernández, 2014). No obstante, a lo largo de la historia de la física, cada época ha traído consigo un cambio sociocultural, impulsado por los estudios de diferentes individuos que se han interesado por las leyes de la naturaleza; Copérnico, Galileo y Newton, entre otros, han hecho que la percepción de las ciencias cambie y evolucione.

Ahora bien, los acontecimientos a lo largo de la historia de la física presentan una problemática, la cual sigue vigente en la actualidad: *¿cómo se incorporan los avances en la física y su enseñanza en el aula para su comprensión?* Algunos autores, como Solbes y Traver (1996) y Perea y Buteler (2016), sugieren el análisis de la historia de las ciencias, pues juega un papel fundamental en la enseñanza y la comprensión de los procesos científicos, a lo que Izquierdo *et al.* (2016) agregan que permite reconquistar el interés por el mundo natural. Así mismo, Ayala (2006) y Castillo (2008) precisan que los análisis históricos en la estructuración de las explicaciones son actividades dialógicas que permiten la construcción de conceptos y la recontextualización de saberes. No obstante, en ello también

interviene la didáctica de la física, que faculta al docente para dar soluciones a las problemáticas que surjan en el aula (García, 2009). Aun así, ¿es esta apuesta suficiente para dar solución al interrogante planteado? ¿Solo la historia de las ciencias permite la comprensión de la física?

Indiscutiblemente, la propuesta de la historia de las ciencias en el abordaje de la enseñanza de la física en el aula es válida y aplicable. Sin embargo, el sistema sociocultural educativo de la actualidad atraviesa cambios drásticos en los procesos de enseñanza-aprendizaje, a causa de la incursión de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y de la relación ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA). Esto ha hecho que los métodos de enseñanza vayan más allá de la comprensión de un fenómeno o la memorización de un concepto, *i.e.*, la educación en el aula debe contribuir a la formación del pensamiento crítico (PC) en los estudiantes (Tamayo, 2014).

Tamayo (2014) enfatiza que la formación del PC en los estudiantes es un recurso que transforma las metodologías educativas e investigativas, constituyéndose en un objeto de estudio para la didáctica de las ciencias. Así mismo, el PC permite alejarse de las prácticas tradicionales en el aula y proporciona al estudiante una serie de habilidades para la toma de decisiones frente a las diferentes problemáticas que se le presenten en su cotidianidad, motivándolo en su proceso de aprendizaje.

Pero ¿cómo puede el PC solucionar las problemáticas de la enseñanza de la física? ¿Cómo comprender e interpretar siglos de avances científicos en el aula? Facione (2007) afirma que los expertos catalogan el PC en habilidades cognitivas: interpretación, análisis, evaluación,

inferencia y autorregulación. Esto quiere decir que lo definen como un conjunto de capacidades, habilidades, competencias, *etc.*, considerando que se necesita un sistema educativo que logre desarrollarlas en pro de la formación del estudiante (Tamayo, 2014), a lo que Tereshchuk *et al.* (2023) agregan que el “pensamiento crítico como habilidad en sus diferentes interpretaciones y modelos en su totalidad, puede presentarse como una tecnología pedagógica que garantiza un enfoque de competencia en la enseñanza de la física” (p. 1504).

¿Cómo entender el pensamiento crítico en el aula?

El PC se ha enseñado desde hace varias décadas y se ha involucrado en todas las ramas del conocimiento, lo que llevó a su incorporación en los lineamientos curriculares escolares. Los Estándares Básicos de Competencias del sistema educativo colombiano plantean la formación del pensamiento científico y crítico desde la ciencia (MEN, 2006), pues generar este tipo de pensamiento en estudiantes los conlleva a ser autónomos frente a su aprendizaje durante toda la vida. Además, aprender ciencias utilizando las habilidades del PC es la ruta más eficiente para utilizar el conocimiento científico (Vieira *et al.*, 2011).

Para Vieira y Tenreiro (2016), tanto el conocimiento científico como el PC son los ejes centrales de la educación en ciencias, pues forman al estudiante como un ciudadano responsable y pensante en la toma de decisiones frente al mundo actual, que está permeado por las TIC y la relación CTSA. Desarrollar este tipo de pensamiento desde el aula no solo permite al estudiante cuestionar la información, sino también elaborar

argumentos basados en evidencias razonables para la resolución de problemas (Athié *et al.*, 2011).

Por este motivo, impulsar el PC en el aula genera en el estudiante la curiosidad de explorar, de razonar y de siempre buscar información confiable, sin que esto lo configure como un ser negativo e indiferente ante los sucesos cotidianos y académicos (Facione, 2007). Teniendo en cuenta lo anterior, el PC se considera como “un pensamiento reflexivo razonado a la hora de decidir que hacer o creer” (Ennis, 2005, p. 47), en cuyo marco se proponen una serie de habilidades y disposiciones cognitivas que permiten desarrollar e identificar qué decisión es la más acertada y viable ante una situación problema o en el análisis de la información (Vieira & Tenreiro, 2016).

Ahora bien, más allá de la construcción de una serie de categorías y habilidades de pensamiento en el aula, en ella se debe fomentar la autonomía intelectual del estudiante (López, 2012). Saiz y Rivas (2008) sostienen que “el pensamiento crítico es la capacidad de argumentar, de plantear hipótesis, de emitir juicios de probabilidad, de decidir y resolver problemas complejos” (p. 27).

La construcción y el desarrollo de las habilidades que ofrece el PC, además de dinamizar la formación de ciudadanos, promueven la construcción de conocimientos, lo que permite una perspectiva crítica, reflexiva y argumentativa de las diferentes teorías científicas, permitiendo así la comprensión de la importancia de las ciencias en los ámbitos tecnológico, social y ambiental (Porrás *et al.*, 2020).

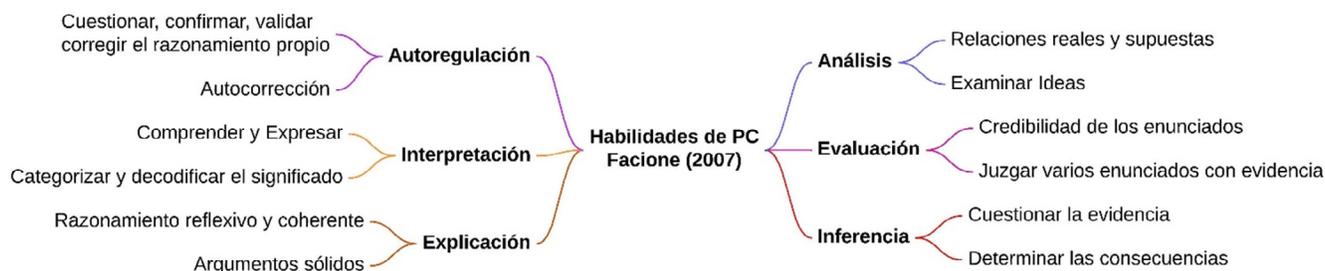


Figura 1. *Habilidades del pensamiento crítico según Facione (2007)*

Fuente: elaboración propia

El pensamiento crítico en la enseñanza de la física

Ruiz *et al.* (2023) manifiestan que existe una “necesidad de pensar cómo enseñar física desde una alfabetización científica y tecnológica para todos y todas, considerando una educación científica situada, que tenga el contexto particular” (p. 40), donde es imperativo construir un diseño curricular con la participación de docentes y estudiantes. Así mismo, Pacheco y Muenchen (2022) enfatizan que es imprescindible “resignificar la enseñanza de la física [...] formando no solo sujetos memorizables, sino sujetos críticos, reflexivos y activos” (p. 126).

Por consiguiente, el PC debe enseñarse desde el comienzo de la vida académica, pues, a lo largo de este proceso educativo, el estudiante va adquiriendo habilidades y se desarrolla cognitivamente. Además, el estudiante adquiere las capacidades de aprender a aprender, indagar, cuestionar y argumentar (Laiton, 2011). Nieto y Saiz (2011) plantean que, durante la enseñanza, es necesario desarrollar más las actitudes o, como se identifica en el ámbito del PC, las disposiciones del estudiante, que son factores fundamentales de la eficiencia del aprendizaje y, por lo tanto, del PC. Esto quiere decir que, si el estudiante encuentra la importancia y

utilidad del conocimiento, y por supuesto del conocimiento científico, analizará y profundizará en el porqué de los avances científicos-culturales y las decisiones socio-políticas, lo que contribuye a su crecimiento personal (Castiblanco & Vizcaino, 2006).

Ahora bien, introducir el PC en la enseñanza de la física no significa tomarlo como otra corriente o modelo pedagógico entre los muchos que ya existen; tampoco es la única forma de abordar un proceso de enseñanza-aprendizaje, pero sí es una estrategia para organizar y asimilar el conocimiento, para comprender e interpretar las teorías de la física (García *et al.*, 2013).

Es importante tener claro que la enseñanza de la física debe ir más allá del abordaje de contenidos conceptuales y de los diferentes montajes experimentales que se pueden realizar dentro del aula, que solo sirven para evidenciar y comprobar una ley física. Moreira (2014) afirma que “los contenidos físicos no deben ser enseñados como verdades inmutables, sino como construcciones, creaciones del hombre” (p. 51). Por ello, las habilidades que se desarrollan a través del PC permiten comprender el desarrollo científico y su importancia para el mundo en el contexto sociocultural, económico e incluso político.

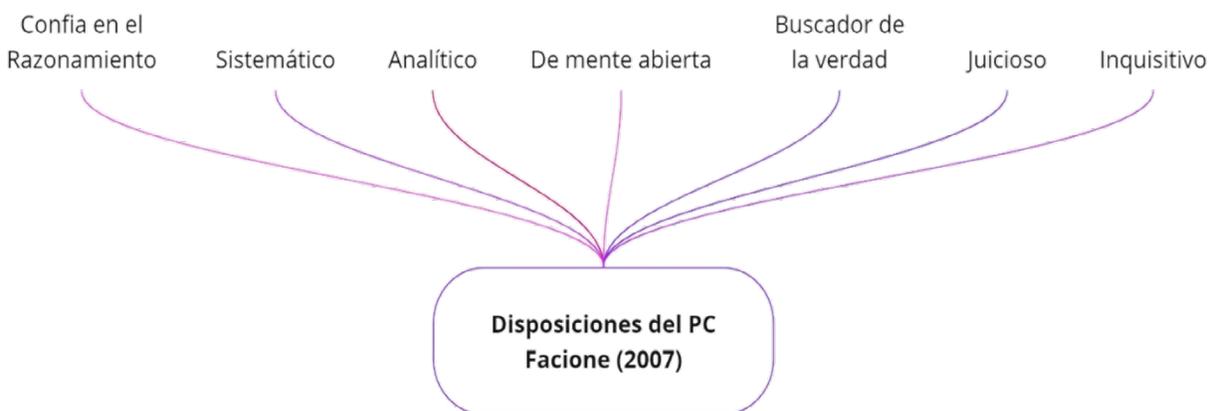


Figura 2. Disposiciones del pensamiento crítico según Facione (2007)

Fuente: elaboración propia

Pero ¿por qué es tan importante introducir el PC en la enseñanza de la física? La teoría de la relatividad, la mecánica cuántica y los estudios de la mecánica clásica realizados por Newton, entre otras teorías, son fundamentales para la ciencia y la física, así como para el desarrollo sociocultural, pero es primordial que la enseñanza de estas no comience con la formalización matemática que les concierne y rodea; para los jóvenes estudiantes, esto es un proceso dispendioso y complicado. Claro está que las ecuaciones de las teorías de la física son indispensables (Patty, 2006), pero, antes de abordarlas, se puede aplicar otro método de enseñanza. Adicional a lo anterior, es preciso anotar que la física ha atravesado bastantes cambios, por lo que su enseñanza actualizada es fundamental, *i.e.*, lo que se conoce como física moderna (Gil *et al.*, 1986; Ostermann & Moreira, 2000), propendiendo por evitar la enseñanza tradicional que se basa únicamente en el aprendizaje de conceptos.

Comprender la importancia de las teorías de la física que se enseñan en el aula genera en el estudiante un interés por conocer y saber por qué y cómo las mismas incidieron

e inciden en el mundo, para así interpretar cuál ha sido su relación con los avances científicos y tecnológicos. Vásquez y Monassero (2019) proponen “enseñar a los alumnos competencias críticas que les permitan desenvolverse en contextos caracterizados por la saturación de informaciones” (p. 29). Por ello, antes de convertir dichas informaciones en definiciones de conceptos, es preciso que los estudiantes desarrollen procesos críticos frente a las ciencias.

Las habilidades de PC permiten a los estudiantes involucrarse en la resolución de problemas y la toma de decisiones (Barak *et al.*, 2007). Ahora, es clave tener en cuenta habilidades como el análisis, la evaluación, la inferencia y la interpretación, ayudan a potenciar otras. Facione (2007) las describe de la siguiente manera: la *inferencia* es identificar la información pertinente para obtener conclusiones y consecuencias razonables; el *análisis* es establecer las relaciones reales o supuestas de los enunciados para expresar los saberes; la *evaluación* brinda credibilidad a la información a través de la lógica de las relaciones de las inferencias; y la *interpretación* es describir, comprender, expresar y

categorizar la información obtenida (Fonseca & Castiblanco, 2020). Esto guía al estudiante al “evidenciarle que la física va más allá de resolver ecuaciones y que antes de la formulación matemática se encuentra una infinidad de hechos que cambiaron la visión de la ciencia y del mundo” (Tuay *et al.*, 2021).

Consideraciones finales

Al introducir el PC en la enseñanza de la física, se puede procurar combinarlo con otros métodos de enseñanza, *e.g.*, utilizar la historia y filosofía de la ciencia, pues esto permite conocer la historia de la física, su evolución y su proyección al tiempo que conlleva un análisis y una indagación sobre la evolución del conocimiento científico, promoviendo así las habilidades que engloban al PC.

Examinar la incursión del PC en la enseñanza de la física, a través de su historia y filosofía, permite tomar posiciones y consideraciones relevantes frente a las prácticas pedagógicas. Así mismo, el docente puede reflexionar y analizar cómo está ejerciendo su proceso de enseñanza de la física y si la misma es comprendida por sus estudiantes. El PC no solo ayuda a cuestionar y comprender mejor las ciencias, sino que también genera en el estudiante un compromiso frente a su formación, que debe propender por un aprendizaje eficaz y confiable y lo transformará en un ciudadano crítico y reflexivo a la hora tomar decisiones.

Además, considerar el PC en la historia y filosofía de la ciencia para la enseñanza de la física permite exhibir la construcción del conocimiento y su importancia en los diferentes contextos socioculturales en los que se ha llevado a cabo. Así mismo, el PC posibilita comprender el porqué de la apatía de las

ciencias en algunas corrientes sociales, culturales y políticas (Solbes, 2013). Por lo tanto, el PC favorecerá la identificación de las problemáticas de enseñanza-aprendizaje tanto antiguas como modernas, conformando así un interés propio por el aprendizaje de la física en el estudiante.

Finalmente, es necesario darse cuenta de que la enseñanza de la física no solo consiste en trasladar conceptos de los textos a la memoria del estudiante, y tampoco en saturarlo de información o volverlo un solucionador de ecuaciones matemáticas; es lograr llevarlo a la indagación, a la interpretación, al análisis y a comprender la importancia de la física en su entorno y en la evolución de la sociedad, donde el pensamiento crítico se constituye como un elemento fundamental en el aula y en la enseñanza de la física.

Referencias

- Athié, M., M, Costopoulos, Y., & Garza, M. T. (2011). Pensamiento crítico. En M. Crispín (Ed.), *Aprendizaje autónomo: orientaciones para la docencia* (pp.149-178). Universidad Iberoamericana. <https://ibero.mx/web/filesd/publicaciones/aprendizaje-autonomo.pdf>.
- Ayala, M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades, *Pro-Posições* 17(49), 19-37. <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/proposic/article/view/8643653/11170>.
- Barak, M., Ben-Chaim, D., & Zoller, U. (2007). Purposely teaching for the promotion of higher-order thinking skills: A case of critical thinking. *Research in Science Education*, 37, 353-369. DOI 10.1007/s11165-006-9029-2

- Castiblanco, O., & Vizcaino, D. (2006). Pensamiento crítico y reflexivo desde la enseñanza de la física, *Revista Colombiana de Física*, 38(2), 674 -677. https://www.researchgate.net/publication/28116744_Pensamiento_critico_y_reflexivo_desde_la_ensenanza_de_la_fisica
- Castillo, J. (2008). La historia de las ciencias y la formación de maestros: la recontextualización de saberes como herramienta para la enseñanza de las ciencias. *Nodos y Nudos* 3(25), 73-80. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/NYN/article/view/1388>
- Ennis, R. (2005). Pensamiento crítico: un punto de vista racional (Trad. Bueno, A. J). *Revista de Psicología y Educación*, 1(1), 47-64. <https://www.revistadepsicologiayeducacion.es/pdf/5.pdf>
- Facione, P. (2007). Pensamiento crítico: ¿qué es y por qué es importante? *Insight Assessment*. <http://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/PensamientoCriticoFacione.pdf>
- Fonseca, Y., & Castiblanco, O. (2020). Desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo a partir de la enseñanza del sonido. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 47, 111-126. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/7841/8090>
- García, A. (2009). Investigación en didáctica de la física: tendencias actuales e incidencia en la formación del profesorado. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(2), 369-375. http://www.lajpe.org/may09/26_Antonio_Garcia_Carmona.pdf
- García, S., Lara, B. A, & Cerpa, C. G. (2013). Enseñanza de la física y desarrollo del pensamiento crítico: un estudio cualitativo. *Revista de Educación y Desarrollo*, 24, 67-76. http://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/antteriores/24/024_LaraBarragan.pdf
- Gil, D., Senent, P., & Solbes, J. (1986). Análisis crítico de la introducción de la física moderna en la enseñanza media, *Enseñanza de las Ciencias de Investigación y Experiencias Didácticas*, 2(1), 16-21. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/15990/15814>
- Hacking, I. (2013). *Ensayo preliminar*. En T. Kuhn (Ed.), *La estructura de las revoluciones científicas* (pp. 9-51). Fondo de Cultura Económica.
- Hernández, A. (2014). El origen de la Física moderna: el papel de Fermi. *Encuentros Multidisciplinarios* 47, 1-10. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/24202/El+origen+de+la+f%EDsica+moderna.pdf?sequence=1>
- Izquierdo, M., García, M., Quintanilla, A., y Adúriz B. (2016). *Historia, filosofía y didáctica de las Ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Laiton, P. (2011). ¿Es posible desarrollar el pensamiento crítico a través de la resolución de problemas en física mecánica? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(1), 54-70. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2693>
- López, A. (2012). Pensamiento crítico en el aula, *Docencia e Investigación*, XXXVII(22), 41-60. https://www.educacion.to.uclm.es/pdf/revistaDI/3_22_2012.pdf
- Ministerio de Educación Nacional (MEN) (2006). *Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias ciudadanas*. Ministerio de Educación Nacional. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf
- Moreira, M. (2014). Enseñanza de la física: aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico y criticidad. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26(1),

- 45-52. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v26.n1.9515>
- Nieto, A., & Saiz, C. (2011). Skills and dispositions of critical thinking: are they sufficient? *Annales de Psychologie*, 27(1), 202-209. <https://revistas.um.es/analesps/article/view/113641/107631>
- Ostermann, F., & Moreira, M. (2000). Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 391-404. <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v18-n3-ostermann-moreira/1934>
- Pacheco, L., & Muenchen, C. (2022). A construção do currículo de Física na perspectiva Freire-CTS em um contexto de pré-vestibular municipal. *Revista de Enseñanza De la Física*, 34(1), 113-127. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v34.n1.37936>
- Patty, M. (2006). Einstein y el rol de las matemáticas en la física *Praxis Filosófica*. (22). 5-27. <http://www.scielo.org.co/pdf/pafi/n22/n22a01.pdf>
- Perea, M., & Buteler, L. (2016). El uso de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física: una aplicación para el electromagnetismo. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 11(1), 12-25. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/8483>
- Porras, Y., Tuay, N., & Ladino, Y. (2020). Desarrollo de la habilidad argumentativa en estudiantes de educación media desde el enfoque de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 48, 143-161. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/11486/8936>
- Ruiz, P., Nardelli, M., & Mengascini, A. (2023). La enseñanza de la física en la educación secundaria: tensiones entre las prescripciones y las aulas. *Revista Enseñanza de la Física*, 35(2), 33-43. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v35.n2.43683>
- Saiz, C., & Rivas, S. (2008). Evaluación en pensamiento crítico: una propuesta para diferencias formas de pensar. *Ergo, Universidad de Veracruz*, 22-23, 25-66. <https://www.pensamiento-critico.com/archivos/evaluarpcergodf.pdf>
- Solbes, J., & Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. *Historia y Epistemología de las Ciencias*, 14(1), 103-112. <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v14-n1-solbes/2151>
- Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): introducción. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 1-10. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2791/2439>
- Tamayo, O. (2014). Pensamiento crítico dominio-específico en la didáctica de las ciencias. *Técne Episteme y Didaxis: TED*, 36, 25-45. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/4686/3840>
- Tereshchuk, S., Sharov, S., Tereshchuk, A., Kolmakova, V., & Sharova, T. (2023). Critical thinking and hypothetic-deductive scheme for studying the elements of quantum theory. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 12(3), 1497-1506. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i3.25249>
- Tuay, S., Porras, C., & Pérez, M. (2021). Pensamiento crítico en la formación del profesorado de ciencias. *Tecné, Episteme y Didaxis, Ext.*, 140-146. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/15072/9886>
- Vásquez, A., & Manassero, M. (2019). La educación de ciencias en contexto: aportaciones a la formación del profesorado. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 46, 15-37. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/10538/7582>

Vieira, R., Tenreiro, C., & Martins, I. (2011). Critical thinking: Conceptual clarification and its importance in science education. *Science Education International*, 22(1), 43-54. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ941655.pdf>

Vieira, R., & Tenreiro, C. (2016). Fostering scientific literacy and critical thinking in elementary science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(4), 659-680. <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/17494/1/Fostering%20Scientific%20Literacy%20and%20Critical%20Thinking%20in%20Elementary%20Science%20Education.pdf>

