

ESCRIBÍ UN DESEO
PARA EL FUTURO
LA CIENCIA, LA EDUCACIÓN
Y LA CULTURA

CIENCIA
SOBERANA

QUE SEA
PARA
TODAS,
TODOS Y
TODOS !!

QUE SEA
ACCESIBLE
PARA TODOS

DEFENDER LA
CIENCIA
CUIDAR EL
AMBIENTE
CONSTRUIR
SOBERANÍA

CIENCIA
PARA
CONOCER
LO NUESTRO

CIENCIA
SOBERANA

QUE LOS
NIÑOS
ESTUDIEN
CIENCIA

QUE OTROS
SABERES
SEAN
PARTE DE
LA UNIVERSIDAD

QUE SEA
ABIERTO
A SER
CONSTRUIDO

Ciencia
desde y
para el
Pueblo

ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN DESDE SUS EVIDENCIAS PARA CONTRARRESTAR EL NEGACIONISMO CIENTÍFICO: UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

Teaching Evolution Based on its Evidence to Counter Scientific Denialism: a Didactic Strategy

Ensino da evolução a partir de evidências para combater o negacionismo científico: uma estratégia didática

Smit Leonardo Bobadilla-Medina¹ 

Fecha de recepción: 30 de mayo de 2025

Fecha de aceptación: 01 de octubre de 2025

Fecha de publicación: 01 de enero de 2026

Tipo de artículo: Artículo de investigación

Como citar

Bobadilla-Medina, S. M. (2026). Enseñanza de la evolución desde sus evidencias para contrarrestar el negacionismo científico: una estrategia didáctica, *Bio-grafía*, 19(36), e23310. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.19.num36-23310>

Resumen

Este artículo de investigación presenta una propuesta didáctica para contrarrestar el negacionismo científico mediante la enseñanza de la evolución biológica. Se parte del reconocimiento de tres marcos teóricos: obstáculos epistemológicos, metacognición y modelización, articulados a través de tres lógicas de razonamiento: interpretativa/argumentativa, inferencial y crítica. La propuesta se desarrolló bajo un enfoque de investigación-acción y aprendizaje basado en problemas, con estudiantes de noveno grado en un colegio público de la localidad de Bosa, Bogotá. A partir del trabajo colaborativo con evidencias empíricas que sustentan la evolución, los estudiantes construyeron explicaciones, identificaron sesgos y reformularon ideas intuitivas desde una perspectiva científica. Los resultados mostraron avances en la argumentación basada en evidencia, en la superación de ideas como el teleologismo o el esencialismo, y en el desarrollo de pensamiento crítico frente a afirmaciones pseudocientíficas. No obstante, se identificaron desafíos en el trabajo colaborativo y en la activación de procesos metacognitivos más profundos. Se concluye que la evolución, abordada desde una perspectiva epistémica, ética y cultural, permite fortalecer la alfabetización científica y el respeto por la pluralidad de saberes, al ofrecer herramientas para enfrentar el negacionismo desde el aula.

Palabras clave: evolución biológica; modelización; negacionismo científico; obstáculos epistemológicos; pensamiento crítico

¹ Estudiante, Doctorado Interinstitucional en Educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. slbobadillam@udistrital.edu.co

Abstract

This article presents a didactic proposal to counter scientific denialism through the teaching of biological evolution. It is based on the recognition of three theoretical frameworks: epistemological obstacles, metacognition, and modeling, articulated through three reasoning logics: interpretative/argumentative, inferential, and critical. The proposal was developed under an action research approach and problem-based learning, with ninth-grade students at a public school in the Bosa district of Bogotá. Through collaborative work with empirical evidence supporting evolution, students constructed explanations, identified biases, and reformulated intuitive ideas from a scientific perspective. The results showed progress in evidence-based argumentation, overcoming ideas such as teleologism and essentialism, and developing critical thinking in the face of pseudoscientific claims. However, challenges were identified in collaborative work and in activating deeper metacognitive processes. It is concluded that evolution, approached from an epistemic, ethical, and cultural perspective, strengthens scientific literacy and respect for the plurality of knowledge, providing tools to confront denialism from the classroom.

Keywords: biological evolution; critical thinking; epistemological obstacles; modeling; scientific denialism

Resumo

Este artigo apresenta uma proposta didática para combater o negacionismo científico por meio do ensino da evolução biológica. Parte-se do reconhecimento de três marcos teóricos: obstáculos epistemológicos, metacognição e modelização, articulados por três lógicas de raciocínio: interpretativa/argumentativa, inferencial e crítica. A proposta foi desenvolvida com base em uma abordagem de pesquisa-ação e aprendizagem baseada em problemas, com estudantes do nono ano de uma escola pública na localidade de Bosa, Bogotá. A partir do trabalho colaborativo com evidências empíricas que sustentam a evolução, os estudantes construíram explicações, identificaram vieses e reformularam ideias intuitivas a partir de uma perspectiva científica. Os resultados mostraram avanços na argumentação baseada em evidências, na superação de ideias como o teleologismo e o essencialismo, e no desenvolvimento do pensamento crítico diante de afirmações pseudocientíficas. No entanto, foram identificados desafios no trabalho colaborativo e na ativação de processos metacognitivos mais profundos. Conclui-se que a evolução, abordada sob uma perspectiva epistêmica, ética e cultural, permite fortalecer a alfabetização científica e o respeito à pluralidade de saberes, oferecendo ferramentas para enfrentar o negacionismo desde a sala de aula.

Palavras-chave: evolução biológica; modelização; negacionismo científico; obstáculos epistemológicos; pensamento crítico



Introducción

En la actualidad, el avance del negacionismo científico representa un desafío que debe ser atendido con extrema urgencia desde todas las disciplinas escolares, y en este trabajo se presenta un aporte desde el contenido y el concepto de evolución biológica. Se reconoce que este fenómeno no se explica solo por la falta de información sino también por la presencia de concepciones alternativas arraigadas en el subconsciente y en discursos ideológicos que distorsionan el conocimiento científico. En este contexto, se requiere de enfoques de enseñanza que combinen el trabajo con evidencias empíricas, el diálogo entre estudiantes y el desarrollo del pensamiento crítico.

Este trabajo inicia abordando qué es el negacionismo científico y sus implicaciones sociales, y la idea de obstáculo epistemológico como un promotor. Posteriormente, se presenta por qué se considera que la evolución biológica es un elemento conceptual que puede ayudar a combatir dicho negacionismo, para luego presentar una propuesta didáctica dirigida a estudiantes de grado noveno en un colegio público de la localidad de Bosa, Bogotá, la cual está centrada en el análisis colaborativo de las evidencias que sustentan las teorías evolutivas, desde tres lógicas de razonamiento: la interpretativo/argumentativa, la inferencial y la crítica. La propuesta se fundamenta en una serie de bucles que parten del obstáculo epistemológico, y se movilizan hacia la metacognición y la modelización escolar con el propósito de promover la construcción de explicaciones científicas sólidas.

Marco conceptual

La comprensión de la ciencia por parte de los estudiantes enfrenta múltiples dificultades que se entrelazan desde dimensiones epistemológicas, pedagógicas, culturales y sociopolíticas, generando obstáculos epistemológicos (Pérez *et al.*, 2018; Pérez y González-Galli, 2015). Diversos estudios reconocen que estas dificultades radican en la desconexión entre el conocimiento científico y la cotidianidad de los estudiantes, lo que refuerza la percepción de la ciencia como un conjunto de saberes abstractos y ajenos a su experiencia concreta (Conrado *et al.*, 2018; El-Hani y Mortimer, 2007; Vilela y Selles, 2020). Dicha percepción se acentúa por enfoques de enseñanza que se centran en la memorización de conceptos, hechos y teorías descontextualizadas, e ideas donde la ciencia se constituye como un conjunto de verdades absolutas, infalibles e inmutables, lo cual impide una comprensión crítica del carácter dinámico, provisional y construido del conocimiento científico, limitando la posibilidad de entender la ciencia como una actividad cultural (Elkana, 1983)

sujeta a conjeturas, incertidumbres, revisiones y pruebas rigurosas (McIntyre, 2020).

A estas barreras se suman factores estructurales y culturales como las desigualdades sociales, acceso inequitativo a una educación de calidad y tensiones entre el conocimiento científico y creencias religiosas o ideológicas (Dourado, 2024; El-Hani, 2022; Quijano, 2009; Santos, 2008). Tales creencias son muy arraigadas y operan como mecanismos de identidad y pertenencia, tamizando la información recibida, lo que podría reforzar sesgos cognitivos como el de la confirmación —las personas buscan interpretar y valorar la información de manera que confirme sus creencias, ignorando evidencia que las contradiga— y dificultar con ello la aceptación de teorías científicas (Kahan *et al.*, 2013; McIntyre, 2018). En este sentido, el negacionismo científico se alimenta de la desinformación y la falsa equivalencia mediática entre opinión y evidencia, lo cual deslegitima las instituciones científicas y desencadena un rechazo epistémico hacia la ciencia (Hoofnagle, 2007; Oreskes, 2019; Shapin, 2019).

Es importante resaltar que esta crítica al negacionismo no implica la exaltación de la ciencia como la única epistemología válida o superior, sino que reconoce su especificidad para el planteamiento de ciertos problemas del mundo contemporáneo en distintos niveles —cambio climático, pérdida de biodiversidad, escasez de agua, desigualdad social, discriminación estructural, pérdida de conocimientos tradicionales, pandemias, entre otros—. Trasciende posturas científicas o instrumentales, sin desconocer la relevancia de otros saberes situados, como los tradicionales, populares o ancestrales, los cuales tienden a ser subvalorados por parte del negacionismo, utilizados de forma fragmentada, superficial y descontextualizada sin respetar sus fundamentos, coherencia interna o relación con las comunidades que las producen.

El rechazo sistémico hacia la ciencia constituye una forma de negacionismo científico, que genera tensiones epistemológicas y se manifiesta en estrategias discursivas orientadas a deslegitimar la ciencia en favor de narrativas alternativas carentes de base empírica, con características como el uso de falsos expertos para cuestionar consensos científicos, la selección sesgada de datos, el planteamiento de expectativas imposibles sobre la ciencia —exigencia de certeza absoluta— o interpretaciones relativistas —ver a la ciencia como constructo y no como actividad y por tanto carente de estatuto epistémico (McIntyre, 2018; Moura, 2014)—. Todo esto genera oposición por considerarla una narrativa más entre muchas, susceptible de estar motivada por intereses ideológicos o económicos (Goldman, 2022; Vilela y Selles, 2020).

Además, se da el planteamiento de conspiraciones, así como el uso de falacias argumentativas como la falsa analogía o la dicotomía equivocada (Diethelm y McKee, 2009; McIntyre, 2018; Oreskes y Conway, 2010), tácticas que instrumentalizan la naturaleza dinámica y sujeta a revisión del conocimiento científico —escepticismo científico— para cuestionar su validez y generar desconfianza sobre la legitimidad de las conclusiones científicas alegando una supuesta debilidad (Riechmann, 2023; Vargas, 2021). Lo anterior también presenta una dificultad por reconocer el carácter provisional y autocorrectivo, características que lejos de ser una debilidad constituyen su principal atributo epistémico (Leite, 2014; McIntyre, 2023).

Esto ha dado lugar a movimientos y colectivos como el terraplanismo, el movimiento antivacunas y el rechazo al cambio climático, los cuales generan una identidad grupal que se define en oposición a las instituciones científicas. Alegan victimismo epistémico manifestando que los defensores del conocimiento científico son parte de un sistema opresor o excluyente (Caponi, 2020; McIntyre, 2023;). A su vez, estos movimientos construyen sistemas autorreferenciales cerrados, resistentes a evidencias, apelando a emociones, narrativas simples y experiencias personales para legitimar posturas que desinforman, y que son potenciadas en la actualidad por redes sociales y medios masivos de información (Cassiani *et al.*, 2022; Fraser, 2023).

Tomando en cuenta lo mencionado, el negacionismo científico representa una amenaza significativa tanto para la cohesión social como para el progreso científico y tecnológico, al socavar la confianza en las instituciones científicas y debilitar los consensos necesarios para la toma de decisiones informadas en aspectos críticos como la salud, el cambio climático, la protección de la biodiversidad, entre otros (Oreskes, 2019; Vilela y Selles, 2020), dejando que estas decisiones sean guiadas por emociones, ideologías o intereses particulares (McIntyre, 2018, 2020, 2023).

El negacionismo también fomenta la polarización política y cultural, pues favorece comunidades cerradas que rechazan las pruebas científicas en favor de narrativas alternativas, las cuales, en su mayoría, son motivadas por intereses económicos que buscan mantener un *statu quo* evitando regulaciones ambientales y sanitarias, además de obstaculizar la implementación de políticas y retrasar respuestas urgentes frente a desafíos como pandemias o crisis climáticas (Oreskes y Conway, 2010; Vilela y Selles, 2020). Esto, a su vez, puede reducir la inversión en investigación y limitar el desarrollo de la Medicina, así como de otros aspectos que requieren mayor estudio en la actualidad, como protección de la biodiversidad, mejorar

tecnologías de energía renovable, agricultura y obtención de recursos de manera sostenible (McIntyre, 2018, 2023).

El negacionismo científico puede llevar a la generación de obstáculos epistemológicos, así como los obstáculos epistemológicos pueden motivar un negacionismo radical fundamentando una epistemología inversa, donde se niegan o se invisibilizan los conocimientos diferentes a los míos y a los del colectivo al que pertenezca. El negacionismo, como ya se mencionó, está marcado por una postura ideológica activa intencional de rechazo o distorsión de conocimientos científicos consolidados; en contraste, el obstáculo epistemológico se entiende como una barrera interna al pensamiento que impide la construcción del conocimiento científico, ideas que no provienen del mundo exterior sino de las formas previas, cotidianas o erróneas de pensar, como el sentido común no reflexionado, la autoridad incuestionada y la experiencia inmediata como criterio de verdad (González-Galli y Meinardi, 2015; Pérez *et al.*, 2018; Pérez y González-Galli, 2015).

En este contexto, la enseñanza de la evolución biológica ofrece una oportunidad para confrontar el negacionismo científico y los obstáculos epistemológicos, puesto que tradicionalmente esta ha sido objeto de resistencia ideológica, y enfrenta ataques y cuestionamientos motivados por creencias religiosas, culturales o políticas que la consideran incompatible con ciertas cosmovisiones o intereses (Coyne, 2009; McIntyre, 2023; Nelson *et al.*, 2019; Nickels, 2013). Se reconoce a la evolución biológica como un conjunto de modelos que dan cuenta de distintos aspectos del cambio biológico a lo largo del tiempo, contruidos desde marcos conceptuales, metodológicos y epistémicos diversos (Arango y Sanabria, 2018; Coyne y Orr, 2004; Futuyma y Kirkpatrick, 2017; González-Galli *et al.*, 2025; Harms y Reiss, 2019; Ramírez-Olaya, 2016) constituyéndose en uno de los pilares de la biología moderna puesto que unifica el marco explicativo para comprender la biodiversidad, la adaptación, la historia de vida y las relaciones entre organismos (Gould, 2002).

La evolución promueve el análisis riguroso de evidencias, la formulación y evaluación de hipótesis, así como el cuestionamiento de ideas preconcebidas sobre la naturaleza y la diversidad de la vida. Al abordar fenómenos tales como la selección natural o la evolución convergente, los estudiantes se enfrentan a la necesidad de comparar explicaciones científicas, identificar patrones y construir argumentos sólidos a partir de datos observables. De este modo, la evolución deja de ser únicamente un contenido central de la biología para convertirse en un motor del desarrollo de habilidades críticas: la evaluación de argumentos, la identificación de falacias lógicas, la valoración de la evidencia empírica (Latour, 2019; McIntyre, 2018;

Nelson *et al.*, 2019; Nickels, 2013; Niño-Sarmiento *et al.*, 2024; Oreskes, 2019; Riechmann, 2023; Ruse, 2012), el reconocimiento de sesgos cognitivos y la capacidad de examinar la solidez de distintas fuentes de información. Asimismo, la interpretación de fósiles, la comparación genética y el análisis de estructuras anatómicas fortalecen la comprensión de cómo se construyen, evalúan y ajustan las teorías científicas (Casini, 2012; McIntyre, 2020; Piazza, 2012). Estos procesos refuerzan la idea de que la ciencia no ofrece verdades absolutas, sino que se configura como una construcción dinámica, colectiva y sustentada en evidencia, constituyéndose no solo en un instrumento cognitivo, sino también en una herramienta política y ética para fortalecer la democracia y la toma de decisiones basadas en evidencia (El-Hani, 2022; Nelson *et al.*, 2019; Oreskes, 2019; Santos, 2008).

No obstante, enseñar evolución puede resultar desafiante en contextos donde ciertas creencias religiosas o ideológicas se perciben en conflicto con los postulados científicos. Esto genera resistencia cultural y presiones ideológicas, a lo que se suma la posible falta de formación específica de los profesores para abordar temas controvertidos en el aula (Bobadilla-Medina y Fonseca-Amaya, 2024; Casini, 2012; El-Hani, 2022; Gómez y Peñaloza, 2025; Kim y Nehm, 2011; Santos, 2008).

En este sentido, Glaze y Goldston (2015) y Sickel y Friedrichsen (2013) reconocen que tales desafíos llevan a los docentes a omitir o reducir de manera simplificada la enseñanza de la evolución. Esta carencia favorece la aceptación de discursos pseudocientíficos, como el creacionismo y el diseño inteligente, que ofrecen explicaciones intuitivas pero infundadas, carentes de rigor empírico y sin criterios de falsabilidad (McIntyre, 2018, 2020). Lo anterior plantea implicaciones éticas y sociales, pues compromete la alfabetización científica, la capacidad de tomar decisiones informadas y la preparación de los estudiantes para enfrentar eventualidades tanto en su vida cotidiana como en la esfera social (Vilela y Selles, 2020).

Con base en lo anterior algunos autores reconocen la importancia de integrar cuestiones sociocientíficas por medio del aprendizaje basado en problemas y la indagación, como formas de conectar con los aspectos científicos a los contextos reales, promoviendo la discusión informada y el cuestionamiento fundamentado (El-Hani *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2018; Vilela y Selles, 2020). Complementariamente, se destaca la enseñanza explícita de la naturaleza de la ciencia y el desarrollo de habilidades para identificar falacias lógicas y sesgos cognitivos como el de la confirmación o el establecimiento de obstáculos epistemológicos que subyacen en la enseñanza de la evolución lo cual es fundamental para distin-

guir entre escepticismo saludable y negación dogmática (McIntyre, 2018, 2020, 2023).

Así, se sugiere adoptar un enfoque respetuoso y metodológicamente riguroso que enfatice el naturalismo metodológico —la práctica científica que limita sus explicaciones al mundo natural— sin negar las creencias personales de los estudiantes (El-Hani y Santos, 2013). Este planteamiento contribuye a evitar tensiones ontológicas, al tiempo que permite diferenciar el conocimiento científico de las cosmovisiones religiosas. De este modo, se favorece un ambiente de respeto mutuo y de diálogo constructivo (Pievani, 2012), a la vez que se mantiene la rigurosidad académica con sensibilidad hacia las creencias. Todo ello exige a los profesores una comprensión profunda de la epistemología científica.

En este trabajo resulta de interés abordar los obstáculos epistemológicos junto con el negacionismo científico, ya que diversos autores han señalado la necesidad de propuestas didácticas que trascienden la enseñanza tradicional y permitan enfrentar estos desafíos (Pérez *et al.*, 2018; Pérez y González-Galli, 2015). En esta perspectiva, se plantea una estrategia centrada en el trabajo explícito con las evidencias empíricas que sustentan la teoría de la evolución, con el fin de fortalecer la comprensión científica y contrarrestar tanto las resistencias ideológicas como las dificultades de orden epistemológico. En este trabajo se piensa que es importante reconocer primero las evidencias antes de las definiciones abstractas que puedan presentarse en la enseñanza de la evolución. Esta propuesta parte de fenómenos concretos y de la indagación sobre evidencias que permitan a los estudiantes la construcción progresiva de modelos explicativos acordes con la perspectiva científica, se reconoce que no basta con la información, sino con experiencias que favorezcan el diálogo entre las concepciones alternativas de los estudiantes y los modelos científicos, permitiendo una reestructuración conceptual fundamentada en la evidencia. En esta propuesta didáctica se abordan los tres marcos teóricos complementarios planteados por Pérez *et al.* (2018) para la realización de unidades didácticas: los obstáculos epistemológicos, la metacognición y la modelización

Los obstáculos epistemológicos constituyen el primer marco de análisis y se retoman a partir del concepto desarrollado por Gastón Bachelard (2000/1938). Según González-Galli y Meinardi (2015) y Pérez *et al.* (2018), no se trata de simples errores casuales, sino de formas estructuradas de pensar que deben ser reconocidas, analizadas y trabajadas explícitamente en el aula. El propósito no es eliminarlas de forma abrupta, sino favorecer que los estudiantes tomen conciencia de ellas. Estas formas de pensamiento poseen tres rasgos centrales: funcional-

dad cognitiva, porque permiten interpretar el mundo de manera intuitiva; transversalidad, ya que no se limitan a un solo campo o disciplina; y conflictividad, dado que son incompatibles con la naturaleza contraintuitiva de la ciencia. Estas características explican su persistencia en el aprendizaje (González-Galli y Meinardi, 2015; Pérez *et al.*, 2018). En la enseñanza, los obstáculos epistemológicos se manifiestan en modos de razonamiento recurrentes, como el teleologismo, el esencialismo, el antropocentrismo y el pensamiento tipológico, así como en sesgos cognitivos tales como el de confirmación, el razonamiento motivado, la falsa claridad, el sentido común, la necesidad de certeza o la aversión a la ambigüedad.

El segundo marco es la metacognición, entendida como la capacidad de monitorear y regular por parte de una persona sus pensamientos y concepciones intuitivas, reconociendo qué obstáculos se presentan en la comprensión de los modelos científicos (Martin, 1983; Petralvi, 2001; Schraw *et al.*, 2012).

El tercer marco es la modelización, entendida como el proceso mediante el cual los estudiantes construyen modelos explicativos sobre fenómenos científicos. Este enfoque se inspira en la visión de la ciencia como una actividad basada en la construcción, validación y uso de modelos (Giere, 1999). En contextos de enseñanza, modelizar implica que los estudiantes partan de una pregunta significativa o de un problema real, utilicen sus concepciones previas como punto de partida —aunque contengan obstáculos— y construyan, de manera guiada y progresiva, representaciones coherentes con el modelo científico. En esta misma línea, Adúriz-Bravo (2010) señala que los modelos no son réplicas exactas de los modelos científicos, sino versiones simplificadas y contextuales que facilitan la comprensión de fenómenos complejos, como la evolución. Además, advierte que la construcción de modelos es un proceso gradual, multimodal (esquemas, simulaciones, explicaciones orales, entre otras) y dialógico.

En consecuencia, los tres marcos conceptuales aquí considerados no actúan de manera aislada, sino que se integran en el diseño didáctico. Esta integración permite situar la enseñanza de la evolución en un horizonte que no solo atiende a los contenidos científicos, sino también a los desafíos epistemológicos y didácticos que plantea el negacionismo contemporáneo. A partir de este panorama surge la pregunta de investigación: ¿cómo puede una propuesta didáctica centrada en el trabajo colaborativo con evidencias empíricas de la evolución biológica, desde lógicas interpretativas, argumentativas, inferenciales y críticas, contribuir a contrarrestar el negacionismo científico en estudiantes de noveno grado?

En correspondencia, el objetivo de este trabajo es analizar el potencial de una propuesta didáctica ya existente para favorecer en los estudiantes el desarrollo de un pensamiento crítico y la construcción de modelos explicativos que les permitan enfrentar discursos negacionistas

Metodología

La propuesta didáctica aquí presentada se enmarca en una perspectiva de investigación-acción (Kemmis *et al.*, 2014) y en el aprendizaje basado en problemas (Restrepo, 2023), orientada a explorar el potencial del trabajo colaborativo mediante el análisis de evidencias empíricas de la evolución biológica como estrategia para contrarrestar el negacionismo científico. En coherencia con el enfoque de investigación-acción, la propuesta se llevó a cabo siguiendo las fases de planificación, acción, observación y reflexión, entendidas como un proceso espiralado de mejora de la práctica (Kemmis *et al.*, 2014). Con base en estos autores, se reconoce que la investigación, cuando se articula a los procesos de formación escolar, no se limita a la producción académica de conocimiento, sino que se convierte en una estrategia didáctica capaz de formar sujetos que problematizan, argumentan y transforman sus modos de comprender la realidad.

Esta propuesta se aplicó en un colegio público de la localidad de Bosa, Bogotá, con un total de 150 estudiantes de grado noveno, con edades promedio entre 13 y 15 años. La implementación tuvo una duración de tres semanas, con una intensidad de 15 horas. El contexto sociocultural de esta comunidad educativa se caracteriza por la coexistencia de creencias tradicionales y discursos pseudocientíficos, lo que constituye un escenario desafiante, pero al mismo tiempo, pertinente para abordar la enseñanza de la evolución.

Esta propuesta didáctica fue diseñada para promover el trabajo colaborativo en grupos de cuatro estudiantes, fomentando la discusión, la construcción colectiva del conocimiento y la confrontación argumentativa. Para ello, se trabajó a partir de tres lógicas complementarias: la interpretativa/argumentativa, orientada a la elaboración de explicaciones con base en datos y teorías; la inferencial, que permite derivar conclusiones a partir del análisis de evidencias; y la crítica, que impulsa a cuestionar afirmaciones y contrastar diferentes perspectivas.

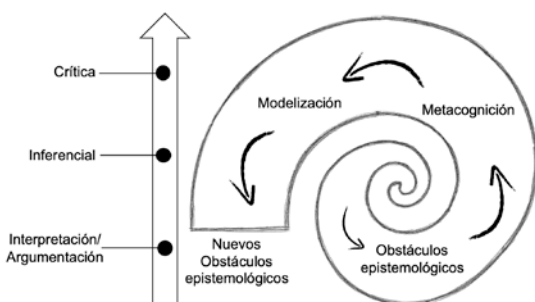
El taller didáctico se estructuró en torno a seis evidencias fundamentales de la evolución: registro fósil, estratigrafía, anatomía comparada, desarrollo embrionario, biogeografía, biología molecular y sistemática. Cada una de estas se abordó mediante la lectura guiada de textos breves, el análisis de imágenes y diagramas, y la resolución de

preguntas abiertas que estimularon diferentes formas de razonamiento científico (véase figura 1). Cada evidencia fue introducida mediante preguntas detonadoras diseñadas para activar las concepciones previas y orientar la discusión grupal, lo que permitió que los estudiantes elaboran explicaciones iniciales y posteriormente las confrontaran con datos y representaciones científicas. Esta secuencia buscó articular las tres lógicas con los marcos teóricos de obstáculos epistemológicos, metacognición y modelización (Pérez y González-Galli, 2015).

En esta propuesta se definieron tres lógicas complementarias de análisis —interpretativa/argumentativa, inferencial y crítica— entendidas como una construcción derivada de la articulación entre los marcos de obstáculos epistemológicos, metacognición y modelización (Pérez y González-Galli, 2015). La lógica interpretativa/argumentativa se orienta a la elaboración de explicaciones con base en datos y teorías; la lógica inferencial permite derivar conclusiones a partir del análisis de evidencias; y la lógica crítica impulsa a cuestionar afirmaciones y contrastar diferentes perspectivas. Estas lógicas sirvieron como eje organizador del análisis de los resultados.

Figura 1.

Modelo para confrontar el negacionismo científico mediante el estudio de las evidencias de la evolución



Nota: adaptado de los bucles de recursividad de Kemmis et al. (2014), integrando el aprendizaje basado en problemas con las lógicas interpretativa, argumentativa, inferencial y crítica. La adaptación consiste en organizar estos procesos en una espiral donde los obstáculos epistemológicos se sitúan en la base, su superación metacognitiva conduce a la modelización, y esta puede generar nuevos obstáculos que reactivan ciclos recursivos de interpretación, inferencia y crítica.

Fuente: elaboración propia.

En este sentido, la enseñanza de la evolución se plantea como una acción formativa que articula dimensiones conceptuales, epistémicas y éticas del conocimiento científico, reconociendo la complejidad de abordarla en contextos donde este convive —y en ocasiones colisiona— con creencias sociales, culturales y religiosas. Dentro de este

marco, el aula se configura como un espacio de diálogo, reflexión y construcción de sentido, sustentado en una racionalidad científica abierta, argumentada y situada.

Esta propuesta se desarrolló como parte del proceso formativo regular en el área de ciencias naturales, sin intervención externa ni recolección de datos sensibles. Los estudiantes no fueron identificados de manera individual, tampoco se les expuso a riesgos de carácter físico, mental, emocional o social. El análisis se fundamentó en los productos escritos y en las discusiones generadas en el aula, en coherencia con los fines formativos del marco y del mesocurrículo escolar, garantizando la confidencialidad de los participantes.

Análisis y discusión

El análisis se centró en los productos escritos, las interacciones verbales en los grupos de trabajo y las reformulaciones conceptuales durante el proceso. Los resultados se presentan de acuerdo con las lógicas de análisis definidas en la metodología —interpretativa/argumentativa, inferencial y crítica—. A partir de ellas, se muestran momentos de activación de obstáculos epistemológicos, el uso de estrategias metacognitivas y avances en la construcción de modelos explicativos sobre la evolución biológica.

En la *lógica argumentativa/interpretativa*, se reconoce que tiene la capacidad de fomentar la construcción de explicaciones con base en las evidencias empíricas y conceptos científicos, se reconoce en los estudiantes una mejora en la habilidad de interpretar gráficos, esquemas o texto, así como la construcción de explicaciones y sostenerlas de manera argumentada ante el grupo. Esta lógica presenta tres tipos de reformulaciones.

Al trabajar con la evidencia del cambio morfológico de los caballos, la primera reformulación que se reconoce en los estudiantes, es la del teleologismo a la explicación adaptativa, un estudiante interpretaba inicialmente que “los caballos fueron cambiando porque necesitaban correr más rápido para huir de los depredadores”. Esta afirmación presenta un obstáculo epistemológico de tipo teleológico, al atribuir intención al cambio evolutivo. Durante la discusión grupal, otro compañero cuestionó esa explicación preguntando si “los animales pueden decidir cambiar”. Guiado por la discusión planteada, el estudiante revisó el gráfico del cambio morfológico de los caballos y reformuló su idea diciendo: “más bien sobrevivieron los que tenían patas más largas y eso se fue repitiendo en la población”. Esta reformulación muestra un proceso de metacognición activa, al identificar la intencionalidad implícita, y un avance hacia la modelización adaptativa basada en selección natural (véase figura 2).

Figura 2.

Fotografía actividad didáctica con uno de los puntos sobre la evidencia fósil de la evolución biológica

Actualmente la mayoría de los caballos tienen un perfil alargado y pueden correr rápido. Los científicos han encontrado esqueletos fósiles de animales que son similares a los caballos. Los consideran los antepasados de los caballos actuales. Los científicos también han podido determinar el periodo en el que vivieron estas especies fósiles. La siguiente tabla incluye información de tres de estos fósiles y del caballo actual.

Nombre	Hyracotherium	Mesohippus	Merychippus	Equus (Caballo actual)
Perfil (misma escala)	 0.4 m	 0.6 m	 1 m	 1.6 m
Periodo de existencia	55 a 50 millones de años atrás	39 a 31 millones de años atrás	19 a 11 millones de años atrás	Desde hace 2 millones de años hasta la actualidad
Esqueleto de la pata (misma escala)				

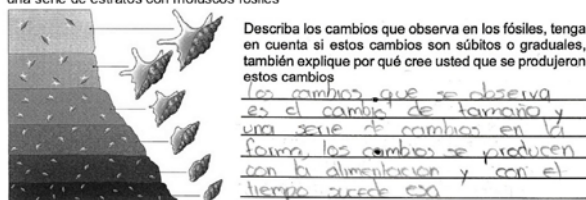
- ¿Qué información de la tabla indica que los caballos actuales han evolucionado a partir de los tres fósiles descritos a lo largo del tiempo? De una respuesta detallada.
- Indica que los caballos tienen una estructura más pesada que los caballos de ahora, un que cada vez que el ser humano los ha visto eran diferentes.
- ¿Qué investigación complementaria pueden realizar los científicos para conocer cómo han evolucionado los caballos a lo largo del tiempo? Seleccione la respuesta Sí o No para cada una de estas afirmaciones.
- (Si) - (No) Comparar el número de caballos que han vivido en los diferentes periodos.
 - (Si) - (No) Investigar el esqueleto de los antepasados de los caballos que vivieron de 50 a 40 millones de años atrás.
 - (Si) - (No) Comparar el ADN de los antepasados de los caballos encontrados congelados en los glaciares, con el ADN de los caballos actuales.
- De las siguientes afirmaciones ¿cuáles son las más adecuadas para la teoría científica de la evolución?, explíquelas.
- (Si) - (No) La teoría de la evolución es posible para los animales, pero no se puede aplicar a los humanos.
 - (Si) - (No) No se puede crear la teoría porque es imposible ver cómo cambian las especies.
 - (Si) - (No) La evolución es una teoría científica que actualmente se basa en numerosas observaciones.

En el análisis de la evidencia fósil, los estudiantes expresaron diversas interpretaciones. Ante la presentación de una serie de fósiles de moluscos en diferentes estratos, un estudiante afirmó: “los fósiles más antiguos y los más nuevos se ven iguales, entonces esa especie no ha cambiado”. Esta afirmación refleja un obstáculo esencialista, que asume que las especies tienen una forma fija e inmutable. A partir de una discusión con su grupo, otro estudiante observó que “hay diferencias sutiles, como el tamaño o la forma de la concha” y propuso que esos cambios pueden ser adaptaciones al ambiente. Esto llevó al primer estudiante a decir: “entonces sí cambian, pero lentamente”. Aquí se observa un proceso metacognitivo donde el estudiante reconoce una idea implícita y la reformula al integrar la noción de variabilidad acumulativa, avanzando hacia una modelización histórica de la evolución (véase figura 3).

Figura 3.

Fotografía actividad didáctica con uno de los puntos sobre la evidencia fósil de la evolución biológica

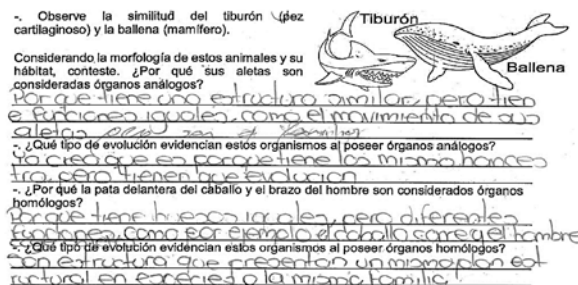
Los estratos de rocas sedimentarias pueden tener restos fósiles de organismos que vivían en la tierra en el momento en que se produjo la sedimentación. En el diagrama se muestra una serie de estratos con moluscos fósiles.



Una segunda reformulación que se reconoció fue dentro de la evidencia de la anatomía comparada, una estudiante afirmó que las “las alas del murciélago y la aleta de la ballena no tienen nada que ver porque sirven para cosas diferentes”. Esta idea muestra un obstáculo funcionalista, en el cual se ignora el origen común por enfocarse en la función. Al observar el esquema de los huesos homólogos y escuchar la explicación de un compañero sobre “el mismo patrón óseo en vertebrados”, la estudiante expresó: “entonces sí tienen el mismo origen, solo que se adaptan a cosas distintas...”. Esta evolución conceptual ilustra cómo el diálogo colaborativo y el uso de material visual facilitaron una reinterpretación coherente con el modelo científico. Un aspecto para reconocer dentro de este análisis es que aves se tiende a usar el término adaptación indiscriminadamente, en este caso se usó bien, pero esto muestra problemas para comprender algunos conceptos evolutivos. Este obstáculo se observó en el hecho que se emparentaba organismos como tiburón y ballena dado que sus estructuras son análogas, las discusiones y la revisión de datos como las estructuras de estos organismos permiten dichas reformulaciones (véase figura 4).

Figura 4.

Fotografía actividad didáctica con uno de los puntos sobre la evidencia de la anatomía comparada de la evolución biológica



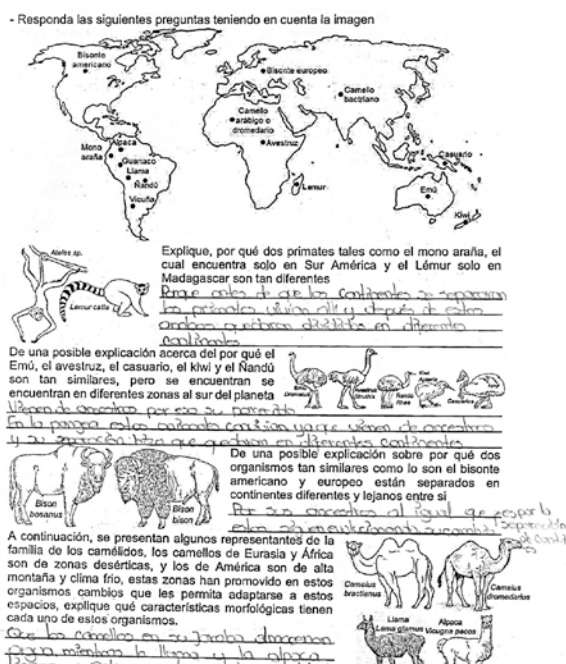
Dentro de la *lógica inferencial* —en la cual los estudiantes infieren conclusiones a partir de datos, observaciones o patrones de manera articulada entre la evidencia y modelo—, se reconoce que, por ejemplo, al trabajar la

evidencia del desarrollo embrionario, un estudiante notó las ranuras branquiales, a partir de los diagramas. En un principio, lo interpretó como una coincidencia o curiosidad biológica. Sin embargo, guiado por una pregunta de su compañera “¿por qué se repiten esas estructuras si después no se usan?”, y luego de una discusión externa, un compañero sugirió la idea de ancestro común, al revisar de manera comparativa con otro diagrama, tomaron esta observación como algo muy probable en los cambios de los organismos, esta conclusión emerge de la identificación de patrones evolutivos y muestra un avance hacia la modelización de descendencia común, integrando datos morfológicos y temporales.

En coherencia con esta lógica, se identificó que un grupo de estudiantes analizó el caso de los lémures en Madagascar y los monos del Nuevo Mundo, uno de ellos señaló: “si son parecidos, ¿por qué están tan lejos?”. Al principio, intentaron explicarlo por migración voluntaria, pero al revisar los datos geológicos y el mapa de deriva continental, un estudiante concluyó: “estaban juntos hace millones de años y se separaron... por eso evolucionaron distinto”. Esta inferencia muestra cómo el trabajo con evidencias geológicas y distribución de especies permitió superar un obstáculo antropocéntrico (basado en la movilidad humana) y avanzar hacia una explicación biogeográfica del aislamiento y divergencia (véase figura 5).

Figura 5.

Fotografía actividad didáctica con uno de los puntos sobre la evidencia de la biogeografía y morfología de la evolución biológica

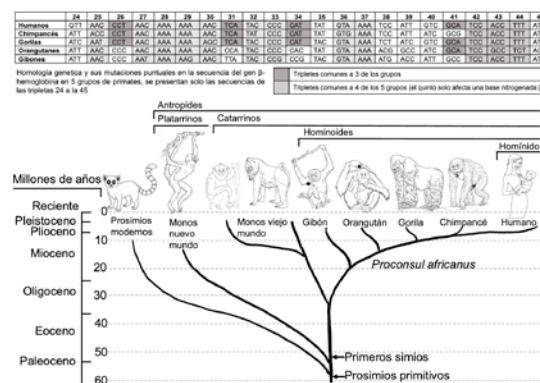


La tercera lógica impulsa a los estudiantes a cuestionar afirmaciones, comparar modelos y reconocer posibles falacias o contradicciones. La *lógica crítica* implica revisar las explicaciones; en este ejercicio, los estudiantes expresaron afirmaciones similares a los discursos negacionistas, por ejemplo: “las especies siempre han sido iguales”, un estudiante inicialmente coincidió: “sí, las especies siempre han estado ahí”. Al confrontar esta idea con un gráfico de fósiles y extinciones masivas, y con el análisis de capas geológicas, el estudiante expresó: “no puede ser así si hay especies que ya no existen y otras que aparecen después”. Este cambio muestra una evaluación crítica de una afirmación infundada mediante el uso de evidencia empírica, una señal clara de pensamiento crítico emergente frente al negacionismo.

Asimismo, las evidencias evolutivas provenientes de la biología molecular mostraron que, al trabajar con el árbol filogenético construido a partir del ADN, una estudiante manifestó sus dudas: “pero ¿cómo saben que los humanos vienen del mismo ancestro que los chimpancés si no lo vimos, o sí?”. En grupo, revisaron las secuencias de nucleótidos entre primates y calcularon porcentajes de similitud. A partir de esto, la estudiante afirmó: “es que no se trata de ver, sino de comparar lo que tenemos hoy para entender lo que pasó antes”. Este ejercicio promueve la contraposición entre evidencia genética y creencias sin base empírica, fortaleciendo una posición epistémica fundamentada y reconociendo la inferencia como herramienta científica válida (véase figura 6).

Figura 6.

Fotografía actividad didáctica con uno de los puntos sobre la evidencia de la biología molecular de la evolución biológica



Los resultados analizados permiten sostener que una propuesta didáctica centrada en el trabajo colaborativo, el análisis de evidencias empíricas de la evolución, y el uso de diferentes lógicas de razonamiento favoreciendo procesos de construcción conceptual metacognitivo y reflexión crítica, aspectos que contribuyen a la resistencia frente al negacionismo científico en el aula, pero se reconoce que no todo es positivo pues se identifican limitaciones que revelan aspectos para ser ajustados en futuras aplicaciones de esta actividad didáctica.

En este análisis se revela la persistencia de ciertos obstáculos epistemológicos, incluso después de actividades explícitas de metacognición. En primer lugar, se observó que en varios momentos fue el profesor quien tuvo que plantear dichos obstáculos, pues, a pesar de las discusiones, los estudiantes no lograban reconocer por sí mismos sus limitaciones. En segundo lugar, la metacognición demanda un esfuerzo reflexivo profundo y un autoanálisis mediado por el diálogo con otros y consigo mismos. Sin embargo, algunos estudiantes se resistieron a este diálogo interno y, en consecuencia, no lograron trascender ciertas ideas. Por último, se reconoce que la metacognición no siempre conduce a una reformulación conceptual, y que en algunos casos los estudiantes requieren un acompañamiento más individualizado o herramientas más sofisticadas para revisar críticamente sus marcos de pensamiento.

Otro aspecto que se observó es que la gestión del trabajo colaborativo no siempre fue equitativa, lo cual afectó la profundidad del análisis en algunos grupos. La propuesta requiere una mayor estructuración del trabajo grupal, con roles definidos, tiempos delimitados y espacios de autoevaluación colaborativa.

Conclusiones

Esta propuesta didáctica presenta una capacidad de confrontar el negacionismo científico. Sin embargo, esto no se puede reducir a una mera corrección de obstáculos y sesgos cognitivos, se requiere de intervenciones profundas, que consideren dimensiones epistémicas, culturales y sociales que atraviesan la enseñanza de las ciencias, en este sentido se reconoce que el conocimiento científico se fundamenta en la evidencia y en prácticas rigurosas como la replicaciones y la revisión por partes, no puede ser presentado como un saber absoluto ni superior en relación con otras epistemológicas existentes. La propuesta debe, por tanto, complementarse con un enfoque que permita a los estudiantes comprender la ciencia como un conocimiento confiable, pero históricamente situado, provisional y susceptible de revisión.

Esta mirada se enmarca en los planteamientos del realismo crítico y la ecología de saberes (Rodríguez-Victoriano 2024; Sousa Santos, 2014), la cual advierte sobre riesgos donde la ciencia asuma un epistemicidio, en este artículo denominado epistemología inversa, la cual procura invisibilizar otras formas de conocer, cómo los saberes ancestrales o tradicionales. Por ello, es necesario que la enseñanza de las ciencias incluya espacios de reflexión filosófica y cultural sobre el carácter tentativo, contextual y metodológicamente fundamentado del conocimiento científico, abriendo posibilidades de diálogo con otros saberes, sin perder de vista la centralidad de la evidencia como criterio de validez (Kahan et al., 2013; Latour, 2019; Oreskes, 2019).

Además, se reconoce en esta propuesta el papel central del profesor como mediador epistémico, puesto que no se habla de transmitir, sino en la necesidad de modelar actitudes hacia el conocimiento. Aquellos que promueven el cuestionamiento informado, vinculan el aprendizaje con problemas reales, se adaptan a contextos culturales diversos y sostienen una actitud de honestidad intelectual, son clave en la formación de una ciudadanía científicamente alfabetizada y crítica (Cassiani et al., 2022; El-Hani, 2022; McIntyre, 2023).

En conclusión, una propuesta didáctica como la aquí presentada puede contribuir significativamente a la construcción de una comprensión científica sólida de la evolución biológica, al tiempo que ofrece herramientas para identificar, cuestionar y contrarrestar discursos negacionistas. No obstante, su impacto será más profundo si se enmarca en una perspectiva epistémica amplia, que reconozca la diversidad de formas de conocimiento y forme a los estudiantes no solo en contenidos, sino también en actitudes de apertura, pensamiento crítico y respeto por la pluralidad epistémica.

Referencias

- Adúriz-Bravo, A. (2010). Concepto de modelo científico: Una mirada epistemológica de su evolución. En L. Galagovsky (Coord.), *Didáctica de las ciencias naturales: El caso de los modelos científicos* (pp. 141–161). Lugar editorial.
- Arango, A. y Sanabria, I. (2018). 1B113 Evolución de los video juegos: analogía como estrategia para enseñar evolución biológica. *Tecné, Episteme y Didaxis*: TED. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/8868>
- Bachelard, G. (2000). *La formación del espíritu científico: Contribución a un psicoanálisis del*

- conocimiento objetivo [J. Babini, Trad., 4.^a ed.]. Siglo XXI Editores. (Obra original publicada en 1938)
- Bobadilla-Medina, S. y Fonseca-Amaya, G. (2024). Explorando el Conocimiento Profesional de los Profesores de Biología: Tendencias para una revisión sistemática de literatura sobre la Enseñanza de la Evolución Biológica. En *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*. Memorias XII Congreso Latinoamericano de Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental (pp. 1080-1089). <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/22602/14683>
- Caponi, S. (2020). Covid-19 no Brasil: Entre o negacionismo e a razão neoliberal. *Estudos Avançados*, 34(99), 209-224. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.3499.013>
- Casini, P. (2012). Evolutionary Theory and Philosophical Darwinism. En A. Fasolo (Ed.), *The Theory of Evolution and Its Impact* (pp. 53-68). Springer. https://doi.org/10.1007/978-88-470-1974-4_4
- Cassiani, S., Selles, S. L. E. y Ostermann, F. (2022). Negacionismo científico e crítica à ciência: Interrogações decoloniais. *Ciência e Educação*, 28, e22000. <https://doi.org/10.1590/1516-731320220000>
- Conrado, D. M., Nunes-Neto, N., Viana, B. F. y El-Hani, C. N. (2018). Declínio de polinizadores como questão sociocientífica no ensino de Biologia. En D. M. Conrado y N. Nunes-Neto (Orgs.), *Questões sociocientíficas: Fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas* (pp. 145-172). Edufba. <https://doi.org/10.1590/1516-731320220000>
- Coyne, J. (2009). ¿Por qué la teoría de la evolución es verdadera? Crítica.
- Coyne, J. y Orr, H. (2004). *Speciation*. Sinauer Associates.
- Diethelm, P. y McKee, M. (2009). Denialism: What is it and how should scientists respond? *European Journal of Public Health*, 19(1), 2-4. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckp192>
- Dourado, J. (2024). *Princípios de planejamento para o ensino de evolução humana no ensino médio de história: O problema do negacionismo científico* [Tesis de maestría, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana]. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/39917>
- El-Hani, C. N. (2022). Bases teórico-filosóficas para o design de educação intercultural como diálogo de saberes. *Investigações em Ensino de Ciências*, 27(1), 1-38. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n1p01>
- El-Hani, C. N., de Freitas Nunes-Neto, N. y da Rocha, P. L. B. (2020). Using a participatory problem-based methodology to teach about NOS. En W. F. McComas (Ed.), *Nature of Science in Science Instruction: Rationales and strategies* (pp. 451-484). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-57239-6>
- El-Hani, C. N. y Mortimer, E. F. (2007). Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. *Cultural Studies of Science Education*, 2(3), 657-702. <https://doi.org/10.1007/s11422-007-9060-9>
- Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: Una aproximación antropológica. *Sociedad Colombiana de Epistemología*, 3(10-11), 65-80.
- Futuyma, D. y Kirkpatrick, M. (2017). *Evolution*. Sinauer Associates.
- Fraser, N. (2023). *Capitalismo caníbal: ¿Qué hacer con este sistema que devora la democracia y el planeta y hasta pone en peligro su propia existencia?* [E. Odriozola, Trad.]. Siglo XXI de España.
- Giere, R. N. (1999). Using models to represent reality. En L. Magnani, N. Nersessian y P. Thagard (Eds.), *Model-based reasoning in scientific discovery* (pp. 41-57). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4813-3_3
- Glaze, A. y Goldston, M. (2015). U. S. Science Teaching and Learning of Evolution: A Critical Review of the Literature 2000-2014. *Science Education*, 99(3), 500-518. <https://doi.org/10.1002/sce.21158>
- Goldman, S. L. (2022). *Science wars: The battle over knowledge and reality*. Oxford University Press.
- Gómez, A. y Peñaloza, J. (2025). *Enseñar y aprender evolución: Perspectivas Latinoamericanas*. Lito-Grapo.
- González-Galli, L., Pérez, G., Cupo, B., Suárez, J., Dop, N. y Alegre, C. (2025). “Un mundo extraño forjado por nuestra mejor ciencia”: Implicancias educativas de los aspectos contraintuitivos de la teoría de la evolución. En A. Gómez-Galindo y G. Peñaloza. *Enseñar y aprender evolución: perspectivas latinoamericanas* (pp. 13-50). Grañén Porrúa.

- González-Galli, L. y Meinardi, E. (2015). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de Argentina. *Ciência & Educação (Bauru)*, 21(1), 101-122. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=251038425007>
- Gould, S. J. (2002). *La estructura de la teoría de la evolución*. Tusquets.
- Harms, U. y Reiss, M. (2019). The present status of evolution education. En U. Harms y M. Reiss (Eds.), *Evolution education re-considered: Understanding what works* (pp. 1-20). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14698-6_1
- Hoofnagle, M. (2007). *About. ScienceBlogs*. <https://scienceblogs.com/denialism/about>
- Kahan, D. M., Peters, E., Dawson, E. y Slovic, P. (2013). Motivated numeracy and enlightened self-government. *Behavioural Public Policy*, 1(1), 54-86. Yale Law School, Public Law Working Paper No. 307. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2319992>
- Kemmis, S., McTaggart, R. y Nixon, R. (2014). *The Action Research Planner: Doing Critical Participatory Action Research*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-4560-67-2>
- Kim, S. Y. y Nehm, R. H. (2011). A cross-cultural comparison of Korean and American science teachers' views of evolution and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 33(2) 197-227. <https://doi.org/10.1080/09500690903563819>
- Latour, B. (2019). Por que a crítica perdeu a força? De questões de fato a questões de interesse. *O que nos faz pensar*, 29(46), 173-204.
- Leite, J. C. (2014). Controvérsias científicas ou negação da ciência? A agnotologia e a ciência do clima. Resenha de *Merchants of Doubt: How a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming* de N. Oreskes y E. Conway. *Scientiae Studia*, 12(1), 179-189. <https://doi.org/10.1590/S1678-31662014000100009>
- Martin, M. (1983). An examination of students' misconceptions in genetics. En H. Helm y J. D. Novak (Eds.), *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics* (pp. 218-225). Cornell University.
- McIntyre, L. (2018). *Posverdad*. Cátedra.
- McIntyre, L. (2020). *La actitud científica defensa de la ciencia frente a la negación*. Cátedra.
- McIntyre, L. (2023). *Cómo hablarle a un negacionista de la ciencia*. Cátedra.
- Moura, B. A. (2014). O que é natureza da ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7(1), 32-46. <https://doi.org/10.53727/rbhc.v7i1.237>
- Nelson, C., Scharmann, L. S., Beard, J. y Flammer, L. (2019). The nature of science as a foundation for fostering a better understanding of evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 12, 10. <https://doi.org/10.1186/s12052-019-0100-7>
- Nickels, T. (2013). The problem of demarcation: History and future. En M. Pigliucci y M. Boudry (Eds.), *The philosophy of pseudoscience: Reconsidering the demarcation problem* (pp. 101-120). University of Chicago Press.
- Niño-Sarmiento, L., Gómez-Cuadrado, H., Garcia-Reinel, L. (2024). Identificación de habilidades de lectura e interpretación de árboles filogenéticos con docentes de Biología en formación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. *Bio-grafía*, 17(33), 129-143. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.17.num33-21789>
- Oreskes, N. (2019). *Why trust science?* Princeton University Press.
- Oreskes, N. y Conway, E. (2010). *Merchants of doubt: How a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming*. Bloomsbury.
- Pérez, G., Gómez-Galindo, A. y González-Galli, L. (2018). Enseñanza de la evolución: fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2) https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2102
- Pérez, G. y González-Galli, L. (2015). *Una propuesta de enseñanza sobre la evolución biológica*. Acta IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.8132/ev.8132.pdf
- Petalvi, B. (2001). Identificación de los obstáculos por parte de los alumnos. En A. R. W. Camilloni (Comp.), *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza* (pp. 127-168). Gedisa.

- Piazza, A. (2012). Theory of Evolution and Genetics. En A. Fasolo (Ed.), *The Theory of Evolution and Its Impact* (pp. 119-130). Springer. https://doi.org/10.1007/978-88-470-1974-4_8
- Pievani, T. (2012). An Evolving Research Programme: The Structure of Evolutionary Theory from a Lakatosian Perspective. En A. Fasolo (Ed.), *The Theory of Evolution and Its Impact* (pp. 211-218). Springer. https://doi.org/10.1007/978-88-470-1974-4_14
- Quijano, A. (2009). Colonialidade do poder e classificação social. En B. de Sousa Santos y M. P. Menezes (Orgs.), *Epistemologias do Sul*. Almedina/CES.
- Ramírez-Olaya, L. (2016). El juego de aprender y enseñar el concepto estructurante *evolución biológica*. *Bio-grafía*, 9(17), 29-42. <https://doi.org/10.17227/20271034>
- Restrepo Gómez, B. (2023). *Investigación educativa*. Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia. <https://doi.org/10.16925/9789587604405>
- Riechmann, J. (2023). *Simbioética*. Homo sapiens en el entramado de la vida. Elementos para una ética ecologista y animalista en el seno de una Nueva Cultura de la Tierra gaiana. Plaza y Valdés.
- Rodríguez-Victoriano, J. (2024). Delirio epistemológico, negacionismo científico y solucionismo tecnológico: Hacia una investigación crítica poscapitalista. En J. L. dos Santos (Ed.), *Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente: Convergências, divergências e insurgências tecnológicas* (pp. 31-44). CRV.
- Ruse, M. (2012). Darwinism Past and Present: Is It Past Its "Sell-by" Date? En A. Fasolo (Ed.), *The Theory of Evolution and Its Impact* (pp. 41-51). Springer. https://doi.org/10.1007/978-88-470-1974-4_3
- Santos, W. (2008). *Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: Resgatando a função do ensino de CTS*. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, 1(1), 109-131. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6170687>
- Schraw, G., Olafson, L., Weibel, M. y Sewing, D. (2012). Metacognitive knowledge and field-based science learning in outdoor environmental education program. En A. Zohar y Y. Dori (Eds.), *Metacognition in science education: Trends in current research* (pp. 57-77). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2132-6_4
- Shapin, S. (2019). *Is there a crisis of truth?* LARB – Los Angeles Review of Books. <https://lareviewofbooks.org/article/is-there-a-crisis-of-truth/>
- Sickel, A. y Friedrichsen, P. (2013). Examining the evolution education literature with a focus on teachers: major findings, goals for teacher preparation, and directions for future research. *Evolution: Education and Outreach*, 6(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/09500690903563819>
- Sousa Santos, B. de. (2014). *Democracia al borde del caos: ensayo contra la autoflagelación* [J. Ardila, Trad.]. Siglo del Hombre y Siglo XXI.
- Vargas, N. C. (2021). *Negacionismo histórico e neoliberalismo à brasileira*. Sociedade Brasileira de Economia Política, SEP.
- Vilela, M. L. y Selles, S. E. (2020). É possível uma educação em Ciências crítica em tempos de negacionismo científico? *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(3), 1722-1747. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n3p1722>