MIDEC

MESA INTERAMERICANA DE DIÁLOGO POR LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA

EDUCACIÓN CIENTÍFICA PARA LA DEMOCRACIA: UN DIÁLOGO URGENTE

Ignacio J. Idoyaga
Damián A. Lampert
Jorge E. Maeyoshimoto

iies
aduba
Asociación de Docentes de la UBA

Idoyaga, Ignacio J.
Educación científica para la democracia: un diálogo urgente / Ignacio J. Idoyaga; Damián A. Lampert; Jorge E. Maeyoshimoto; Editado por Ignacio J. Idoyaga; Damián A. Lampert; Jorge E. Maeyoshimoto. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Instituto de Investigación en Educación Superior, 2026.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-950-29-2111-2

1. Educación Científica. I. Idoyaga, Ignacio J., ed. II. Lampert, Damián A., ed. III. Maeyoshimoto, Jorge E., ed. IV. Título.
CDD 500

Fecha de catalogación: Septiembre 2026

©2026 Reservados todos los derechos. Ni la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, en ninguna forma, ni por ningún medio, sin previa autorización escrita del editor.

El contenido de los trabajos es responsabilidad exclusiva de los autores.

©Universidad de Buenos Aires, Instituto de Investigación en Educación Superior
www.iies.aduba.org.ar
Av. Córdoba 2421 1° izq., CABA

ISBN 978-950-29-2111-2

Hecho el depósito que establece la ley 11.723

ÍNDICE

COMITÉ EVALUADOR 6

PRÓLOGO 7

ALFABETIZACIÓN CUÁNTICA, CIUDADANÍA Y JUSTICIA EPISTÉMICA: APORTES PARA UNA EDUCACIÓN CIENTÍFICA DEMOCRÁTICA DESDE EL CONO SUR 13

Nelson Antonio Adriazola Jerez, Universidad Católica del Maule, Chile13

Carlos Fernando Pedro Paiva Sánchez, Universidad Católica del Maule, Chile

Darlitt Antonia Meza Opazo, Universidad Católica del Maule, Chile

EDUCAÇÃO CIENTÍFICA HUMANIZADORA PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E POLÍTICA: INTERFACES ENTRE A PEDAGOGIA FREIREANA E A CONSTRUÇÃO DEMOCRÁTICA 27

David Gadelha da Costa. Universidade Federal de Alagoas. Brasil

Edenia Maria Ribeiro do Amaral. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Brasil

CURRICULARIZAÇÃO DA EXTENSÃO E EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: DISPUTAS PELA DEMOCRATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO 41

Luciana Harumi dos Santos Sakano, Universidade de São Paulo, Brasil

Marcelo Vilela de Almeida, Universidade de São Paulo, Brasil

Jorge Esteban Maeyoshimoto, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Ignacio Julio Idoyaga, Universidad de Buenos Aires, Argentina

DIDÁCTICAS CRÍTICAS EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA: INTEGRACIÓN DE SABERES LOCALES Y ENFOQUES SOCIOAMBIENTALES EN LA FORMACIÓN DE PROFESORADO 55

María Cecilia Froz Romero. Centro Regional de Profesores del Suroeste. Uruguay

EDUCAÇÃO CIENTÍFICA PARA A SUSTENTABILIDADE: PROPOSIÇÕES EMERGENTES DO/NO CLUBE DE CIÊNCIAS DA UFPA 64

Terezinha Valim Oliver Gonçalves, Universidade Federal do Pará, Brasil

Giovane dos Santos Dutra, Universidade Federal do Pará, Brasil

Ana Cláudia Cunha Miranda, Universidade Federal do Pará, Brasil

Ruth Helem Dias de Vilhena, Universidade Federal do Pará, Brasil

A DELIMITAÇÃO EPISTEMOLÓGICA DO DESIGN INTELIGENTE: COMO A FILOSOFIA DA CIÊNCIA PODE NOS AJUDAR A QUESTIONAR SEUS ARGUMENTOS? 79

Bruno Fancio Lima – Universidade de São Paulo, Brasil

Daiana Damasceno Costa – Universidade Federal do ABC, Brasil

EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E COLONIALIDADE DO SABER NAS NARRATIVAS MIDIÁTICAS INFANTIS 93

Ana Luiza França Marques Cândido, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

Fábio Augusto Rodrigues e Silva, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

Nilma Soares da Silva, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

LA FORMACIÓN DOCENTE UNIVERSITARIA ANTE LA IA: GOBERNANZA CURRICULAR PARA UNA EDUCACIÓN CIENTÍFICA DEMOCRÁTICA 106

Omayra Janeth Pérez Castro, Universidad de Panamá, Panamá

Bernardo Fernández García, Universidad de Panamá, Panamá

Luis Antonio Marín Díaz, Universidad de Panamá, Panamá

Juan Manuel Rodríguez Cisneros, Universidad de Panamá, Panamá

CIÊNCIA PARA QUEM? INCLUSÃO, RELAÇÕES ÉTNICO-RACIAIS E OS LIMITES NO CURRÍCULO ESCOLAR 120

Matheus de Lima Rufino, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Eduarda Viera de Souza, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasi

Alessandro Cury Soares, Universidade Federal de Pelotas, Brasil

Bruno dos Santos Pastoriza, Universidade Federal de Pelotas, Brasil

INTERCULTURALIDAD CRÍTICA Y DIÁLOGO DE SABERES EN LA FORMACIÓN INICIAL DOCENTE EN FÍSICA Y MATEMÁTICA: EXPERIENCIAS CURRICULARES EN LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE 134

María Soledad Saavedra Ulloa, Universidad de Santiago de Chile, Chile

María Magdalena Aguilera Valdivia, Universidad de Santiago de Chile, Chile

Leonor Patricia Huerta Cancino, Universidad de Santiago de Chile, Chile

CULTURA POP JAPONESA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA: POTENCIAL DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA COM ANIMÊS E MANGÁS NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA PARA JOVENS DE ENSINO MÉDIO 148

Bruna Navarone Santos, LIC/PROVOC-Fundação Oswaldo Cruz, Brasil

Helder Silva Carvalho, LITEB-Fundação Oswaldo Cruz, Brasil

Anunciata Cristina Marins Braz Sawada, LITEB-Fundação Oswaldo Cruz, Brasil

DE LA CIENCIA COMO UNIVERSAL A LA CIENCIA SITUADA: EL POTENCIAL DE COIL EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA CONTEMPORÁNEA 163

Kim Alejandro Soriano Jiménez, Instituto Politécnico Nacional, México

Cesar Eduardo Mora Ley, Instituto Politécnico Nacional, México

COMITÉ EVALUADOR

Rosa Nidia Tuay Sigua
Daniel Santana de Souza
Roger Bruno de Mendonça
Ruben Montecinos
José Galeano
Teresa Quintero
Damián A. Lampert
Celso Sánchez
Anike Arrnaud
Nayana Bruna Nery Monção
Raúl Moreno Peña
Francis Moreno
Gabriela Varela
Fernando Capuya
Viviane Barbosa Da Silva Paiva
Luciana Harumi dos Santos Sakano
Bruno Dos Santos
Fábio Augusto Rodrigues e Silva
Nelson Sepúlveda
Narciso Verón-Rojas
Luciana Rodrigues Leite Souza
Paulo Victor Santos Souza
Darío Genovese
Victor Hugo Luna
Andriel Rodrigo Colturato
Marco Antonio Pinto Ribeiro
José Daniel Souza
Tatiana Santos Andrade
Gustavo Bizarria Gibin

PRÓLOGO

Esta obra plasma el esfuerzo colectivo de decenas de colegas de América Latina que respondieron al llamado de la Mesa Interamericana de Diálogo por la Educación Científica (MIDEC) y se configura en torno a una pregunta oportuna y exigente: ¿qué educación científica necesitamos para sostener, ampliar y profundizar nuestras democracias?

La pregunta adquiere especial relevancia en nuestro presente. Vivimos en sociedades profundamente atravesadas por la ciencia y la tecnología. Las decisiones que tomamos individual y colectivamente sobre salud, ambiente, energía, alimentación, producción, comunicación o educación dependen, en buena medida, de conocimientos científicos y desarrollos tecnológicos cuya complejidad no deja de aumentar. La inteligencia artificial y las tecnologías cuánticas son quizás dos de sus manifestaciones más recientes y visibles, pero están lejos de ser las únicas.

Al mismo tiempo, asistimos a la circulación masiva de desinformación y discursos pseudocientíficos, al cuestionamiento de evidencias cuando estas resultan incómodas y, en algunos contextos, a una preocupante deslegitimación de científicos, docentes, universidades e instituciones dedicadas a la producción de conocimiento. En este escenario, la educación científica deja de ser exclusivamente un problema escolar o curricular. Se convierte también en un problema democrático.

No sostengo con esto que la ciencia deba quedar protegida de la crítica. Precisamente lo contrario. La crítica forma parte de su propia naturaleza y debería constituir también una dimensión central de su enseñanza. La ciencia es una actividad humana, histórica y socialmente situada, atravesada por intereses, instituciones, condiciones materiales, relaciones de poder y desigualdades. Sus conocimientos son revisables y sus prácticas pueden y deben ser interrogadas. Pero reconocer ese carácter situado y falible no implica aceptar que todas las afirmaciones sean equivalentes. El diálogo entre conocimientos tampoco supone renunciar a discutir sus condiciones de producción, sus alcances y sus criterios de validación. Esta tensión aparece de manera especialmente fértil en algunos de los trabajos que integran este volumen: reconocer otras experiencias y formas

de conocer no exige abandonar el rigor ni convertir la pluralidad epistémica en indiferenciación epistemológica.

Creo que allí comienza a revelarse el sentido más profundo del "para qué" de la temática y el título de este libro. Una educación científica para la democracia no puede limitarse a transmitir conocimientos acerca de la ciencia. Debe contribuir a generar las condiciones para que las personas participen de las conversaciones sociales en las que esos conocimientos adquieren significado. Eso supone comprender conceptos, ciertamente. Pero también aprender a evaluar evidencias, reconocer incertidumbres, construir y analizar argumentos, distinguir entre una afirmación y las evidencias que la sostienen, identificar los límites de una explicación y participar en controversias sociocientíficas que impactan en las comunidades. Entonces, la educación científica adquiere una dimensión ciudadana. No se trata solamente de saber ciencias, sino de disponer de herramientas para intervenir éticamente en el mundo. Los trabajos reunidos en este libro participan de esa ampliación de la alfabetización científica tradicional hacia la ciudadanía, la justicia social, la sostenibilidad y la participación democrática.

Durante mucho tiempo, una parte importante de nuestros esfuerzos por democratizar la ciencia estuvo orientada a ampliar el acceso al conocimiento científico: que los conocimientos no permanezcan encerrados en laboratorios y universidades; que el origen social, el género, la pertenencia étnica o el territorio no determinen quién puede estudiar, comprender o producir ciencia.

Esta tarea está lejos de haber concluido. Pero los trabajos que integran esta obra me llevan a pensar que hoy necesitamos ampliar el significado de democratización. Democratizar la ciencia no puede significar solamente permitir que más personas accedan a un conocimiento ya construido. También debe significar ampliar las posibilidades de participar en su construcción, en su discusión y en las decisiones que se toman en torno a esta.

Podríamos pensar, entonces, en un recorrido que va del acceso a la participación y, finalmente, a la agencia. Acceder al conocimiento es indispensable. Pero una ciudadanía científicamente formada necesita también comprender cómo ese conocimiento se produce y valida, quién establece las agendas de investigación, qué problemas reciben atención y recursos, qué conocimientos ingresan a los currículos, qué tecnologías se desarrollan, quiénes se benefician de ellas y quiénes asumen sus riesgos.

Por eso, una educación científica democrática debe habilitar preguntas que durante mucho tiempo permanecieron fuera de las clases de ciencias: ¿quién produce conocimiento? ¿Desde dónde? ¿Para quién? ¿Qué voces son reconocidas como autorizadas? ¿Cuáles son invisibilizadas? ¿Qué problemas consideramos dignos de ser investigados? ¿Quién puede participar en las decisiones que involucran ciencia y tecnología?

La justicia epistémica, el conocimiento situado, la interculturalidad y las perspectivas decoloniales que atraviesan diferentes capítulos del libro adquieren aquí especial relevancia. Nos obligan a reconocer que la participación democrática no depende únicamente de que las personas puedan recibir conocimiento, sino también de que sean reconocidas como sujetos capaces de conocer, interpretar, preguntar y participar en la construcción de sentido.

Existe aquí una tensión que considero especialmente importante. En un momento en el que científicos, docentes, universidades y sistemas públicos de investigación pueden convertirse en objeto de ataques y deslegitimaciones, quienes formamos parte de esas comunidades sentimos, comprensiblemente, la necesidad de defenderlas. Creo que debemos hacerlo. Debemos defender el valor de la investigación científica y de la educación; a las universidades como espacios de producción, circulación y discusión del conocimiento; el trabajo de quienes investigan y enseñan. Y debemos rechazar la peligrosa equivalencia entre conocimiento fundamentado y cualquier afirmación que alcance suficiente capacidad de circulación.

Pero esta defensa no puede llevarnos a construir una imagen idealizada de la ciencia. Defender la ciencia no significa defenderla de las preguntas.

Una defensa democrática de la ciencia debe consistir, precisamente, en ampliar el derecho a formularlas. Preguntar cómo se construye el conocimiento, qué evidencias lo sostienen, quién financia determinadas investigaciones, qué problemas se priorizan, qué intereses intervienen, qué consecuencias tienen las innovaciones, quién accede a ellas y qué desigualdades pueden producir o profundizar.

Esta tensión recorre los trabajos reunidos en estas páginas y son diversos, como esperábamos que lo fueran. Un capítulo se pregunta por las tecnologías cuánticas y termina discutiendo soberanía tecnológica, dependencia y justicia epistémica. Otro aborda la inteligencia artificial y desplaza la pregunta por lo que la tecnología es capaz de hacer hacia las capacidades humanas y epistémicas que

su incorporación educativa puede fortalecer o debilitar. En este último caso, el criterio propuesto resulta particularmente significativo: si la IA reduce la capacidad de justificar, verificar y debatir, empobrece la formación; si permite ampliar las posibilidades de medir, contrastar, explicar y deliberar, ¿puede contribuir a una educación científica democrática? La novedad tecnológica, por sí misma, no constituye un valor educativo ni democrático.

La alfabetización cuántica dialoga aquí con la justicia epistémica y la soberanía tecnológica. La pedagogía freireana permite pensar una educación científica humanizadora y políticamente situada. La extensión universitaria se convierte en territorio para discutir la democratización del conocimiento. La formación del profesorado se encuentra con saberes locales y problemáticas socioambientales. Aparecen también la sostenibilidad, la filosofía de la ciencia, las narrativas mediáticas, la inteligencia artificial, las relaciones étnico-raciales, la interculturalidad crítica y las posibilidades de construir conocimiento situado mediante experiencias de colaboración internacional.

Encuentro, al recorrer la obra, una conversación articulada alrededor de algunas preguntas compartidas. ¿Qué ciencia necesitamos enseñar? ¿Para qué? ¿Desde dónde lo hacemos? ¿Qué relaciones establecemos entre conocimientos científicos y otros saberes? ¿Cómo abordamos las desigualdades que atraviesan su producción y circulación? ¿Qué lugar otorgamos a las comunidades y los territorios? ¿Cómo enfrentamos las nuevas formas de exclusión que pueden producir las tecnologías emergentes? ¿Qué significa formar científicamente a alguien para que pueda participar en una sociedad democrática?

En algunos capítulos, esas preguntas aparecen vinculadas con tecnologías que están transformando nuestras sociedades. En otros, con problemas ambientales o territoriales, con el currículo, la formación docente, la raza, la cultura o las relaciones entre diferentes formas de conocimiento. Pero detrás de todas ellas reconozco una pregunta todavía más elemental: ¿quién tiene derecho a participar en la construcción del conocimiento con el que imaginamos nuestros futuros?

Ese interrogante explica también por qué este libro surge de la Mesa Interamericana de Diálogo por la Educación Científica. MIDEC parte de una convicción sencilla pero necesaria: necesitamos más espacios para que quienes trabajamos en educación científica en nuestra región podamos encontrarnos y pensar nuestras propias preguntas.

La ciencia y la investigación educativa se construyen mediante intercambios que sobrepasan fronteras nacionales y regionales. Esto no implica imaginar una identidad latinoamericana homogénea que, sencillamente, no existe. Significa reconocer que todo conocimiento se produce de forma situada y contextualizada y, por tanto, reivindicar nuestro derecho a formular preguntas desde nuestros territorios, nuestras desigualdades, nuestras historias, nuestras experiencias educativas y nuestras propias tradiciones intelectuales.

Uno de los capítulos de este volumen cuestiona precisamente la representación del conocimiento científico como universal y neutral y recupera la idea de conocimiento situado para señalar que toda producción de conocimiento ocurre desde localizaciones históricas, culturales y materiales específicos. Otro lleva esta discusión al terreno de las tecnologías cuánticas y se pregunta qué significa construir alfabetización científica desde el Cono Sur marcado por desigualdades en la producción y el acceso al conocimiento tecnocientífico. Pensar desde el Sur no significa, entonces, pensar solamente sobre el Sur geográfico. Implica reconocerlo como un lugar legítimo desde el cual formular nuestros propios problemas, construir categorías, producir conocimiento y conversar con el mundo.

Por eso, este libro propicia el encuentro entre diferentes países, instituciones, experiencias y lenguas. La diversidad que contienen estas páginas es parte del proyecto intelectual que las hizo posible. El diálogo que MIDEC propone no pretende borrar las diferencias para alcanzar una única voz. Pretende crear condiciones para que esas diferencias puedan encontrarse, tensionarse y producir nuevas preguntas.

Quizás esa sea también una manera de comprender la democracia: no como ausencia de conflicto ni como búsqueda permanente de unanimidad, sino como posibilidad de encontrarnos con otros, sostener posiciones fundamentadas, reconocer evidencias, revisar argumentos y aceptar que ninguna voz debiera quedar excluida de antemano por el lugar desde el que habla. La educación científica tiene mucho que aportar a esa cultura democrática, siempre que no confundamos enseñar ciencias con transmitir certezas acabadas.

Vuelvo entonces al título de esta obra y, especialmente, a su última palabra: urgente. ¿Por qué esta urgencia? Porque buena parte de las grandes decisiones que nuestras sociedades deberán afrontar durante las próximas décadas estarán atravesadas por conocimientos científicos y desarrollos tecnológicos. Las crisis

socioambientales y energéticas, las desigualdades sanitarias, la transformación de los sistemas alimentarios, las tecnologías cuánticas o la inteligencia artificial no son problemas que puedan quedar reservados exclusivamente a especialistas. Tampoco pueden resolverse simplemente mediante la acumulación de más información científica.

No alcanza con tener acceso a la información. Necesitamos sociedades capaces de conversar democráticamente sobre cuestiones atravesadas por la ciencia y la tecnología. Necesitamos herramientas para comprender, preguntar, contrastar, argumentar, escuchar, disentir y decidir. Cuando una parte de la sociedad queda excluida de la posibilidad de comprender los conocimientos que organizan crecientemente su vida, no estamos solamente frente a un problema educativo. Cuando determinados grupos no son reconocidos como interlocutores legítimos en la producción del conocimiento, no estamos solamente frente a un problema epistemológico. Cuando una comunidad no dispone de instrumentos para intervenir en decisiones tecnocientíficas que afectan su territorio, su salud o su ambiente, no estamos solamente frente a un problema científico. Estamos también frente a problemas democráticos.

Y quizás por esto la educación científica tenga hoy una responsabilidad que excede ampliamente la enseñanza de conceptos, modelos y teorías. Debe contribuir a que más personas puedan entrar en esas conversaciones. No para convertir a cada ciudadano en científico ni para suponer que el conocimiento científico pueda resolver por sí solo los conflictos de nuestras sociedades, sino para que nadie quede obligado a delegar completamente en otros la comprensión y la discusión de decisiones que afectan su propia vida.

Este libro no pretende establecer una definición concluyente de lo que significa educar científicamente para la democracia. Sería contradictorio que lo hiciera. Aspira, más modestamente, a ensanchar la conversación. A preguntarnos no solamente qué ciencia deberían aprender las personas, sino también qué personas, qué saberes, qué territorios y qué futuros tienen derecho a participar en la construcción de la ciencia que necesitamos.

Ignacio J. Idoyaga
Presidente
Mesa Interamericana de Diálogo por la Educación Científica
MIDEC

ALFABETIZACIÓN CUÁNTICA, CIUDADANÍA Y JUSTICIA EPISTÉMICA: APORTES PARA UNA EDUCACIÓN CIENTÍFICA DEMOCRÁTICA DESDE EL CONO SUR

Nelson Antonio Adriazola Jerez, Universidad Católica del Maule, Chile
Carlos Fernando Pedro Paiva Sánchez, Universidad Católica del Maule, Chile
Darlitt Antonia Meza Opazo, Universidad Católica del Maule, Chile

INTRODUCCIÓN

La segunda revolución cuántica está realizando transformaciones en distintos campos, como la computación, la salud y las comunicaciones, abriendo posibilidades que trascienden las comunidades específicas y alcanzan a la sociedad en su conjunto. Este avance plantea un desafío educativo urgente, la educación en ciencias aún no cuenta con respuestas suficientes para formar ciudadanas y ciudadanos capaces de comprender, evaluar y participar en las decisiones que rodean a estas tecnologías emergentes. Frente a esta problemática, el propósito de este capítulo es proponer que la alfabetización cuántica (desde ahora AC) puede convertirse en una herramienta para una educación científica democrática, especialmente cuando se construye desde las necesidades y tradiciones del Cono Sur. La tesis que lo recorre sostiene que ello requiere una articulación de tres dimensiones: una comprensión sobre la segunda revolución cuántica; la justicia epistémica; y la soberanía tecnológica, como horizontes y respuestas didácticas curriculares de la formación docente situada en el contexto latinoamericano.

DE LA SEGUNDA REVOLUCIÓN CUÁNTICA A LA ALFABETIZACIÓN CUÁNTICA

La segunda revolución cuántica constituye una etapa contemporánea del desarrollo científico y tecnológico caracterizada por la posibilidad de controlar, manipular y utilizar deliberadamente propiedades fundamentales de la mecánica cuántica, como la superposición, el entrelazamiento, la coherencia, el efecto túnel, entre otros. No basta con enseñarla como una teoría orientada a explicar fenómenos del mundo submicroscópico, es necesario abordarla como un campo en el que se articulan modelos científicos, prácticas experimentales, desarrollos

tecnológicos, intereses industriales, decisiones públicas y marcos de regulación. Desde esta perspectiva, enseñar ciencias en el contexto de la segunda revolución cuántica implica formar sujetos capaces de comprender conocimientos aún en desarrollo, analizar críticamente las promesas tecnológicas, reconocer sus incertidumbres y diferenciar entre avances verificables y discursos sobredimensionados. La cuántica ya no puede entenderse solo como un conocimiento especializado, sino como una 'infraestructura tecnocientífica' cimentada en tres pilares que son la computación e información cuántica (Preskill, 2018), metrología cuántica (Degen, et al., 2017) y las comunicaciones cuánticas (Gisin y Thew, 2007) cuyo potencial transformador, como señaló The Economist (2013, 19 de enero), impacta en diversos sectores como salud, materiales, finanzas, logística, ciberseguridad y la educación, confirmado más recientemente, por informes institucionales y académicos que actualizan y sustentan con mayor rigor este mismo diagnóstico (UNESCO, 2025; International Training Centre of the International Labour Organization [ITCILO], 2025; Somano et al., 2024). Estos tres pilares describen el estado técnico del campo tal como lo formula la literatura especializada, producida mayoritariamente en centros del Norte Global. Siguiendo el problema de las teorías del Sur (Connell, 2007), resultando pertinente preguntarse ¿qué implica situar y resignificar críticamente este conocimiento desde el Cono Sur? Lo anterior permite comprender que el desarrollo científico contemporáneo no depende solo de teorías, descubrimientos o capacidades individuales, sino de redes sociotécnicas complejas compuestas por instituciones, laboratorios, equipamientos, plataformas digitales, estándares, financiamiento y comunidades especializadas (Echeverría, 2005; Edwards et al., 2013).

ALFABETIZACIÓN CUÁNTICA Y ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA CRÍTICA

A partir de este contexto, la AC puede comprenderse como una respuesta educativa a la brecha existente entre el avance de las tecnologías cuánticas y la capacidad social para interpretar sus fundamentos, alcances y consecuencias. En esta línea, Merzel et al. (2024) sostienen que la AC constituye una necesidad educativa y transdisciplinaria, pues el futuro de estas tecnologías no dependerá solo de especialistas en física, matemática o computación, sino también de profesionales (analistas de datos, analistas financieros, químicos de materiales,

entre otros), docentes y ciudadanos capaces de evaluar críticamente sus posibilidades y límites.

Desde esta perspectiva, la AC exige evitar dos reducciones. La primera consiste en presentar la mecánica cuántica como un contenido puramente conceptual, abstracto y desconectado de sus implicancias actuales. La segunda, supone convertirla en una narrativa de fascinación tecnológica (Greinert, 2024). En ambos casos, la AC queda confinada al dominio disciplinar, o a transformarse en una divulgación acrítica de innovaciones emergentes. Por ello, una AC pertinente debe distinguir entre avances demostrados, aplicaciones plausibles y expectativas sobredimensionadas. Guerrero et al. (2020) conciben la alfabetización científica crítica como un enfoque educativo que supera la comprensión instrumental de contenidos científicos, al promover una lectura política, histórica, social y ambiental de la ciencia. Esto implica reconocer que las tecnologías cuánticas no son neutrales ni se desarrollan al margen de contextos económicos, industriales, militares, estatales y geopolíticos. Esta asimetría geopolítica impacta directamente la AC, dado que cuando el conocimiento cuántico se concentra en pocos países, se reproduce lo que De Sousa Santos (2010) denomina epistemicidio, concepto que aquí alude al silenciamiento de la producción de conocimientos desde las distintas comunidades del Sur.

CONCENTRACIÓN DEL CONOCIMIENTO CUÁNTICO Y DESIGUALDAD GLOBAL

Existen diversos estudios sobre la producción científica en la tecnología cuántica, y estos revelan una concentración que no podemos leer simplemente como un dato neutral. Scheidsteger et al. (2021) documentan que una muestra muy pequeña de países liderados por China, Alemania, Reino Unido y Estados Unidos, concentra la mayoría de las contribuciones al campo. América Latina y el Cono Sur en específico aparecen en este mapa en una posición que podríamos decir es marginal, no porque exista una ausencia de capacidades intelectuales, sino como un resultado de condiciones estructurales: fuga de talentos, subfinanciamiento y dependencia tecnológica (Aguirre-Bastos y Gupta, 2009).

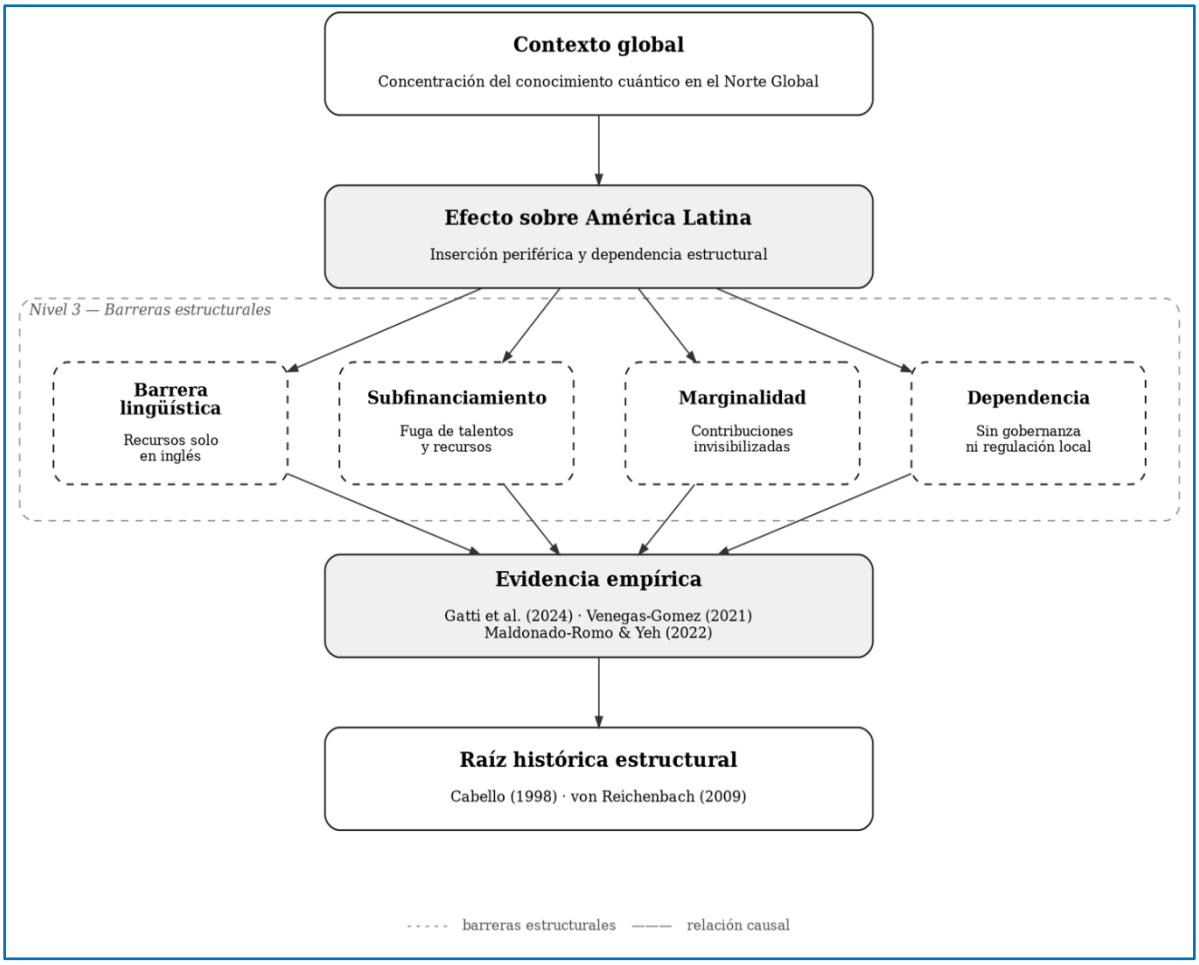

Figura 1: Dimensiones geopolíticas, estructurales e históricas de la inserción periférica del campo cuántico en el Cono Sur.

Esta posición periférica no es un punto de partida neutral, sino que condiciona a qué currículos se adoptan, qué plataformas se utilizan y qué preguntas son válidas dentro del aula. Cuando los diversos marcos y materiales de la AC se diseñan desde los centros y luego llegan a la periferia, operan bajo la lógica que Connell (2007) denomina el problema de las teorías del Sur 'el conocimiento que se produce en el Norte circula como si fuese universal y se aplica en el Sur como si las condiciones de su producción fuesen totalmente irrelevantes'. La figura 1 sintetiza este diagnóstico, organizando en cinco niveles jerárquicos las dimensiones que estructuran la inserción periférica del campo cuántico en el Cono Sur.

ALFABETIZACIÓN CUÁNTICA Y SOBERANÍA TECNOLÓGICA

Existe una tensión que es central y que atraviesa la AC en los contextos periféricos, y se plantea entre dos horizontes posibles: la adaptación subordinada a la economía del conocimiento, o la construcción de soberanía tecnológica como una condición para la participación autónoma en el escenario cuántico. La soberanía tecnológica no supone que exista el autoabastecimiento absoluto, sino la capacidad de poder negociar desde una posición de conocimiento y agencia, en lugar de recibir tecnologías cuya lógica y cuyas consecuencias no puedan cuestionarse (Whulanza et al., 2025). En el campo cuántico, esa soberanía hace necesario que las comunidades científicas locales no dependan exclusivamente de estándares externos. Esta necesidad, sin embargo, no se distribuye de manera uniforme dentro del propio Cono Sur. Si pensamos en Chile, este país cuenta con una Estrategia Nacional de Tecnologías Cuánticas formalizada (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2024), mientras que otros países de la región avanzan mediante iniciativas institucionales puntuales aún no consolidadas en una política pública específica. Connell (2007), advierte en la insuficiencia de 'traducir' marcos del Norte para el Cono Sur, asumiéndolo como un bloque homogéneo. Así mismo, otra necesidad, es que la ciudadanía sea capaz de deliberar sobre los usos y riesgos de esas tecnologías, cuya participación resulta casi imposible sin una base educativa que pueda habilitarla (Nita et al., 2023).

El riesgo del enfoque tecnocrático que es dominante en la literatura sobre AC, es precisamente todo lo opuesto, porque reducirlo a la adquisición de competencias STEM y a la preparación de la mano de obra para la industria emergente produce una inserción de carácter subordinado en el ecosistema cuántico global (How, 2022; López-Meneses et al., 2025). Una AC orientada a la soberanía debe incorporar, como parte constitutiva, una reflexión sobre la dimensión geopolítica del desarrollo cuántico: quiénes invierten, cuáles son los intereses que guían a esa inversión, qué regulaciones están en juego y quiénes participan en definirlas. En términos operativos, esto supone que la formación docente incorpore, como desempeños mínimos, la comprensión conceptual de los principios cuánticos, la capacidad de distinguir aplicaciones ya demostradas de promesas tecnológicas sobredimensionadas, y herramientas para trasladar al aula un debate informado sobre regulación, inversión y riesgos. Estas competencias no son suficientes sin condiciones materiales que las sostengan: acceso a plataformas de simulación y

computación cuántica en la nube, conectividad estable y programas de actualización docente sostenidos en el tiempo, hoy escasos en gran parte del Cono Sur (Legerská et al., 2025). Sin esta base de saberes e infraestructura, la soberanía tecnológica corre el riesgo de reducirse a la misma retórica de fascinación acrítica que este capítulo cuestiona (Greinert, 2024).

EL CONO SUR COMO CONTEXTO SITUADO

Situar la AC desde el Sur global y América Latina no es un gesto de provincialismo epistémico es una decisión metodológica y política. Siguiendo a De Sousa Santos (2010), es fundamental reconocer que el Sur no es solamente una carencia respecto al Norte, sino que es un punto propio desde el cual es posible formular preguntas que desde los marcos dominantes no pueden ver desde adentro. En el sur, esas preguntas se plantean sobre un suelo que es histórico y específico: el de sociedades que han sido marcadas por dictaduras que destruyeron comunidades científicas, por experimentos neoliberales que subordinaron la educación a las demandas del mercado, y por tradiciones pedagógicas críticas, entre ellas la educación popular de Freire, las pedagogías de re-existencia (Albán Achinte, 2009) y la interculturalidad crítica (Walsh, 2013), que ofrecen recursos propios que permiten imaginar una educación científica democrática. En este escenario, la AC en el Cono Sur se desarrolla de manera heterogénea: Argentina ha contribuido principalmente desde la investigación didáctica orientada a la enseñanza de la mecánica cuántica en educación secundaria (Fanaro y Otero, 2011); Chile ha articulado iniciativas de divulgación científica, talleres escolares, formación en computación cuántica e institucionalización mediante políticas públicas (Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, 2024; Faúndez et al., 2015); Brasil destaca por el desarrollo de comunidades abiertas de computación cuántica (Qbrasil, s. f); mientras que Uruguay participa principalmente en redes regionales vinculadas con formación, investigación e innovación cuántica (CLEI, 2025). Estas experiencias muestran que, aun en contextos de desigualdad estructural, comienzan a emerger formas situadas de apropiación del conocimiento cuántico que buscan articular educación científica, ciudadanía y soberanía tecnológica desde las necesidades y preguntas propias de la región.

IMPLICANCIAS DIDÁCTICAS Y CURRICULARES

La expansión de las tecnologías cuánticas ha comenzado a tensionar los marcos tradicionales de la educación científica, impulsando iniciativas orientadas a incorporar contenidos de física e información cuántica en distintos niveles educativos (Nita et al., 2023). La enseñanza de la mecánica cuántica presenta dificultades ampliamente documentadas, a pesar de ello, investigaciones recientes han mostrado avances mediante simulaciones, experimentos análogos y múltiples representaciones, favoreciendo experiencias de aprendizaje más accesibles y contextualizadas (Aehle et al., 2022). Asimismo, distintas iniciativas internacionales han promovido recursos abiertos y programas de formación docente orientados a democratizar el acceso a contenidos cuánticos (Hellstern et al., 2024). Persisten, sin embargo, importantes desafíos, pues la enseñanza continúa muchas veces reducida a discursos futuristas centrados en innovación y progreso tecnológico, desvinculados de una reflexión crítica sobre sus implicancias sociales y políticas (Roberson, 2023). A ello se suma la dependencia de formalismos matemáticos y la escasez de formación docente especializada, particularmente en contextos periféricos (Legerská et al., 2025).

PRÁCTICAS EPISTÉMICAS Y GRANDES IDEAS DE LA CIENCIA

Desde una perspectiva epistémica, la mecánica cuántica permite abordar las grandes ideas de la ciencia, mediante el análisis de los límites de las explicaciones científicas clásicas a fenómenos de la naturaleza, a través de la articulación las habilidades del pensamiento científico, tales como el efecto fotoeléctrico y radiación de cuerpo negro, entre otros.

La Tabla 1 sintetiza los principales desafíos, oportunidades y criterios democráticos asociados a la AC en educación científica, mostrando dimensiones que tensionan la manera tradicional de enseñar ciencias. Esta síntesis constituye una construcción elaborada a partir del análisis de la literatura revisada en las secciones previas, donde los desafíos y oportunidades de cada dimensión retoman el apartado correspondiente del capítulo, mientras que los criterios democráticos orientadores sintetizan la postura crítica desarrollada en esa misma sección. Asimismo, en la Tabla 1, se articulan las prácticas epistémicas con sus condiciones curriculares, docentes, ciudadanas y geopolíticas. Enfoques contemporáneos de alfabetización científica enfatizan la necesidad de fortalecer perspectivas críticas y democráticas que articulen ciencia, tecnología y sociedad

(Sjöström y Eilks, 2018). Por ello, una educación científica orientada a la democracia requiere generar espacios donde estudiantes y comunidades puedan deliberar críticamente sobre riesgos, alcances y efectos sociales asociados al desarrollo tecnocientífico contemporáneo (Levinson, 2010; Hodson, 2011).

Tabla 1: Desafíos, oportunidades y criterio democratizador orientados de la AC en educación científica.

Dimensión	Desafíos identificados	Oportunidades educativas	Criterio democrático orientador
Conceptual	Abstracción, carácter contraintuitivo y riesgo de analogías simplificadas.	Desarrollo de pensamiento modelizador y comprensión de incertidumbre.	Evitar simplificaciones que produzcan fascinación acrítica.
Didáctica	Dependencia de formalismos matemáticos y representaciones complejas.	Uso de simulaciones, experimentos análogos, múltiples representaciones y contextos sociocientíficos.	Diseñar experiencias accesibles sin perder rigor.
Epistémica	Presentación del conocimiento neutral y descontextualizado.	Comprender cómo se construye, valida y comunica el conocimiento cuántico.	Visibilizar condiciones históricas, sociales y geopolíticas de producción del conocimiento.
Curricular	Incorporación limitada o instrumental de contenidos.	Integración de alfabetización científica crítica y ciudadanía científica.	Evitar que el currículo responda solo a agendas de competitividad.
Formación docente	Escasa preparación específica y recursos contextualizados.	Desarrollo profesional interdisciplinario y actualización científica.	Formar docentes capaces de articular ciencia, tecnología y sociedad.
Ciudadana	Concentración del conocimiento en élites científicas, corporativas o estatales.	Participación pública informada y deliberación sobre tecnologías emergentes.	Fortalecer agencia ciudadana frente a innovación, regulación y riesgos.
Geopolítica	Dependencia tecnológica y adopción acrítica de marcos del Norte Global.	Comprensión de las desigualdades globales en la producción y acceso a tecnologías cuánticas.	Construir respuestas educativas desde necesidades y preguntas locales.

CURRÍCULO, CIUDADANÍA Y FORMACIÓN DOCENTE

En el plano curricular, la AC plantea desafíos que exceden la mera incorporación de contenidos de física moderna en secundaria o educación superior (Sjöström, 2025). Lo que está en disputa no es solo qué conceptos enseñar, sino también desde qué perspectivas y con qué finalidades. Diversos sistemas educativos han desarrollado iniciativas vinculadas con computación cuántica, divulgación científica y propuestas curriculares emergentes (Hellstern et al., 2024). Sin embargo, gran parte de estas iniciativas continúan orientándose hacia agendas de innovación, competitividad y formación de capital humano avanzado, subordinando la educación científica a las necesidades del mercado tecnológico (Roberson, 2023). En este escenario, la formación docente adquiere un carácter estratégico, pues resulta necesario fortalecer capacidades para integrar prácticas epistémicas, promover pensamiento crítico y contextualizar socialmente las tecnologías emergentes en el aula (Aikenhead, 2006). Desde esta perspectiva, la AC puede proyectarse como una oportunidad para contribuir a una educación científica orientada a la ciudadanía democrática, favoreciendo la participación informada frente a debates vinculados con innovación, regulación y soberanía tecnológica.

RIESGOS DE UNA ALFABETIZACIÓN CUÁNTICA TECNOCRÁTICA

Desde una dimensión epistémica, los riesgos de una AC tecnocrática residen en que se naturaliza una forma de producir y de validar el conocimiento cuántico, aquel que emerge desde los centros de producción del Norte Global, que circula en un solo idioma, y que se legitima en un nicho de revistas especializadas de alto impacto, y esto se traduce en competencias que son medibles para el mercado. Como señala Fricker (2007), la injusticia de carácter epistémico no solo opera negando el acceso al conocimiento a las personas, sino que también opera desacreditando la capacidad de ciertos sujetos para producirlo y transmitirlo. Una AC que reduce la dimensión epistémica a solamente la familiarización con herramientas computacionales reproduce esta lógica, formando usuarios del conocimiento cuántico, no productores ni tampoco críticos de él. Valladares (2021) es clara al advertir que cuando una alfabetización científica se subordina a solamente criterios de utilidad económica, pierde su capacidad de habilitar a las personas para cuestionar las condiciones en que el conocimiento se construye y se aplica a nivel social.

HACIA UNA EDUCACIÓN CIENTÍFICA DEMOCRÁTICA

La AC puede proyectarse como una oportunidad para fortalecer una educación científica orientada a la ciudadanía democrática. El trabajo de Ferrer (2020), muestra las múltiples interpretaciones que circulan sobre la mecánica cuántica, al vincular la física cuántica con la conciencia, la espiritualidad y la educación integral como expresión de un nuevo paradigma educativo. Aunque estas propuestas pueden contribuir a la reflexión filosófica, también ponen de manifiesto la necesidad de distinguir entre los resultados empíricos de la teoría cuántica, sus interpretaciones epistemológicas y los usos metafóricos. Desde el Cono Sur, esta distinción resulta fundamental para promover una apropiación informada del conocimiento cuántico, evitando una comprensión subordinada a discursos simplificadores, tecnocráticos o pseudocientíficos. Desde esta perspectiva, el desafío consiste también en formar sujetos capaces de discutir críticamente las implicancias sociales, éticas y políticas del desarrollo tecnocientífico. A diferencia de enfoques predominantes en el Norte Global, frecuentemente centrados en competitividad y productividad, una mirada situada desde el Cono Sur permite enfatizar dimensiones vinculadas con democratización del conocimiento, soberanía tecnológica y justicia epistémica.

Parte importante de una educación científica democrática es la exigencia, desde una dimensión epistémica, de que la AC incluya una reflexión sobre cómo se produce y se comunica el conocimiento cuántico, no solo sobre lo que este dice. Gandolfi (2024) ha argumentado que repensar la naturaleza de la ciencia desde una perspectiva que es crítica decolonial implica que se puedan visibilizar las condiciones histórico-geopolíticas que han ido moldeando qué preguntas se consideran como legítimas. Esto, supone que se pueda discutir en el aula, el por qué ciertas líneas de investigación se priorizan y quién define los estándares de la educación cuántica. Sjöström (2025) ofrece, en este sentido, una propuesta y una perspectiva articuladoras; su visión III de la alfabetización científica apunta precisamente a formar sujetos capaces de reflexionar ético-sociopolíticamente sobre la ciencia, reconociendo su carácter situado e históricamente contingente. Desde el Cono Sur, esta dimensión epistémica de la AC es una condición que permite distinguir entre aprender cuántica para reproducir dependencia o aprenderla para construir soberanía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aehle, S., Scheiger, P., y Cartarius, H. (2022). An approach to quantum physics teaching through analog experiments. *Physics*, *4*(4), 1241–1252. https://doi.org/10.3390/physics4040080
- Aguirre-Bastos, C., y Gupta, M. P. (2009). Science, technology and innovation policies in Latin America: Do they work? *Interciencia*, *34*(12), 865–872. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009001200007&lng=en&tlng=en
- Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. Teachers College Press.
- Albán Achinte, A. (2009). Pedagogías de la re-existencia: Artistas indígenas y afrocolombianos. En C. Walsh (Ed.), *Pedagogías decoloniales: Prácticas insurgentes de resistir, (re)existir y (re)vivir* (pp. 443–468). Abya-Yala.
- Centro Latinoamericano de Estudios en Informática. (2025). *Grupo de Trabajo en Computación Cuántica*. CLEI. https://clei.org/comunidades/gt-1/
- Connell, R. (2007). *Southern theory: The global dynamics of knowledge in social science*. Polity Press.
- Degen, C. L., Reinhard, F., y Cappellaro, P. (2017). Quantum sensing. *Reviews of Modern Physics*, *89*(3), 035002. https://doi.org/10.1103/RevModPhys.89.035002
- Echeverría, J. (2005). La revolución tecnocientífica. *Confines de Relaciones Internacionales y Ciencia Política*, *1*(2), 9–15. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35692005000200001
- *The Economist*. (2013, enero 17). Here, there and everywhere. https://www.economist.com/special-report/2013/01/17/here-there-and-everywhere
- Edwards, P. N., Jackson, S. J., Chalmers, M. K., Bowker, G. C., Borgman, C. L., Ribes, D., Burton, M., & Calvert, S. (2013). *Knowledge infrastructures: Intellectual frameworks and research challenges*. University of Michigan. https://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/97552
- Fanaro, M. de los A., & Otero, M. R. (2011). Enseñanza de la mecánica cuántica en la escuela media: Análisis de los aspectos afectivos de los estudiantes. *Revista de Investigación*, *35*(73), 85–118.

- Faúndez, C. A., Rojas, Y. G., Pinto, A. A., & Astudillo, H. F. (2015). Taller de física cuántica: Un método para introducir conceptos fundamentales en una actividad extracurricular. *Formación Universitaria*, *8*(2), 53–62. https://doi.org/10.4067/S0718-50062015000200008
- Ferrer, A. (2020). Quantum education and paradigm shift. Integral education, quantum physics and consciousness. *Comprendre*, *22*(1), 63–99.
- Fricker, M. (2007). *Epistemic injustice: Power and the ethics of knowing*. Oxford University Press.
- Gandolfi, H. E. (2025). (Re)considering nature of science education in the face of socio-scientific challenges and injustices: Insights from a critical-decolonial perspective. *Science & Education*, *34*, 3799–3825. https://doi.org/10.1007/s11191-024-00536-w
- Gisin, N., y Thew, R. (2007). Quantum communication. *Nature Photonics*, *1*(3), 165–171. https://doi.org/10.1038/nphoton.2007.22
- Greinert, F., Ubben, M. S., Dogan, I. N., Hilfert-Rüppell, D., y Müller, R. (2024). Advancing quantum technology workforce: Industry insights into qualification and training needs. *EPJ Quantum Technology*, *11*(1). https://doi.org/10.1140/epjqt/s40507-024-00294-2
- Guerrero Hernández, G., González-Weil, C., & Bravo González, P. (2020). *Hacia una alfabetización científica crítica: desafíos para la formación de científicos, científicas y docentes*. Conferencia presentada en Santiago, Chile.
- Hellstern, G., Hettel, J., y Just, B. (2024). Introducing quantum information and computation to a broader audience with MOOCs at OpenHPI. *EPJ Quantum Technology*, *11*(1). https://doi.org/10.1140/epjqt/s40507-024-00270-w
- Hodson, D. (2011). Building a curriculum for social activism. En *Looking to the future* (pp. 95–118). SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-472-0_3
- How, M. L. (2022). Advancing multidisciplinary STEM education with mathematics for future-ready quantum algorithmic literacy. *Mathematics*, *10*(7), 1146. https://doi.org/10.3390/math10071146
- International Training Centre of the International Labour Organization [ITCILO]. (2025). Quantum technologies and the future of learning. https://www.itcilo.org/sites/default/files/2025-04/Quantum%20for%20learning_WEB-2.pdf

- Legerská, J., Henriksen, E. K., y Bøe, M. V. (2025). Learning goals in upper secondary quantum physics: Norwegian teachers' perspectives. *Physics Education*, *60*(4), 045030. https://doi.org/10.1088/1361-6552/ade259
- Levinson, R. (2010). Science education and democratic participation: An uneasy congruence? *Studies in Science Education*, *46*(1), 69–119. https://doi.org/10.1080/03057260903562433
- López-Meneses, E., Cáceres-Tello, J., Galán-Hernández, J. J., & López-Catalán, L. (2025). Quantum computing in data science and STEM education: Mapping academic trends and analyzing practical tools. *Computers*, *14*(6), 235. https://doi.org/10.3390/computers14060235
- Merzel, A., Bitzenbauer, P., Krijtenburg-Lewerissa, K., Stadermann, K., Andreotti, E., Anttila, D., Bondani, M., Chiofalo, M. L., Faletič, S., Frans, R., Goorney, S., Greinert, F., Jurčić, L., Koupilová, Z., Malgieri, M., Müller, R., Onorato, P., Pospiech, G., Ubben, M., & Pol, H. (2024). The core of secondary level quantum education: a multi-stakeholder perspective. *EPJ Quantum Technology*, *11*(1). https://doi.org/10.1140/epjqt/s40507-024-00237-x
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (2024). *Comisión Asesora Tecnologías Cuánticas*. Gobierno de Chile. https://www.minciencia.gob.cl/areas/comision-asesora-tecnologias-cuanticas/
- Nita, L., Mazzoli Smith, L., Chancellor, N., y Cramman, H. (2023). The challenge and opportunities of quantum literacy for future education and transdisciplinary problem-solving. *Research in Science & Technological Education*, *41*(2), 564–580. https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1920905
- Preskill, J. (2018). Quantum computing in the NISQ era and beyond. *Quantum*, *2*, 79. https://doi.org/10.22331/q-2018-08-06-79
- QBrasil. (s. f.). *QBrasil: Popularizing quantum technologies and software through education and skills development*. QWorld. https://qworld.net/qbrasil/
- Roberson, T. (2023). Talking about responsible quantum: "Awareness is the absolute minimum that… we need to do". *NanoEthics*, *17*(1). https://doi.org/10.1007/s11569-023-00437-2
- Santos, B. de S. (2010). *Para descolonizar Occidente: Más allá del pensamiento abismal*. CLACSO/Prometeo.

- Scheidsteger, T., Haunschild, R., Bornmann, L., & Ettl, C. (2021). Bibliometric analysis in the field of quantum technology. Quantum Reports, 3(3), 549–575. https://doi.org/10.3390/quantum3030036
- Sjöström, J. (2025). Vision III of scientific literacy and science education: An alternative vision for science education emphasising the ethico-socio-political and relational-existential. *Studies in Science Education*, *61*(2), 239–274. https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2405229
- Sjöström, J., y Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. En Y. J. Dori, Z. R. Mevarech y D. R. Baker (Eds.), Cognition, metacognition, and culture in STEM education (Vol. 24, pp. 65–88). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_4
- Somano, T. T., Seid, M., & Chanie, L. (2024). Review on second quantum revolution: Its opportunities and challenges. American Journal of Modern Physics, 13(6), 79–89. https://doi.org/10.11648/j.ajmp.20241306.11
- UNESCO. (2025). The quantum moment: A global report. UNESCO. https://www.unesco.org/en/articles/quantum-moment-global-report
- Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation. *Science & Education*, *30*(3), 557–587. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2
- Walsh, C. (Ed.). (2013). *Pedagogías decoloniales: Prácticas insurgentes de resistir, (re)existir y (re)vivir*. Abya-Yala.
- Whulanza, Y., Kusrini, E., Fitri, I. R., Harwahyu, R., y Asvial, M. (2025). Escaping the digital periphery: Toward technological sovereignty in developing nations. *International Journal of Technology*, *16*(4), 1085–1092. https://doi.org/10.14716/ijtech.v16i4.7959

EDUCAÇÃO CIENTÍFICA HUMANIZADORA PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E POLÍTICA: INTERFACES ENTRE A PEDAGOGIA FREIREANA E A CONSTRUÇÃO DEMOCRÁTICA

David Gadelha da Costa. Universidade Federal de Alagoas. Brasil.
Edenia Maria Ribeiro do Amaral. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Brasil.

PRIMEIRAS PALAVRAS

Em um contexto marcado pela intensificação das desigualdades sociais, pela circulação massiva de (des)informações e pelo recrudescimento de discursos anticientíficos e até pseudocientíficos, que ameaçam tanto a produção do conhecimento quanto os processos democráticos, torna-se cada vez mais necessário refletir sobre a alfabetização científica (AC) que tem sido promovida nos espaços escolares, bem como sobre a função social da Educação Científica. No presente capítulo, aproximamo-nos da compreensão de Silva e Sasseron (2021, p. 05) ao definirem a AC "como a formação do sujeito para a compreensão dos conhecimentos, práticas e valores de uma área de conhecimento para análise de situações e tomada de decisões em ocasiões diversas de sua vida". Além disso, as autoras também ressaltam que a AC é uma "perspectiva formativa em que os estudantes têm contato com elementos da cultura científica, podendo incorporar as normas e práticas sociais deste campo para uso em avaliação e tomada de decisões no seu cotidiano" (p. 05).

Desse modo, reconhecemos que os processos educativos devem garantir o acesso à cultura científica e contribuir para que os sujeitos compreendam criticamente a realidade em que vivem, analisem os impactos sociais da ciência e da tecnologia e participem de forma consciente das decisões que afetam suas vidas e suas comunidades. Esse entendimento exige o enfrentamento de visões reducionistas da Educação Científica, historicamente centradas na transmissão de conteúdos, em favor de perspectivas comprometidas com a formação humana, a justiça social e a democratização do conhecimento.

Nessa direção, temos defendido uma perspectiva pedagógica denominada de Educação Científica Humanizadora, que articula construtos específicos do campo da Educação em Ciências aos pressupostos da pedagogia de Paulo Freire, de

modo a pensar caminhos para promover uma apropriação crítica da cultura científica, decorrente de um processo de Alfabetização Científica (AC) politicamente situado, e desenvolver modos mais ampliados de perceber e intervir em sua própria realidade, a partir de um processo de alfabetização política. O conceito de Alfabetização Política, assumido neste capítulo, apoia-se no pensamento de Paulo Freire, quando, em sua obra *Ação Cultural para a Liberdade e outros escritos*, apresenta a compreensão dos elementos que podem caracterizar um "analfabeto" político, como "aquele ou aquela que tem uma percepção ingênua dos seres humanos em suas relações com o mundo, uma percepção ingênua da realidade social que, para ele ou ela, é um fato dado, algo que é e não que está sendo" (Freire, 2021, p. 147-148).

Conforme discutem Costa e Amaral (2024), a perspectiva da Educação Científica Humanizadora fundamenta-se na compreensão de que os educandos são sujeitos sociais, históricos, não neutros, epistêmicos e ontológicos. Parte-se, portanto, da premissa de que os educandos são capazes de produzir conhecimentos, interpretar o mundo e atuar sobre ele a partir das experiências e aprendizagens construídas em diferentes contextos socioculturais. Desse modo, para além da construção de conhecimentos, da apropriação de conteúdos e de práticas científicas, busca-se promover o desenvolvimento de habilidades que possibilitem aos educandos participar de forma crítica dos debates sociais acerca da ciência e das implicações que ela tem em questões ambientais, econômicas e políticas, entre outras. Essa articulação entre a ciência e o seu papel no desenvolvimento humano e social se inclui entres suas principais finalidades. Em direção similar, encontramos em Sasseron (2018, p. 1082) o entendimento de que "espera-se que os alunos possam construir não apenas o entendimento dos conteúdos, mas também, e especialmente, conhecimentos sobre a própria ciência, as influências mútuas entre ciência e sociedade e os modos de construir conhecimentos científicos. Isso poderia contribuir, junto ao ensino das demais disciplinas e áreas de conhecimento, para que os estudantes tenham uma visão mais ampla sobre a humanidade, que os capacite a tomar decisões de modo mais consciente e crítico".

Importa ressaltar que a Educação Científica Humanizadora foi inicialmente delineada como perspectiva pedagógica no contexto da Educação de Pessoas Jovens, Adultas e Idosas – EPJAI, buscando atender às especificidades formativas, sociais e culturais desse público. Nessa formulação, os autores

enfatizam a necessidade de uma educação científica comprometida com a humanização dos sujeitos, o reconhecimento de seus saberes experienciais e a promoção de práticas pedagógicas fundamentadas no diálogo, na problematização da realidade e na construção coletiva do conhecimento. Entretanto, reconhece-se que seus princípios teórico-metodológicos apresentam ampla capacidade de contribuição para a Educação Básica em seus diferentes níveis e modalidades, devendo ultrapassar o escopo inicial de sua proposição. Desse modo, defende-se a pertinência de ampliação dessas discussões para outros contextos educacionais, considerando que uma formação científica crítica e humanizadora constitui uma demanda transversal à educação escolar contemporânea.

A perspectiva pedagógica da Educação Científica Humanizadora reflete diretamente o pensamento de Paulo Freire, para quem a educação constitui um processo de humanização fundamentado no diálogo, na problematização da realidade e na construção coletiva do conhecimento. Nesse enfoque, a aprendizagem em Ciências passa a constituir um movimento de leitura crítica do mundo a partir dos conhecimentos científico-escolares construídos em sala de aula. Para tanto, a realidade concreta dos sujeitos, suas experiências, inquietações e desafios cotidianos devem ser problematizados e considerados como o ponto de partida para a construção do conhecimento científico.

Esse movimento poderá favorecer o engajamento e a motivação diante das situações propostas pelo professor, como também, conferir sentido social aos conteúdos escolares, possibilitando que estes sejam mobilizados na compreensão e enfrentamento de problemas vivenciados individual e coletivamente. Assim, para Freire, a problematização deve ser capaz de atingir a realidade concreta em que os sujeitos vivem, conscientizá-los de sua realidade e motivá-los para lutar pela transformação social do contexto que os oprime. Nesta perspectiva, uma prática educativa problematizadora seria aquela que, "de caráter autenticamente reflexivo, implica um constante ato de desvelamento da realidade" e "busca a emersão das consciências, de que resulte sua inserção crítica na realidade" (Freire, 2021a, p. 97-98). Essa é a razão de ser da problematização em um projeto de educação voltado para a humanização dos sujeitos.

Além disso, essa perspectiva também se aproxima das discussões sobre agência epistêmica que, para Miller et al. (2018, p. 05, tradução nossa), corresponde à "capacidade dos estudantes de moldar e avaliar o conhecimento e as práticas de

construção do conhecimento na sala de aula" e deve refletir as "maneiras pelas quais os estudantes são capazes de contribuir significativamente para o conhecimento e as práticas de uma comunidade de sala de aula" (Miller et al., 2018, p. 05, tradução nossa). Com isso, evidencia-se a compreensão de que o desenvolvimento da agência epistêmica por parte dos sujeitos representa uma condição importante para o fortalecimento da cidadania democrática, uma vez que contribui para a formação de sujeitos capazes de participar criticamente dos debates públicos envolvendo questões científicas e sociocientíficas, posicionando-se diante delas de forma fundamentada e socialmente comprometida.

Essa compreensão dialoga diretamente com as reflexões de Chauí (2011) acerca da democracia. Para a autora, a democracia não se reduz a um regime político ou a um conjunto de procedimentos institucionais, mas configura-se como uma forma social marcada pela legitimidade do conflito, pela ampliação da participação popular e pela criação constante de direitos. Ao discutir a agência epistêmica como a possibilidade de os estudantes participarem da produção, avaliação e circulação de conhecimentos, bem como de terem suas vozes reconhecidas nos espaços educativos, pretende-se favorecer a constituição de sujeitos que participam ativamente de práticas de construção de conhecimento, contestam processos de exclusão e reivindicam o direito de serem reconhecidos como interlocutores legítimos nas discussões que afetam suas vidas. Contudo, reconhecem-se as dificuldades que decorrem dessa participação mais efetiva em processos decisórios, muitas decorrentes de questões relacionadas a fatores como gênero, classe e etnia, mas, sobretudo, àquilo que Freire (2020) denomina como inexperiência democrática do povo brasileiro.

A partir dessas reflexões, este ensaio teórico tem o objetivo de discutir as interfaces entre a Educação Científica Humanizadora, a Alfabetização Científica e a Alfabetização Política, à luz dos pressupostos da pedagogia de Paulo Freire. Para tanto, defende que a promoção de espaços educativos fundamentados no diálogo de saberes, na problematização da realidade, na participação social e na valorização dos sujeitos pode favorecer processos de formação comprometidos com a aprendizagem científica e, sobretudo, com o fortalecimento de uma cidadania crítica, da participação democrática e da transformação social.

ALGUNS APONTAMENTOS SOBRE A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

A alfabetização científica (AC) é um tema amplamente discutido na literatura nacional e internacional (Laugksch, 2000; Sasseron & Carvalho, 2008, 2011; Lorenzetti, 2016; Silva & Sasseron, 2021; Santos, 2008; Valladares, 2021; Barcellos & Coelho, 2022, 2025, 2026). No contexto educacional, a Alfabetização Científica é compreendida como um processo permanente e contínuo, que se estende ao longo da vida e cuja promoção demanda a utilização de diferentes recursos didáticos e metodologias centradas na participação ativa dos estudantes, com destaque para o Ensino de Ciências por Investigação – EnCI. No Brasil, as discussões sobre a temática ganharam força a partir da década de 1990 e se intensificaram nos anos seguintes. Entre 2000 e 2008, as pesquisas concentraram-se principalmente na consolidação dos fundamentos teóricos da Alfabetização Científica e na análise de estratégias para sua promoção no âmbito da Educação em Ciências, com especial atenção às práticas docentes e aos processos de ensino (Lorenzetti, 2016).

Nesse movimento, Sasseron e Carvalho (2008) analisaram episódios de aulas do ensino fundamental com o objetivo de identificar indícios de promoção da AC e de formular os Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica, os quais subsidiam o planejamento, a implementação e a análise de propostas didáticas voltadas a esse objetivo.

Posteriormente, em 2011, as autoras desenvolveram uma revisão bibliográfica do conceito de Alfabetização Científica, sistematizando discussões sobre as habilidades apontadas na literatura como necessárias para caracterizar um indivíduo alfabetizado cientificamente. Esses estudos contribuíram para a consolidação de referenciais analíticos e metodológicos no campo, fortalecendo a compreensão da AC como um processo formativo complexo, articulado ao desenvolvimento de habilidades cognitivas, investigativas e críticas no ensino de Ciências (Sasseron & Carvalho, 2008; 2011).

Mais recentemente, Valladares (2021) analisou as principais visões em torno da AC e, após uma análise de duas visões explicitadas por Roberts (2011), a autora caracteriza uma terceira visão, na qual defende uma fusão dos sentidos fundamentais e derivados da alfabetização científica, uma introdução às noções de engajamento e participação científica e a inclusão de uma agenda política e emancipatória alinhada a valores como equidade e justiça social, observando-se, nesse ponto, uma aproximação com o pensamento freireano.

Sobre o que chamou de visão transformadora da alfabetização científica, Valladares (2021, p. 565, tradução nossa) assevera que está: [...] mais alinhada com os desafios do século XXI, pois para transformar as relações humanas e, consequentemente, os diferentes sistemas de injustiça, desigualdades econômicas, culturais e sociais, e para mudar as crescentes expressões de ódio e violência contra determinados grupos sociais, bem como para minimizar o agravamento da crise ambiental, não basta contextualizar a ciência e refetir sobre os seus múltiplos riscos e impactos, mas sim uma outra orientação da educação científica, na qual com um conjunto de competências que promovam maior ativismo social e agência individual e coletiva são necessários.

Valladares (2021) argumenta que o significado de "alfabetizar em ciência" tem sido ressignificado na contemporaneidade, especialmente diante da diversidade de modos de vida e das diferentes formas de relação com a ciência. Nesse processo, a perspectiva tradicional, de caráter transmissivo e propedêutico, vem sendo progressivamente substituída por uma compreensão mais transformadora, articulada ao engajamento e ao ativismo sociocientífico. Nessa direção, a alfabetização científica passa a ser entendida como uma ferramenta de potencial transformação social, que pressupõe a participação ativa e a emancipação de todos os cidadãos no enfrentamento de questões sociocientíficas. Importa ressaltar o imperativo de que essa participação seja mais inclusiva, capaz de "tornar visíveis as contribuições invisíveis e informais de diversos grupos sociais historicamente vulneráveis e usualmente excluídos da ciência e tecnologia" (Valladares, 2021, p. 583, tradução nossa).

Não obstante esse avanço na compreensão da Alfabetização Científica articulada a ideais de emancipação e justiça social, concordamos com Barcellos e Coelho (2025) e Rodrigues, Pereira e Mohr (2021) ao problematizarem a lógica presente na Base Nacional Comum Curricular – BNCC que vincula a Educação em Ciências no Brasil a vieses utilitaristas e mercadológicos. Essa orientação tende a reforçar o paradigma da eficiência e da racionalidade técnica, priorizando o desenvolvimento de competências voltadas à resolução de problemas cotidianos, em detrimento da reflexão crítica e do posicionamento fundamentado sobre as dimensões históricas, filosóficas e sociológicas da ciência. Assim, vemos efetivar-se que "toda sociedade tem a Ciência que lhe é útil e necessária para conservar o sistema vigente" (Pinto, 2020, p. 155) e que "a AC está subordinada aos interesses do capital. O conhecimento científico e tecnológico e suas condições

de produção serão delimitados pelas elites como forma de manter o controle sobre esses recursos estratégicos" (Barcellos & Coelho, 2025, p. 749).
Retomando a concepção de alfabetização científica apresentada por Valladares (2021) percebe-se ênfase ao desenvolvimento da capacidade dos estudantes de pensar criticamente sobre a ciência e de lidar com a experiência científica em contextos sociais complexos. Essa perspectiva pode ser articulada a uma educação científica humanizadora, na medida em que recupera o pensamento freireano e propõe um engajamento educacional voltado ao enfrentamento da opressão e da alienação, contribuindo para a humanização da ciência escolar e para a transformação de realidades sociais marcadas por desigualdades (Valladares, 2021). Nessa abordagem, a alfabetização científica é compreendida como um processo formativo orientado pela emancipação, capaz de promover a constituição de sujeitos como agentes morais, cidadãos responsáveis e engajados em debates públicos e na resolução de problemas de forma justa e equitativa. Corroborando com a visão proposta por Valladares (2021), Lorenzetti (2021, p. 66) chama a atenção para o fato de que a alfabetização científica:
"[...] Não é apenas um processo de aquisição de conceitos e fatos científicos, mas um processo de emancipação e conhecimento, desenvolvendo uma *consciência crítica* da sociedade e de seus objetivos, estimulando, também, a iniciativa e a participação na elaboração e desenvolvimento de projetos para transformar o mundo, propiciando o crescimento e o desenvolvimento do ser humano, contribuindo para a mudança social".
Em direção semelhante e assumindo a Alfabetização Científica como expressão de uma educação científica voltada à humanização e à superação do subdesenvolvimento no Brasil, encontramos em Barcellos e Coelho (2022) a proposição de uma perspectiva de Alfabetização Científica caracterizada como Humanizadora. Essa perspectiva defende a problematização-investigação das situações reais que atravessam os sujeitos e suas comunidades, de modo favorecer-lhes a "capacidade de utilizar o conhecimento científico sistematizado para ler o mundo criticamente, se posicionar e agir frente às contradições da realidade nacional" (Barcellos & Coelho, 2022, p. 400).
A Alfabetização Científica Humanizadora pode ser compreendida, portanto, como um processo de conscientização acerca das questões sociocientíficas presentes na realidade do país. Nesse contexto, o sujeito alfabetizado cientificamente é aquele que consegue mobilizar conhecimentos das Ciências da Natureza para

analisar os elementos que produzem tais problemáticas, o que demanda o discernimento sobre o condicionamento da consciência e a adoção de uma postura investigativa. Trata-se de uma ampliação da capacidade de interpretação do mundo a partir do olhar científico, potencializando o desvelamento da realidade (Barcellos & Coelho, 2026). Segundo Barcellos e Coelho (2022), a AC Humanizadora poderia ser materializada a partir de situações didáticas fundamentadas na Abordagem Temática e no EnCI. Também a perspectiva de Educação Científica Humanizadora (Costa & Amaral, 2024) parte da articulação do EnCI à perspectiva dialógica-problematizadora freireana, como caminho para a sua materialização na escola.

Finalizaremos essa seção argumentando que a alfabetização científica, politizada, voltada à tomada de decisão e comprometida com a transformação social, e a alfabetização política constituem processos indissociáveis, uma vez que a compreensão crítica da ciência demanda também a compreensão das relações de poder, dos interesses sociais e das disputas que atravessam a produção e a circulação dos conhecimentos científicos.

ALGUNS APONTAMENTOS SOBRE A ALFABETIZAÇÃO POLÍTICA

Aproximar as discussões do campo da Educação em Ciências do conceito freireano de alfabetização política (AP) expressa nossa intencionalidade de propor que, a partir do envolvimento em práticas de educação científica que problematizem, por exemplo, questões sociocientíficas e/ou temas socialmente controversos e relevantes, os estudantes desenvolvam modos mais ampliados de perceber os aspectos sociais, culturais, econômicos e políticos que permeiam sua realidade mais próxima. Em outras palavras, trata-se de compreender que a aproximação com a cultura científica pode favorecer o desenvolvimento da criticidade, a conscientização e o engajamento em processos de transformação social.

Freire (1974, p. 25) define o analfabetismo político como a “falta de compreensão crítica ou dialética do homem, quando encara as suas próprias relações com o mundo”. Como características dessa forma ingênua de ler a realidade, pode-se citar: o fatalismo, o individualismo e o moralismo. No entendimento de Freire, o “analfabeto” político concebe a história a partir de uma ótica mecanicista e fatalista, em que o “presente é algo que deve ser normalizado e o futuro, a repetição do presente, o que significa a manutenção do

status quo" (Freire, 2021b, p. 149). Sente-se impotente para fazer algo em prol da transformação da realidade e tenta fugir dela, negando-a. Tem, portanto, uma visão movida pela falta de esperança no homem e no futuro e, por isso mesmo, domesticadora do futuro.

Desse modo, o processo de alfabetização política, alimentado por uma ação educativa humanizadora e libertadora, parte da necessária conscientização e reflexão crítica dos sujeitos em torno dos contextos concretos em que estão inseridos. De modo a fazer-lhes perceber estas inserções "não como um 'mundo dado' mas como um mundo dinamicamente dando-se" (Freire, 2021b, p. 154). O movimento do conscientizar-se, em conformidade com o pensamento freireano, pressupõe também o anúncio de outras realidades e o envolvimento dos sujeitos na ação transformadora da realidade desvelada sem a qual não se concretiza o anúncio.

Nesta perspectiva, práticas educativas que, tendo superado a visão de escola como instrumento de controle social, estimulem a reflexividade crítica em vez da domesticação do pensamento, a cultura de participação em lugar da cultura do silêncio, o desenvolvimento da agência epistêmica por parte dos estudantes em vez da presença do ensino prescritivo, dogmático e autoritário, estarão contribuindo para a libertação dos sujeitos de suas condições de opressão, exclusão e negação de direitos e favorecendo a possibilidade do *ser mais*.

O empreendimento dessas práticas são, portanto, potencializadoras do processo de alfabetização política dos sujeitos, de modo a favorecer o desenvolvimento de uma percepção crítica da realidade. Contudo, ainda é necessário algo mais, e, sobre isso, Freire (2021b, p. 155) afirma que: "[...] a simples superação da percepção ingênua da realidade por uma crítica não é bastante para que as classes oprimidas se libertem. Para tal, elas necessitam organizar-se revolucionariamente e revolucionariamente transformar a realidade".

Assim, compreende-se que a alfabetização política pode se desenvolver a partir do trabalho com questões que se configuram como situações-limite na vivência dos estudantes, de modo a desvelar as contradições presentes em seus contextos reais e possibilitar-lhes vislumbrar a transformação dessas circunstâncias. Essa discussão pode ser incorporada à sala de aula de Ciências por meio do trabalho com questões sociocientíficas que atravessam a vida dos estudantes e de suas comunidades, favorecendo que essas problemáticas sejam compreendidas a partir da mobilização de saberes científico-escolares,

articulados aos aspectos sociais, históricos, culturais e políticos que as permeiam.

Nesse ponto, corroboramos com o entendimento de Barcellos e Coelho (2026, p. 11) ao defenderem que "a alfabetização científica e a alfabetização política (AC-AP) devem ser entendidas como uma unidade dialética, isto é, constitutivos que existem de modo interpenetrado e formam uma categoria nova, pelo eixo da consciência crítica" e ainda ao afirmarem que é a "relação AC-AP como unidade dialética que nos permitirá superar as contradições da alfabetização científica alienada, tendo a tomada de consciência crítica sobre as QSCs da realidade nacional como eixo central" (p. 11).

A partir das considerações apresentadas, a alfabetização política pode ser compreendida como um processo intrinsecamente vinculado à constituição da democracia, na medida em que favorece a formação de sujeitos capazes de interpretar criticamente a realidade e de reconhecer-se como parte ativa de sua construção histórica. Nesse sentido, ao enfrentar-superar uma visão ingênua e fatalista do mundo, o sujeito alfabetizado politicamente amplia sua capacidade de participação nos debates públicos, passando a intervir na realidade de forma consciente e transformadora. Trata-se, portanto, de um movimento formativo que contribui para a ampliação da esfera democrática, ao promover a passagem da cultura do silêncio para a cultura da participação, na qual diferentes vozes podem se reconhecer como legítimas na disputa e na construção de sentidos sobre a realidade social. Acerca do desenvolvimento da cultura de participação aqui pretendida, Rosa (2019, p. 81) argumenta que: "A participação, apesar de ser considerada como um instrumento importante para a resolução de problemas sociais, é parte constituinte do ser humano. É a partir dela que as pessoas são capazes de exprimir seus desejos, anseios e necessidades que vão do mais básico, como forma de pensamento individual e relacionamento, até problemas mais complexos e coletivos".

Nessa direção, a articulação entre alfabetização política e Educação em Ciências, especialmente por meio do trabalho com questões sociocientíficas, reforça a compreensão de democracia como uma prática social em permanente construção. Defende-se, portanto, que o trabalho com temas próximos da realidade em que os estudantes estão inseridos, desenvolvido a partir de um processo fundamentado no diálogo, deve favorecer a mobilização de ações sociopolíticas. Nesse contexto, tem-se discutido a noção de ativismo

sociocientífico, compreendida como a participação democrática dos estudantes no esforço de contribuir com o debate e a resolução de questões sociocientíficas e de suas tensões associadas (Reis et al., 2019). Assim, as questões trabalhadas em sala de aula devem estimular os educandos a refletirem sobre o que podem fazer para transformar as condições opressivas da sociedade (Santos, 2008).
A partir desse ativismo sociocientífico, na medida em que mobilizam saberes científico-escolares em diálogo com dimensões sociais, históricas, culturais e políticas, os estudantes são encorajados a participar de processos de leitura e intervenção no mundo que extrapolam a dimensão conceitual, intelectual, individual e alcançam o plano coletivo. Assim, a formação científica, quando orientada por uma perspectiva crítica e humanizadora, contribui para o fortalecimento de práticas democráticas, na medida em que favorece o reconhecimento das contradições sociais e o engajamento dos sujeitos na transformação das situações-limite que atravessam suas realidades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse capítulo, buscou-se discutir a perspectiva de uma Educação Científica Humanizadora, a partir da articulação entre os conceitos/processos de Alfabetização Científica e Alfabetização Política, tomando como eixo estruturante os pressupostos da Pedagogia Freireana e suas implicações para a construção democrática. Partiu-se da compreensão de que a Educação em Ciências não pode ser reduzida à transmissão de conteúdos ou ao desenvolvimento de competências técnicas, mas deve ser concebida como um processo formativo comprometido com a leitura crítica do mundo, a problematização da realidade e a participação ativa dos sujeitos nos debates sociais que atravessam a ciência, a tecnologia e a vida em sociedade.
Ao articular conhecimentos científicos aos contextos sociais, históricos, culturais e políticos dos estudantes, a Educação Científica Humanizadora pode ampliar as possibilidades de construção de sentidos sobre a ciência e favorecer o desenvolvimento de uma postura investigativa, crítica e emancipatória. Nesse sentido, a Alfabetização Científica, especialmente quando orientada para a tomada de decisão em questões sociocientíficas, destaca-se pelo papel central na preservação e fortalecimento da democracia. Assim, pode-se afirmar que a AC envolve a mobilização e a apropriação de conhecimentos científicos para

fundamentar decisões qualificadas e responsáveis, tanto em esferas individuais quanto públicas (Barcellos & Coelho, 2025).

Paralelamente, a Pedagogia Freireana é assumida como fundamento epistemológico, ético e político central desta discussão, ao conceber a educação como prática de liberdade, dialógica e problematizadora. Sua contribuição evidencia-se, sobretudo, na defesa da conscientização, da leitura crítica da realidade e da superação de visões ingênuas e fatalistas do mundo, reafirmando o papel da educação na formação de sujeitos históricos, capazes de atuar na transformação das condições de opressão e desigualdade.

Espera-se que estudos posteriores possam investigar a materialização das articulações aqui propostas na formação e no trabalho docente, recorrendo a dados empíricos para analisar abordagens didáticas e métodos de ensino compatíveis com os princípios expostos, bem como suas possibilidades, limitações, fragilidades, necessidades e outros aspectos decorrentes da implementação da perspectiva pedagógica apresentada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barcellos, L. S., & Coelho, G. R. (2022). Formação de professores de ciências, práticas pedagógicas e alfabetização científica humanizadora. *Formação em Movimento, 4*(8), 383–404. https://periodicos.ufrrj.br/index.php/formov/article/view/213
- Barcellos, L. S., & Coelho, G. R. (2025). Relações entre alfabetização científica, democracia e cidadania: contribuições para o debate. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 42*(3), 733–760. https://doi.org/10.5007/2175-7941.2025.e99977
- Chauí, M. (2011). *Cultura e democracia: O discurso competente e outras falas* (13th ed.). Cortez.
- Costa, D. G., & Amaral, E. M. R. (2024). Proposta de Educação Científica Humanizadora para a Educação de Pessoas Jovens, Adultas e Idosas: articulação teórica e princípios. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, 26*, e48946. http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172022240196
- Freire, P. (1974). O processo de alfabetização política. *Revista da FAEEBA, 7*, 19–33.
- Freire, P. (2020). *Educação como prática da liberdade* (48th ed.). Paz e Terra.

- Freire, P. (2021a). *Pedagogia do oprimido* (78th ed.). Paz e Terra.
- Freire, P. (2021b). *Ação cultural para a liberdade e outros escritos* (16th ed.). Paz e Terra.
- Laugksch, R. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education, 84*(1), 71–94.
- Lorenzetti, L. (2016). A alfabetização científica na educação em ciências. *ACTIO: Docência em Ciências, 1*(1), 1–3. https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/7266
- Lorenzetti, L. (2021). Alfabetização científica e tecnológica: pressupostos, promoção e avaliação na educação em ciências. In T. Milaré, G. P. Richetti, L. Lorenzetti, & J. de P. A. Filho (Orgs.), *Alfabetização científica e tecnológica na educação em ciências: fundamentos e práticas*. Livraria da Física.
- Miller, E., Manz, E., Russ, R., Stroupe, D., & Berland, L. (2018). Addressing the epistemic elephant in the room: Epistemic agency and the next generation science standards. *Journal of Research in Science Teaching*. https://doi.org/10.1002/tea.21459
- Pinto, A. V. (2020). *Ciência e existência: Problemas filosóficos da pesquisa científica*. Contraponto.
- Reis, P., Baptista, M., Conceição, T., & Watanabe, G. (2019). Queremos a nossa ribeira de volta! O empoderamento dos alunos para uma iniciativa de ação coletiva. In G. Watanabe (Org.), *Educação científica freireana na escola* (pp. 53–71). Livraria da Física.
- Roberts, D. (2011). Competing visions of scientific literacy: The influence of a science curriculum policy image. In C. Linder, L. Östman, D. Roberts, P. O. Wickman, G. D. Erickson, & A. McKinnon (Eds.), *Exploring the landscape of scientific literacy* (pp. 11–27). Routledge.
- Rodrigues, L. Z., Pereira, B., & Mohr, A. (2021). Recentes imposições à formação de professores e seus falsos pretextos: as BNC formação inicial e continuada para controle e padronização da docência. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 21*, e35617. https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u12771315
- Rosa, S. E. (2019). *Educação CTS: Contribuições para a constituição de culturas de participação* (Tese de doutorado, Universidade de Brasília).

- Santos, W. L. P. (2008). Scientific literacy: A Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. *Science Education, 93*(2), 361–382. https://doi.org/10.1002/sce.20301
- Sasseron, L. H. (2018). Ensino de Ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a Base Nacional Comum Curricular. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 18*(3), 1061–1085. https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec20181831061
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências, 13*(3), 333–352.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências, 16*(1), 59–77.
- Silva, M. B., & Sasseron, L. H. (2021). Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, 23*, 1–20. https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio/article/view/34674
- Valladares, L. (2021). Scientific literacy and social transformation. *Science & Education, 30*, 557–587. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2

CURRICULARIZAÇÃO DA EXTENSÃO E EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: DISPUTAS PELA DEMOCRATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Luciana Harumi dos Santos Sakano, Universidade de São Paulo, Brasil
Marcelo Vilela de Almeida, Universidade de São Paulo, Brasil
Jorge Esteban Maeyoshimoto, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Ignacio Julio Idoyaga, Universidad de Buenos Aires, Argentina

COLONIALIDADE, PODER E CRISE DA LEGITIMIDADE CIENTÍFICA: ALGUNS ELEMENTOS PARA O DEBATE DA EDUCAÇÃO SUPERIOR NA AMÉRICA LATINA

A consolidação histórica da universidade mundial se fundamentou na disseminação hegemônica de modelos europeus de ensino e pesquisa, uma trajetória que evoluiu a partir da incorporação de instituições medievais europeias semiautônomas até a universidade moderna do início do século XIX na Alemanha (Marginson et al., 2023). Regido pelo eurocentrismo moderno, esse paradigma impôs uma visão que se autodefine como superior, estruturando um paradigma de conhecimento disciplinar, fragmentado e hierárquico, pautado em uma pedagogia racionalizada em currículos e aulas (Estermann et al., 2017). Ao atuarem na disseminação de sistemas de valores da civilização europeia-ocidental, as instituições universitárias promoveram a hegemonia de ciências experimentais baseadas na crença de um método científico pretensamente imune a influências sociais (Quijano, 2000). Essa perspectiva moldou globalmente a legitimação dos saberes (Estermann et al., 2017), convertendo a universidade num alicerce da cultura cristã ocidental que inviabilizou e categorizou outras produções de conhecimento como primitivas ou atrasadas (Quijano, 2000; Dussel, 1994; Estermann et al., 2017). Desse modo, o apagamento e a subjugação evidenciam os perigos de uma expansão euro-americana atualmente impulsionada pelo treinamento transfronteiriço, pela dominância da língua inglesa e pela imposição de modelos anglo-americanos através dos rankings globais, características profundamente imbricadas com a geopolítica do conhecimento e com a permanência da colonialidade, já que a expansão da modernidade se relaciona com a expansão colonial, do capital e das formas de

conhecimento, de modo que a colonialidade do poder não representa um episódio ultrapassado da história. (Mignolo, 2020; Marginson et al., 2023). Especialmente no contexto da América Latina, faz-se necessário incorporar o conceito de imperialismo no debate, visto que a modernidade e a colonialidade dependem da noção de imperialidade como uma lógica relacional que engendra, organiza e reproduz as assimetrias globais (Ballestrin, 2017). De acordo com Ballestrin (2017), o continente latino-americano se constituiu como o primeiro grande laboratório da experiência colonial europeia do século XVI e do imperialismo estadunidense do século XX, sofrendo a sobreposição de dois padrões de dependência estrutural que condiciona o funcionamento das instituições subalternizadas do Sul Global.

Os efeitos do espraiamento do pensamento ocidental por meio de instituições de educação superior na América Latina dialogam com a perspectiva de Deleuze (1992), que parte da percepção de que as formas de poder contam com mecanismos cada vez mais fluidos, contínuos e moduladores que são capazes de se infiltrar nas condutas, nos modos de vida e nas subjetividades. Essa compreensão toma novos contornos no mundo contemporâneo, posto que se observa um movimento no qual o antigo modelo analógico de moldagens e espaços fechados, progressivamente, é substituído pelo que Deleuze (1992) nomeou sociedades de controle, cuja dinâmica opera por meio de modulações ultrarrápidas em espaços abertos e de forma contínua. Diante do longo declínio da lucratividade na manufatura tradicional, essa passagem é acompanhada por uma mudança profunda do capitalismo, que migrou do foco na propriedade e na produção industrial para um capitalismo de sobreprodução focado no produto, no mercado, na venda de serviços e na circulação de ações, o que permitiu que o capital encontrasse nas infraestruturas digitais um modelo de negócios altamente eficiente, capaz de intermediar interações entre diferentes grupos como consumidores, produtores e anunciantes e, sobretudo, monopolizar a extração e o refinamento de informações (Deleuze, 1992; Srnicek, 2017; Silveira, 2021).

O debate educacional não se encontra à margem dessas mudanças. Assim como em tempos anteriores, as instituições de educação são peças relevantes no cenário atual, posto que, além de continuarem se configurando como um dos motrizes de proliferação do pensamento ocidental, contam com mecanismos de controle como métricas, rankings, plataformas, processos permanentes de

avaliação, dispositivos de gestão do desempenho e exigências crescentes de adaptação, inovação e produtividade.

Na América Latina, em especial, observa-se nas últimas décadas uma expansão intensamente impulsionada por recomendações de organismos internacionais como o Banco Mundial, a UNESCO, a OMC e a OCDE, que estimularam a privatização e a adoção da educação a distância (EAD) como soluções para a massificação da demanda regional. Alinhadas a preceitos neoliberais, essas diretrizes visam transferir o custo da ampliação das vagas para o setor privado, sob a justificativa de que o setor público de países em desenvolvimento não teria condições de arcar com o modelo clássico presencial, consolidando a privatização como o eixo central das discussões acerca das reformas estruturais adotadas na região desde o final do século passado, bem como redefinindo o papel do Estado e o destino do fundo público (Jacobus, *et al.*, 2021; da Costa, 2025; Garcia et al., 2026). As políticas implementadas pelos Estados latino-americanos têm provocado impactos profundos e vertiginosos na configuração dos sistemas de educação, sendo que, dentre as consequências mais marcantes se destacam a redução drástica e progressiva no orçamento destinado às universidades públicas e, em contrapartida, a proliferação acelerada de instituições com perfil privado-lucrativo (da Costa, 2025).

Garcia et al. (2026) observam que, paralelamente, esse processo também atua de modo endógeno, ou seja, no interior das próprias instituições de ensino superior, transformando práticas administrativas, culturas acadêmicas e condições de trabalho. Mecanismos como as parcerias público-privadas e as terceirizações de atividades-fim, por exemplo, promovem a precarização do trabalho por meio da contratação de professores horistas temporários e sem dedicação exclusiva, comprometendo a produção científica regional. Além disso, a cultura universitária é crescentemente capturada pela lógica da performatividade e do gerencialismo, na qual instrumentos de avaliações externas, metas quantitativas e rankings internacionais geram concorrência interinstitucional (Garcia et al, 2026).

Esse cenário pressiona as universidades a se alinharem às demandas de mercado por inovação, empreendedorismo e comercialização de patentes, subvertendo a lógica da educação enquanto um direito social em prol de uma oportunidade internacional de negócios (Garcia et al., 2026). Assim, ainda que esse processo de abertura de mercado ao setor privado tenha funcionado como um indutor para

a massificação do sistema, garantindo a ampliação quantitativa do acesso a essa etapa formativa, essa expansão encontra seus limites, sobretudo, ao se debater a qualidade da educação (da Costa, 2025) já que o crescimento das matrículas e das novas instituições ocorreu em um cenário de baixa qualidade da educação oferecida pelas corporações particulares, em grande medida, compostas por conglomerados educacionais com acentuada diversificação institucional, as quais priorizam o ensino e o treinamento vocacional em formatos mais baratos, em detrimento de uma educação de qualidade que articule ensino, pesquisa e extensão, dimensões consideradas indissociáveis por serem funções substantivas da educação superior. Dessa forma, apesar do aumento no número de vagas distribuídas pela iniciativa privada na região latino-americana, não se consolidou uma democratização efetiva e qualitativa (da Costa, 2025; Garcia et al, 2026).
De outro lado, ainda que seja um processo mais heterogêneo na região, diferindo de maneira significativa entre os países devido às particularidades e às resistências encontradas em cada ambiente político e institucional nacional (Jacobus, *et al.*, 2021), a trajetória de crescente e rápida expansão da educação a distância na educação superior é um fenômeno global, representando mais de 20% das matrículas mundiais.
Esse duplo movimento de digitalização e neoliberalização da educação superior se inscreve em um cenário mais amplo de desordem epistêmica que tem sido associado a fenômenos como entropia informacional e pós-verdade (Cesarino, 2020). Apoiada na noção de anomalias de Kuhn e “sintomas mórbidos” de Gramsci, Cesarino (2020) delineia o tempo atual como um momento liminar no qual a antiga configuração epistêmica moderna se desestabilizou e um novo arranjo estrutural ainda não se estabeleceu em seu lugar, gerando a perda de confiança no sistema de peritos e, consequentemente, reduzindo a capacidade neguentrópica da ciência, ou seja, sua capacidade de organizar informações.
Nesse ambiente, concepções alternativas e distintas do sistema tradicional ganham força e geram uma proliferação de realidades paralelas e invertidas cujo alcance é potencializado por meio de uma internet cada vez mais automatizada com a recente popularização das Inteligências Artificiais (IA) (Cesarino, 2020; 2025). Abre-se, então, espaço para a emergência de "sintomas mórbidos", que incluem a ascensão da política populista digital, a difusão massiva de fake news e desinformação, o avanço do pensamento conspiratório, o vigilantismo social, o punitivismo legal e o fortalecimento de visões pseudocientíficas e "encantadas",

como o terraplanismo e movimentos antivacina (Cesarino, 2020; 2025). Esses desarranjos informacionais não são subprodutos tecnológicos, são riscos à própria democracia na região. Ao minar consensos mínimos e fragmentar o espaço de debate público, essa desordem corrói os alicerces do debate mediante argumentos, pavimentando o caminho para a erosão institucional e para a ascensão de autocracias digitais fundadas no ressentimento coletivo (Cesarino, 2020; 2025; Silveira, 2021). Tudo isso em meio a uma nova configuração da relação humano-máquina focada na adicção leve, na dependência tecnológica e na maximização do tempo de tela para a extração massiva de dados valiosos para o que Srnicek (2017) nomeia capitalismo de plataforma, no qual os dados deixaram de ser um elemento periférico para se tornarem a matéria-prima central e o motor de sustentação do crescimento econômico global que articula, como já mencionado, neoliberalismo e plataformização (Srnicek, 2017; Silveira, 2021; Cesarino, 2020; 2025).

Sob a ótica da antropologia de Cesarino (2025), as agências algorítmicas dessas máquinas operam através de loops recursivos que afetam o plano pré-representacional de indivíduos, demonstrando que, assim como as redes sociais e os chatbots, as IA partilham de vieses técnicos infraestruturais que atuam de forma autônoma e participam ativamente nos processos de polarização afetiva e radicalização extremista na atualidade, em outras palavras, os algoritmos não são neutros (Silveira, 2021; Cesarino, 2025). Nesse bojo, Srnicek (2017) observa a ascensão de grandes empresas monopolistas cuja expansão é catalisada pelos chamados "efeitos de rede", em que o valor da plataforma cresce exponencialmente à medida que atrai mais participantes. Dessa forma, as tecnologias digitais se integraram de maneira irreversível às dimensões pública e privada da vida, o que explica a conversão do capitalismo informacional em um modelo profundamente voltado para a plataformização (Silveira, 2021).

CURRICULARIZAÇÃO DA EXTENSÃO: O QUE É, O QUE IMPLICA E O QUE TRANSFORMA?

Especialmente a partir da década de 2010, nesse complexo emaranhado que a curricularização da extensão passa a se desenhar como um horizonte concreto para as instituições da América Latina. Trata-se de um movimento paradoxal, posto que, embora a região seja historicamente a precursora de uma vertente de extensão crítica e popular muito peculiar que emerge na Reforma de Córdoba e

se fortalece com as contribuições freirianas, essa dimensão permaneceu, por séculos, submetida a uma posição periférica nas estruturas acadêmicas e restrita a iniciativas isoladas. Além disso, historicamente, sob seu nome se desenvolveram ações permeadas por lógicas assimétricas como o assistencialismo, o elitismo, a difusão unilateral e o clientelismo.

Paulo Freire é uma referência teórica e política imprescindível para as discussões acerca da extensão na América Latina. Sua obra "Extensão ou comunicação?" tem sido reiteradamente mobilizada, uma vez que suas críticas são centrais para compreender a gênese das formulações que sustentam o conceito contemporâneo de extensão.

Ao analisar semântica e politicamente o termo "extensão", Freire (1983) mostra que ele tende a pressupor uma pessoa que leva algo a outra, depositando conteúdos, corrigindo supostas carências e operando sobre o outro como objeto de sua ação. Quando a extensão é materializada como via de mão única, reafirma o privilégio epistêmico da universidade, reduz os grupos populares à condição de destinatários passivos e transforma a relação educativa em mecanismo de domesticação, ainda que travestido de boa intenção, assistência ou modernização. Em oposição a essa perspectiva, propõe a comunicação, que se baseia no diálogo e na situação gnosiológica, ou seja, a relação dialógica como fundamento de uma prática educativa em que agentes da mudança, da universidade e da sociedade, constituem-se em relação com um mundo que deve ser problematizado. Essa "comunicação" é lida hoje como extensão crítica e popular no debate latino-americano. Freire (1983) evidencia que os imperativos de rapidez, eficiência e produtividade frequentemente servem para justificar a invasão cultural, os "depósitos" de conhecimento e a manipulação daqueles que deveriam ser reconhecidos como sujeitos da práxis. Ademais, o educador recusa o messianismo tecnológico e o assistencialismo intelectual, argumentando que a educação só se torna verdadeiramente humanizadora quando se organiza em torno da reflexão crítica, da problematização da realidade e do reconhecimento da visão de mundo das pessoas envolvidas. Isso permite deslocar a extensão de uma posição subordinada, instrumental ou acessória para o centro de uma pergunta mais ampla: que tipo de relação entre conhecimento, instituição de educação e sociedade é tornado possível ou impedido pelas formas extensionistas hoje em disputa? A matriz teórica freiriana permite vislumbrar uma diferenciação precisa entre o que deve ser lido como extensão crítica e

popular e o que se configura, fundamentalmente, como um processo de invasão cultural.

Assim, a curricularização da extensão se apresenta como um campo ambíguo e estratégico, podendo se configurar como um espaço de resistência epistemológica capaz de interrogar o modelo euro-americano e as assimetrias do capitalismo de plataforma. Por um lado, essa dinâmica pode abrir possibilidades para a construção de práticas formativas mais dialógicas, territorializadas e comprometidas com a de(s)colonização do saber, deslocando a extensão de sua histórica subordinação para o centro da formação universitária e contribuindo para a democratização de conhecimentos plurais que dialoguem com uma educação científica cidadã que permita à população compreender a complexidade de seu tempo, assumindo o protagonismo nas disputas sociais em vez de ser mero objeto a ser disputado. Por outro lado, sua implementação corre o risco constante de ser capturada por exigências burocráticas, indicadores institucionais de desempenho e discursos de inovação mercantil que esvaziam sua potência crítica e reproduzem as desigualdades.

Em termos gerais, compreende-se a curricularização da extensão como um movimento mais amplo do que a incorporação de ações ou práticas extensionistas obrigatórias na matriz curricular de um curso de graduação. Mais do que uma formalidade técnica, a curricularização visa superar o modelo tradicional de ensino e as metodologias estritamente escolásticas, podendo funcionar como um motor para a geração de práticas integrais que colocam estudantes como sujeitos ativos. Desse modo, o ato educativo é reconfigurado ao fazer com que o aprendizado ocorra no terreno real a partir de problemas sociais concretos (Tommasino & Stevenazzi, 2016).

O recorte no Brasil se dá por ser o país com uma política pública de curricularização um pouco mais estruturada que os demais cenários regionais. Amparado pelo princípio constitucional de indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, o ordenamento jurídico nacional avançou por meio dos Planos Nacionais de Educação de 2001-2011 e de 2014-2024, que trouxeram a obrigatoriedade de assegurar que, no mínimo, 10% da carga horária de todos os cursos de graduação sejam desenvolvidos por meio de ações de extensão. Posteriormente, a Resolução nº 7, de 18 de dezembro de 2018, da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação (Brasil, 2018), estabeleceu as diretrizes para a educação superior brasileira, conceituando-a como:

(...) a atividade que se integra à matriz curricular e à organização da pesquisa, constituindo-se em processo interdisciplinar, político educacional, cultural, científico, tecnológico, que promove a interação transformadora entre as instituições de ensino superior e os outros setores da sociedade, por meio da produção e da aplicação do conhecimento, em articulação permanente com o ensino e a pesquisa.

As diretrizes da extensão se estruturam a partir de quatro pilares: a interação dialógica com a sociedade por meio da troca horizontal de saberes diante de complexidades contemporâneas, a formação cidadã dos estudantes integrada interdisciplinarmente à matriz curricular por meio da vivência prática, a produção de mudanças e transformações qualitativas tanto no ecossistema institucional quanto nos demais setores sociais e, por fim, a articulação orgânica entre ensino, pesquisa e extensão, constituindo um processo pedagógico único, científico, cultural e político-educacional (Brasil, 2018). Dialógica e flexível, essa dinâmica permite desenvolver uma relação entre universidade e sociedade capaz de responder, dinamicamente e intersetorialmente, a urgências sociais e articular saberes acadêmicos e populares na formulação de demandas e políticas públicas (Nogueira, 2019; Sakano, 2022). A partir dessas premissas, as ações extensionistas possuem potencial para ampliar a cidadania, gerar inclusão e promover o desenvolvimento local, bem como para romper com as hierarquizações culturais dominantes, abrindo caminho para a interculturalidade e para a ideia decolonial de valorização das subjetividades e saberes locais na América Latina (Nogueira, 2019; Sakano, 2022). Ao analisar um projeto de extensão concreto, Sakano (2022) observou que as pessoas participantes passam por um processo de subjetivação e pertencimento institucional e territorial ao se apropriarem do espaço acadêmico e da cidade como direitos coletivos e públicos. Ao se perceberem exercendo sua cidadania de forma mais ativa, também se percebem estendendo esse sentimento de pertencimento democrático a outras pessoas.

Entretanto, a existência de casos exitosos isolados e de regulamentação com aspirações decoloniais não garantem, por si só, a ampliação e efetivação das práticas, visto que a realidade concreta das instituições se revela substancialmente mais complexa e cheia de contradições. Longe de serem superadas, as históricas lógicas de invasão cultural e de assimetria epistêmica

denunciadas por Freire são reatualizadas no cenário contemporâneo em diversos contextos.

Além disso, alguns problemas identificados durante os primeiros passos da implementação da curricularização da extensão também limitam seu potencial. Coelho (2017) identificou barreiras administrativas, culturais e pedagógicas que, em boa medida, estão presentes até hoje. No plano administrativo, pressões operacionais e custos adicionais para instituições que já enfrentam restrições orçamentárias, culturalmente, vigora uma hierarquia acadêmica que marginaliza a extensão em detrimento da investigação e, uma lógica alimentada pela pós-graduação stricto sensu, que valoriza mais a pesquisa e faz com que o trabalho extensionista seja visto como sobrecarga ou relegado a docentes mais jovens. Também permanecem ações unilaterais por séculos entendidas como extensão, mas que deveriam se reformular ou ser pensadas como ações de outra natureza (Coelho, 2017; Sakano, 2022). Coelho (2017) e Nogueira (2019) ainda advertem que, pedagogicamente, a integração esbarra na rigidez de currículos fragmentados e disputados corporativamente por áreas isoladas de conhecimento, bem como modelos que "disciplinarizam" o fazer extensionista, inviabilizando seu desenvolvimento pleno posto que se restringe a espaços-tempos muito específicos, o que dificulta o encontro com outros atores sociais. Esse processo de distanciamento dos preceitos da política pública delineada ganha contornos ainda mais preocupantes diante da expansão vertiginosa do EAD, modalidade majoritariamente ofertada por instituições de educação superior privadas com fins lucrativos no Brasil. Na Educação Superior nacional, já em 2024, o número de matrículas em EAD superou o número de matrículas presenciais (Inep, 2025). Assim, sob a égide da inovação e da eficiência digital, a mercantilização e a plataformização encontram na modalidade on-line um terreno fértil para esvaziar a potência crítica da extensão.

Diante desse cenário, vale retornar a uma das provocações centrais que movem esta seção, afinal, o que a curricularização da extensão, de fato, transforma? A resposta a essa pergunta parece estar em construção. Se ela carrega a potência de transformar a universidade em uma trincheira ativa de defesa dos consensos democráticos e de emancipação dos sujeitos no Sul Global, por outro, há que se manter uma vigilância crítica constante. Sem que se observe atentamente as racionalidades em disputa, corre-se o risco de produzir justamente o oposto, ou seja, a conversão de uma ferramenta de libertação em mais um dispositivo

mercantil de controle e isolamento, o que acabaria por acelerar a própria erosão da ciência e da democrática que urge combater. Essa urgência se torna ainda mais evidente quando se constata que, pela primeira vez em duas décadas, o cenário geopolítico assiste uma inversão alarmante na qual o número de autocracias no mundo passou a superar o de regimes democráticos, conforme apontam os dados do Varieties of Democracy Institute (V-Dem, 2025). Trata-se de uma guinada autoritária que não pode ser dissociada da desordem epistêmica contemporânea, em que a proliferação de desinformação científica serve como combustível para o enfraquecimento das instituições públicas. É no cerne dessa crise, que afeta desde a soberania sanitária até os consensos ecológicos, que se localiza a necessidade de reposicionar o próprio sentido da (co)produção e da democratização do conhecimento técnico-científico.

EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO: CONVERGÊNCIAS E URGÊNCIAS

Diante desse cenário clivado pelas dinâmicas de controle e poder, pelo neoliberalismo, pela plataformização e pela privatização, a reinvenção e a reivindicação da função social da educação superior exigem um posicionamento crítico que recuse o entusiasmo ingênuo. É nesse horizonte de urgências que a curricularização da extensão se afirma como uma política profundamente ambivalente. Longe de ser um remédio institucional automático, ela se configura como uma arena de disputa: por um lado, corre o risco iminente de ser capturada pelas exigências burocráticas do gerencialismo, convertendo a relação com as comunidades em mero extrativismo de dados, cumprimento de indicadores ou voluntariado utilitarista. Por outro, tensionada em suas contradições, pode se abrir como espaço estratégico capaz de tencionar a dicotomia entre universidade e sociedade, criando laços para além de seus muros e promovendo a articulação com outros territórios educativos, abrangendo tanto os espaços escolares formais quanto ambientes não formais de democratização científica, tecnológica, política e cultural, como centros comunitários, museus e instâncias de educação popular.

Essa imersão interinstitucional, intersetorial e territorial resgata as premissas do letramento científico como prática social (Santos, 2007) e os pressupostos do movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), retirando-os do plano estritamente escolar ou de uma aplicação mecânica. Se o capitalismo de plataforma e a "eu-pistemologia" (Cesarino, 2025; Srnicek, 2017) isolam

pessoas em bolhas de adicção e desinformação, a articulação da extensão com as escolas e comunidades não atua como um antídoto mágico, mas como um espaço físico e de fricção concreta contra o isolamento digital. Esse movimento não permite respostas assépticas: ele convoca as Ciências Naturais e as demais ciências a agirem de forma inter e transdisciplinar sobre os problemas reais do chão latino-americano, cientes de que a formulação de uma educação científica cidadã, comprometida e decolonial (Delizoicov et al., 2011; Gil-Pérez & Vilches, 2005) ocorre sob permanente cerco mercantil.

Essa aproximação enraizada e dialógica materializa o que Freire (2009) define como uma autêntica integração ao contexto, um movimento resultante de estar não apenas no mundo, mas com ele, transformando as pessoas em sujeitos constitutivamente "situadas e datadas" (p. 50), conscientes de sua historicidade e de seu papel político, o que exige uma constante vigilância contra as lógicas de invasão cultural travestidas de inovação. Compreender a extensão sob essa ótica significa assumir que a leitura crítica do mundo não se encerra na denúncia das opressões gerenciais ou das autocratizações digitais (V-Dem, 2025), nem no otimismo utópico descolado das condições materiais de produção. Na tradição freiriana, essa realidade projetada funciona como a própria utopia do educador, agindo diretamente sobre a práxis e suas amarras institucionais.

Em um cenário em que as grandes corporações tecnológicas e as narrativas autocráticas fragmentam o espaço público, o desenvolvimento dessa consciência crítica opera uma transformação de subjetividades que não ocorre de forma pacífica. Ao se apropriarem do conhecimento científico não como uma verdade dogmática herdada, mas como uma ferramenta de leitura e transformação territorial, as pessoas rompem com a passividade histórica. Deixam, finalmente, de ser objetos disputados pelas engrenagens da desinformação e pelos fluxos mercantilizados da plataformização, para assumirem o protagonismo ativo nas disputas sociais de seu próprio tempo.

Essa ruptura metodológica reposiciona a própria comunidade na condição de coautora da atividade científica. O fazer extensionista deixa de ser um mero canal de simplificação ou transmissão de conteúdos da torre de marfim universitária para se consolidar como um processo legítimo de coprodução de conhecimento, onde saberes acadêmicos e populares se hibridizam diante dos problemas reais. Portanto, disputar os rumos da curricularização da extensão hoje, conectando a produção científica aos espaços formais e não formais da

sociedade, configura-se não como uma promessa salvacionista, mas como uma aposta político-pedagógica de resistência contra a erosão do espaço público, capaz de assegurar a soberania dos saberes e promover a retomada consciente da vida democrática na América Latina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballestrin, L. M. de A. (2017). Modernidade/colonialidade sem "imperialidade"? O elo perdido do giro decolonial. *Dados*, *60*(2), 505–540. https://doi.org/10.1590/001152582017127
- Brasil. (2001, 10 de janeiro). *Lei nº 10.172, de 9 de janeiro de 2001*. Aprova o Plano Nacional de Educação e dá outras providências. Diário Oficial da União.
- Brasil. (2014, 26 de junho). *Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014*. Aprova o Plano Nacional de Educação - PNE e dá outras providências. Diário Oficial da União.
- Brasil. (2018, 19 de dezembro). *Resolução nº 7, de 18 de dezembro de 2018*. Estabelece as Diretrizes para a Extensão na Educação Superior Brasileira. Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação.
- Cesarino, L. (2020). Pós-verdade e a crise do sistema de peritos: Uma explicação cibernética. *Ilha – Revista de Antropologia*, *23*(1), 73–96. https://doi.org/10.5007/2175-8034.2021.e75624
- Cesarino, L. (2025). Algoritmos e radicalização: Uma visão tecnopolítica a partir da antropologia. *Anuário Antropológico*, *50*, Artigo e-14gxt. https://doi.org/10.4000/14gxt
- Coelho, G. C. (2017). A extensão universitária e sua inserção curricular. *Interfaces - Revista de Extensão da UFMG*, 5(2), 5–20.
- Da Costa, E. G. (2025). Ensino superior e privatização na América Latina: Uma revisão integrativa da literatura recente. *Revista Contexto & Educação*, *40*(122), Artigo e16089. https://doi.org/10.21527/2179-1309.2025.122.16089
- Deleuze, G. (1992). *Conversações* (N. da Silva, Trad.). Editora 34.
- Delizoicov, D., Angotti, J. A., & Pernambuco, M. M. (2011). *Ensino de ciências: Fundamentos e métodos*. Cortez.
- Dussel, E. (1994). *El encubrimiento del otro: Hacia el origen del mito de la modernidad*. Abya-Yala.

- Estermann, J., Tavares, M., & Gomes, S. (2017). Interculturalidade crítica e decolonialidade da educação superior: Para uma nova geopolítica do conhecimento. *Laplage em Revista*, *3*(3), 17–29. https://doi.org/10.24140/issn.2446-6220201733375p.17-29
- Freire, P. (1983). *Extensão ou comunicação?* Paz e Terra.
- Freire, P. (2009). *Educação como prática da liberdade* (32ª ed.). Paz e Terra.
- Gadotti, M. (1996). *Paulo Freire: Uma biobibliografia*. Cortez.
- Garcia, L. T. dos S., Santos, K. A. dos, & Cuenca, R. (2026). Privatização do ensino superior na Ibero-América: Conceitos, formas e consequências. *Revista Práxis Educacional*, *22*(53), Artigo e18664. https://doi.org/10.22481/praxisedu.v22i53.18664
- Gil-Pérez, D., & Vilches, A. (2005). Educação científica para a cidadania: Um apelo à comunidade de educadores. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, *5*(2), 5–18.
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). (2025). *Censo da educação superior 2024*. Ministério da Educação.
- Jacobus, A., Kunzler, J., Storck, J. B., & Rocha, M. A. M. da. (2021). Expansion of distance education in higher education: Trajectories in Argentina, Brazil, Chile and Colombia. *Revista Portuguesa de Educação*, *35*(2), 61–82. https://doi.org/10.21814/rpe.24298
- Marginson, S., Cantwell, B., Platonova, D., & Smolentseva, A. (2023). Intrinsic and extrinsic outcomes of higher education. In S. Marginson, B. Cantwell, D. Platonova, & A. Smolentseva (Eds.), *Assessing the contributions of higher education: Knowledge for a disordered world* (pp. 23–45). Edward Elgar Publishing.
- Mignolo, W. D. (2020). Geopolítica do conhecimento e diferença colonial (I. Canhoto, Trad.). *Revista Lusófona de Educação*, *48*(48), 187–224. https://doi.org/10.24140/issn.1645-7250.rle48.12
- Nogueira, M. das D. P. (2019). *A participação da extensão universitária no processo de descolonização do pensamento e valorização dos saberes na América Latina*. Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Qayyum, A., & Zawacki-Richter, O. (Eds.). (2018). The evolution of national distance education systems. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55724-2

- Quijano, A. (2000). Colonialidad del poder y clasificación social. *Journal of World-Systems Research*, *11*(2), 342–386. https://doi.org/10.5195/jwsr.2000.228
- Santos, W. L. P. dos. (2007). Letramento científico como práxis social: Razões para a educação científica. Revista Brasileira de Educação, 12(36), 474–492.
- Sakano, L. H. S. (2022). As ações de extensão dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia: Uma leitura dos discursos e das práticas (Dissertação de mestrado). USP.
- Silveira, S. A. da. (2021). Capitalismo digital. *Revista Ciências do Trabalho*, (*20*), 1–15. https://rct.dieese.org.br/index.php/rct/article/view/271
- Srnicek, N. (2017). *Platform capitalism*. John Wiley & Sons.
- Tommasino, H., & Stevenazzi, F. (2016). Reflexiones en torno a las práticas integrales en la Universidad de la República. *Revista de Extensión Universitaria +E*, (*6*), 120–129. https://doi.org/10.14409/ext.v0i6.5815
- Varieties of Democracy Institute (V-Dem). (2025). *Relatório de democracia 2025: Desafio diante da autocratização* (Versão em português). Departamento de Ciência Política, Universidade de Gotemburgo. https://www.v-dem.net/documents/63/V-DemDemocracyReport_portuguese_2025_lowres.pdf

DIDÁCTICAS CRÍTICAS EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA: INTEGRACIÓN DE SABERES LOCALES Y ENFOQUES SOCIOAMBIENTALES EN LA FORMACIÓN DE PROFESORADO

María Cecilia Froz Romero. Centro Regional de Profesores del Suroeste. Uruguay

INTRODUCCIÓN

La educación científica enfrenta el desafío de superar modelos centrados exclusivamente en la transmisión de contenidos. Una enseñanza orientada a la ciudadanía requiere integrar las dimensiones sociales, políticas, culturales y ambientales del conocimiento científico, sin abandonar el rigor conceptual (Acevedo Díaz, 2004; Hodson, 2011). Desde esta perspectiva, aprender Química supone comprender conceptos y modelos, pero también analizar cómo se produce, valida y utiliza el conocimiento en situaciones que afectan la vida colectiva.

El enfoque CTSA y el tratamiento de controversias sociocientíficas ofrecen un marco adecuado para vincular ciencia escolar y problemas públicos. Estas controversias son abiertas, involucran evidencias incompletas, intereses diversos y decisiones con consecuencias éticas. Por ello, pueden favorecer la argumentación, la evaluación de fuentes y la participación informada. Sin embargo, su incorporación no es automática: el profesorado necesita criterios para articular el problema social con los contenidos disciplinares y evitar tanto la descontextualización como una discusión superficial sin sustento químico (Chen & Xiao, 2021).

En contextos latinoamericanos, esta tarea exige considerar desigualdades socioambientales y disputas acerca de qué conocimientos son reconocidos. Freire (1970) entiende la educación como una práctica política vinculada con la lectura crítica de la realidad. De Sousa Santos (2009), por su parte, propone una ecología de saberes que cuestiona la jerarquización automática del conocimiento científico sobre otras formas de conocer. Ambos aportes coinciden en rechazar una educación neutral; no obstante, la ecología de saberes no implica equiparar afirmaciones sin criterios, sino construir diálogos que reconozcan diferencias de origen, alcance y validación.

Este capítulo se centra en una propuesta para abordar industrias del entorno

local en la formación de profesorado en Química. Su doble proyección consiste en que los estudiantes analicen una problemática territorial y, a partir de ese proceso, diseñen una secuencia para sus grupos de Educación Media. El problema que orienta el trabajo es el siguiente: ¿cómo diseñar una propuesta que articule contenidos químicos, saberes locales y problemáticas socioambientales, favoreciendo una educación científica crítica y democrática?

El objetivo general es fundamentar y describir una propuesta didáctica contextualizada sobre industria, territorio y ambiente. Los objetivos específicos son: a) relacionar contenidos de Química con procesos productivos locales; b) promover el análisis crítico de impactos sociales y ambientales; c) integrar fuentes científicas, institucionales, periodísticas y comunitarias; d) orientar el diseño de secuencias para Educación Media; y e) establecer instrumentos que permitan documentar, evaluar y sistematizar una implementación futura.

La naturaleza del trabajo es propositiva. La experiencia no ha sido implementada y, por tanto, no se informan resultados ni hallazgos. Se presentan la fundamentación, el diseño metodológico, los instrumentos previstos y los resultados esperables, diferenciando estos últimos de evidencias empíricas.

EDUCACIÓN CIENTÍFICA, CIUDADANÍA Y DEMOCRACIA

La educación científica democrática considera el acceso al conocimiento como una condición para participar en debates públicos atravesados por ciencia y tecnología. Acevedo Díaz (2004) sostiene que la alfabetización científica debe relacionarse con necesidades ciudadanas y no limitarse a la preparación de especialistas. Hodson (2011) profundiza esta posición al proponer una educación orientada a comprender problemas sociocientíficos y a actuar responsablemente frente a ellos.

Freire (1970) aporta una dimensión pedagógica y política: conocer supone interrogar la realidad y no recibirla pasivamente. En la enseñanza de la Química, esta mirada permite problematizar quiénes se benefician y quiénes asumen los costos de determinados procesos productivos. A diferencia de una contextualización utilizada solo para motivar, el enfoque crítico convierte el contexto en objeto de análisis. El contenido químico conserva su especificidad, pero se estudia junto con evidencias ambientales, decisiones económicas, regulaciones y experiencias comunitarias.

Las cuestiones sociocientíficas constituyen un puente entre ambos planos. La

revisión de Chen y Xiao (2021) muestra que el profesorado reconoce su valor, aunque enfrenta dificultades pedagógicas, epistemológicas e institucionales. Entre ellas se encuentran la selección de información confiable, la conducción de controversias y la articulación con el currículo. Por ello, formar profesores para este enfoque exige oportunidades de diseñar, justificar, implementar y revisar propuestas, no solo conocer sus principios.

SABERES LOCALES, INTERCULTURALIDAD Y JUSTICIA EPISTÉMICA

Los saberes locales comprenden conocimientos y experiencias construidos por comunidades en relación con el territorio, el trabajo, el ambiente y la vida cotidiana. Su incorporación puede ampliar las preguntas escolares y visibilizar dimensiones que no aparecen en fuentes técnicas. Sin embargo, no deben ser tratados como información decorativa ni como un conjunto homogéneo. También expresan posiciones, memorias, conflictos y relaciones de poder.

La ecología de saberes de De Sousa Santos (2009) propone relaciones no jerárquicas entre conocimientos, atendiendo a su pertinencia y a sus condiciones de producción. En el aula, esto requiere contrastar testimonios, registros comunitarios, datos institucionales y explicaciones científicas. Kim et al. (2017) advierten, además, que los conocimientos ecológicos tradicionales no deben reducirse a categorías construidas desde la ciencia occidental, pues ello puede descontextualizarlos o apropiarlos. De modo convergente, Gandolfi (2025) plantea revisar la educación científica frente a injusticias sociocientíficas mediante una perspectiva crítica y decolonial.

Estos aportes complementan a Freire al situar el diálogo en un plano epistemológico. Sin embargo, existe una tensión productiva: reconocer pluralidad no elimina la necesidad de analizar evidencias ni autoriza a presentar todos los enunciados como equivalentes. La propuesta asume que el diálogo intercultural debe hacer visibles los criterios de validación, los alcances y los límites de cada fuente. Así, la justicia epistémica se vincula con la posibilidad de participar en la producción e interpretación del conocimiento, no solamente con sumar voces.

FORMACIÓN DE PROFESORADO Y REFLEXIÓN SOBRE LA PRÁCTICA

La formación de profesorado requiere articular conocimiento disciplinar, decisiones didácticas y lectura del contexto. Schön (1992) concibe al profesional

como alguien capaz de reflexionar durante y después de la acción; Litwin (2008) destaca que las prácticas de enseñanza se construyen en situaciones concretas y no mediante la aplicación mecánica de técnicas. Desde este marco, diseñar una secuencia contextualizada supone justificar la selección de contenidos, anticipar dificultades, considerar al grupo y revisar las decisiones adoptadas.

La evaluación formativa contribuye a este proceso cuando produce información para mejorar el aprendizaje y la enseñanza (Anijovich & Cappelletti, 2017). En una propuesta socioambiental, debe contemplar conocimientos químicos, uso de evidencias, argumentación, colaboración y reflexión ética. La relación entre estos referentes sostiene el posicionamiento del capítulo: una didáctica crítica no se define solo por el tema abordado, sino por las preguntas formuladas, las voces incluidas, el tratamiento de la evidencia y las oportunidades reales de deliberación.

DISEÑO METODOLÓGICO DE LA PROPUESTA

Se plantea un estudio de caso didáctico de carácter cualitativo y formativo, aún no implementado. La unidad de análisis será el proceso de diseño, desarrollo y revisión de una secuencia centrada en una industria local. La propuesta está destinada a estudiantes de formación de profesorado en Química que tengan un grupo de Educación Media a cargo. La institución, el número de participantes, el nivel educativo, la duración efectiva y las características del territorio deberán registrarse al comenzar la experiencia, pues no corresponde anticiparlos sin una implementación concreta.

El proyecto se prevé para seis a ocho semanas. Cada estudiante o pareja seleccionará una industria de la región -alimentaria, agroindustrial, química, farmacéutica, textil, curtiembre, planta de tratamiento u otra pertinente- y delimitará una problemática susceptible de abordaje químico. La selección deberá considerar relevancia territorial, disponibilidad de fuentes, correspondencia curricular y posibilidad de tratar posiciones diversas.

Las fuentes previstas incluyen documentos públicos, artículos académicos, información empresarial, prensa local, observaciones del territorio y entrevistas voluntarias a actores comunitarios. Antes de utilizar testimonios o imágenes, se solicitará consentimiento y se evitará difundir datos personales. Cada afirmación se identificará según su procedencia y será contrastada con otras fuentes. Esta precaución busca evitar que “lo local” se presente como una voz única o que la

información empresarial y periodística sea aceptada sin análisis.
Los instrumentos de documentación serán: ficha de contextualización institucional y grupal; matriz de análisis de fuentes; planificación de la secuencia; diario o bitácora del practicante; registro de observación de clases; producciones estudiantiles; rúbrica de argumentación; autoevaluación y conversación reflexiva posterior. Si la propuesta se implementa, el análisis se organizará mediante categorías previamente definidas: articulación entre contexto y contenido químico, diversidad y calidad de fuentes, uso de evidencias, consideración de perspectivas, argumentación, participación y revisión de decisiones docentes.
La triangulación entre planificación, registros y producciones permitirá formular interpretaciones prudentes. No se atribuirán cambios en los aprendizajes únicamente a la propuesta sin contar con evidencias suficientes. Asimismo, deberán explicitarse limitaciones como tiempos institucionales, acceso desigual a información, participación variable y alcance situado del caso.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

1. RECONOCIMIENTO DEL TERRITORIO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Los estudiantes elaborarán un mapa inicial de industrias y actividades productivas del entorno. A partir de noticias, recorridos, documentos y conversaciones, identificarán posibles relaciones con el agua, el aire, el suelo, la energía, los residuos, la salud, el empleo y la calidad de vida. Luego formularán una pregunta investigable y acotada; por ejemplo: ¿qué procesos químicos intervienen en el tratamiento de efluentes de una industria local y qué evidencias permiten valorar su impacto?
La delimitación evita investigaciones demasiado amplias. Cada pregunta deberá integrar un contenido químico y una dimensión social o ambiental. También se registrarán ideas iniciales para reconocer supuestos y posibles sesgos.

2. ANÁLISIS CRÍTICO DE FUENTES Y SABERES

Cada equipo construirá una matriz con autoría, fecha, propósito, evidencias, conceptos químicos, posición e información ausente. Se exigirán fuentes de diferente naturaleza y al menos un testimonio o registro comunitario cuando sea viable y éticamente adecuado. Las discrepancias no se eliminarán: se utilizarán para identificar incertidumbres, intereses y preguntas pendientes.

El diálogo de saberes se organizará sin presentar el conocimiento científico como única voz legítima ni romantizar los saberes comunitarios. Los estudiantes analizarán qué puede aportar cada fuente, qué métodos utiliza y cuáles son sus límites. Esta etapa materializa la tensión entre pluralidad epistemológica y evaluación crítica.

3. CONSTRUCCIÓN DEL MARCO QUÍMICO

Los equipos seleccionarán contenidos curriculares pertinentes: sustancias y mezclas, transformaciones químicas, pH, tratamiento de aguas, combustión, polímeros, metales, energía o procesos industriales. Elaborarán una explicación conceptual que incluya modelos, ecuaciones o datos cuando corresponda, y establecerán conexiones explícitas con el problema territorial.

El docente de didáctica revisará la precisión conceptual antes del diseño para impedir que el contexto sustituya el aprendizaje químico. También señalará simplificaciones, asociaciones causales no justificadas y uso inadecuado de términos como contaminación, toxicidad, riesgo o sostenibilidad.

4. DISEÑO DE LA SECUENCIA PARA EDUCACIÓN MEDIA

La secuencia incluirá situación inicial, pregunta problematizadora, objetivos de aprendizaje, contenidos, actividades, recursos, estrategias de inclusión y evaluación. Podrá combinar estudio de caso, análisis de noticias, experimentación escolar segura, interpretación de datos, debate, producción de informes o comunicación pública.

Cada actividad deberá contribuir a responder la pregunta central. El debate se realizará después de estudiar evidencias y no como intercambio de opiniones desinformadas. La planificación preverá apoyos variados, consignas escalonadas y diferentes formas de participación, procurando atender la diversidad del grupo.

5. IMPLEMENTACIÓN Y REGISTRO

En una etapa posterior, los practicantes podrán desarrollar la secuencia con sus grupos. La implementación deberá registrarse mediante bitácoras, observaciones y producciones, sin alterar las actividades escolares solo para generar datos. Se documentarán modificaciones respecto de la planificación, intervenciones docentes, dificultades conceptuales, participación y argumentos elaborados.

Si las condiciones institucionales no permiten implementar la secuencia

completa, se informará con precisión qué actividades se realizaron. Esta distinción impedirá presentar el diseño como experiencia desarrollada y permitirá valorar el alcance real de las conclusiones.

6. EVALUACIÓN Y REFLEXIÓN PEDAGÓGICA

La evaluación combinará devoluciones escritas, rúbricas descriptivas, autoevaluación y conversación grupal. Los criterios serán: comprensión de procesos químicos; relación entre conceptos y problema territorial; selección y contraste de fuentes; uso de evidencias; reconocimiento de incertidumbres; construcción de argumentos; trabajo colaborativo y reflexión sobre impactos sociales y ambientales.

Después de la implementación, cada practicante comparará lo planificado con lo ocurrido y responderá: ¿qué decisiones favorecieron el aprendizaje?, ¿qué voces estuvieron presentes o ausentes?, ¿cómo se trabajaron los desacuerdos?, ¿qué evidencias sustentan las interpretaciones?, ¿qué debería modificarse? La reflexión no buscará confirmar el éxito del proyecto, sino comprender sus posibilidades, tensiones y límites.

RESULTADOS ESPERABLES Y CRITERIOS PARA SU ANÁLISIS

Por tratarse de una propuesta no implementada, los siguientes puntos constituyen expectativas, no resultados. Se espera que los estudiantes de formación de profesorado logren diseñar secuencias con mayor conexión entre contenidos químicos y situaciones territoriales; explicitar criterios para seleccionar fuentes; reconocer dimensiones éticas y políticas de los procesos productivos; y revisar sus decisiones mediante evidencias de aula.

En Educación Media, sería esperable favorecer la formulación de preguntas, la interpretación de datos, la comprensión de procesos químicos y la argumentación frente a problemas socioambientales. No obstante, estas posibilidades deberán comprobarse mediante producciones y registros. Una mayor participación, por ejemplo, no podrá afirmarse sin definir indicadores y comparar momentos o actividades.

La valoración de la propuesta considerará tanto logros como dificultades. Entre los desafíos previsibles se encuentran el acceso a información industrial, la gestión del tiempo, la integración interdisciplinaria, la conducción de controversias y la persistencia de explicaciones químicas insuficientes. Reconocer

estas condiciones permite evitar conclusiones generales a partir de un caso situado.

CONCLUSIONES Y PROYECCIONES

El capítulo fundamenta una propuesta para vincular la enseñanza de la Química con industrias locales y problemáticas socioambientales. Su aporte reside en articular tres dimensiones que con frecuencia aparecen separadas: rigor disciplinar, lectura crítica del territorio y formación reflexiva del profesorado. Esta articulación no garantiza por sí misma aprendizajes ni participación democrática, pero ofrece una estructura para promoverlos y estudiarlos.

El contraste entre los referentes teóricos permite precisar el posicionamiento adoptado. Freire aporta la problematización de la realidad y el carácter político de la educación; De Sousa Santos amplía la discusión hacia la pluralidad epistemológica; Hodson y los estudios sobre cuestiones sociocientíficas vinculan ciudadanía, argumentación y acción; Schön, Litwin y Anijovich orientan la reflexión y la evaluación de las prácticas. La propuesta integra estos aportes sin equiparar saberes ni renunciar al análisis crítico de evidencias.

La futura implementación deberá describir el contexto, los participantes, las actividades efectivamente realizadas, los instrumentos y el procedimiento analítico. Solo entonces será posible informar resultados, diferenciando observaciones, interpretaciones y expectativas. La sistematización debería atender también a voces ausentes, tensiones institucionales y límites de transferencia a otros contextos.

Como proyección, se propone desarrollar la experiencia en un grupo acotado, revisar los instrumentos y comparar las secuencias antes y después de su implementación. También resultaría pertinente analizar cómo los estudiantes justifican el uso de fuentes y cómo transforman los saberes del territorio en contenidos escolares sin descontextualizarlos. Así, la enseñanza de la Química puede contribuir a comprender problemas contemporáneos y a construir formas informadas, críticas y responsables de participación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo Díaz, J. A. (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.

- Anijovich, R., & Cappelletti, G. (2017). *La evaluación como oportunidad*. Paidós.
- Chen, L., & Xiao, S. (2021). Perceptions, challenges and coping strategies of science teachers in teaching socioscientific issues: A systematic review. *Educational Research Review, 32*, 100377. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100377
- De Sousa Santos, B. (2009). *Una epistemología del Sur: La reinvención del conocimiento y la emancipación social*. Siglo XXI Editores; CLACSO.
- Freire, P. (1970). *Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI Editores.
- Gandolfi, H. E. (2025). (Re)considering nature of science education in the face of socio scientific challenges and injustices: Insights from a critical-decolonial perspective. *Science & Education, 34*, 3799-3825. https://doi.org/10.1007/s11191-024-00536-w
- Hodson, D. (2011). *Looking to the future: Building a curriculum for social activism*. Sense Publishers.
- Kim, E.-J. A., Asghar, A., & Jordan, S. (2017). A critical review of traditional ecological knowledge in science education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 17*(4), 258-270. https://doi.org/10.1080/14926156.2017.1380866
- Litwin, E. (2008). *El oficio de enseñar: Condiciones y contextos*. Paidós.
- Schön, D. A. (1992). *La formación de profesionales reflexivos: Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Paidós.

EDUCAÇÃO CIENTÍFICA PARA A SUSTENTABILIDADE: PROPOSIÇÕES EMERGENTES DO/NO CLUBE DE CIÊNCIAS DA UFPA

Terezinha Valim Oliver Gonçalves, Universidade Federal do Pará, Brasil
Giovane dos Santos Dutra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Ana Cláudia Cunha Miranda, Universidade Federal do Pará, Brasil
Ruth Helem Dias de Vilhena, Universidade Federal do Pará, Brasil

REFLEXÕES INTRODUTÓRIAS

As reflexões que compartilhamos neste capítulo têm como cenário o Clube de Ciências da Universidade Federal do Pará (CCIUFPA), um espaço que vem marcando a história da formação de professores e da educação científica na Amazônia há mais de quatro décadas. Reconhecido como o projeto de extensão em funcionamento contínuo mais antigo da UFPA, o clube teve início em 1979 no contexto de uma pesquisa de mestrado então em desenvolvimento pela primeira autora deste artigo, na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Para além de um espaço destinado à construção ativa de conhecimentos, o CCIUFPA se constitui um ambiente de encontros, trocas e aprendizagens compartilhadas, reunindo estudantes da educação básica, licenciandos (especialmente das áreas de Ciências e Matemática), professores da educação básica e docentes universitários em torno da investigação sobre o ensinar e o aprender, sobre o formar e o formar-se, por meio da construção coletiva do conhecimento para a iniciação científica e da divulgação da ciência, tendo em vista a formação da cidadania crítica e responsável. Conforme destaca Gonçalves (2000), sua proposta esteve, desde a origem, associada à valorização da curiosidade infanto-juvenil, da participação ativa dos estudantes e do desenvolvimento de práticas investigativas, elementos que contribuíram para consolidar um ambiente de formação pautado no diálogo e na reflexão crítica sobre a realidade, no qual aprender ciências significa também compreender o mundo e as relações que nele se estabelecem, com posicionamento crítico.

O projeto de pesquisa-ação, tinha como principal fundamentação teórica o ambiente democrático, de Lewin (1973), a pessoa como centro, de Rogers (1978), e a formação reflexiva, de Dewey (1976). Constituído como um espaço para praticar a docência antecipada ao *status* de professor (desde o início do

curso de graduação), no qual estudantes e professora pesquisadora propunham e decidiam juntos o que estudar, discutir, caminhos a seguir e impasses a solucionar.

Lançamos mão desses aspectos relacionados à criação e à constituição do CCIUFPA por compreendermos que muitas das experiências vivenciadas atualmente no clube encontram suas raízes nesses princípios formativos, que continuam orientando nossas ações e que permitem compreender como diferentes propostas educativas vêm sendo construídas e ressignificadas ao longo dos anos. Entre essas propostas, destacamos o projeto Horta PANC, uma iniciativa de Educação para a Sustentabilidade na Amazônia, que busca promover diálogo sobre a iniciação científica na educação básica com a investigação da biodiversidade amazônica, a valorização dos saberes locais e a reflexão sobre questões socioambientais da região.

Desenvolvido no âmbito do CCIUFPA desde 2023, o projeto tem mobilizado sócios-mirins, professores-estagiários, pós-graduandos (mestrado e doutorado) e orientadora em torno da investigação das Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC). Consideramos, nesse contexto, ações voltadas à exploração do potencial sustentável da horta, por meio do acompanhamento do ciclo de vida das espécies, da identificação da biodiversidade presente no ecossistema e da investigação de possibilidades de cultivo e expansão de hortas PANC para diferentes realidades amazônicas.

Tendo como perspectiva o aproveitamento, o cultivo e a divulgação das PANC, a proposta também dialoga com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), contemplando temáticas relacionadas à erradicação da fome (ODS 2), à promoção da saúde e do bem-estar (ODS 3), à Educação de qualidade (ODS 4), à construção de estilos de vida, ao consumo e produção responsáveis (ODS 12) e ao fortalecimento de práticas que podem repercutir na economia familiar (ODS 8). Nesse sentido, aproximamo-nos da compreensão de educação para a sustentabilidade defendida por Gadotti (2008), compreendendo que esse termo não se restringe à preservação ambiental, mas constitui um horizonte formativo mais amplo, voltado à construção de valores, atitudes e modos de vida comprometidos com a responsabilidade socioambiental e com a convivência solidária entre sujeitos, culturas e natureza.

Partindo desse delineamento, formulamos a seguinte pergunta de pesquisa: em que termos as atividades de iniciação científica desenvolvidas sobre

biodiversidade e sustentabilidade em contexto amazônico, por meio de práticas investigativas e interdisciplinares, contribuem para o compromisso socioambiental e a sensibilidade dos sócios-mirins para questões amazônicas? Nesse sentido o presente estudo tem como objetivo analisar experiências formativas desenvolvidas com os sócios-mirins voltadas à Educação Científica para a biodiversidade e a sustentabilidade na Amazônia, tendo como eixo central a temática "Biodiversidade e Sustentabilidade na Amazônia", com ênfase nos estudos sobre plantas alimentícias não convencionais (PANC). Dessa forma, buscamos compreender em que termos a abordagem da biodiversidade e da sustentabilidade em contexto amazônico, por meio de práticas investigativas e interdisciplinares, contribui para o fortalecimento do compromisso social e da sensibilidade ambiental dos sócios-mirins para questões amazônicas.

O CAMINHO QUE PERCORREMOS

Em relação ao percurso metodológico, assumimos a Pesquisa Narrativa (Clandinin; Connelly, 2011) como método e fenômeno investigado, tomando como foco as experiências constituídas no desenvolvimento do projeto Horta PANC. Nesse sentido, voltamo-nos para nossas reflexões, produzidas a partir das atividades pedagógicas planejadas e desenvolvidas ao longo do projeto. Nesse movimento, interessou-nos olhar para aquilo que foi produzido, aprendido e problematizado nas ações desenvolvidas.

Para a construção dos dados, utilizamos os planejamentos semanais, os registros fotográficos e os relatórios de atividades produzidos em quatro turmas do CCIUFPA (5º e 9º ano, em 2024, e 3º e 8º ano, em 2025) que desenvolveram suas investigações no âmbito do projeto Horta PANC. A escolha das turmas deu-se pela intenção de evidenciar as diversas possibilidades pedagógicas de abordagem da temática. Ressalta-se que não há nenhuma forma de seleção dos alunos, somente inscrição prévia pelos familiares responsáveis, até completar o número de vagas. Por se tratar de um espaço educativo não formal e de extensão universitária, a frequência e o quantitativo de sócios-mirins em cada turma apresentam oscilações ao longo do ano. Ainda assim, as turmas analisadas mantiveram uma média de 10 a 15 participantes por encontro.

A análise orienta-se pelas seguintes questões norteadoras: que experiências emergem das vivências no CCIUFPA e se mostram significativas em relação à

biodiversidade e à sustentabilidade na Amazônia? Em que termos, tais experiências contribuem para a formação da cidadania crítica dos sócios-mirins? Ao observarmos, analisarmos, e organizarmos os materiais empíricos produzidos ao longo da pesquisa, identificamos, por leituras recursivas do material empírico, categorias que emergiram a partir de similaridades temáticas, o que permitiu delimitar um eixo analítico central desdobrado em duas seções analíticas.

Essa organização buscou evidenciar os significados construídos a partir das experiências educativas desenvolvidas no CCIUFPA, nas turmas em foco, em diálogo com o objetivo da investigação de analisar a experiência formativa por meio de atividades pedagógicas voltadas à Educação Científica para a Sustentabilidade, tendo como eixo central a temática "Biodiversidade e Sustentabilidade na Amazônia", com ênfase nos estudos sobre as PANC.

A análise dos materiais empíricos permitiu identificar um eixo temático principal que expressa diferentes dimensões das experiências educativas desenvolvidas no CCIUFPA, sendo denominado: Clube de Ciências da UFPA como um laboratório pedagógico para a sustentabilidade: o que temos vivenciado e desenvolvido?, que gerou duas seções analíticas, sendo elas: Investigar para compreender e transformar: a biodiversidade amazônica e a construção de novos olhares sobre a sustentabilidade; Compartilhar para mobilizar: protagonismo e compromisso socioambiental por meio da divulgação científica, que serão discutidas a seguir.

CLUBE DE CIÊNCIAS DA UFPA COMO UM LABORATÓRIO PEDAGÓGICO PARA A SUSTENTABILIDADE: O QUE TEMOS VIVENCIADO E DESENVOLVIDO?

Nesta seção, apresentamos as atividades pedagógicas desenvolvidas com as turmas de 3º, 5º, 8º e 9º ano do CCIUFPA, organizadas no Quadro 1. As proposições contemplam diferentes temáticas, estratégias metodológicas e ações de divulgação científica voltadas à Educação Científica para a Sustentabilidade, tendo como eixo articulador a biodiversidade amazônica e os estudos sobre as PANC.

Quadro 1: Síntese das aproximações entre as turmas

Turma	Eixo Temático	Atividades Desenvolvidas	Abordagem Metodológica Predominante	Divulgação Científica
3º Ano	Alimentação, biodiversidade e agricultura familiar	Diagnose inicial; estudos sobre alimentação e biodiversidade; investigação sobre alimentação dos sócios-mirins, PANC como fonte alimentar; agricultura familiar e feiras	Construtivismo, Educação Contextualizada	Integração entre conhecimentos científicos e saberes comunitários relacionados à alimentação
3º Ano	Produção, registro e divulgação do conhecimento científico	Produção do álbum de PANC; elaboração de exsicatas; observação das estruturas vegetais; seminários; preparação para a EXPOCCIUFPA	Ensino por Pesquisa, e Alfabetização Científica	Produção de materiais científicos e popularização da ciência junto à comunidade escolar
5º Ano	Fenômenos naturais e comunicação científica	Construção de terrários; estudos sobre ciclo da água; pesquisas sobre FANC; elaboração de cartilhas; seminários; mapas conceituais; minimundo; EXPOCCIUFPA	Ensino por Pesquisa, Alfabetização Científica	Divulgação científica por meio de cartilhas, seminários e exposição dos resultados à comunidade
5º Ano	Biodiversidade, PANC e reprodução vegetal	Diagnose dos conhecimentos prévios; estudo da biodiversidade; diálogos sobre PANC; ciclo de vida vegetal; plantio de flores alimentícias não convencionais (FANC); cultivo de inhame	Construtivismo, Ensino por pesquisa	Produção de conhecimentos sobre biodiversidade e alimentação sustentável

8º Ano	Saberes tradicionais, identidade amazônica e educação ambiental	Integração ao Projeto Horta PANC; mapas mentais sobre a Amazônia; construção do conceito de meio ambiente; roda sensorial e encontro com catadores de andiroba	Construtivismo, Educação Ambiental Crítica e Ecologia de Saberes	Valorização dos saberes tradicionais e fortalecimento da identidade amazônica
8º Ano	Investigação científica e criatividade	Investigação das condições de cultivo na horta, com registro e compartilhamento no Padlet; pesquisas orientadas; oficina de fanzines temáticos; construção coletiva do RPG *AmazonPanc*.	Ensino por Pesquisa e Metodologias Ativas	Produção de materiais de divulgação científica e socialização de conhecimentos socioambientais
9º Ano	Produção, registro e divulgação do conhecimento científico	Acompanhamento do desenvolvimento de mudas em diferentes tipos de solo; construção de fichas catalográficas das PANC; jogos Trilha PANC e Memória PANC; pesquisa e compartilhamento de receitas em Padlet; elaboração de gráficos; participação na EXPOCCIUFPA e Ciência na Ilha	Ensino por pesquisa, Alfabetização Científica e Metodologias Ativas	Produção de fichas catalográficas, mural digital de receitas, socialização dos resultados em feiras de ciências, divulgação de conhecimentos sobre alimentação sustentável e PANC para a comunidade.
9º Ano	Sustentabilidade, PANC e investigação científica	distribuição de mudas de ora-pro-nóbis; coleta e análise de pH de solos em diferentes espaços da UFPA; verificação da presença de amido em alimentos e PANC; estudos sobre relações	Ensino por pesquisa, Experimentação, Aprendizagem Baseada em Problemas e	Sensibilização da comunidade sobre ODS, alimentação saudável e cultivo de PANC por

		entre solo, nutrientes e desenvolvimento vegetal	Educação para a Sustentabilidade	meio da distribuição de mudas e materiais informativos.

As atividades que apresentamos no Quadro 1 evidenciam a diversidade de temáticas e estratégias pedagógicas mobilizadas no âmbito do CCIUFPA para abordar questões relacionadas à sustentabilidade. Embora organizadas em diferentes turmas e eixos temáticos, as proposições desenvolvidas apresentam elementos convergentes, especialmente no que se refere à valorização da biodiversidade amazônica, à articulação entre conhecimentos científicos e saberes locais, à investigação científica e à socialização dos conhecimentos produzidos. Esses aspectos permitem compreender como a Educação Científica para a Sustentabilidade tem sido materializada nas ações do projeto, conforme discutido nas seções analíticas a seguir, previamente anunciadas.

INVESTIGAR PARA COMPREENDER E TRANSFORMAR: A BIODIVERSIDADE AMAZÔNICA E A CONSTRUÇÃO DE NOVOS OLHARES SOBRE A SUSTENTABILIDADE

Reconhecemos as potencialidades de trabalharmos a sustentabilidade com crianças dos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental, mas também reconhecemos os desafios de criar/organizar/planejar atividades que fomentem tanto o processo de iniciação científica quanto a sensibilidade para assuntos globais emergentes. Ressaltamos que, nesse percurso, valorizamos o modo de pensar e fazer dos professores estagiários, exercitando sua autonomia, por meio do planejamento e *feedback* coletivos da docência e da avaliação compartilhada com parceiros mais experientes (Schön, 1992).

Nesse sentido, conforme apontado no quadro 1, no 3º ano, ao pensarmos em proposições, direcionamos nossas ações para temáticas que envolvem a alimentação, a biodiversidade e a agricultura familiar, relacionando as discussões concernentes à segurança alimentar. No 5º ano, destacamos os estudos envolvendo a biodiversidade, a reprodução vegetal e os fenômenos naturais, possibilitando ampliar a compreensão acerca das relações entre a sociedade e o ambiente, conforme ilustrado na figura 1.

Figura 1 - Atividades desenvolvidas com o 3º e o 5º ano

É possível também evidenciar perspectivas pedagógicas fundamentadas na participação ativa dos sócios-mirins para a construção do conhecimento científico. Neste sentido, buscamos articular nossas ações por meio de abordagens metodológicas como o ensino por pesquisa e outras metodologias ativas que concorrem para a alfabetização científica. As ações desenvolvidas possibilitaram a relação entre os conhecimentos científicos, saberes tradicionais amazônicos e problemáticas socioambientais contemporâneas, possibilitando processos de aprendizagem contextualizados e socialmente referenciados.

No que se refere ao 8º ano, as ações pautaram-se nos saberes tradicionais, na identidade amazônica, na educação ambiental crítica e na investigação científica, reforçando o diálogo entre conhecimentos científicos e culturais, inclusive com interação com representantes de uma comunidade quilombola de Moju/PA. Nota-se aqui a associação entre a cultura científica e a humanística (Morin, 2012). Por sua vez, o 9º ano discutiu sobre a sustentabilidade com foco nas PANC, envolvendo os sócios-mirins em práticas investigativas, experimentais e de divulgação científica.

É importante destacar que as seções analíticas revelam uma forte articulação entre si, agindo de maneira integrada sobre a compreensão das PANC como temática geradora, a fim de promover reflexões sobre a alimentação saudável, conservação da biodiversidade, promoção da sustentabilidade e formação

científica crítica. Assim sendo, podemos destacar que atividades de experimentação como a análise do pH do solo, a verificação da presença de amido em alimentos, o plantio e acompanhamento do crescimento de mudas e a investigação das condições de cultivo das PANC configuram experiências formativas que aproximam os estudantes da prática científica, sem esquecer a cultura local. Algumas dessas atividades desenvolvidas com as turmas do 8º e 9º ano podem ser observadas na Figura 2.

Figura 2 - Atividades desenvolvidas no 8º e 9º ano

No contexto das atividades que desenvolvemos, o ensino por pesquisa tem se constituído como uma das principais abordagens metodológicas nas turmas, principalmente no que se refere à elaboração de perguntas, observação de fenômenos, levantamento de hipóteses, construção, análise e comunicação de resultados (Gonçalves, 2000). De acordo com a literatura, podemos conceber a pesquisa como um princípio educativo, uma vez que ela possibilita ao estudante assumir uma postura investigativa diante da realidade, possibilitando a construção de conhecimentos e o desenvolvimento da autonomia intelectual (Demo, 2015).

Assim, os sócios-mirins deixam de ser passivos diante dos conteúdos e são estimulados ao protagonismo, a fim de se tornarem sujeitos ativos na produção e socialização dos conhecimentos construídos. Vuscamos a aproximação com a pesquisa, fomentando habilidades relacionadas à argumentação, à resolução de

problemas, à construção de explicações fundamentadas em evidências, manifestando-se sobretudo no direcionamento de pesquisas orientadas, construção de fichas catalográficas, elaboração de cartilhas, produção de exsicatas, utilização da plataforma *Padlet* e sistematização de informações sobre as espécies estudadas.

Para além da aprendizagem de conceitos científicos, as atividades possibilitaram problematizar questões relacionadas à produção de alimentos, manejo do solo, conservação da biodiversidade e cultivo das PANC. Ao promover reflexões imersas ao contexto amazônico, as proposições desenvolvidas aproximam-se de uma perspectiva crítica de Educação Ambiental, que busca compreender as relações entre sociedade e natureza para além de uma abordagem meramente conservacionista, contribuindo para a formação de sujeitos capazes de interpretar criticamente sua realidade e participar da construção de práticas mais sustentáveis (Oliveira, 2023).

Nesse sentido, as atividades desenvolvidas evidenciam que a investigação científica se constitui um importante caminho para a Educação para a Sustentabilidade, ao possibilitar a compreensão crítica de questões relacionadas à biodiversidade amazônica, à alimentação e às relações entre sociedade e natureza.

COMPARTILHAR PARA MOBILIZAR: PROTAGONISMO E COMPROMISSO SOCIOAMBIENTAL POR MEIO DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

As vivências do Projeto Horta PANC evidenciaram que a divulgação científica ultrapassa a simples socialização de conhecimentos, constituindo-se uma estratégia formativa que amplia e fortalece o protagonismo dos sócios-mirins, ao comunicar em diferentes situações públicas os resultados das pesquisas realizadas. Ao investigarem temas relacionados à biodiversidade amazônica, às PANC, à alimentação saudável, às atitudes sustentáveis, os participantes manifestaram autonomia, postura investigativa e compromisso com as questões socioambientais, reforçando a pesquisa como princípio educativo, conforme ensina Demo (2015). Nesse contexto, evidenciamos que o protagonismo se tornou particularmente visível durante a produção dos materiais de divulgação científica. A elaboração de mapa mental, fanzines, jogos educativos RPG, observada na Figura 3, entre outras atividades desenvolvidas, exigiu dos participantes não apenas a compreensão teórica, mas também a habilidade de

selecionar informações, organizar ideias e comunicar conhecimentos para diferentes públicos.

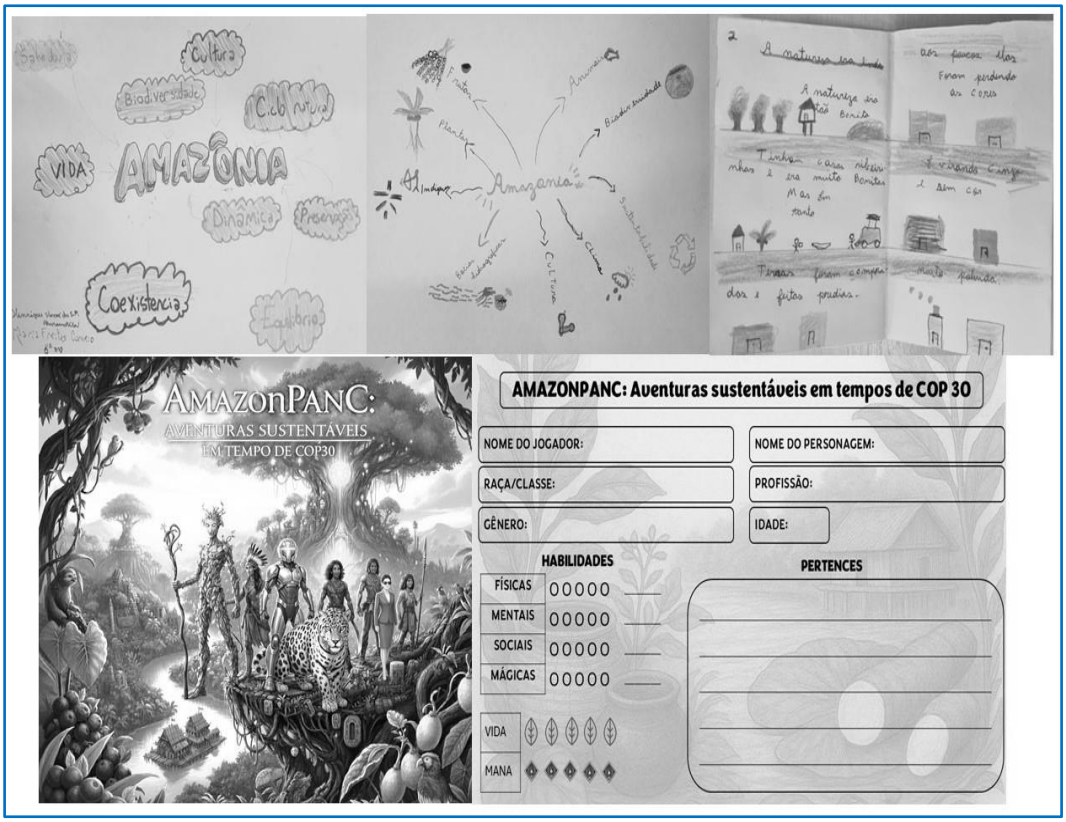

Figura 3 - Materiais de divulgação científica elaborados pelos Sócios-mirins sobre as PANC.

Essa mudança tornou-se ainda mais evidente quando os conhecimentos construídos passaram a circular para além dos limites do projeto. Ao explorarem as características das PANC, seus usos alimentares e suas contribuições para a sustentabilidade, os participantes construíram aprendizagens que posteriormente foram compartilhadas em diferentes espaços educativos. Sob essa perspectiva, compreendemos que a divulgação científica não representou apenas uma etapa posterior à pesquisa, mas uma extensão do próprio ato de investigar.

Ao compartilharem suas descobertas, revisitaram conceitos, fortaleceram argumentos e ampliaram o significado das aprendizagens construídas, atribuindo maior sentido social ao que aprenderam. Nesse processo, os sócios-mirins deixaram de ocupar uma posição predominantemente receptiva para assumirem a condição de investigadores e divulgadores da ciência produzida no contexto do clube.

Na figura 4, compartilhamos registros da participação dos sócios mirins em eventos de divulgação científica no âmbito interno ao CCIUFPA e para a comunidade externa.

Figura 4 - Participação em eventos de divulgação Científica

Esse movimento também evidenciou o potencial das metodologias ativas na formação dos sócios-mirins. Ao planejarem apresentações, produzirem materiais educativos e participarem de eventos científicos, os estudantes foram constantemente desafiados a tomar decisões, resolver problemas e assumir responsabilidades relacionadas à comunicação dos resultados das pesquisas realizadas. Como pesquisadores envolvidos nessa trajetória, percebemos que tais situações favoreceram não apenas o desenvolvimento de habilidades cognitivas, mas também o fortalecimento da autoconfiança, da colaboração e do sentimento de pertencimento ao processo de produção do conhecimento. Essas observações dialogam com Bacich e Moran (2018), que defendem a participação ativa dos estudantes como elemento fundamental para a construção de aprendizagens significativas.

Temas relacionados à alimentação saudável, agricultura familiar, segurança alimentar e sustentabilidade passaram a ocupar um espaço mais significativo em suas reflexões e produções, revelando uma compreensão mais ampla das relações entre sociedade, ambiente e qualidade de vida. Tais experiências

aproximam-se da perspectiva da alfabetização científica defendida por Chassot (2018), ao contribuírem para que a ciência seja compreendida como uma ferramenta capaz de auxiliar na interpretação e transformação da realidade. Assim, ao analisarmos as experiências vivenciadas no Clube de Ciências, percebemos que a divulgação científica extrapolou a socialização dos resultados das pesquisas, constituindo-se como um espaço de formação, diálogo e mobilização. Ao compartilharem conhecimentos e interagirem com diferentes públicos, os sócios-mirins fortaleceram seu protagonismo e ampliaram o compromisso com as questões socioambientais. Esse percurso favorece momentos de reflexão sobre as próprias aprendizagens e práticas, em consonância com Schön (1992), para quem a reflexão sobre a ação contribui para a produção de novos conhecimentos. Assim, o Projeto Horta PANC evidencia o potencial da divulgação científica para promover aprendizagens significativas, participação social e o desenvolvimento de consciência crítica voltada à sustentabilidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compreendemos que a temática "Biodiversidade e Sustentabilidade na Amazônia", especialmente por meio dos estudos sobre as PANC, constituiu-se como um importante eixo articulador para a Educação Científica voltada à sustentabilidade, associada à Educação Humanística. Mais do que abordar conteúdos relacionados às plantas alimentícias não convencionais, as atividades possibilitaram discutir questões ligadas à alimentação saudável, agricultura familiar, conservação da biodiversidade, segurança alimentar e valorização dos saberes tradicionais amazônicos, ampliando as possibilidades de compreensão dos estudantes.

Os resultados evidenciam que a sustentabilidade foi incorporada como eixo transversal e norteador das diferentes proposições desenvolvidas ao longo do projeto. As ações planejadas e desenvolvidas favoreceram a construção de conhecimentos contextualizados, aproximando os sócios-mirins das relações entre ciência, ambiente e sociedade.

Além disso, a divulgação científica assumiu papel relevante nesse processo ao ampliar as possibilidades de participação dos estudantes na socialização dos conhecimentos produzidos. Nesse contexto, os sócios-mirins passaram a atuar como produtores e comunicadores de conhecimentos relacionados à

sustentabilidade, fortalecendo o protagonismo estudantil e atribuindo sentido social às investigações realizadas.

Diante disso, compreendemos que as atividades desenvolvidas no CCIUFPA, nas turmas analisadas, têm contribuído para a construção de uma Educação para a Sustentabilidade comprometida com o contexto amazônico. O projeto cria condições para que os estudantes desenvolvam maior sensibilidade diante das questões socioambientais e reconheçam seu papel na construção de práticas sustentáveis. Paralelamente, esse processo também se configura como um importante espaço de formação para os professores-estagiários, que encontram no clube oportunidades para planejar, desenvolver e refletir sobre práticas pedagógicas voltadas aos desafios contemporâneos da educação científica e ambiental.

Diante do que discutimos, reafirmamos os princípios fundadores do CCIUFPA na sustentação de suas ações contemporâneas. A partir da articulação entre a investigação científica sobre as PANC e as demandas socioambientais da Amazônia, a curiosidade e o espírito investigativo de outrora ratificam-se hoje como ferramentas para a promoção da cidadania crítica, da sustentabilidade e da valorização dos saberes amazônicos, o que é sustentado pela associação entre a cultura científica e a humanística (Morin, 2012), como identifica e defende Abreu (2023) em sua tese a respeito da iniciação científica no CCIUFPA, no período de 2079 a 2019.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M.M.O. *Iniciação científica no Clube de Ciências da UFPA: interligando a cultura científica e a humanística*. Tese doutorado. UFPA, 2023.
- Bacich, L., & Moran, J. (Orgs.). (2018). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: Uma abordagem teórico-prática*. Penso.
- hassot, A. (2018). *Alfabetização científica: Questões e desafios para a educação* (8ª ed.). Unijuí.
- Clandinin, D. J., & Connelly, F. M. (2011). *Pesquisa narrativa: Experiência e história em pesquisa qualitativa* (Grupo de Pesquisa Narrativa e Educação de Professores ILEEL/UFU, Trad.). EDUFU. (Obra original publicada em 2000).
- Demo, P. (2015). *Educar pela pesquisa* (10ª ed.). Autores Associados.
- Dewey, J. (1976). *Experiência e educação* (A. Teixeira, Trad., 2ª ed.). Nacional. (Obra original publicada em 1938).

- Gadotti, M. (2008). Education for sustainability: A critical contribution to the Decade of Education for Sustainable Development. *Green Theory & Praxis, 4*(1), 15–64. https://gadotti.org.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/420/AMG_PUB_01_006.pdf.
- Gonçalves, T. V. O. (2000). *Ensino de ciências e matemática e formação de professores: Marcas da diferença* (Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação). Repositório da Produção Científica e Intelectual da Unicamp. https://hdl.handle.net/20.500.12733/1588466.
- Lewin, K. (1973). *Problemas de dinâmica de grupo*. Cultrix.
- Morin, Edgar. *A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento***.** Tradução Eloá Jacobina. 20ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, 128 p.
- Oliveira, A. N. S. (2023). Práticas de educação ambiental na construção de escolas sustentáveis. *Revista Educação Ambiental em Ação*. https://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=4485.
- Rogers, C. R. (1978). *Liberdade para aprender* (4ª ed.). Interlivros.
- Schön, D. A. (1992). Formar professores como profissionais reflexivos. In A. Nóvoa (Org.), *Os professores e sua formação* (pp. 77–91). Dom Quixote.

A DELIMITAÇÃO EPISTEMOLÓGICA DO DESIGN INTELIGENTE: COMO A FILOSOFIA DA CIÊNCIA PODE NOS AJUDAR A QUESTIONAR SEUS ARGUMENTOS?

Bruno Fancio Lima – Universidade de São Paulo, Brasil
Daiana Damasceno Costa – Universidade Federal do ABC, Brasil

INTRODUÇÃO

Dentre os desafios contemporâneos para o ensino de ciências estão os questionamentos acerca de conhecimentos científicos consolidados, o que pode levar a consequências graves. Por exemplo, os anti-vaxxers, que duvidam da eficiência das vacinas, impõem desafios à erradicação de certas doenças, além de levar ao risco do reaparecimento e aumento de casos de enfermidades consideradas erradicadas; já os negacionistas do aquecimento global, impulsionados pela indústria petrolífera e por governos que dependem do petróleo como fonte de divisas econômicas, ainda hoje lançam dúvidas sobre a influência humana para potencializar o aumento atual da temperatura do planeta, retardando a busca de soluções e adaptações às mudanças climáticas (Oreskes & Conway, 2025). Barcellos (2020) relaciona esses movimentos com o conceito de *pós-verdade*, que começou a ganhar tração após a maior circulação de notícias falsas disseminadas pela internet a partir de meados dos anos 2010; de acordo com a autora, "adentramos em uma era em que a realidade, ou a verdade, se tornaram menos relevantes" (Barcellos, 2020, p. 1499).

Dentro do campo da biologia evolutiva, diversos movimentos de base religiosa tentam lançar dúvidas sobre a validade das teses de Charles Darwin (1809-1882). Esses movimentos se fortaleceram durante o século XX nos Estados Unidos e adotaram diversas estratégias ao longo dos anos para impor obstáculos ao ensino dessa teoria em sala de aula. Sua "versão" mais recente adota o nome de "Design Inteligente" (DI), que neste ensaio, poderá tanto fazer referência à ideia de que certas estruturas biológicas são tão complexas que, pretensamente, só poderiam ter sido originadas pela ação de uma "inteligência" (Behe, 1996), quanto ao movimento que a defende.

Neste capítulo, será traçado um histórico da ideia do DI e do movimento de mesmo nome a partir de suas origens nos Estados Unidos e sua chegada e

expansão no Brasil. Em seguida, será delimitada a estratégia de cunha adotada por ele, financiada por institutos privados de base religiosa, tanto no Brasil quanto nos Estados Unidos, expondo os seus objetivos educacionais e sociais. Também serão destacadas as falhas com o principal argumento "biológico" e "científico" do movimento, a "complexidade irredutível". Por fim, o texto irá abordar estratégias baseadas na filosofia da ciência para delimitar que os argumentos do DI são, afinal, religiosos e não obedecem aos valores sociais da prática científica, constituindo uma ameaça para a laicidade da sociedade e para a formação crítica dos estudantes.

UMA BREVE HISTÓRIA DO DESIGN INTELIGENTE E SUA CHEGADA AO BRASIL

O Design Inteligente surgiu nos Estados Unidos no final dos anos 1980 e é o resultado de uma longa história de resistência de movimentos criacionistas, notadamente cristãos, contra o ensino da teoria evolutiva nas escolas (Scott, 2004; Branch et al., 2010; Shapiro, 2013; Hall & Woika, 2018). Desde o início do século XX, estes movimentos tentaram bloquear o ensino de evolução ou igualar, nas aulas de ciências, o tempo dedicado ao ensino de evolução e de criacionismo. A principal arena de atuação destes movimentos, além das escolas, eram os parlamentos estaduais, que aprovaram uma série de leis nos estados mais conservadores do "Deep South" dificultando o ensino de evolução. A questão foi judicializada a nível federal e, em 1987, a Suprema Corte dos Estados Unidos determinou que qualquer lei que tentasse bloquear o ensino de evolução ou igualar o tempo dedicado à evolução e ao criacionismo era uma violação do Estado Laico. A estratégia passou a ser, então, "envelopar" o criacionismo dentro de uma linguagem científica para tentar avançar a ideia de que a criação especial dos seres vivos seria apenas "mais uma teoria científica" válida e passível de ser abordada nas aulas de ciências. É a esta ideia, e ao movimento que a defende, que damos o nome de "Design Inteligente".

Em sua versão mais recente, o termo apareceu em um livro de 1989, *Of Pandas and People* (*Sobre Pandas e Pessoas*), de Percival Davis e Dean Keynyon. Curiosamente, Darwin usa a mesma expressão em uma carta escrita a John Herschel (1792-1871) e datada de 23 de maio de 1861 para se opor à ideia de que a evolução aconteceria com base em uma direção planejada por uma mente inteligente (Lima, 2024, p. 158-159). O DI foi popularizado de maneira definitiva

pelo livro de Michael Behe *Darwin's Black Box (A caixa-preta de Darwin)*, de 1996. Em 2005, porém, após novo julgamento por uma corte federal do estado da Pensilvânia, o DI foi igualado a ideias religiosas (Branch et al. 2010; Hall & Woika, 2018). Mesmo com essa decisão, em diversos estados ainda existem propostas de leis (e leis estabelecidas) que, utilizando-se de subterfúgios legais, tem como objetivo estimular o ensino de criacionismo nas aulas de ciências (Leonard, 2013; Hall & Woika, 2018). Desde o início dos anos 1990, o DI vem sendo financiado pelo Discovery Institute's Center for the Renewal of Science and Culture, ou apenas Discovery Institute, sediado em Seattle, estado de Washington. Com esta ajuda financeira o movimento começou a se espalhar por outros países (Numbers, 2009).

No Brasil, existem duas sociedades criacionistas desde os anos 1970. A mais antiga delas e ainda bastante atuante é a Sociedade Criacionista Brasileira, fundada em 1972 e ligada à Igreja Adventista do Sétimo Dia, cuja editora própria, a Casa Publicadora Brasileira, publica diversos trabalhos sobre criacionismo. Portanto, assim como ocorre nos Estados Unidos, o criacionismo e o DI no Brasil estão fortemente vinculados a igrejas protestantes ou evangélicas. O DI começou a ganhar força no Brasil justamente a partir dos anos 2010 devido a dois movimentos intimamente conectados: primeiro, um forte crescimento do protestantismo na população e do número de igrejas evangélicas (Dorvillé & Teixeira, 2015; Dorvillé & Selles, 2016); segundo, aos esforços de alguns cientistas profissionais (nenhum deles biólogo evolutivo), que fundaram a Sociedade Brasileira do Design Inteligente em 2014 e, em 2017, um Instituto de Pesquisa sobre Design Inteligente, vinculado à Universidade Presbiteriana Mackenzie de São Paulo e com ajuda do Discovery Institute (Hentges & Araujo, 2020). Adicionalmente, esses "divulgadores científicos" do DI participam de entrevistas, podcasts, lançam livros e organizam congressos "científicos" regularmente desde 2014; o mais famoso e ativo deles é Marcos Eberlin, professor aposentado de química analítica da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e vinculado à Igreja Presbiteriana.

A ESTRATÉGIA DA CUNHA E O ARGUMENTO DA "COMPLEXIDADE IRREDUTÍVEL"

O DI surgiu como uma camuflagem do criacionismo, tentando torná-lo "palatável" à sociedade laica e ao sistema judiciário dos Estados Unidos. Sendo

assim, a estratégia adotada e delimitada por estes movimentos vem sendo chamada de "cunha" e foi explicitada por um documento vazado por um ex-funcionário do Discovery Institute em 1999 (Discovery Institute, 1998). A ideia da estratégia é que, assim como uma pequena cunha insertada no ponto correto de um enorme tronco pode levar a árvore inteira a cair, ideias criacionistas, "disfarçadas" de teorias científicas válidas, se insertadas no grande tronco que constitui a sociedade civil e as ciências, podem levar a um abrandamento da rejeição ao criacionismo e à redução do ensino de evolução. Isto é, a árvore, para os defensores do Design Inteligente, corresponde à ciência e à sociedade modernas, que não aceitam (na visão deste movimento) outras explicações para os fenômenos da natureza que não apelem para um "humanismo secular" de base cientificista. Assim, a cunha, que seria o próprio movimento do DI, tenta produzir rachaduras no enorme tronco da sociedade moderna, levando à naturalização de ideias de origem metafísica (Forrest & Gross, 2004).

A estratégia da cunha exige que os defensores do Design Inteligente se dediquem bastante a divulgar suas ideias para um público mais amplo, participando, como já mencionado, de podcasts, de vídeos no YouTube, da publicação de livros e materiais de divulgação para diferentes idades e, acima de tudo, tentando (ao menos no caso dos Estados Unidos) se desvencilhar de uma ligação com argumentos religiosos. Mais recentemente, objetivam expor que existem pontos de disputa dentro da teoria evolutiva; como Kitcher (2007, p. 18-19) argumenta, o DI aproveita-se da pluralidade de desdobramentos das pesquisas em evolução ocorridas nos últimos anos, que ampliaram os mecanismos evolutivos para além da seleção natural. Cabe, neste momento, fazer uma breve recapitulação da história da biologia evolutiva ao longo do século XX.

Após a morte de Darwin, sobreveio o período comumente chamado "eclipse do Darwinismo", no qual as ideias do naturalista estiveram em disputa, incluindo aí o mecanismo de seleção natural. Ao longo dos anos 1920 e 1930, ocorreu um processo chamado "Síntese Moderna": a união entre as ideias de Darwin e as bases teóricas da genética Mendeliana (uma análise mais profunda deste processo pode ser encontrada em Smocovitis, 1996). Agora, a evolução era explicada em termos de variações genéticas que surgiam aleatoriamente e eram selecionadas ao longo do tempo devido à atuação da seleção natural, levando a uma perspectiva genocêntrica da evolução (Veigl et al., 2026). Esta ainda é a

principal ideia de evolução ensinada na educação básica.

Porém, desde os anos 1970, novos desenvolvimentos começaram a colocar em xeque a perspectiva genocêntrica e a seleção natural como único processo evolutivo (cabe destacar que o próprio Darwin considerou, ao longo do livro *Origem das Espécies*, outros processos evolutivos além da seleção natural como válidos). Sendo assim, estabeleceu-se, desde os anos 2010, um novo panorama teórico chamado *Evolutionary Extended Synthesis* (Síntese Evolutiva Estendida ou SEE), que propõe que muitos outros mecanismos contribuem para o processo evolutivo, levando a discussões acaloradas dentro da biologia evolutiva sobre a necessidade de uma revisão da Síntese Moderna (um panorama mais amplo sobre essa disputa é oferecido por Hoquet, 2023).

Não sem malícia, os defensores do DI aproveitam-se dessa abordagem pluralista para tentar enfraquecer a teoria evolutiva como um todo. Por exemplo, um autor criacionista defende que "a biologia evolutiva está enfrentando sua divisão mais séria sobre a estrutura da teoria evolutiva desde o desenvolvimento da Síntese Moderna há quase 100 anos"; dado este cenário, já que "os evolucionistas tiveram mais de 150 anos para desenvolver e refinar sua teoria, mas na verdade estão agressivamente em disputa sobre seus processos mais fundamentais", os criacionistas poderiam se imiscuir nesta "disputa" e apresentar a sua própria explicação para a origem dos seres vivos (Guliuzza, 2017, tradução nossa). Ou seja, dentro da estratégia da cunha explicada anteriormente, há o movimento atual de tentar descredibilizar a teoria da evolução perante o público não especializado e mostrar que o DI seria apenas "mais uma das novas explicações" (válidas) para a origem e evolução dos seres vivos.

Mas, afinal, qual é a "base científica" do Design Inteligente? Como definido por Michael Behe em seu livro de 1996, o DI defende que as estruturas complexas dos seres vivos foram projetadas por uma "inteligência" que atuou em certos momentos da história da vida na Terra para impulsionar a evolução ou o surgimento dos seres vivos "na direção correta". As evidências deste planejamento estariam presentes na própria natureza, à disposição para averiguação por parte de todos aqueles interessados "em enxergar a verdade". Como Behe é um bioquímico, professor universitário nos Estados Unidos, com várias publicações acadêmicas nesta área de atuação, sua defesa do Design Inteligente se baseia principalmente em analisar estruturas bioquímicas e biomoleculares, como a cascata de coagulação sanguínea ou o flagelo bacteriano.

A metáfora explicativa utilizada por Behe é a da ratoeira: formada por diversos componentes, esta armadilha tem uma função bem específica. Porém, se as suas partes forem separadas, a ratoeira não funciona mais, já que foi necessário um esforço planejado para que a ratoeira tivesse chegado à sua forma e função final. Algo similar deve ter acontecido com as estruturas biomoleculares: como elas são constituídas por diversas partes que, separadas, não levam ao mesmo resultado quando unidas, sua reunião só pode ter sido obra da ação de uma mente inteligente atuando no mundo natural.

O princípio defendido por Behe não é novo; apelar para a complexidade da natureza e, em particular, dos seres vivos como prova da existência de um "designer" é uma estratégia que pode ser traçada até pelo menos o século XVII na Inglaterra, quando os filósofos naturais se ocupavam com a chamada "teologia natural": a busca na natureza, por meio da investigação empírica, da racionalidade e das funções naturais cognitivas dos seres humanos (ou seja, não apelando para milagres ou revelações sobrenaturais) de provas da existência de Deus. Em diversos trabalhos, Robert Boyle (1627-1691) e Isaac Newton (1642-1727) deixam explícito este objetivo: o estudo investigativo da natureza poderia levar à descoberta das leis com as quais Deus construiu o Universo e, portanto, constituiriam prova de Sua existência. William Paley (1743-1805), clérigo inglês, publicou o livro *Natural Theology (Teologia Natural*), em 1802, no qual reuniu diversas evidências dessa complexidade "planejada", indo deste estruturas biológicas até a própria organização do Sistema Solar. Na introdução do livro Paley utiliza-se de uma metáfora muito semelhante à de Behe. Imagine que uma pessoa encontrasse um relógio de corda jogado no meio de um descampado; obviamente ela iria perguntar-se quem o criou, considerando sua complexidade e seu planejamento em realizar uma função específica quando comparado aos outros objetos do cenário, como pedrinhas jogadas no meio do caminho. Portanto, a existência do relógio *pressupõe* a existência do relojoeiro. Estendendo essa analogia e citando um dos exemplos favoritos de Paley, os olhos dos animais, considerando sua complexidade e o fato de que obedecem às regras rigorosas da física óptica, servem como prova da existência deste artífice divino.

Marcos Eberlin, em livro de 2019, segue uma estratégia semelhante à de Paley. Ele afirma que existem indícios e evidências de planejamento para onde quer voltemos nossos olhos na biologia, seja no nível micro ou no nível macroscópico.

Assim como o clérigo do século XVIII, Eberlin acumula exemplos e mais exemplos de complexidades no mundo natural que forneceriam evidências acerca da existência desta "inteligência planejadora", inclusive em "afinar" todos os parâmetros do planeta Terra e do Universo para que fosse possível a existência de vida (Eberlin, 2019).

O que diferencia o DI atual da teologia natural dos séculos anteriores é que o primeiro "baseia-se exclusivamente em pesquisas científicas e empíricas para chegar à essa conclusão [da existência de um designer] e não iguala, ao menos expressamente, o designer inteligente com Deus" (Cruz & Smedt, 2015, p. 79; tradução nossa). O "não alinhamento automático" de parte dos defensores do DI da inteligência que teoricamente guiou a evolução e o surgimento dos seres vivos com Deus tem um objetivo claro: afastar-se de acusações de violação da laicidade do Estado.

Tendo em vista todo o exposto até aqui, fica claro que o movimento do DI constitui uma ameaça aos currículos escolares, a uma visão de mundo laica, ao livre pensamento e aos valores atuais do desenvolvimento científico (Berman 2003; Brigandt, 2013; Cruz e Smedt, 2015). O que queremos deixar claro, porém, e como bem definido por Allchin (2022), é que o DI não é propriamente um movimento de negacionismo científico, mas sim, de *desinformação científica*: seus defensores tentam se utilizar da confiabilidade e da boa reputação da ciência para validar, socialmente, seus próprios argumentos. Daí sua tentativa em camuflar o DI como "científico" também a partir da mimese de sociedades científicas, institutos de pesquisa, organização de conferências e congressos "científicos" (Veigl et al, 2026). Tendo isso em vista, cabe-nos perguntar: enquanto educadores de ciências da educação básica, de que maneira podemos nos utilizar do ferramental da história e da filosofia da biologia para nos contrapor ao DI?

CONTRAPONDO-SE AO DESIGN INTELIGENTE

A primeira estratégia de contenção ao DI em sala de aula é explicitar a diferença entre *compreensão* e *aceitação* da evolução. Nosso papel é permitir a apropriação, pelos estudantes, do conceito científico "evolução", definido aqui como o processo de transformação dos seres vivos ao longo do tempo. Não devemos nos propor a fazer os estudantes *aceitarem* a teoria evolutiva, até porque, as crenças e opiniões pessoais são particulares de cada indivíduo. Os

movimentos mais conservadores pregam que a evolução não poderia ser ensinada porque seria uma intromissão nessas crenças, confundindo a compreensão da teoria darwinista com "aceitação do ateísmo" (Martins, 2013). Sendo assim, os professores de ciências e biologia devem deixar claro aos seus alunos que, ao ensinar a teoria evolutiva, eles estão apenas cumprindo seu papel de abordar a teoria aceita atualmente pela ciência para explicar o surgimento e diversificação dos seres vivos. Neste sentido, a sala de aula deve ser um ambiente aberto para a discussão e debate de diferentes visões de mundo:

> É possível entender uma ideia mesmo sem aceitá-la. Ao invés de produzir um discurso autoritário da ciência suplantando as crenças religiosas, como se a teoria evolutiva fosse "a verdade das verdades", o professor pode utilizar discursos como "por que os biólogos defendem que a evolução...?". Ou seja, o docente pode partir do contexto de produção e de aceitação da teoria evolutiva, explicando sua lógica interna, sem depreciar outras formas de conhecer o mundo. (Ceschim & Caldeira, 2020, p. 45)

Outro esclarecimento importante a ser feito é que a ciência é uma forma de conhecimento limitada porque está circunscrita ao naturalismo epistêmico, isto é, em causas e princípios que façam parte da própria natureza e não estejam externas a ela (Brigant, 2013; Caponi, 2013). Essa obrigação é limitante porque faz com que o empreendimento científico não busque respostas para questões do tipo "qual o sentido da vida?" ou "qual o sentido de o Universo existir?". Essas são perguntas particulares à filosofia e à religião e devem ser buscadas por cada pessoa de forma individual. Claro, uma pessoa pode assumir, para responder a estas perguntas, um naturalismo ontológico, ou seja, uma posição filosófica que afirma que existe apenas o mundo natural e nada mais, negando qualquer domínio de existência além deste no qual estamos inseridos (Santos & El-Hani 2013). A diferenciação, portanto, entre estes dois naturalismos constitui um ponto importante no esforço de se contrapor aos defensores do DI, já que assumir uma atitude epistemologicamente naturalista *não* necessariamente obriga alguém a se tornar um naturalista ontológico. Theodosius Dobzhanksy (1900-1975), por exemplo, foi um importante evolucionista e geneticista e é considerado um dos "arquitetos" da Síntese Moderna; ao mesmo tempo, foi também um cristão ortodoxo sua vida inteira, e teve de acomodar essas duas posições dentro de seu sistema de pensamento (Araújo, 2000).

Estes dois esclarecimentos ajudam o(a) professor(a) a rebater a ideia de que

estudar evolução leve inerentemente ao ateísmo. Outro argumento importante que o professor pode utilizar é se basear na própria história da biologia. Kitcher (2007, p. 82) chama o DI de "ciência morta" porque, como já definido, a associação entre complexidades observadas na natureza e a existência de um artífice divino é muito antiga, e já foi desbancada pelo próprio Charles Darwin, que por meio da evolução por seleção natural, ofereceu uma explicação para o surgimento da complexidade dos seres vivos que não se baseasse na criação a partir de uma divindade sobrenatural. Ou seja, *não há nada de original* no Design Inteligente (Kitcher, 2007; Caponi, 2013; Hentges & Araújo, 2020).

Behe e seus associados, porém, tentam vencer este contra-argumento ao apelar para estruturas biomoleculares. É daí que advém o nome de seu livro: Darwin não tinha, à sua disposição, a tecnologia necessária para sequer supor, quanto mais analisar, a complexidade que existe nos níveis moleculares da vida. A "caixa-preta de Darwin" se trata, portanto, da miríade de estruturas complexas neste nível e que só poderiam ser explicadas pela atuação e direcionamento de uma mente inteligente.

Nesse ponto, podemos apelar para os diversos problemas e erros de "design" que as estruturas biológicas apresentam, inclusive a nível molecular, onde existe muita redundância, isto é, cópias e repetições de genes ou de diferentes vias de metabolismo. Esses "erros de design" ocorrem justamente porque os seres vivos *não são* planejados, mas sim, são o resultado da contingência do processo evolutivo (Novella, 2008; Gregory, 2008; Cruz & Smedt, 2015, p. 80; Ceschim & Caldeira, 2020).

Finalmente, pode-se argumentar: se nem mesmo a biologia evolutiva parece estar em acordo sobre como a evolução funciona, por que não "pesquisar seriamente" a hipótese de existência de uma inteligência criadora ou "guia" da evolução? O que faz a teoria evolutiva ser levada a sério e a teoria do DI não? Karl Popper (1902-1994) afirmava que as explicações científicas válidas são aquelas falsificáveis, isto é, que poderiam ser provadas falsas por meio da realização de experimentos, aplicando uma *metodologia científica* (Plutynski, 2010). Dentro desta perspectiva, o DI poderia ser excluído como uma teoria científica válida porque suas premissas são impossíveis de serem falsificáveis. Como realizar um experimento que "provasse" que uma inteligência *não* atuou para guiar a evolução?

Apesar de muitos cientistas profissionais se utilizarem deste tipo de argumento

para desbancar o DI, acreditamos que ele não é a melhor opção. Se assim fosse, estaríamos nos baseando em uma visão de ciência que teria de seguir apenas um tipo de método científico, aquele baseado em experimentos empíricos. Ora, também não é possível realizar experimentos laboratoriais (a menos com microrganismos) que recriem processos evolutivos. A biologia evolutiva é uma ciência histórica; não é possível recriar o processo evolutivo em laboratório. Como Chalmers (2001, p. 97-108) afirma, se o método de Popper fosse adotado em todos os casos, muitas das teorias científicas aceitas atualmente (como a da evolução) teriam sido abandonadas ainda na sua infância, falsificadas pelas evidências disponíveis em seu momento histórico.

O que está demonstrado desde os anos 1960, a partir dos trabalhos de Thomas Kuhn (1922-1996) e Paul Feyerabend (1924-1994), é que as ciências não seguem um único método universal e é uma atividade que depende dos contextos históricos nos quais é produzida, além da interação entre diferentes pessoas e grupos (Oreskes, 2019, p. 55). Ou seja, é uma atividade inerentemente humana. Assim, é necessário superar uma visão simplista de ciência (e do trabalho científico). Essa percepção também ocorre, atualmente, no ensino de ciências. É preciso ensinar aos estudantes não apenas os conceitos científicos, mas também aspectos de Natureza da Ciência (NdC): a forma como a ciência avança, como os cientistas trabalham para adquirir conhecimento, quais são os limites epistemológicos da ciência e quais são as forças (econômicas, políticas, religiosas) que atuam sobre ela (Kolsto, 2008; Matthews, 2009).

No século XVII, o DI seria considerado um empreendimento válido, como a teologia natural era. Porém, não o é mais agora. Ao contrário do DI, a proposição da teoria evolutiva representou um avanço no nosso conhecimento e no entendimento sobre o mundo, tendo impactos sobre outras áreas de pesquisa (Plutynski, 2010; Brigandt, 2013). A teoria evolutiva tem uma agenda positiva de explicação sobre os fenômenos naturais e pode ser utilizada, inclusive, para realizar predições sobre determinados fenômenos, tendo aplicações práticas em atividades humanas como agricultura, indústria e medicina.

As estruturas complexas que os defensores do Design Inteligente levantam como argumentos a favor do seu ponto de vista não são explicações, mas apenas, dificuldades que, caso não possam ser explicadas pelo arcabouço atual da teoria evolutiva, exigem a busca de novas explicações. Isto, ao invés de enfraquecer a evolução, na verdade é totalmente condizente com o desenvolvimento da

ciência, que ocorre pela distensão dos limites epistemológicos atuais de uma determinada área; neste sentido, os proponentes da EES constitutem um grupo de cientistas especializados em biologia evolutiva que objetiva estudar melhor estes fenômenos (Veigl et al., 2026). Porém, cabe destacar que essa expansão de limites não pode avançar para além do mundo natural e nem significa o abandono do núcleo duro da teoria evolutiva: as ideias de Darwin permanecem firmes.

Como determinamos neste capítulo o DI não tem como objetivo lançar dúvidas ao conhecimento da biologia evolutiva para "torná-la mais forte", ou seja, "forçar" seus limites epistemológicos com o objetivo de expandir seu programa de pesquisa e estabelecer novas fronteiras de conhecimento. Ao contrário, ele se limita a lançar dúvidas ao conhecimento científico bem estabelecido e, através destas dúvidas, minar os valores sobre os quais a sociedade moderna e laica foi construída, tentando camuflar suas ideias religiosas e interferir nos currículos escolares e acadêmicos.

As estratégias de contenção ao DI não se esgotam neste ensaio. Porém, espera-se que estas páginas possam auxiliar professores e professoras da educação básica a desenvolver ferramentas e argumentos que ajudem no esforço de impor barreiras ao avanço do DI em sala de aula. Gostaríamos de concluir destacando que a história e a filosofia da ciência, muito mais do que campos "inócuos" que não têm papel prático no cotidiano, fornecem as bases necessárias ao esforço de capacitar estudantes críticos que reflitam sobre a importância da ciência em seu cotidiano e consigam identificar as ameaças a ela; essas são habilidades essenciais no século XXI, conflagrado pelos arautos da "pós-verdade".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allchin, D. (2022). Who speaks for science? *Science & Education*, 31, 1475-1492. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00257-4
- Araújo, A. M. (2000). Imanência e Transcendência na Evolução Biológica: A Visão de Theodosius Dobzhansky. *Revista Episteme*, 11, p. 21-36.
- Barcellos, M. (2020). Ciência não autoritária em tempos de pós-verdade. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(3), 1496-1525, 2020. http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n3p1496
- Berman, M. (2003). Intelligent Design Creationism: A Threat to Society – not just Biology. *The American Biology Teacher*, 65(9), 646-648.

https://doi.org/10.2307/4451585.

- Branch, G., Scott, E. C., & Rosenau, J. (2010). Dispatches from the Evolution Wars: Shifting Tactics and Expanding Battlefields. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, 11, 317-338.
- Brigandt, I. (2013). Intelligent Design and the Nature of Science: Philosophical and Pedagogical Points. In: Kampourakis, K. (ed). *The Philosophy of Biology: A companion for Educators* (pp. 205-238). Springer.
- Ceschim, B., & Caldeira, A. M. A. (2020). É caminhando que se faz o caminho: A natureza contingente da evolução como objeto de ensino. In: Caldeira, A. M. A. (org). *Didática e Epistemologia da Biologia* (pp.17-52). Cultura Acadêmica e Espelho D'Água.
- Caponi, G. (2013) El 18 Brumario de Michael Behe: La teoría del diseño inteligente en perspectiva histórico-epistemológica. *Filosofia e História da Biologia*, 8(2), 253-278.
- Chalmers, A. F. (2001). *O que é Ciência Afinal?* Editora Brasiliense.
- Cruz, H., & Smedt, J. (2015). *A Natural History of Natural Theology*: *The cognitive science of theology and philosophy of religion*. The MIT Press.
- Discovery Institute. (1998). *The Wedge Strategy.* https://ncse.ngo/files/pub/creationism/The_Wedge_Strategy.pdf.
- Dorvillé, L. F. M., & Teixeira, P. (2015). O crescimento do criacionismo no Brasil: Principais influências e avanços recentes. *Anais do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (X ENPEC)*. https://pedrofigueira.pro.br/wp-content/uploads/2021/03/r0234-1.pdf.
- Dorvillé, L. F. M., & Selles, S. L. E. (2016). Criacionismo: Transformações históricas e implicações para o ensino de Biologia. *Cadernos de Pesquisa*, 46(160), 442-465.
- Eberlin, M. (2019). *Foresight: How the Chemistry of Life Reveals Planning and Purpose*. Discovery Institute Press.
- Forrest, B., & Gross, P. R. (2004). *Creationism's Trojan Horse: The Wedge of Intelligent Design*. Oxford University Press.
- Gregory, T. R. (2008). The Evolution of Complex Organs. *Evolution Education and Outreach*, 1, 368-389. https://doi.org/10.1007/s12052-008-0076-1.
- Guliuzza, R. J. (2017). Schism in Evolutionary Theory Opens Creationist Opportunity. *Institute for Creation Research*. https://www.icr.org/article/10010.

- Hall, G. E., & Woika, S. A. (2018). The Fight to Keep Evolution Out of Schools: The Law and Classroom Instruction. *The American Biology Teacher*, 80 (3), 235-239. https://doi.org/10.1525/abt.2018.80.3.235
- Haught, J. F. (2013). Darwin and Catholicism. In: Ruse, M. (ed.) *The Cambridge Encyclopedia of Darwin and Evolutionary Thought* (pp. 485-492). Cambridge University Press.
- Hentges, C. R., & Araújo, A. M. (2020). Uma abordagem histórico-crítica do *Design* Inteligente e sua chegada ao Brasil. *Filosofia e História da Biologia*, 15(1), 1-19.
- Hoquet, T. (2023). From the Modern Synthesis to the Other (Extended, Super, Postmodern…) Synthesis. In: Prestes, M. E. B. (ed). *Understanding Evolution in Darwin's "Origin": The Emerging Context of Evolutionary Thinking* (pp. 397-413). Springer.
- Kitcher, P. (2007). *Living with Darwin: Evolution, Design and the Future of Faith*. Oxford University Press.
- Kolsto, S. D. (2008). Science Education for Democratic Citizenship Through the Use of the History of Science. *Science & Education*, 17, 977-997. https://doi.org/10.1007/s11191-007-9084-8
- Leonard, W. H. (2013). Editorial: The Intrusion of Fundamentalist Religion into Biology Education. *The American Biology Teacher*, 75(5), 310-311. https://doi.org/10.1525/abt.2013.75.5.3
- Lima, B. F. (2024). *Lidando com a Complexidade dos Seres Vivos: As Diferentes Explicações para a Origem do Olho e o Ensino de Evolução* [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo. https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81133/tde-13032025-172629/pt-br.html.
- Martins, M. V. (2013). Quando uma sociologia da ciência se faz necessária: Aspectos contemporâneos do embate entre criacionistas e evolucionistas. *Filosofia e História da Biologia*, 8(2), 279-300.
- Matthews, M. R. (2009). Teaching the Philosophical and Worldview Components of Science. *Science & Education*, 18, 697-728. https://doi.org/10.1007/s11191-007-9132-4

- Novella, S. (2008). Suboptimal Optics: Vision Problems as Scars of Evolutionary History. *Evolution Education and Outreach*, 1, 493-497. https://doi.org/10.1007/s12052-008-0092-1
- Numbers, R. L. (2009). Myth 24: That Creationism is a Uniquely American Phenomenon. In: Numbers, R. L. (ed.) *Galileo Goes to Jail and Other Myths About Science and Religion* (pp. 215-223). Harvard University Press.
- Oreskes, N., & Conway, Erik M. (2025). *Mercadores da Dúvida*. Quina Editorial.
- Oreskes, N. (2019). *Why Trust Science?* Princeton University Press.
- Plutynski, A. (2010). Should Intelligent Design be Taught in Public School Science Classrooms? *Science & Education*, 19, 779-795. https://doi.org/10.1007/s11191-008-9169-z
- Santos, F. M., & El-Hani, C. N. (2013). Criacionismos, naturalismos e a prática da ciência. *Filosofia e História da Biologia*, 8(2), 223-252.
- Scott, E. C. (2004). *Evolution vs Creationism: An Introduction*. Greenwood Press.
- Shapiro, A. R. (2013). *Trying Biology: The Scopes Trial, Textbooks, and the Antievolution Movement in American Schools*. The University of Chicago Press.
- Smocovitis, V. B. (1996). *Unifying Biology: The Evolutionary Synthesis and Evolutionary Biology*. Princeton University Press.
- Veigl, S. J., Vasilyeva, Z., & Muller, R. (2026). Scientific-intellectual movements in the post-truth age: The case of the Extended Evolutionary Synthesis. *Social Studies of Science*, 56(1), 142-167. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/03063127251348254

EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E COLONIALIDADE DO SABER NAS NARRATIVAS MIDIÁTICAS INFANTIS

Ana Luiza França Marques Cândido, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
Fábio Augusto Rodrigues e Silva, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Nilma Soares da Silva, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a educação científica tem sido amplamente reconhecida como elemento fundamental para a formação cidadã e para a participação democrática em sociedades contemporâneas, enfatizando a formação de sujeitos críticos aptos a se apropriarem do conhecimento para a atuação social (Freitas & Dias, 2026; Santos, 2007). Tal reconhecimento relaciona-se ao fato de que a circulação de discursos científicos pode influenciar a maneira como sujeitos compreendem problemas sociais, interpretam informações e posicionam-se diante de questões sociocientíficas, que interferem no cotidiano, como mudanças climáticas, saúde pública, uso de tecnologias e conflitos socioambientais.

Nesse contexto, a participação pública não depende apenas do acesso à informação, mas também da possibilidade de interpretar criticamente conhecimentos científicos, disputar narrativas e reconhecer-se como sujeito legítimo nos processos de produção e circulação do saber (Demo, 2010), que parecem exigir uma alfabetização científica dos estudantes. Uma alfabetização científica, portanto, que não pode ser reduzida ao domínio conceitual ou à simples apropriação de conteúdos específicos da ciência, mas deve envolver processos relacionados ao reconhecimento, ao pertencimento e à legitimidade no acesso ao conhecimento científico (Santos, 2007; Sasseron & Carvalho, 2011).

Entretanto, o acesso ao conhecimento científico não ocorre de maneira equitativa. A constituição histórica da ciência moderna esteve profundamente vinculada ao projeto da modernidade ocidental e à consolidação de um padrão global de poder colonial/moderno e eurocentrado (Quijano, 2000; Mignolo, 2017). Conforme discutem Quijano (2000) e Walsh (2009), a ideia de raça operou historicamente como mecanismo de legitimação das relações de dominação impostas pela conquista das Américas, contribuindo para a consolidação de uma perspectiva eurocêntrica do conhecimento articulada à

expansão colonial europeia. Nesse processo, determinadas formas de conhecimento passaram a ser universalizadas como legítimas, enquanto saberes locais, indígenas e comunitários foram marginalizados, inferiorizados ou desconsiderados como formas válidas de produção epistemológica.

Esse silenciamento epistemológico também atravessa os modos como a infância se relaciona com o conhecimento científico. A aprendizagem, especialmente na primeira infância, constitui-se como um processo ativo de construção de sentidos, marcado pelas interações estabelecidas entre sujeito, cultura e mundo social (Dias & Correia, 2012). Sob essa perspectiva, a criança não ocupa uma posição passiva diante das experiências culturais, mas produz interpretações, elabora significados e constrói relações com os conhecimentos, que circulam socialmente. A formação de identidades científicas ocorre, portanto, em diálogo com os referenciais simbólicos disponíveis no cotidiano infantil, influenciando percepções sobre quem pode produzir ciência, quais conhecimentos possuem legitimidade e quais relações com a natureza são socialmente valorizadas. Nesse processo, o contato com diferentes linguagens, narrativas e experiências contribui para a constituição de sujeitos capazes de estabelecer relações críticas com o mundo, que os cerca (Viana et al., 2021; Souza et al., 2022).

Entre os principais artefatos culturais presentes na infância contemporânea, destacam-se as mídias audiovisuais infantis, especialmente os desenhos animados. Mais do que instrumentos de entretenimento, essas produções atuam como pedagogias culturais, participando da circulação de valores, representações e formas de compreender o mundo. Ao assistir a desenhos animados, as crianças internalizam imagens, discursos e relações simbólicas, que passam a integrar seus processos de significação e suas formas de interpretar a realidade (Pereira & Peruzzo, 2020). Dessa forma, os desenhos podem contribuir para a formação de imaginários científicos, influenciando concepções sobre ciência, progresso, natureza e pertencimento social. Historicamente, muitas dessas produções estiveram associadas à reprodução de modelos universalistas e eurocentrados de ciência, frequentemente vinculados à figura do cientista homem, branco, genial e isolado socialmente. Ao mesmo tempo, produções contemporâneas passam a apresentar tensionamentos dessas representações, incorporando perspectivas mais investigativas, colaborativas e cotidianas do fazer científico.

Diante desse contexto, este capítulo tem como objetivo apresentar uma análise de narrativas midiáticas infantis, que podem contribuir para a reprodução ou o

tensionamento da colonialidade do saber científico. Para isso, investigam-se nessas produções quais imagens de ciência, de sujeitos científicos e de relações entre ciência, sociedade e natureza são mobilizadas em diferentes períodos históricos.

Para alcançar esse objetivo, foi realizada uma análise qualitativa-interpretativa, inspirada na etnografia de tela e em abordagens discursivo-culturais de quatro produções animadas representativas de diferentes contextos históricos: "Os Jetsons" (1962), "O Laboratório de Dexter" (1996), "Jimmy Neutron" (2002) e "O Show da Luna" (2014–).

A escolha das produções fundamentou-se em sua ampla circulação cultural e na centralidade atribuída à ciência em suas narrativas, possibilitando comparar permanências e transformações nos modos de representação do fazer científico ao longo do tempo. A análise incidiu sobre a caracterização dos sujeitos científicos, os modos de produção do conhecimento apresentados, as relações estabelecidas entre ciência, natureza e sociedade, e os discursos, que definem legitimidade epistemológica. Buscou-se compreender como essas narrativas parecem participar da construção de imaginários científicos na infância e quais implicações trariam para o debate sobre educação científica democrática e descolonização do conhecimento.

EDUCAÇÃO CIENTIFICA E COLONIALIDADE DO SABER

Neste capítulo, assume-se a perspectiva freiriana de alfabetização científica, compreendendo-a não apenas como a aquisição mecânica de códigos linguísticos ou conceitos científicos, mas como um processo crítico de formação humana e de construção de sentidos sobre o mundo.

Nessa perspectiva, um sujeito cientificamente letrado não se caracteriza apenas pela capacidade de reconhecer ou reproduzir vocabulários científicos, mas pela possibilidade de interpretar, discutir, argumentar, ler e produzir sentidos sobre a ciência em contextos sociais não técnicos, estabelecendo relações significativas entre conhecimento científico, experiência cotidiana e participação social (Sasseron & Carvalho, 2011).

Considerando que a ciência engloba diferentes atores sociais, interesses e formas de produção de conhecimento, a compreensão desse campo depende da análise das relações estabelecidas entre tais sujeitos e das disputas, que atravessam os processos de legitimação científica. Desse modo, compreender os propósitos da

educação científica implica também analisar os diferentes sentidos, finalidades e perspectivas, que lhe são atribuídos por distintos grupos sociais, políticos e culturais (Latour & Woolgar, 1979).

Assim, a constituição da ciência moderna esteve profundamente articulada à expansão colonial europeia e à consolidação de um padrão global de poder colonial/moderno e eurocentrado, responsável por hierarquizar sujeitos, culturas e epistemologias (Quijano, 2000; Mignolo, 2017). Como argumenta Mignolo (2017), a colonialidade representa o lado mais obscuro da modernidade, revelando que o desenvolvimento científico e civilizatório europeu ocorreu simultaneamente à exploração de territórios, povos e saberes considerados inferiores, revelando que o progresso ocidental foi sustentado por mecanismos de dominação política, econômica, cultural e epistemológica.

Esse processo consolidou o que Castro-Gómez (2005) denomina de "Húbris do Ponto Zero", isto é, a pretensão de um conhecimento, que se apresenta como universal, neutro e desprovido de localização histórica, cultural ou política, como se sua ciência fosse desprovida de corpo, território, raça ou língua. Nesse processo, determinadas epistemologias foram universalizadas como legítimas, enquanto saberes produzidos por povos originários, populações africanas e comunidades tradicionais foram marginalizados, inferiorizados ou apagados (Walsh, 2009). Por isso, a colonialidade do saber manifesta-se justamente nesta naturalização de perspectivas eurocentradas como modelos universais de racionalidade, ciência e civilização, transformando perspectivas eurocentradas em parâmetros universais de racionalidade e ciência (Santos, 2007; Walsh, 2009).

Os efeitos dessa lógica podem ser observados também nas formas de compreender as relações entre humanidade, natureza e conhecimento. A modernidade consolidou uma visão dicotômica, que separa sujeito e natureza, razão e sensibilidade, cultura e ambiente, reforçando modelos de desenvolvimento baseados na exploração territorial e na imposição de padrões civilizatórios eurocentrados (Carvalho, 2023; Tristão, 2016). Como consequência, diferentes formas de relação com o território e com o conhecimento foram frequentemente reduzidas às categorias produzidas pela racionalidade ocidental. Barreto et al. (2021) problematizam esse movimento ao criticarem a tendência de enquadrar os conhecimentos indígenas em classificações, como "etnociência", "etnomatemática" ou "etnobotânica", subordinando sistemas complexos de

conhecimento aos referenciais ocidentais. Para os autores, "(...) esse corpo biológico está conectado em várias outras dimensões: territorial, política, organização social, trabalho, complementaridade, relações cosmopolíticas. Nós estamos em uma teia de relações políticas e cosmopolíticas (...)" (p. 4).
Essa compreensão parece dialogar diretamente com as contribuições de Latour (2012) ao questionar a separação moderna entre natureza e sociedade, e propor uma transição da "sociologia do social" para uma "sociologia das associações". Para o autor, a existência humana é constituída pelas múltiplas relações estabelecidas entre humanos, não humanos e mais-que-humanos, de modo que o conhecimento não emerge de sujeitos isolados, mas das conexões produzidas entre corpos, objetos, territórios, tecnologias, afetos e diferentes entidades, que compõem o mundo social. Aprender e experienciar o mundo significam deixar-se afetar por esses "feixes de relações", pelas quais o conhecimento deixa de ser um produto neutro de uma racionalidade universal para se tornar resultado de associações provisórias, fluidas e situadas (Batista & Carvalho, 2021). Nessa perspectiva, aprender e conhecer significam deixar-se afetar por essas relações, reconhecendo que diferentes formas de conhecimento podem coexistir sem que uma precise anular a outra (Latour, 2012)
No campo educacional, essas disputas epistemológicas atravessam diretamente a educação científica. A universalização de modelos científicos eurocentrados contribuiu para consolidar práticas pedagógicas centradas na neutralidade da ciência e na transmissão mecânica de conteúdos, frequentemente desassociadas das experiências culturais, territoriais e afetivas dos sujeitos (Carvalho, 2023; Walsh, 2009). Pensar uma educação científica decolonial implica, portanto, reconhecer a pluralidade epistemológica existente, problematizar as estruturas de poder, que definem quais conhecimentos são legitimados, e construir relações mais críticas, sensíveis e plurais entre ciência, cultura, sociedade e natureza (Martins et al., 2023).

NARRATIVAS MIDIÁTICAS E ETNOGRAFIA DE TELA

As narrativas midiáticas ocupam papel significativo na forma como as crianças constroem sentidos sobre o mundo, atuando como dispositivos e linguagens poderosos e versáteis, que participam ativamente da constituição da realidade (Sousa, 2024). Dias e Correia (2012) compreendem a aprendizagem como um processo contínuo de construção de significados, no qual a criança experimenta o

mundo por meio do corpo e das relações estabelecidas com o ambiente ao seu redor. Konkiewitz (2013) reforça essa perspectiva ao afirmar que o conhecimento é construído a partir das experiências sensório-motoras com o mundo dos objetos, incluindo a linguagem.

Portanto, ao assistir a desenhos animados, a criança internaliza imagens visuais e sonoras, dramatiza situações e incorpora essas experiências às vivências já construídas em outros contextos sociais (Santos & Peruzzo, 2020). Nesse sentido, os desenhos passam a integrar o repertório imagético infantil, influenciando memórias, afetos e modos de compreensão do mundo. Como afirma Callai (2005), "ao ler o espaço, a criança estará lendo a sua própria história, representada concretamente pelo que resulta das forças sociais e, particularmente, pela vivência de seus antepassados e dos grupos com os quais convive atualmente" (p. 237). Essa leitura de mundo também ocorre por meio das narrativas midiáticas, uma vez que personagens, cenários, discursos e conflitos apresentados nas animações participam da construção das referências sociais e culturais das crianças.

Considerando esse potencial formativo das produções audiovisuais, esta pesquisa adota a etnografia de tela como abordagem metodológica, entendendo os desenhos analisados como territórios de observação e produção de sentidos. Inspirada nas contribuições de Carvalho et al. (2025), essa perspectiva não se limita à identificação de temas ou mensagens presentes nas narrativas, mas busca compreender como imagens, sons, personagens, materialidades e afetos produzem efeitos na construção de significados. Assistir, nesse contexto, deixa de ser um ato meramente contemplativo e passa a constituir uma experiência investigativa, na qual ver e ser afetado pela tela tornam-se parte do próprio processo de produção do conhecimento.

Dessa maneira, a etnografia de tela compreende as produções audiovisuais como artefatos culturais, que participam ativamente da formação dos sujeitos. Mais do que descrever conteúdos, essa abordagem procura acompanhar os movimentos de sentido produzidos pelas narrativas, observando como discursos, representações e relações de poder são construídos e mobilizados ao longo das histórias. Assumir essa perspectiva implica reconhecer que toda investigação é atravessada por interpretações situadas e por olhares historicamente constituídos. Como argumenta Vieira (2016), uma das contribuições centrais da etnografia consiste em permitir que o objeto "fale", suspendendo, na medida do

possível, categorias rígidas e hipóteses prévias, para acompanhar os sentidos, que emergem do próprio campo investigado. No caso desta pesquisa, isso significa observar como imagens, diálogos, personagens, cenários e conflitos narrativos produzem representações sobre ciência, conhecimento, natureza e sociedade.

Dessa forma, a etnografia de tela mostrou-se particularmente adequada para analisar as narrativas midiáticas infantis, uma vez que permite compreender os desenhos animados não apenas como produtos culturais, mas como espaços de disputa simbólica e epistemológica, nos quais são construídos imaginários sobre quem pode produzir ciência, quais conhecimentos são considerados legítimos e quais relações entre sociedade, tecnologia e natureza são valorizadas ou silenciadas.

RESULTADOS

A análise dos episódios "O Traje Voador" ("Os Jetsons", 1962), "O Rival do Dexter" ("O Laboratório de Dexter", 1996), "Festa Funk" ("Jimmy Neutron", 2002) e "Borboleta Luna" ("O Show da Luna", 2014-) permitiu observar que as representações da ciência, presentes nas narrativas infantis, não são homogêneas, mas refletem disputas históricas acerca de quem pode produzir conhecimento, quais formas de investigação são legitimadas e quais relações são estabelecidas entre ciência, tecnologia, natureza e sociedade. Embora separados por mais de cinquenta anos, os episódios compartilham a centralidade da ciência como elemento organizador da narrativa, possibilitando identificar permanências e transformações na construção dos imaginários científicos destinados ao público infantil.

Em "O Traje Voador", a narrativa se desenvolve a partir de uma confusão envolvendo duas invenções distintas: uma pílula criada por Elroy, capaz de fazer pessoas e objetos flutuarem, e um traje voador lançado comercialmente pelo empresário Cogswell. Ao longo do episódio, o interesse dos personagens concentra-se nos efeitos produzidos pelas invenções e nas possibilidades oferecidas pela nova tecnologia. O processo de pesquisa e experimentação aparece de forma secundária, enquanto os resultados da inovação assumem posição central na narrativa. A ciência é apresentada como promotora do progresso e da melhoria da vida cotidiana, reforçando uma visão otimista da tecnologia característica das décadas posteriores à Segunda Guerra Mundial. Não

há questionamentos sobre os impactos sociais, ambientais ou éticos dessas invenções; o avanço tecnológico é tratado como consequência natural do desenvolvimento humano. Tal representação aproxima-se da racionalidade moderna, discutida por Quijano (2000) e Mignolo (2017), ao associarem tecnologia, progresso e civilização como valores universais e desejáveis por todos.

Em "O Rival do Dexter", a centralidade da narrativa desloca-se da tecnologia para a figura do cientista. O episódio inicia quando Dexter descobre a existência de Mandark, um menino cientista, que possui um laboratório ainda mais sofisticado que o seu. A partir desse encontro, estabelece-se uma intensa rivalidade baseada na comparação de invenções, capacidades intelectuais e recursos tecnológicos. O conflito não está relacionado aos objetivos ou às implicações sociais do conhecimento produzido, mas à disputa pela legitimidade do lugar de cientista. O laboratório é representado como um espaço secreto, altamente tecnológico e inacessível aos demais personagens, reforçando a ideia de que a ciência pertence a indivíduos excepcionalmente inteligentes. A autoridade científica é construída a partir da genialidade, da capacidade técnica e da competição, transformando o conhecimento em símbolo de prestígio e reconhecimento social. Assim, a ciência é apresentada como uma atividade individualizada e meritocrática, aproximando-se daquilo que Castro-Gómez (2005) denomina de "Húbris do Ponto Zero", isto é, a crença na possibilidade de um conhecimento produzido a partir de uma posição supostamente neutra, universal e superior.

Em "Festa Funk", a discussão desloca-se para a circulação social do conhecimento científico. O episódio acompanha a criação do programa televisivo escolar "Science with Jimmy", idealizado pelo protagonista, para divulgar ciência aos demais estudantes. Entretanto, a baixa audiência leva à reformulação da atração, que passa a incorporar músicas, danças e performances de entretenimento sob influência de Cindy, Libby e Brittany. Ao longo da narrativa, Jimmy tenta recuperar o espaço da ciência por meio de demonstrações e experimentos, mas suas explicações são constantemente interrompidas pelos elementos de espetáculo, que conquistam a atenção do público. Diferentemente de "O Rival do Dexter", em que a autoridade científica é construída pelo isolamento do laboratório, aqui ela depende da capacidade de alcançar visibilidade nos meios de comunicação. O episódio evidencia que produzir

conhecimento não é suficiente; é necessário torná-lo socialmente relevante e atrativo. Ainda assim, Jimmy permanece ocupando a posição de especialista legítimo, sendo o único personagem autorizado a explicar fenômenos e a apresentar soluções técnicas. A narrativa evidencia, portanto, que a legitimidade científica também é construída pelos dispositivos midiáticos, que definem quais vozes podem falar em nome da ciência e quais conhecimentos recebem reconhecimento público. Ou seja, a ciência necessita da representação pública como um dos elos que a constitui e a legitima com um dos elementos da modernidade (Latour, 2017).

Já em "Borboleta Luna", nota-se uma mudança significativa tanto na representação do sujeito científico quanto nos modos de produção do conhecimento. A narrativa inicia quando Luna, Júpiter e Cláudio observam uma borboleta pousando sobre flores e frutas. Intrigadas com o comportamento do inseto e com os movimentos de suas patas, as personagens passam a formular perguntas sobre como as borboletas percebem os sabores e os cheiros presentes no ambiente. Diferentemente dos episódios anteriores, a investigação não surge de uma invenção tecnológica nem de uma disputa intelectual, mas da curiosidade diante de um fenômeno cotidiano. Ao longo do episódio, as personagens observam, levantam hipóteses, imaginam explicações e buscam respostas a partir da interação com o ambiente. A natureza deixa de ocupar o papel de objeto passivo de análise e passa a participar da própria construção das perguntas, que mobilizam a investigação. Enquanto Dexter, Mandark e Jimmy são apresentados como sujeitos dotados de capacidades excepcionais, Luna é caracterizada como uma criança comum, cuja principal ferramenta é a curiosidade. A legitimidade do conhecimento não decorre da genialidade ou do domínio tecnológico, mas da capacidade de observar, questionar e estabelecer relações com o mundo. Essa representação aproxima-se das discussões de Freire (1980) sobre a leitura crítica da realidade e das contribuições de Latour (2012), ao evidenciar que o conhecimento é produzido nas relações estabelecidas entre sujeitos, ambiente e diferentes formas de existência.

A comparação entre os episódios evidencia transformações importantes nas formas de representação da ciência ao longo das décadas. Em "Os Jetsons", a autoridade científica encontra-se associada ao progresso tecnológico; em "O Laboratório de Dexter", à genialidade individual; em "Jimmy Neutron", à capacidade de circulação e visibilidade do conhecimento; e, em "O Show da

Luna", à curiosidade e à investigação do cotidiano. Essas mudanças revelam diferentes formas de legitimação da ciência e do conhecimento científico na cultura infantil. Contudo, esse deslocamento não elimina completamente as marcas da colonialidade do saber. Mesmo quando a investigação se torna mais acessível e próxima da experiência cotidiana, as explicações consideradas válidas continuam sendo aquelas reconhecidas pelo discurso científico formal. Assim, os desenhos analisados não apenas refletem concepções de ciência presentes em seus respectivos contextos históricos, mas participam ativamente da construção de imaginários científicos, que influenciam as formas de pertencimento, reconhecimento e legitimidade do conhecimento desde a infância.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises desenvolvidas apontam que as narrativas midiáticas infantis ultrapassam a função de entretenimento, atuando como significativos agentes culturais na formação de imaginários científicos e nas formas pelas quais as crianças compreendem ciência, natureza e sociedade. Ao mobilizarem discursos, imagens e representações sobre o fazer científico, os desenhos animados participam da construção de sentidos sobre quem pode produzir conhecimento e quais epistemologias são socialmente legitimadas.

A comparação entre os programas analisados permitiu observar permanências e transformações nas representações da ciência ao longo das décadas. Enquanto as produções mais antigas associam a ciência ao progresso tecnológico, à racionalidade moderna e à figura do cientista genial e individualizado, as narrativas mais recentes aproximam a investigação científica da curiosidade, da observação e das experiências cotidianas. Ainda que elementos da racionalidade científica moderna permaneçam presentes, observa-se uma ampliação das possibilidades de representação do fazer científico. Os episódios analisados revelaram permanências de representações associadas ao progresso tecnológico, à autoridade científica e à genialidade individual, mas também apontaram deslocamentos, que aproximam a ciência da curiosidade, da investigação e das experiências cotidianas.

Nesse sentido, as mídias infantis constituem espaços de disputa epistemológica, contribuindo para a legitimação ou o tensionamento de diferentes formas de conhecimento. Assim, pensar uma educação científica democrática e decolonial

implica refletir criticamente sobre os imaginários científicos, que circulam nessas narrativas e sobre seu papel na formação das crianças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barreto, J. P. L. et al. (2021). Complementaridade e transformação Yepamahsã. *Dantes Editora*, 2021. 18 p. (Série Cadernos Selvagem, 22).
- Batista, C. P., & Carvalho, P. D. P. de. (2021). Reagregando o social: Uma introdução à teoria do ator-rede [Resenha]. *Cronos: Revista da Pós-graduação em Ciências Sociais da UFRN, 22*(2), 121–125.
- Callai, H. C. (2005). Aprendendo a ler o mundo: A geografia nos anos iniciais do ensino fundamental. *Cadernos CEDES, 25*(66), 227–247.
- Carvalho, F. M. de. (2023). Saberes tradicionais e educação ambiental no Brasil: Possibilidades e desafios. *Revista Brasileira de Educação Ambiental, 18*(1), 113–125.
- Carvalho, P. D. de, Leal, R. A., & Dal'Igna, M. C. (2025). Etnografia de tela: Uma metodologia potente para pesquisas em educação. *Revista Amazônida, 10*(1), 19–19.
- Castro-Gómez, S. (2005). *La hybris del punto cero: Ciencia, raza e ilustración en la Nueva Granada (1750–1816)*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Demo, P. (2010). Educação científica. *Boletim Técnico do Senac, 36*(1), 15–25.
- Dos S. P. I.; Peruzzo, C. M. K. O corpo brincante, o brinquedo corpo que fala: desenhos animados, comunicação e imaginário no desenvolvimento infantil. *Comunicação & educação*, v. 25, n. 1, p. 7-17, 2020.
- Dias, I. S., & Correia, S. (2012). Processos de aprendizagem dos 0 aos 3 anos: Contributos do sócio-construtivismo. *Revista Iberoamericana de Educación, 60*(1), 1–11.
- Freire, P. (1980). *Educação como prática da liberdade*. Paz e Terra.
- Freitas, F. M. de, & Dias, M. A. da Silva (2026). Alfabetização científica e letramento científico: Debates conceituais e seus desdobramentos na formação dos sujeitos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.26, e59625.
- Konkiewitz, E. C. (2013). *Aprendizagem, comportamento e emoções na infância e adolescência: Uma visão transdisciplinar*. UFGD.

- Latour, B. (2012). *Reagregando o social: Uma introdução à teoria do ator-rede*. EDUFBA.
- Latour, B. (2017). *A esperança de Pandora*. SciELO-Editora UNESP.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1979). *Laboratory life: The construction of scientific facts*. Sage.
- Mignolo, W. D. (2017). Colonialidade: O lado mais escuro da modernidade. *Revista Brasileira de Ciências Sociais, 32*(94), e329402.
- Pereira, I. dos S., & Peruzzo, C. M. K. (2020). O corpo brincante, o brinquedo corpo que fala: Desenhos animados, comunicação e imaginário no desenvolvimento infantil. *Comunicação & Educação, 25*(1), 7–17.
- Quijano, A. (2000). Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina. In E. Lander (Org.), *La colonialidad del saber: Eurocentrismo y ciencias sociales* (pp. 201–246). CLACSO.
- Santos, W. L. P. dos. (2007). Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: Funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação, 12*(36), 474–492.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. de. (2011). Alfabetização científica: Uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências, 16*(1), 59–77.
- Sousa, V. de. (2024). *Educação ambiental, formação docente, mídias e tecnologias digitais: Uma análise da produção divulgada em periódicos acadêmicos da área de educação (2023/2024)* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia]. Disponivel em : http://orcid.org/0009-0005-7973-1918
- Souza, L. O. de et al. (2022). A aprendizagem enquanto afetação do corpo: Primeiras aproximações ao estudo de práticas de divulgação científica para o público infantil. *Ciência & Educação, 28*, e22043.
- Tristão, M. (2016). Educação ambiental e a descolonização do pensamento. *REMEA – Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, (ed. esp.), 28–49.
- Viana, G. M., Silva, F. A. R., & Gomes, A. D. T. (2021). Uma proposta de ensino "sobre-com" o som para os conteúdos de Ciências no Ensino Fundamental: Uma aprendizagem enquanto um corpo afetado. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática, 12*(4), 1–24.

- Vieira, B. M. (2016). A etnografia como metodologia de análise da política: Dilemas e perspectivas do trabalho de campo. *Revista Magistro, 14*(2), 87-106.
- Walsh, C. E. (2009). *Interculturalidad, Estado, sociedad: Luchas (de)coloniales de nuestra época*. Universidad Andina Simón Bolívar & Abya-Yala.

LA FORMACIÓN DOCENTE UNIVERSITARIA ANTE LA IA: GOBERNANZA CURRICULAR PARA UNA EDUCACIÓN CIENTÍFICA DEMOCRÁTICA

Omayra Janeth Pérez Castro, Universidad de Panamá, Panamá
Bernardo Fernández García, Universidad de Panamá, Panamá
Luis Antonio Marín Díaz, Universidad de Panamá, Panamá
Juan Manuel Rodríguez Cisneros, Universidad de Panamá, Panamá

La incorporación acelerada de tecnologías digitales en la educación superior, especialmente las basadas en inteligencia artificial generativa, capaces de procesar información, reconocer patrones, generar contenidos y asistir en el análisis de datos, está reconfigurando la educación científica. En este escrito, la expresión "inteligencia artificial" (IA) se emplea en un sentido amplio para referirse a herramientas y sistemas computacionales que, mediante distintos grados de automatización y aprendizaje a partir de datos, producen respuestas, representaciones, predicciones o apoyos para la toma de decisiones. Esta transformación no se limita a la disponibilidad de nuevos recursos didácticos, sino que también afecta los criterios mediante los cuales se produce, valida, comunica y evalúa el conocimiento. El objetivo de este escrito es formular una propuesta de gobernanza curricular para integrar la IA en la formación docente universitaria sin desplazar las prácticas que sostienen el aprendizaje científico y la participación democrática. En este escenario, la pregunta central no es si la IA debe permitirse o prohibirse en las aulas universitarias, sino bajo qué criterios curriculares, epistémicos, didácticos, éticos e institucionales puede integrarse para fortalecer la formación científica, sin sustituirla.

Sabemos que la IA puede ampliar las capacidades de búsqueda y organización de información, de análisis de datos, de simulación, modelización, escritura académica y producción de materiales didácticos. Sin embargo, también puede generar respuestas, automatizar procesos intelectuales, debilitar la autonomía del estudiante, reproducir sesgos y aumentar la dependencia tecnológica. El riesgo educativo no solo reside en que la herramienta se equivoque, sino en que se acepte, sin verificar sus supuestos o reconocer sus límites, una respuesta que en apariencia es coherente.

Desde esta perspectiva, la formación docente universitaria enfrenta un desafío de gobernanza curricular. No basta con capacitar a los futuros profesores en el uso de plataformas o aplicaciones. Es necesario formar docentes capaces de decidir cuándo, cómo, para qué y en qué condiciones se justifica el uso de IA en la enseñanza de las Ciencias. La tecnología, por sí sola, no garantiza una educación más rigurosa ni más democrática; su valor depende de la manera en que se articule con la comprensión conceptual, la argumentación, la reflexión crítica, la responsabilidad social, la experimentación y la evaluación de procesos. La IA debe integrarse de manera que preserve las prácticas epistémicas de la educación científica. Estas prácticas permiten pasar de la simple recepción de información a la construcción de conocimiento. Por ello, el criterio de calidad no debe ser la rapidez de la respuesta, sino la posibilidad de justificarla, contrastarla y discutirla.

Para desarrollar este objetivo, la propuesta se organiza en cuatro ejes: el escenario de transformación y riesgo generado por la IA; el fundamento epistemológico que preserva las prácticas científicas irrenunciables; la respuesta curricular orientada a la formación docente universitaria y las condiciones institucionales necesarias para una integración responsable. Desde esta perspectiva, la IA no se asume como una herramienta aislada, sino como parte de una decisión formativa, orientada a preservar la comprensión, la evidencia, la mediación docente y la responsabilidad democrática.

El escrito no pretende ofrecer una teoría general de la IA en educación. Su contribución consiste en articular criterios epistémicos, didácticos, éticos e institucionales, tomando la matriz galileana como referencia, para preservar prácticas científicas irrenunciables: preguntar, observar, medir, modelizar, verificar, argumentar y comunicar conclusiones con evidencias.

Para desarrollar el fundamento epistemológico de esta tesis, se utiliza a Galileo Galilei como referente conceptual. Su valor de referente no reside solo en los resultados que obtuvo, sino en la forma de trabajo que representa. Es una matriz epistémica para comprender, validar y comunicar explicaciones científicas en contextos formativos. Esta aproximación articula dos lecturas clásicas y complementarias, una que enfatiza la práctica científica concreta de Galileo (Drake, 1978), y la segunda que destaca la transformación conceptual que condujo a la Ciencia moderna (Koyré, 1939/1978).

Galileo se presenta como ejemplo histórico de una relación activa entre el ser humano, los instrumentos y el conocimiento. Su práctica muestra que una herramienta adquiere valor formativo cuando amplía la observación, la medición, el registro y la argumentación, sin sustituir la interpretación ni la responsabilidad intelectual.

Se plantea que construir conocimiento científico no solo implica producir descubrimientos originales, sino también favorecer que los estudiantes aprendan Ciencia al reconstruir, organizar, justificar y contrastar explicaciones sobre los fenómenos. La matriz galileana no se entiende como una secuencia de pasos, sino como un marco que articula observación sistemática, control de variables, uso crítico de instrumentos, medición, registro riguroso, modelización matemática y argumentación con evidencias. Este enfoque coincide con estudios sobre aprendizaje que destacan la interacción entre conocimientos previos, contexto, cultura y experiencias significativas (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2018), y con la enseñanza de las Ciencias basada en prácticas científicas y epistémicas (Kelly & Licona, 2018; National Research Council, 2012).

Así, la matriz epistémica galileana no exige que el estudiante actúe como investigador profesional, sino que ofrece una referencia para comprender lo que cuenta como evidencia, cómo se justifica una explicación, cómo se contrastan los resultados y qué papel cumplen la razón, la experiencia y la medición, en el aprendizaje científico. En una sociedad mediada por herramientas digitales esta matriz permite formular una pregunta curricular sobre si la IA fortalece las habilidades científicas o reduce la formación a la producción automática de respuestas. En este sentido, la IA debe contribuir a fortalecer la capacidad de aprender a aprender, no a sustituir los procesos de comprensión, juicio y construcción de conocimiento.

Por otro lado, la IA plantea un problema democrático porque modifica la relación entre información, evidencia, autoridad y juicio. El estudiante puede recibir una respuesta en apariencia correcta, sin haber participado activamente en el proceso que la produce ni haber comprendido los criterios que la sostienen. En la educación científica, esta situación es delicada porque la Ciencia exige justificar cómo se producen resultados, en qué condiciones son válidos y cómo se contrastan con datos o modelos. Cuando una respuesta se acepta sin ese examen, la formación científica se reduce a la entrega de productos terminados y

pierde su función de desarrollar comprensión, criterio y responsabilidad intelectual.

Este problema tiene una dimensión epistémico-cívica. Una democracia requiere personas capaces de evaluar afirmaciones con base en evidencias, detectar sesgos y participar en deliberaciones públicas sobre asuntos sociotécnicos. Desde la perspectiva de la acción comunicativa, la deliberación democrática exige que las afirmaciones puedan justificarse públicamente, someterse a examen crítico y discutirse mediante argumentos fundamentados (Habermas, 1984).

También existe una dimensión institucional. La integración de la IA requiere acceso, infraestructura, formación docente, normas de uso, protección de datos y criterios de evaluación. Una incorporación indiscriminada puede ampliar desigualdades y otorgar ventajas formativas a quienes disponen de mejores recursos tecnológicos.

Frente a estos riesgos, la mediación docente resulta indispensable. El profesor universitario no es un simple administrador de plataformas ni un vigilante del uso indebido de la IA; por el contrario, su tarea consiste en diseñar situaciones de aprendizaje donde la tecnología se integre con propósitos formativos claros. Esta mediación exige dominio disciplinar, comprensión didáctica, criterio epistemológico y sensibilidad ética.

En la formación de docentes, dicha mediación adquiere especial relevancia porque los futuros profesores no solo deben aprender contenidos científicos, sino comprender cómo se construye, se valida y se comunica el conocimiento. Para ejercerla, necesitan dominar la estructura conceptual de la Ciencia que enseñan. Solo quien comprende los modelos científicos y los fenómenos que estos explican puede decidir, con fundamento, cuándo una herramienta de IA ayuda a aprender y cuándo se convierte en un instrumento que empobrece la comprensión.

La gobernanza curricular puede comprenderse como el conjunto de decisiones, criterios, normas y orientaciones que regulan lo que se enseña, la manera en que se enseña, lo que se evalúa, los recursos utilizados, las condiciones de uso y la finalidad formativa. Aplicada a la IA, no se limita a autorizar o prohibir herramientas. Supone establecer principios que orienten su integración, para que contribuya a una formación científica y democrática. La pregunta no es solamente si esta herramienta produce respuestas correctas, sino si contribuye a fortalecer las capacidades que la educación científica debe desarrollar en los individuos.

La gobernanza curricular de la IA no solo debe regular usos aceptables o no aceptables; también debe prevenir la acumulación de deuda cognitiva. Watts (2025) utiliza este concepto para referirse a la pérdida progresiva de oportunidades de ejercitar el razonamiento, la argumentación, la verificación y el juicio crítico cuando las tareas intelectuales se delegan de manera acrítica en sistemas automáticos. Desde una revisión sistemática, Zhai et al. (2024) amplían esta preocupación al advertir que la dependencia excesiva de sistemas de diálogo con IA puede afectar el pensamiento crítico, el razonamiento analítico y la toma de decisiones. Kosmyna et al. (2025) aportan evidencia experimental preliminar, en una tarea de escritura de ensayos, sobre posibles costos cognitivos del uso de un asistente de IA; por su alcance, los resultados no deben generalizarse a toda situación educativa. En conjunto, estas posiciones refuerzan la necesidad de definir qué procesos puede apoyar la IA y cuáles deben permanecer bajo la responsabilidad del estudiante.

En este punto, Galileo ofrece una referencia histórica para comprender una relación formativa con la tecnología. Su práctica científica puede interpretarse como un ejemplo de baja deuda cognitiva, no como una condición psicológica individual, sino como una relación activa con los instrumentos. Galileo no subordinó su pensamiento al aparato; por el contrario, convirtió el telescopio, el plano inclinado y otros dispositivos en extensiones de sus sentidos y de su razonamiento. Estos instrumentos ampliaban su capacidad de observar, registrar, comparar, formular preguntas y construir explicaciones, pero no reemplazaban la interpretación ni la responsabilidad intelectual. Su caso permite reconocer capacidades humanas que han estado presentes en distintos momentos del desarrollo científico, como la observación rigurosa, el control de condiciones, el análisis de evidencias, la comunicación de resultados y la confrontación de explicaciones establecidas. La matriz galileana representa, por tanto, una relación con el conocimiento y la tecnología en la que las herramientas cambian, pero la comprensión científica sigue dependiendo de capacidades humanas que deben ejercitarse y fortalecerse.

Esta perspectiva permite valorar la IA con un criterio curricular. Si su uso reduce la capacidad de justificar, verificar y debatir, empobrece la formación; si amplía la capacidad de medir, contrastar, explicar y deliberar, contribuye a una educación científica democrática.

La matriz galileana puede formularse como un conjunto de principios curriculares para orientar el uso de la IA en la educación científica, entre los que se encuentran la observación sistemática, la medición, el control de variables, el registro y la trazabilidad, la relación entre modelo y experiencia y la argumentación basada en evidencias. Estos principios recuerdan que aprender ciencia no consiste simplemente en aceptar resultados. En contextos mediados por IA, esto exige examinar qué información fue considerada, qué supuestos se utilizaron, qué sesgos pueden estar presentes, qué datos o unidades sostienen la respuesta y cuáles son sus límites de validez.

Desde esta perspectiva, la IA puede apoyar el análisis, la organización de datos, la visualización de relaciones complejas y la ampliación de posibilidades de exploración; sin embargo, no debe sustituir el ciclo epistémico de pregunta, diseño, medición, análisis, discusión y validación.

Si Habermas (1984) pone el acento en la posibilidad de justificar públicamente las afirmaciones, Fricker (2007) advierte que no todas las personas participan en esa deliberación con el mismo reconocimiento o credibilidad. La justicia epistémica obliga, por ello, a preguntar quién es reconocido como sujeto capaz de conocer, interpretar y participar en la construcción de sentido. Si la IA se integra sin atender las condiciones materiales y culturales de acceso, puede profundizar desigualdades. La equidad tecnológica no consiste solo en permitir herramientas, sino en garantizar condiciones razonables para que todos puedan participar de manera justa.

Sobre esta base se proponen algunos criterios de gobernanza curricular para integrar IA en la formación docente universitaria. El primero es el rigor epistémico verificable. En educación científica, un resultado no debe aceptarse únicamente porque esté bien redactado o parezca coherente. Debe someterse a criterios de validación que permitan distinguir entre apariencia explicativa y comprensión fundamentada.

Este primer criterio, el rigor epistémico verificable, desplaza el foco desde el producto automático hacia el proceso de construcción del conocimiento. El estudiante debe precisar qué fenómeno se estudia, qué modelo se utiliza, qué variables intervienen, qué datos sustentan la respuesta, qué supuestos podrían fallar, cómo puede contrastarse el resultado y qué interpretación física o científica tiene. En la formación docente, esto es fundamental porque el futuro

profesor debe aprender a diseñar actividades donde la IA no cierre la discusión, sino que abra procesos de análisis, corrección y justificación.

El segundo criterio es la trazabilidad de evidencias y decisiones. La trazabilidad consiste en hacer visible el camino seguido para producir un resultado. Permite evaluar no solo qué se obtuvo, sino cómo se obtuvo. En actividades con IA, la trazabilidad debe incluir la pregunta inicial, los datos o fuentes utilizadas, las instrucciones dadas a la herramienta, las transformaciones realizadas, las verificaciones aplicadas y la versión final justificada. Esta exigencia fortalece la responsabilidad intelectual del estudiante, porque no basta con declarar que una herramienta generó una respuesta; quien la presenta debe explicar por qué la acepta, qué modificó y qué límites reconoce.

La trazabilidad tiene además una dimensión democrática. En la deliberación pública, las afirmaciones deben poder examinarse. Cuando una decisión se apoya en datos, modelos o algoritmos opacos, se reduce la posibilidad de discusión informada. Formar en trazabilidad significa enseñar a mostrar razones, evidencias y procedimientos. La IA puede utilizarse para explorar alternativas, organizar datos o formular borradores, pero el proceso debe quedar documentado, para que pueda ser evaluado, discutido y mejorado.

El tercer criterio es la complementariedad entre teoría, experimento y cómputo. La IA debe integrarse como parte de un ciclo epistémico más amplio. En educación científica, la simulación, el análisis computacional y la IA tienen valor cuando permiten explorar hipótesis, comparar modelos, visualizar relaciones o procesar datos; su sentido formativo depende de que el estudiante interprete los resultados y los contraste con la teoría y la experiencia.

El cuarto criterio es la centralidad de la mediación docente. La enseñanza no es delegable a máquinas. La mediación docente sostiene el propósito formativo, el contexto, la secuencia didáctica, la discusión, la identificación de dificultades y la evaluación de procesos. Sin esta mediación, la IA puede convertirse en un atajo cognitivo centrado en la producción rápida de respuestas. El docente debe ayudar a distinguir información de conocimiento, respuesta de explicación, cálculo de interpretación, simulación de fenómeno y resultado de evidencia.

Formar profesores capaces de gobernar didácticamente estas herramientas implica enseñarles a decidir cuándo usar IA para explorar ideas, cuándo limitarla para proteger procesos de pensamiento, cuándo pedir evidencia del uso realizado y cómo transformar una respuesta automática en objeto de discusión. En este

sentido, la mediación docente no se opone a la tecnología; le da una finalidad formativa.

El quinto criterio es la ética ampliada. La ética de la IA, en educación científica, no se limita al plagio o a la integridad académica. Incluye privacidad, transparencia, sostenibilidad ambiental, equidad de acceso, responsabilidad en el uso de datos y consecuencias sociales de las tecnologías. Muchas herramientas procesan información personal, producciones académicas o datos de interacción. La gobernanza curricular debe hacer visibles estos problemas y convertirlos en parte de la formación científica.

La ética ampliada también exige analizar qué relación con el conocimiento promueve la herramienta. Una IA usada para producir respuestas sin reflexión puede debilitar la responsabilidad epistémica; usada críticamente, puede fortalecer la capacidad de evaluar información, reconocer límites, discutir sesgos y deliberar sobre problemas contemporáneos. Por ello, la formación docente debe incluir análisis de casos, revisión de políticas institucionales, discusión sobre uso de datos y reflexión sobre el impacto social y ambiental de las infraestructuras digitales.

El sexto criterio es la evaluación alineada con prácticas democráticas. Cuando la evaluación se concentra solo en el producto final, pierde de vista el proceso de razonamiento que debe sostenerlo. Una evaluación democrática no consiste en reducir exigencias, sino en hacer explícitos los criterios mediante los cuales una afirmación se considera válida. El estudiante debe explicar sus decisiones, comparar alternativas, reconocer incertidumbres y defender sus conclusiones con evidencias.

En términos prácticos, una actividad mediada por IA debería solicitar evidencias del proceso, como la pregunta inicial, los datos usados, las instrucciones formuladas, las respuestas obtenidas, los contrastes realizados, las correcciones aplicadas, las decisiones tomadas y la reflexión final. También se puede pedir que el estudiante indique qué parte del trabajo fue apoyada por IA y qué parte corresponde a su propia interpretación.

Desde una perspectiva normativa, las guías internacionales sobre IA generativa en educación superior insisten en que estas tecnologías requieren regulación, protección de datos, formación docente, transparencia, equidad y validación humana (Miao & Holmes, 2023; OECD, 2025). El enfoque centrado en el ser humano que proponen resulta coherente con la tesis de que la integración de IA

debe subordinarse a finalidades formativas, criterios de verificación y responsabilidad académica.

Mientras estas guías establecen principios de regulación, las investigaciones sobre modelos generativos muestran una tensión educativa relevante. Por un lado, estas herramientas pueden apoyar la retroalimentación, la exploración conceptual, la comparación de explicaciones y la organización inicial de información. Por otro lado, pueden favorecer dependencia, superficialidad, homogeneización de respuestas y debilitamiento de la autoría intelectual si se usan sin criterios (Kasneci et al., 2023; Tlili et al., 2023). Esta tensión confirma que la pregunta curricular no es tecnológica, sino formativa. Lo decisivo no es la presencia de IA en el aula, sino el tipo de relación con el conocimiento que el currículo promueve mediante su uso.

Una forma concreta de aplicar estos criterios puede desarrollarse en una asignatura de Física General, al analizar la caída libre mediante una pregunta clásica: si dos cuerpos de distinta masa caen desde la misma altura, ¿cuál llega primero al suelo? Antes de utilizar IA, los estudiantes elaboran una explicación e identifican las variables relevantes; luego consultan la IA y examinan su respuesta para verificar si distingue entre masa y peso, si considera la resistencia del aire, si diferencia una situación ideal de una real y si reconoce límites de validez. Posteriormente, realizan una experiencia sencilla para registrar datos de posición y tiempo, mientras la IA puede apoyar la organización de datos, la representación gráfica o el reconocimiento de tendencias, sin sustituir la responsabilidad del estudiante. El producto final debe incluir una breve bitácora de trazabilidad con la pregunta inicial, la explicación previa, la consulta realizada, los aciertos y errores detectados, los datos usados, el modelo seleccionado, las verificaciones aplicadas y la conclusión corregida; de este modo, la IA se integra como mediación para hacer visible el pensamiento, fortalecer la comprensión científica y mantener el sentido de la matriz galileana.

La gobernanza curricular permite ordenar esa ecología al definir qué actividades requieren trabajo individual sin asistencia, cuáles admiten apoyo parcial, cuáles pueden beneficiarse de revisión automatizada y qué evidencias deben acompañar el producto final. En ciencias experimentales, comprender un fenómeno es un proceso que implica desde relacionar magnitudes hasta establecer un vínculo entre los resultados y el modelo físico. Por ello, las actividades mediadas por IA deben exigir que el estudiante conecte la respuesta generada con datos,

representaciones y decisiones explícitas. En la formación docente, este enfoque permite que el futuro profesor aprenda a diseñar situaciones donde la tecnología no oculte las dificultades de aprendizaje, sino que las haga visibles y las convierta en oportunidades.

Desde el punto de vista curricular, esta posición exige coherencia entre objetivos, actividades, evaluación y comunicación de normas. No tendría sentido declarar que se busca pensamiento crítico si las tareas solo solicitan productos finales que pueden ser generados automáticamente, ni promover autonomía si no se enseña a verificar, comparar y justificar. Por ello, la integración responsable de IA requiere que cada actividad precise qué capacidad se pretende desarrollar, qué papel desempeña la herramienta, qué evidencias del proceso se solicitarán y qué criterios permitirán valorar el aprendizaje. Esta coherencia también debe expresarse en reglas claras y formativas, donde los estudiantes sepan qué usos de IA están permitidos, cuáles deben declararse, qué partes del proceso deben documentarse y qué acciones exceden el apoyo permitido. Cuando estas condiciones no son explícitas, se produce incertidumbre y el problema se desplaza hacia la sanción; en cambio, cuando las normas son claras, la gobernanza curricular se convierte en una práctica concreta de diseño didáctico y la IA puede integrarse como una oportunidad para aprender responsabilidad académica.

En la educación científica, la responsabilidad académica incluye reconocer que todo resultado tiene condiciones de validez. Una respuesta sobre un fenómeno físico, químico, biológico o ambiental no es aceptable solo por estar bien escrita. Debe poder vincularse con un modelo, con datos, con supuestos y con criterios de contraste. La IA puede ayudar a formular una explicación inicial, pero el estudiante debe demostrar que comprende por qué esa explicación es pertinente, qué simplificaciones contiene y qué evidencia permitiría sostenerla o modificarla. Allí se encuentra el núcleo formativo de la propuesta.

Estos criterios requieren condiciones institucionales, pues no pueden depender exclusivamente de la voluntad del profesor. La universidad debe establecer políticas, recursos y procesos de acompañamiento que hagan posible una integración responsable de la IA, en la educación científica (OECD, 2025). La primera condición es una política de equidad tecnológica. Si una actividad exige el uso de herramientas de IA, la institución debe garantizar acceso razonable,

apoyo técnico o alternativas equivalentes; de lo contrario, la evaluación puede medir disponibilidad tecnológica y no aprendizaje.

La segunda condición es una regulación didáctica del uso de IA. La universidad necesita acuerdos claros sobre usos aceptables, usos restringidos, declaración de herramientas, protección de datos y criterios de evaluación. Esta regulación debe orientar el aprendizaje y distinguir entre usar IA para explorar ideas, organizar información o revisar estilo, y usarla para sustituir procesos de comprensión, análisis o producción propia.

La tercera condición es la formación docente como política estratégica. La gobernanza curricular exige preparar profesores capaces de articular capacidades y límites de la IA, criterios didácticos de integración, fundamentos epistemológicos de la Ciencia y reflexión ética sobre datos, sesgos, equidad, sostenibilidad y responsabilidad social. En esta línea, el marco de competencias en IA para docentes destaca una formación centrada en el ser humano, la ética, los fundamentos de IA, su uso didáctico y el aprendizaje profesional continuo (Miao & Cukurova, 2024).

La incorporación de IA no debe conducir a una reducción de exigencia. Si la IA puede producir respuestas, la enseñanza debe pedir mejores preguntas, mejores justificaciones, mejores contrastes y mejores interpretaciones; si puede organizar información, el estudiante debe demostrar que sabe jerarquizarla y evaluarla; si puede sugerir un modelo, debe explicar sus condiciones de validez; y si puede redactar una conclusión, debe evidenciar que comprende la información y los argumentos que la sostienen. Esta exigencia hace visible que no basta con saber usar una herramienta, sino que es necesario convertir su uso en una experiencia formativa. Por ello, la formación docente debe fortalecer la capacidad de formular problemas, interpretar datos y diseñar mediaciones, porque la calidad de una investigación o de una actividad didáctica depende de la pertinencia de las preguntas, del análisis de la evidencia, del modelo utilizado, del contexto, del reconocimiento del error y del juicio humano. En consecuencia, la evaluación debe centrarse en los procesos de pensamiento que sostienen el producto final, y no únicamente en la calidad formal de la respuesta obtenida.

Una educación científica democrática no se limita a enseñar Ciencia para quienes serán científicos; busca formar personas capaces de comprender el papel social de la Ciencia, evaluar información, participar en debates públicos y tomar decisiones responsables. En este marco, la adopción de la IA en los procesos de

formación debe pensarse a partir de una pregunta formativa central, que consiste en determinar si su integración contribuye al desarrollo de sujetos capaces de deliberar, comprender y actuar con fundamento, o si únicamente aumenta la eficiencia de la producción académica. La respuesta depende de la gobernanza curricular que oriente su uso. Sin criterios, la IA puede reforzar mecanización, dependencia, desigualdad y opacidad; con mediación docente, rigor epistémico, trazabilidad, ética y equidad, puede ampliar las posibilidades de la educación científica.

En conclusión, la inteligencia artificial está reconfigurando la educación superior y, en particular, la educación científica. Su incorporación ofrece posibilidades para analizar datos, simular fenómenos, organizar información y producir recursos didácticos; pero también puede sustituir el razonamiento, debilitar la comprensión, reproducir sesgos, ocultar procesos y ampliar desigualdades.

Frente a este escenario, la formación docente universitaria requiere una gobernanza curricular explícita, sustentada en rigor epistémico, mediación docente, trazabilidad, ética y equidad. La matriz galileana ofrece un criterio pertinente para esta tarea al concebir el conocimiento científico como un proceso de construcción que requiere de observación sistemática, medición, control de variables, registro, experimentación, modelización y argumentación con evidencias. En un mundo con IA, estas prácticas siguen siendo irrenunciables.

La tecnología adquiere valor formativo cuando fortalece la comprensión, la verificación y la responsabilidad; pero lo pierde cuando desplaza el juicio humano que sostiene el conocimiento. Por ello, la universidad no debe formar usuarios subordinados a sistemas automáticos, sino sujetos capaces de comprenderlos, cuestionarlos, utilizarlos responsablemente y orientarlos hacia el bienestar colectivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Drake, S. (1978). *Galileo at work: His scientific biography*. University of Chicago Press.
- Fricker, M. (2007). *Epistemic injustice: Power and the ethics of knowing*. Oxford University Press.
- Habermas, J. (1984). *The theory of communicative action: Vol. 1. Reason and the rationalization of society* (T. McCarthy, Trad.). Beacon Press. (Trabajo original publicado en 1981).

- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., Stadler, M., Weller, J., Kuhn, J., & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences, 103*, 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274
- Kelly, G. J., & Licona, P. (2018). Epistemic practices and science education. En M. R. Matthews (Ed.), *History, philosophy and science teaching: New perspectives* (pp. 139–165). Springer.
- Kosmyna, N., Hauptmann, E., Yuan, Y. T., Situ, J., Liao, X.-H., Beresnitzky, A. V., Braunstein, I., & Maes, P. (2025). *Your brain on ChatGPT: Accumulation of cognitive debt when using an AI assistant for essay writing task* [Preprint]. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.08872
- Koyré, A. (1978). *Galileo studies* (J. Mepham, Trad.). Harvester Press. (Trabajo original publicado en 1939).
- Miao, F., & Cukurova, M. (2024). *AI competency framework for teachers*. UNESCO. https://doi.org/10.54675/ZJTE2084
- Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2018). *How people learn II: Learners, contexts, and cultures*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/24783
- National Research Council. (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13165
- OECD. (2025). *AI adoption in the education system: International insights and policy considerations for Italy*. OECD Publishing.
- Tlili, A., Shehata, B., Adarkwah, M. A., Bozkurt, A., Hickey, D. T., Huang, R., & Agyemang, B. (2023). What if the devil is my guardian angel: ChatGPT as a case study of using chatbots in education. *Smart Learning Environments, 10*, Article 15. https://doi.org/10.1186/s40561-023-00237-x
- Watts, K. J. (2025). Paying the cognitive debt: An experiential learning framework for integrating AI in social work education. *Education Sciences, 15*(10), 1304. https://doi.org/10.3390/educsci15101304

– Zhai, C., Wibowo, S., & Li, L. D. (2024). The effects of over-reliance on AI dialogue systems on students' cognitive abilities: A systematic review. *Smart Learning Environments, 11*, Article 28. https://doi.org/10.1186/s40561-024-00316-7

CIÊNCIA PARA QUEM? INCLUSÃO, RELAÇÕES ÉTNICO-RACIAIS E OS LIMITES NO CURRÍCULO ESCOLAR

Matheus de Lima Rufino, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
Eduarda Viera de Souza, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
Alessandro Cury Soares, Universidade Federal de Pelotas, Brasil
Bruno dos Santos Pastoriza, Universidade Federal de Pelotas, Brasil

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país marcado pela pluralidade cultural, resultante do processo de colonização, que deixou marcas históricas e culturais (Silva, Ribeiro, & Brum, 2018). Contudo, as marcas deixadas pela colonização estão relacionadas a um processo de supremacia de valores que construiu de forma imagética uma ideia de sujeito pautada em aspectos físicos, intelectuais, fenotípicos e religiosos (Silva, Ribeiro, & Brum, 2018). Essas percepções históricas não se restringem ao passado, mas continuam a influenciar as formas de organização social e institucional, incluindo o campo educacional.

A persistência de desigualdades no contexto escolar evidencia limites organizacionais, curriculares e de abordagens pedagógicas que não consideram a diversidade de sujeitos, modos de aprender e marcadores sociais que atravessam a educação, assim como outras áreas da comunidade. No Ensino de Química e Ciências, área de trabalho dos autores, essas questões se manifestam tanto na utilização de práticas pouco acessíveis quanto na invisibilização de dimensões históricas e culturais, especialmente aquelas relacionadas às questões étnico-raciais.

Diante disso, este capítulo propõe uma reflexão em favor da articulação entre o campo da Educação Inclusiva e da diversidade, consideradas a partir da abordagem do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA), com o campo das relações étnico-raciais, tomando como referência o contexto educacional brasileiro.

Isso posto, este trabalho se insere em uma perspectiva de promoção de uma educação inclusiva, antirracista e da busca pela superação de abordagens fragmentadas. Nesta vertente, o DUA é mobilizado como uma perspectiva teórico-metodológica que orienta o planejamento de práticas pedagógicas

acessíveis desde sua concepção, propondo múltiplas formas de engajamento, representação e ação e expressão (Zerbato & Mendes, 2021). E ao deslocar o foco das "dificuldades" dos estudantes para as barreiras presentes no ensino e no currículo, o DUA contribui para a construção de ambientes educacionais mais inclusivos e atentos à heterogeneidade dos sujeitos (Zerbato & Mendes, 2021). Contudo, há de se considerar que a sua utilização, de forma isolada - sem considerar as características que constituem o perfil de estudantes, pode não dar conta das dimensões históricas, culturais e raciais que estruturam as desigualdades educacionais.

Nesse sentido, objetivo desta proposta é refletir sobre como o Ensino de Química e Ciências pode contribuir para a construção de uma escola inclusiva e antirracista, a partir da valorização da diversidade humana e dos saberes historicamente marginalizados.

Como eixo integrador dessa proposta, utiliza-se o contexto cultural e histórico, que convida à revisão crítica do que ensinamos, para quem ensinamos e de que forma reconhecemos (ou ignoramos) os sujeitos que compõem nossas salas de aula. Trata-se de um movimento necessário para que a escola deixe de reproduzir desigualdades e passe a promover experiências formativas que garantam a todos os estudantes o direito de aprender, participar e se reconhecer no espaço educativo.

MARCAS DA COLONIZAÇÃO E DA EXCLUSÃO NO CAMPO EDUCACIONAL

Embora não seja o foco deste capítulo discutir de forma aprofundada as marcas da colonização e seus reflexos no campo educacional, busca-se apresentar um breve recorte que permita compreender como esse processo histórico se relaciona com a Educação.

Ao abordar a história do Brasil, é importante destacar que o país não foi descoberto pelos portugueses ou, mais especificamente, por Pedro Álvares Cabral, embora essa concepção de senso comum ainda seja reproduzida em espaços escolares. Considerando que o território que hoje conhecemos como Brasil já era habitado por diversos povos indígenas antes da chegada dos europeus, não se pode falar propriamente em descobrimento. Contudo, o dia 22 de abril de 1500 marca o início de um processo histórico que, durante muito tempo, foi denominado de "descobrimento do Brasil". Mais do que representar a chegada dos portugueses ao território, essa data simboliza o início de séculos de

exploração, dominação e violência contra os povos originários, bem como, posteriormente, contra as populações africanas trazidas à força para o país por meio do sistema escravocrata. As consequências desse processo ultrapassam o período colonial, deixando marcas profundas na constituição da sociedade brasileira, especialmente no que se refere às desigualdades sociais, raciais e educacionais.

Essas marcas contribuíram para a constituição de uma nova organização social fundamentada na hierarquização dos sujeitos e de suas culturas (Araújo, 2019). Assim, os grupos que não se enquadravam nos padrões de corpo, normalidade e produtividade difundidos pela colonização foram frequentemente marginalizados e excluídos, como os povos indígenas, as pessoas com deficiência e a população negra.

No caso da população negra, esse processo a posicionou historicamente em uma condição de inferioridade em relação aos europeus, tendo seus saberes, práticas culturais e expressões religiosas sistematicamente desqualificados. Um exemplo desse processo pode ser observado nas religiões de matriz africana, cujas práticas são, ainda atualmente, frequentemente associadas a concepções negativas e demonizadas pela lógica cristã colonial e neopentecostal. Essa perspectiva contribui para a perpetuação de processos de discriminação, exclusão e silenciamento dessas manifestações culturais e religiosas (Torres; Martins, 2021).

Por sua vez, a condição de inferiorização atribuída às pessoas com deficiência também pode ser compreendida a partir de elementos relacionados ao processo de colonização. Nesse sentido, ressaltamos a ideia de Ribeiro (2025, p. 1), que afirma que "a marginalização de pessoas com deficiência reflete estruturas opressivas de uma sociedade colonial e capacitista, na qual narrativas hegemônicas silenciam subjetividades e reforçam exclusões". Assim, embora a exclusão das pessoas com deficiência não tenha se originado com a colonização, as concepções de corpo, normalidade e produtividade difundidas pela lógica colonial contribuíram para intensificar a marginalização desse grupo, reforçando processos de invisibilização e exclusão social (Garé & Mascia, 2017).

Essas estruturas de opressão e de invisibilização mencionados acima, não se limitam às macroestruturas sociais, mas podem encontrar no cotidiano escolar um espaço privilegiado para sua reprodução. Nesse contexto, a exclusão educacional no Brasil pode reproduzir uma continuidade das marcas coloniais,

materializando-se em mecanismos que agem de forma silenciosa, mas não imperceptível, no interior das instituições e acabam contribuindo para a disseminação de uma cultura de exclusão de sujeitos cujos perfis de especificidades, saberes, condições econômicas, etc, divergem de um padrão hegemônico. Muito embora as políticas públicas tenham por função garantir a todos o direito de acesso às instituições, as barreiras vão além desse fator, pois se manifestam nas dimensões de permanência e participação, atingindo principalmente grupos cujas trajetórias são frequentemente deslegitimadas, como é o caso de estudantes com deficiência, negros, indígenas e em situação de vulnerabilidade social.

Nessa perspectiva, as contribuições de Bourdieu (2007) mostram-se fundamentais para evidenciar a maneira como as instituições de Educação, a partir de um discurso de neutralidade, funcionam como um mecanismo de reprodução dessas desigualdades sociais. De acordo com o autor, existe um "capital cultural" exigido pelos sistemas de ensino que requer um conjunto de conhecimentos, linguagens e comportamento, que é atribuído de maneira desigual conforme a origem social e raciais. Assim, tratar esses espaços comuns como espaços homogêneos, quando as condições sociais, culturais, cognitivas, econômicas e sensoriais são distintas, faz com que essas diferenças impactem de forma negativa no desempenho e aprendizado dos sujeitos envolvidos.

No contexto brasileiro, onde os processos de inclusão e de reconhecimento da diversidade, evidentemente, ainda caminham a passos lentos, esse processo de exclusão se intensifica, pois acaba impondo aos estudantes marginalizados a necessidade de negar ou menosprezar suas identidades para se adequar ou, de alguma forma, pertencer a um espaço que força uma homogeneidade. No contexto brasileiro, Reis (2022) considera que, no âmbito da Ciência, essa exclusão é compreendida como a manifestação da colonialidade do saber, em que a hegemonia de uma epistemologia eurocêntrica desvaloriza e invisibiliza saberes marginalizados. Ou seja, no Ensino de Química e Ciências, por exemplo, a produção científica aparece em alguns momentos como se fosse única e exclusivamente da racionalidade europeia, branca e masculina, o que perpetua a ideia de monocultura do saber.

Nesse sentido, ao omitir experiencias e saberes de alguns grupos da população e negligenciar diferentes ritmos e estilos no processo de aprender, a escola pode acabar perpetuando uma ideia equivocada de que alguns conhecimentos e/ou

algumas formas de aprender são superiores a outras e que, portanto, são considerados irrelevantes ou inexistentes para o processo educativo.
É nesse sentido que a exclusão no âmbito educacional não pode e não deve ser interpretada como uma falha pontual do sistema, mas como um ato de silenciamento, articulado a questões de preconceito e capacitismo estrutural. Arroyo (2011), ao se referir a essas discussões, diz que os sujeitos historicamente excluídos, são, sobretudo, sujeitos de direitos e que, ao terem acesso e ocuparem espaços nas instituições educacionais, devem provocar um mecanismo de transformação e de revisão dos seus currículos, práticas, espaços físicos e valores. Superar essa cultura de exclusão exige, portanto, a construção de uma pedagogia atenta e que reconheça a diversidade como um fator resultante da condição humana.

EDUCAÇÃO INCLUSIVA E RELAÇÕES ÉTNICO-RACIAIS: ENTRELAÇAMENTOS NECESSÁRIOS

Construir um espaço educacional democrático - no qual a comunidade que o compõe participe ativamente e que se manifeste na promoção da autonomia - exige que os processos educativos e toda a organização deste espaço (físico e documental) sejam pensados a partir da sua diversidade. Isso envolve pensar tanto as especificidades no processo de aprender, quanto nas diferenças sociais, culturais e étnico-raciais, de modo que se reconheçam que as barreiras que se instituem nesses espaços não são isoladas, mas oriundas de múltiplas dimensões de exclusão. Para dar conta de compreender essa dinâmica, um dos pontos fundamentais é analisar as políticas públicas que envolvem o âmbito educacional – como a Educação Especial na perspectiva inclusiva – e as pautas referentes às relações étnico-raciais, onde ambos convergem para um objetivo comum, o de garantir o direito à educação de qualidade para todos de forma equitativa. É neste sentido que esta seção se dedica a discorrer sobre os principais conceitos envolvidos no campo da Educação em uma perspectiva inclusiva e das Relações Étnico-Raciais, bem como do entrelaçamento de ambos, necessário para a superação das desigualdades históricas no campo da Educação em Ciências.

Educação Inclusiva

Esta subseção compõe este trabalho como uma forma de situar umas das grandes áreas que orientam as discussões deste estudo – a Educação Inclusiva. Para isso, entende-se ser valioso pensá-la primeiramente a partir de dois pontos

fundamentais: a Educação e a Inclusão. Do ponto de vista dos autores e autora, a Educação, no seu sentido mais amplo, constitui-se a partir de um processo no qual o ser humano está no centro das relações, e está mediado por uma perspectiva inteiramente social e cultural, que permite ao sujeito situar-se no mundo e compreendê-lo criticamente. Esse entendimento, se alinha ao que evidência Libâneo (2013), de que a Educação é, sobretudo, uma prática social que visa à formação humana e que garante que os saberes que vêm sendo produzidos ao longo do tempo, sejam mediados e transformados em cada nova geração. Nesse cenário o ato educativo vai além das instruções técnicas, mas se faz de um encontro com a pluralidade dos sujeitos e das suas trajetórias. É, portanto, um movimento de criar meios para o desenvolvimento humano a partir das suas especificidades.

A inclusão, nessa linha, não se apresenta como algo inteiramente distinto, pois nessa perspectiva social que a educação reforça, incluir se constitui de uma resposta ética e política das barreiras historicamente impostas na sociedade, advindas da diversidade dos sujeitos. Nesse viés, a inclusão constitui-se como uma ação política contínua e em constante transformação, tanto das estruturas sociais e quanto pedagógicas que produzem o silenciamento e a invisibilidade. Ela está diretamente associada ao perfil pessoal de cada sujeito, sob os quais se constituirá um grupo, um espaço, uma sociedade – do encontro dessas individualidades e diferenças.

Para Fonseca (2014, p. 32), a ação de incluir está intimamente ligada à denúncia das exclusões, pois "se buscamos a inclusão, é porque existem exclusões de toda ordem, que abrangem questões étnicas, culturais, de gênero, dentre outras". Assim, em um contexto educacional, incluir se refere a um movimento de participação humana que demanda a revisão constante das práticas institucionais, de modo a garantir que o direito à educação seja vivenciado em condições de equidade. É nesse sentido que, para Mantoan (2003), o desafio do espaço comum em ser tornado inclusivo está na dificuldade de se reinventar para que a diferença deixe de ser um fator de exclusão e passe a impulsionar o planejamento desses espaços.

O ponto de intersecção entre o processo educativo e o ato de incluir resulta, portanto, em uma perspectiva de Educação Inclusiva que recusa a padronização e atende a diferença. Ainda nas palavras de Mantoan (2003), a inclusão exige que a escola passe por uma mudança de paradigma e que desloque o foco das

limitações dos sujeitos para a remoção das barreiras presentes, seja nos espaços físicos, no currículo, nas estratégias de ensino, ou outros. Sob essa perspectiva, a inclusão não pode ser reduzida ao ato inserir alguém a um espaço inalterável, ou de garantir a matrícula ou a presença física do estudante em sala de aula, ela deve ser compreendida como uma ruptura ética, uma tríade entre acesso, participação e permanência (Mantoan, 2003).

Desta forma, quando a educação e a inclusão se fundem, este espaço educacional deixa de ser um lugar de reprodução de desigualdades para tornar-se um espaço onde a diversidade de perfis, de estilos, ritmos e marcadores sociais é o que fundamenta a construção de um saber comum, acessível e verdadeiramente democrático.

É nesse sentido que, no Brasil, a construção de uma educação comprometida com a equidade tem sido tensionada por marcos legais que orientam práticas mais inclusivas e socialmente justas. Destacam-se, neste caso, a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015), que assegura o direito à educação em todos os níveis de ensino, e as Leis nº 10.639/2003 e nº 11.645/2008, que tornam obrigatório o ensino da História e Cultura Afro-Brasileira, Africana e Indígena nos currículos da educação básica. No entanto, apesar de representarem avanços significativos, tais dispositivos legais ainda enfrentam desafios em sua efetivação no âmbito educacional, especialmente no que se refere à articulação entre inclusão, currículo e práticas pedagógicas.

Relações étnico-raciais

Os conceitos de raça e etnia, embora amplamente utilizados tanto em pesquisas demográficas quanto na produção científica, ainda são frequentemente confundidos ou pouco compreendidos, inclusive no meio acadêmico (Santos *et al*, 2010). Muitas vezes, esses termos são empregados sem uma reflexão mais aprofundada acerca de seus significados e implicações. Contudo, é importante destacar que se trata de conceitos distintos.

Primeiramente, é preciso romper com a ideia de raça como um conceito biológico, relacionado à distinção entre espécies ou subespécies animais. Durante muito tempo, acreditou-se que os seres humanos poderiam ser divididos em diferentes raças com características biológicas próprias, como as chamadas "raça branca", "raça negra" e "raça amarela". De acordo com Santos et al. (2010, p. 122), "as diferenças entre um negro africano e um branco nórdico compreendem apenas 0,005% do genoma humano". Nesse sentido, há um amplo consenso

entre antropólogos e geneticistas de que não existem definições de raça do ponto de vista biológico. Para Munanga (2022), um dos principais nomes dos estudos étnico-raciais, embora os biólogos moleculares e os geneticistas humanos concordem que não existem raças humanas sob a perspectiva biológica, a ideia de raça permanece presente no imaginário social, tanto entre os racistas quanto entre suas vítimas, produzindo efeitos concretos nas relações sociais.

Desse modo, o conceito de raça possui caráter social e político. Nesse sentido, a raça está articulada a uma condição social, baseada nas marcas observadas em uma população a partir dos fenótipos, que são herdados geneticamente e que se transformam por meio da relação com o meio ambiente e da miscigenação (Rufino *et al*, 2025; Munanga 2022).

Por outro lado, a etnia é compreendida como uma dimensão cultural que diferencia determinados grupos humanos a partir de religiões, práticas sociais, afinidades linguísticas e tradições (Santos et al., 2010). Desse modo, os conceitos de raça e etnia se referem às formas pelas quais indivíduos e grupos sociais são classificados com base em diferentes marcadores sociais e culturais (Müller, 2015). Assim, as relações étnico-raciais não se restringem a aspectos fenotípicos, mas abrangem dimensões culturais, territoriais, míticas, políticas e identitárias, sendo fundamentais para a compreensão da complexidade das experiências humanas e das dinâmicas que estruturam a sociedade (Müller, 2015).

Nesse sentido, as discussões étnico-raciais constituem um campo de estudo que busca problematizar e compreender as formas como essas classificações sociais são construídas, reproduzidas e ressignificadas ao longo da história, especialmente no que se refere às relações de poder, desigualdade e reconhecimento entre diferentes grupos sociais.

No caso brasileiro, essas discussões ganham ainda mais relevância, uma vez que o Brasil é o maior país com população negra fora da África. Além disso, há uma variedade de comunidades indígenas que, nesse contexto, foram os primeiros habitantes das terras que viriam a se tornar o Brasil. No entanto, o que vemos é um apagamento da população negra e das comunidades indígenas, por conta da supervalorização do conhecimento eurocêntrico.

Essa hegemonia se manifesta no campo educacional, seja por meio do currículo ou dos materiais didáticos, conforme destacado por Gonzaga e Gonçales (2024). Esse aspecto é reconhecido no território brasileiro a ponto de existir uma lei que

torna obrigatória, em todas as disciplinas da educação básica, a abordagem da cultura africana e afro-brasileira, por meio da Lei nº 10.639/2003, posteriormente atualizada pela Lei nº 11.645/2008, que incluiu também as discussões sobre as comunidades indígenas. Desse modo, trata-se de uma área de importante debate para o campo do Ensino de Química.

Assim, há diversas pesquisas que discutem essa articulação com o intuito de aproximar essas áreas, como, por exemplo, o estudo de Costa *et al*. (2023), que aborda a química do vinho, cuja produção remonta a civilizações antigas, com registros históricos importantes no Egito, tratando-se de um estudo que visa, a partir dessa temática, propiciar uma educação antirracista. Por seu turno, o trabalho de Borges e Lemos (2019) discute os padrões estéticos e os preconceitos relacionados aos diferentes tipos de cabelo, como o cabelo crespo, por exemplo, o qual é frequentemente visto como inferior em relação aos padrões estéticos brancos, a partir da abordagem da química do cabelo. Esses são alguns dos exemplos possíveis, dentre vários outros de como o Ensino de Química e as relações étnico-raciais se articulam, contribuindo para uma educação mais inclusiva.

ENTRELAÇAMENTOS NECESSÁRIOS

Partindo da perspectiva de inclusão como um processo contínuo, além de possível é necessário estabelecer um entrelaçamento entre as discussões relacionadas às pessoas com deficiência, em situações de vulnerabilidade social, às relações étnico-raciais e a outros grupos historicamente marginalizados. No caso do racismo, por exemplo, que é uma estrutura historicamente constituída desde o período colonial e que seus efeitos ainda impactam a sociedade contemporânea, os debates sobre inclusão e exclusão, discutidos por Fonseca (2014), seja no currículo, seja nos espaços educacionais, demandam ações contínuas e permanentes. Nesse contexto, torna-se fundamental investir na formação inicial e continuada de professores, bem como em iniciativas governamentais, como a criação e o fortalecimento de legislações que promovam a valorização da diversidade e o enfrentamento das desigualdades raciais e sociais. Assim, a compreensão da inclusão como um movimento contínuo revela-se um elemento central para essas diferentes áreas, constituindo um entrelaçamento necessário na luta pelos direitos, pela visibilidade, pela

participação e permanência de grupos historicamente marginalizados nos espaços sociais e educacionais comuns.

Nessa perspectiva, conforme já evidenciado anteriormente, a inclusão não pode ser compreendida apenas como a inserção física de um sujeito em um determinado espaço, seja em termos físicos, intelectuais, de gênero, econômicos, étnico-raciais ou cultura, mas como uma prática política e integrada, que visa à valorização efetiva da diversidade na sociedade (Mantoan, 2003). No contexto do Ensino de Química, por exemplo, uma abordagem inclusiva envolve não apenas a adaptação de materiais didáticos para estudantes com deficiência, mas envolve, sobretudo, valorizar e incluir a presença de diversas contribuições de saberes de povos e culturas distintas. Da mesma forma, destacar a atuação de mulheres cientistas e de pesquisadores negros, contribui para romper com essa visão homogênea da ciência que tem se perpetuado até o momento.

Assim, podemos assumir que o entrelaçamento entre educação inclusiva e relações étnico-raciais fortalece uma concepção de ensino comprometida com a diversidade, com o reconhecimento das diferenças, a promoção da equidade nos processos educativos e a implementação de políticas públicas voltadas aos direitos humanos e à educação de qualidade para todos.

Sob esta ótica, o DUA é mobilizado como uma estrutura teórico-metodológica cujo fundamento se relaciona ao operacionalizar essa perspectiva de educação inclusiva e antirracista. Isso pois, ao propor uma ideia de flexibilização do currículo desde o seu planejamento, possibilita que os indivíduos que compõem a esfera educacional tenham acesso aos meios necessários para participar efetivamente das ações neste âmbito. Para tanto, o DUA propõe como base três princípios fundamentais: oferecer múltiplos meios de envolvimento, múltiplos meios de representação e múltiplos meios de ação e expressão (Cast.org, 2018; Sebastián-Heredero, 2020; Zerbato & Mendes, 2021). Desta maneira, possibilita que os processos de ensino e aprendizagem aconteçam a partir de uma variação nos métodos e de acordo com o perfil, a demanda, os objetivos da turma e dos próprios processos, respeitando o estilo e o ritmo de cada indivíduo aprender.

É nesse sentido que a abordagem por meio do DUA difere das adaptações pontuais e caminha ao encontro das perspectivas inclusivas da Educação, dado que seu intuito maior é eliminar barreiras de aprendizagem antes mesmo que venham a aparecer. E, com isso, beneficiam os estudantes independentemente das especificidades que os caracterizam.

Portanto, utilizar do DUA como um viés de interseccionalidade, conforme sugere Figueiredo e demais autores (2025), oportuniza que as instituições e ações educacionais vão além da inclusão de pessoas com deficiência - muitas vezes foco principal das políticas de inclusão - mas faça também essas intersecções entre deficiência, raça, gênero, etnia, cultura e outras questões sociais. Por exemplo, as narrativas e contribuições de cientistas negros e mulheres, no âmbito da ciência, podem ser fortalecidos por meio do princípio do engajamento, gerando maior identificação e pertencimento. O princípio da representação permite que os conteúdos sejam apresentados a partir de perspectivas culturais, vivencias e saberes historicamente marginalizados.

Assim, a proposta do DUA se constitui como uma ferramenta potente para a construção de práticas pedagógicas que respeitam a diversidades como um pilar central do processo educativo. E que, em contextos como o do Ensino de Química e Ciências, fazer uso do DUA para uma perspectiva antirracista e decolonial significa valorizar a pluralidade de conhecimentos, vivências e experiências, promovendo uma ciência mais humana e equitativa (Silva, 2026).

REFLEXÕES PARA ALÉM DO ENCERRAMENTO

As discussões apresentadas no presente trabalho destacam a necessidade de repensar as perspectivas coloniais que, historicamente, estabelecem padrões de corpo, normalidade, conhecimento e estética fundamentadas na hegemonia do homem branco europeu e sem deficiência. Assim, pensar a inclusão implica questionar essa hegemonia e reconhecer a humanidade a partir de outra ótica, a da diversidade.

Essa mudança também perpassa a necessidade de ressignificação dos currículos e das práticas pedagógicas, que ainda reforçam essa hegemonia, não abrindo espaço para que diferentes culturas, identidades, raças, etnias e saberes tenham seus conhecimentos reconhecidos e valorizados no espaço escolar. Desse modo, o DUA apresenta-se como uma importante ferramenta teórico-metodológica para a construção de ambientes educacionais mais inclusivos e comprometidos com o atendimento à diversidade dos sujeitos. Nessa direção, o DUA contribui para a eliminação de obstáculos relacionados à exclusão de grupos marginalizados quando articulado às discussões em uma perspectiva étnico-raciais, decolonial e inclusiva, favorecendo o reconhecimento das múltiplas dimensões presentes no contexto educacional.

Assim, mais do que encerrar discussões, este texto busca contribuir para diálogos que permanecem abertos. Reforçamos a importância de práticas pedagógicas comprometidas com a valorização das diferenças e com a construção de uma educação que reconheça a pluralidade de sujeitos, saberes e experiências.

Como última reflexão deste trabalho, retomamos a discussão sobre neutralidade e silenciamento. Em uma sociedade marcada pelo racismo, pelo capacitismo, pela homofobia e por outras formas de opressão, não se posicionar também é uma forma de posicionamento. O silêncio diante dessas questões acaba contribuindo para a manutenção de preconceitos e desigualdades historicamente construídos. Por isso, acreditamos que a Educação deve assumir um papel ativo na promoção do respeito às diferenças e na construção de espaços mais inclusivos e democráticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, M. N. O. (2000). A colonização do Brasil: Marcas de dor e resistência. *Revista de Ciências Sociais, 31*(2), 70–72. https://periodicos.ufc.br/revcienso/article/view/41173
- Arroyo, M. G. (2011). *O passageiro da noite: Do trabalho para a EJA*. Vozes.
- Borges, M. N., & Félix de Lemos, J. (2019). A química nos cabelos: Relato de experiência de ensino CTS visando uma educação antirracista. *Revista da Associação Brasileira de Pesquisadores/as Negros/as (ABPN), 11*(Especial), 128–149. https://doi.org/10.31418/2177-2770.2019.v11.c3.p128-149
- Bourdieu, P. (2007). *A reprodução: Elementos para uma teoria do sistema de ensino* (4. ed.). Vozes.
- CAST. (2018). *Universal design for learning guidelines version 2.2*. http://udlguidelines.cast.org
- Costa, F. R., Silva, T. A. L., Camargo, M. J. R., & Benite, A. M. C. (2024). A química do vinho no Egito Antigo: A Lei 10.639/03 no ensino remoto. *Química Nova na Escola, 46*(2), 1–10. https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160362
- Figueiredo, R. M. E., Ortega, F. R., Diello, M. L., & Fernandes, S. E. (2025). Educação inclusiva na perspectiva da interseccionalidade: Trilhando um caminho anticapacitista. *Psicologia: Ciência e Profissão, 45*(n. spe2), 1–14.

- Fonseca, M. P. (2014). *Formação de professores de Educação Física e seus desdobramentos na perspectiva dos processos de inclusão/exclusão: Reflexões sobre Brasil e Portugal*. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Garé, R. M. R., & Mascia, M. A. A. (2017). Marcas da colonização da língua oral na educação dos surdos no Brasil: Uma questão de preconceito? *Horizontes, 35*(2), 69–78. https://doi.org/10.24933/horizontes.v35i2.477
- Gonzaga, R. T., & Gonçalves, F. P. (2024). A educação para as relações étnico-raciais no ensino e na formação de docentes de Química: Implicações do campo de estudos sobre a branquitude. *Química Nova na Escola, 46*(3), 1–11. https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160365
- Libâneo, J. C. (2013). *Didática* (2. ed.). Cortez.
- Mantoan, M. T. (2003). *Inclusão escolar: O que é? Por quê? Como fazer?* Moderna.
- Müller, T. M. P. (2015). As pesquisas sobre o "estado do conhecimento" em relações étnico-raciais. *Revista do Instituto de Estudos Brasileiros*, (62), 164–183. https://doi.org/10.11606/issn.2316-901X.v0i62p164-183
- Munanga, K. (2022). O mundo e a diversidade: Questões em debate. *Estudos Avançados, 36*(105), 117–130. https://doi.org/10.1590/S0103-4014.2022.36105.008
- Reis, D. dos S. (2022). A colonialidade do saber: Perspectivas decoloniais para repensar a universidade. *Educação & Sociedade, 43*, e252981.
- Ribeiro, S. S. C. (2025). Corpo e deficiência: Por uma epistemologia decolonial. *Revista Científica de Educação, 1*(1). https://seer.facmais.edu.br/rc/index.php/RCE/article/view/323
- Rufino, M. de L., Boschetti, W., Novo, D. L. R., Pastoriza, B. dos S., & Soares, A. C. (2025). Do sabor à ciência: Os doces da cidade de Pelotas no ensino de química e nas relações étnico-raciais. *Revista Debates em Ensino de Química, 11*(Especial), 1–16. https://doi.org/10.53003/redequim.v11iEspecial.7798
- Santos, D. J. S., Palomares, N. B., Normando, D., & Quintão, C. C. A. (2010). Raça versus etnia: Diferenciar para melhor aplicar. *Dental Press Journal of Orthodontics, 15*(3), 121–124. https://doi.org/10.1590/S2176-94512010000300015
- Sebastián-Heredero, E. (2020). Diretrizes para o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA). *Revista Brasileira de Educação Especial, 26*(4), 733–768. https://doi.org/10.1590/1980-54702020v26e0155

- Silva, D. M. da, Ribeiro, A. C. D., & Brum, D. V. de. (2018). A identidade do Brasil é a diversidade: Características históricas, linguísticas, literárias, culturais e regionais. *Humanidades e Inovação, 5*(6), 58–69.
- Silva, R. S. (2026). O Plano Educacional Individualizado como ferramenta decolonial: Por uma educação química antirracista e equitativa. *REnCiMa – Revista de Ensino de Ciências e Matemática, 17*(1), 1–26.
- Torres, M. R. da S., & Martins, N. (2021). Intolerância religiosa e a demonização de religiões de matriz africana na "pandemônia". *Relegens Thréskeia, 10*(1), 301–319. https://revistas.ufpr.br/relegens/article/view/79296/44136
- Zerbato, A. P., & Mendes, E. G. (2021). O desenho universal para a aprendizagem na formação de professores: Da investigação às práticas inclusivas. *Educação e Pesquisa, 47*, e233730. https://doi.org/10.1590/S1678-4634202147233730

INTERCULTURALIDAD CRÍTICA Y DIÁLOGO DE SABERES EN LA FORMACIÓN INICIAL DOCENTE EN FÍSICA Y MATEMÁTICA: EXPERIENCIAS CURRICULARES EN LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

María Soledad Saavedra Ulloa, Universidad de Santiago de Chile, Chile
María Magdalena Aguilera Valdivia, Universidad de Santiago de Chile, Chile
Leonor Patricia Huerta Cancino, Universidad de Santiago de Chile, Chile

INTRODUCCIÓN

El propósito de este artículo es presentar la experiencia de incorporación del enfoque intercultural crítico en la Formación Inicial Docente (FID) de la carrera de Pedagogía/Licenciatura en Educación de Física y Matemática (PLEFM) de la Universidad de Santiago de Chile (USACH), como una vía concreta para la democratización de la educación científica. Esta incorporación busca ampliar las fronteras epistemológicas de la ciencia escolar mediante el reconocimiento y diálogo con diversos sistemas de conocimiento y saberes culturalmente situados, contribuyendo así al fortalecimiento de la justicia educativa y epistémica en contextos territorial y culturalmente diversos.

Consecuente con el paradigma que sienta las bases de la arquitectura curricular de la carrera, que se sostiene entre otros en la perspectiva de la pedagogía crítica de H. Giroux y P. Freire, en la perspectiva sociocultural y constructivista de Vygotsky y en la incorporación del enfoque Ciencia Tecnología Sociedad y Medio Ambiente (CTSA) de la Organización de Estados Iberoamericanos para la educación y la cultura (OEI), fomenta en el estudiantado la conciencia crítica de la diversidad presente en diferentes contextos en el país y de la inequidad histórica y multidimensional que vive el 17,7 % de la población chilena.

La PLEFM promueve un profesorado sensible a la problemática de la desigualdad y a un proceso de democratización de la ciencia que favorece la contextualización de la educación, situando el aprendizaje en el mundo del o de la que aprende, más aún en el caso de las diferencias estigmatizadas y excluidas (Aguilera, 2024).

La formación pedagógica-crítica, promueve la auto observación de cada estudiante, como un profesional con capacidad de cuestionar los discursos

dominantes y enactuar la transformación cultural desde la escuela: la cultura ocurre y se sitúa en el espacio educativo en que el rol docente es esencialmente político, en tanto asume una posición desde donde narra y actúa para la transformación sociocultural. Asumir desde la FID la diversidad territorial y de contextos, significa reconocer la presencia histórico-cultural de las primeras naciones: su legado, saberes y aportes no sólo como testigos ancestrales de los procesos de *encubrimiento,* de *negación* y de colonización, sino como agentes activos, con voz y perspectivas que aportan a la construcción de miradas enriquecidas por sus epistemologías, filosofías, cosmovisiones y prácticas, ante la complejidad de las situaciones que vivimos como humanidad. Organismos internacionales como el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, reconocen la producción de conocimiento de los pueblos originarios, formando parte actual de grupos de expertos internacionales para observar y tener voz ante el cambio climático.

La PLEFM, recoge el desafío de incorporar el enfoque intercultural crítico, abriendo el curso electivo Etnociencia y pueblos originarios en el año 2015, cuyos fundamentos epistemológicos cuestionan por una parte, la ciencia hegemónica, monocultural y eurocéntrica como única vía del conocimiento, y por otra, abre los umbrales para la visibilización de la filosofía y los saberes indígenas como una construcción con validez para interactuar con la ciencia occidental. El enfoque intercultural crítico plantea que las y los colonizados son portadores de saberes "otros", que a través de la praxis pueden ser descolonizados, reconocidos y valorados (Walsh, 2009).

Es el diálogo de saberes, lo que se consolida como perspectiva que hoy permea la malla curricular de la formación docente en Física y Matemática, abarcando experiencias situadas en el territorio, y financiadas por la Universidad, a través de la Vicerrectoría de Vinculación con el Medio y/o la Facultad de Ciencia, donde se aloja la PLEFM, como también el desarrollo de trabajos de titulación que desafían al estudiantado a crear propuestas pedagógico-didácticas que contribuyan a la justicia epistemológica y a una convivencia basada en el derecho a la existencia y el respeto a la diversidad.

En un lapso de 10 años, estas experiencias han convocado a 170 estudiantes que han cursado las asignaturas y que han realizado seminarios de grado. Un 10% de ellos han participado en proyectos de vinculación con el medio y participado en congresos nacionales e internacionales.

Las perspectivas onto-epistemológicas que se han abordado con mayor profundidad en la FID, corresponden a la filosofía, cosmovisión y saberes mapuche y rapa nui. Ambas se encarnan en pueblos vivos que responden a matrices culturales y geo-territoriales muy diferentes: la mapuche -con alta presencia en la Región Metropolitana- se sitúa en Chile continental, abarcando las Regiones de La Araucanía, Bío-Bío, Los Lagos y Los Ríos. Dicho pueblo alcanza un 9% de la población total del país; estudios genéticos en población chilena muestran que el componente de ancestría amerindia alcanza aproximadamente entre un 40% y 44% del genoma promedio nacional.

El pueblo Rapa Nui, se ubica en el vértice oriental de la Polinesia, en Chile insular; Isla Rapa Nui o Isla de Pascua, en la Región de Valparaíso, a 3.700 km de la costa, es uno de los lugares habitados más aislados del planeta. Su cultura se inscribe en la tradición polinésica que sus habitantes, aun cuando han vivido procesos de transculturación significativos en su historia, cultivan y resguardan. A nivel país representan un 0.05% de la población, sin embargo, en la Isla, más del 50% de sus habitantes, se declara Rapa Nui. Es una minoría a nivel nacional, sin embargo, culturalmente dominante en su territorio.

En este artículo se presentan cuatro experiencias educativas y sus propuestas didácticas, desarrolladas por el estudiantado con la orientación del equipo académico. Estas se nutren tanto de investigaciones en diversos ámbitos de la etnociencia como del contacto directo con investigadores nacionales e internacionales, educadores tradicionales y del trabajo de campo en los territorios. Las experiencias abordan controversias socioambientales en territorio Mapuche, saberes Rapa Nui sobre el mar y las mareas, y la prevención de incendios desde el diálogo entre saberes mapuches, científicos y de formación ciudadana.

La apertura de esta área formativa, si bien ha enfatizado los pueblos mencionados, se abre al crisol de culturas que componen el territorio nacional. Así la presencia de los pueblos Aymara, Quechua, Diaguita, Kawesqar, se ha expresado en diversas propuestas educativas con aplicabilidad en el aula escolar y difundidas a través de congresos, jornadas, ferias científicas y publicaciones. Destacan trabajos de etnoastronomía, etnomatemática, gamificación de prácticas aritméticas mapuche, entre otras.

CONTEXTO POLÍTICO TERRITORIAL Y CULTURAL

La experiencia de convivencia de los pueblos originarios con el Estado de Chile ha sido la de una exclusión constitucional que refrenda, a la vez que produce, exclusiones históricas: invisibilización, despojo, encubrimiento, colonización, desconocimiento de derechos, entre otros. El pueblo Mapuche y el pueblo Rapa Nui, constituyen sociedades vivas en el territorio nacional, cuya resistencia a la colonización data de los primeros encuentros con el europeo. En el caso mapuche desde la mitad del siglo XVI en adelante, la defensa del territorio y de su cultura, configura un modo de relacionarse, de estar y de significar sus prácticas.

Al respecto, Gastón Soublette, filósofo y esteta chileno, se pregunta: *¿qué defendía el pueblo mapuche?* al analizar el sostenido enfrentamiento bélico que sostuvo el pueblo mapuche contra el imperio español entre los siglos XVI a XIX. Esta pregunta se refiere a la ausencia de grandes construcciones, templos y de ciudades en el territorio como las del imperio Maya, Azteca o Inca. Soublette, responde: *"el pueblo mapuche defendía el paraíso"* aludiendo a la defensa de una relación espiritual, territorial y comunitaria con el mundo natural y el universo. Esta interpretación dialoga con la perspectiva histórica desarrollada por el antropólogo e historiador José Bengoa (2000), quien comprende la resistencia mapuche no como una condición esencialmente bélica, sino como un proceso histórico de defensa territorial, cultural y política frente a la colonización y al avance del Estado chileno.

Respecto a Rapa Nui, las expediciones europeas durante el siglo XVIII inauguraron procesos de profunda transformación territorial, cultural y epistemológica. Estos encuentros no sólo conllevaron intercambios, sino también violencia colonial, imposición de soberanías externas y debilitamiento de sistemas propios de conocimiento y de organización sociocultural.

Una serie de leyes a partir de 1966, (Ley Pascua) revitalizan la cultura y el derecho a la existencia del pueblo Rapa Nui que se cristaliza en 1993 con la creación de la Comisión de Desarrollo de Isla de Pascua, la cual reconoce legalmente al Consejo de Ancianos para consultas legales de los isleños.

Por otra parte, su acervo cultural ha sido valorado crecientemente en los últimos años por investigaciones antropológicas y arqueológicas que han puesto en valor su patrimonio tangible e intangible. En el ámbito de la astronomía, la arqueoastronomía ha tenido un gran desarrollo, al vincular las investigaciones

arqueológicas con los saberes ancestrales del universo (Edwards et al., 2018), como también estudios arqueo astronómicos en los moai y ahu de Rapa Nui.
En Rapa Nui como en otras regiones del país con alta población de pueblos originarios, se observa un resurgimiento de la identidad indígena, tanto en el plano de la vida cotidiana como en la demanda política. Lo anterior puede ser visto como consecuencia de un movimiento mayor en torno al reconocimiento público y político de las culturas originarias en países de América Latina (Bengoa, 2000) y que en el caso de la educación chilena, se expresa principalmente en las orientaciones que al respecto se dan en la Ley Indígena en 1993, en el desarrollo del Programa de Educación Intercultural Bilingüe del Ministerio de Educación a partir de 1996, y posteriormente en las referencias a la interculturalidad en la Ley General de Educación; la que fue promulgada el año 2009, y que refiere a Chile como país multicultural señalando la obligación de difundir en el sistema escolar las lenguas originarias cuando el alumnado de una escuela pertenece, en una cierta proporción, a uno de los pueblos reconocidos como tales en la Ley Indígena.
Aunque las bases curriculares del sistema educativo en Chile han avanzado en el reconocimiento cultural e histórico de los pueblos originarios, incorporando orientaciones hacia el respeto a la diversidad cultural, la valoración de cosmovisiones y diálogo intercultural, el estatus del conocimiento de las primeras naciones es cultural y no epistemológico: los saberes indígenas son frecuentemente incorporados como contenidos patrimoniales más que como sistemas legítimos de producción de conocimiento. Esto redunda en una visión folklorizada de los pueblos y arraigada en el pasado.
En este contexto, la incorporación de la etnociencia y del diálogo de saberes en la FID se sustenta en un conjunto de perspectivas críticas que cuestionan la monoculturalidad epistemológica de la ciencia escolar y promueven una democratización del conocimiento. Desde los aportes pioneros de Claude Lévi-Strauss (1962) y Harold Conklin (1954), que contribuyeron al reconocimiento de la complejidad y sistematicidad de los saberes indígenas, hasta el desarrollo de la etnomatemática de Ubiratan D'Ambrosio (2018) y de la astronomía cultural y la etnoastronomía impulsadas, entre otros, por Anthony Aveni (2001), se ha consolidado un campo que reconoce la existencia de múltiples formas, cultural e históricamente situadas, de producir conocimiento sobre el mundo.

En América Latina, esta perspectiva adquiere una dimensión crítica a partir de los aportes de Aníbal Quijano (2000) y Catherine Walsh sobre colonialidad, interculturalidad y geopolíticas del conocimiento (Walsh, 2009), y de las epistemologías del Sur de Boaventura de Sousa Santos (2021), que cuestionan la pretendida neutralidad y universalidad de la ciencia moderna occidental y plantean la necesidad de avanzar hacia un diálogo entre sistemas de conocimiento.

Desde esta perspectiva, democratizar epistemológicamente la educación en ciencias, tecnología, ingeniería y matemática (STEM), implica no sólo incorporar contenidos indígenas al currículum, sino reconocer a los pueblos originarios como productores legítimos de conocimiento.

Esta ruptura paradigmática enriquece la mirada sobre las sociedades y sobre la propia existencia, otorgando sentido a prácticas devaluadas o negadas por la ciencia formal y hegemónica. Las didácticas se contextualizan y se arraigan en realidades territoriales-histórico-culturales ofreciendo espacios transversales para la interdisciplina curricular escolar.

MARCO ONTO-EPISTEMOLÓGICO

Los saberes del pueblo Mapuche y del pueblo Rapa Nui, están inexorablemente imbricados en una cosmovisión y filosofía sobre el ser humano, inserto y perteneciente al mundo natural y al universo. Los nombres originarios denotan esta pertenencia territorial: Mapuche, Gente de la tierra (Mapu = tierra; Che = gente); para el pueblo Rapa Nui, su nombre originario: Te pito o te henua = el ombligo del mundo se concibe como un centro espiritual, o Mata Ki Te Rangi= ojos mirando al cielo, expresa cómo el firmamento constituía una referencia espiritual, ecológica y civilizatoria permanente.

La cosmovisión Rapa Nui y Mapuche pueden comprenderse como una ontología relacional del cuidado, donde el ser humano no domina la naturaleza, sino que habita en reciprocidad con el territorio, los ancestros y las fuerzas espirituales que sostienen la vida. La naturaleza es una fuerza viva presente en la vida cotidiana, en las prácticas dependientes de las estaciones del año, en las ceremonias, ritos y mitos.

La cosmovisión Rapa Nui comprende una visión del mundo donde territorio, océano, espiritualidad, ancestros y comunidad forman una unidad viva e inseparable. El océano posee un significado fundamental como espacio de origen,

navegación, sustento y conexión con la memoria polinésica ancestral, mientras que las estrellas, la luna y el sol constituyen referencias esenciales para la orientación marítima, la organización temporal y ceremonial, así como para la comprensión de los ciclos de la vida y la naturaleza.

Los principales hallazgos actuales de la arqueoastronomía Rapa Nui (Edwards et al., 2018), se relacionan con la profunda conexión entre observación celeste, navegación polinésica, organización ceremonial y arquitectura sagrada. Investigaciones actuales desarrolladas por astrónomos y arqueo-astrónomos han mostrado que los antiguos Rapa Nui poseían un sofisticado conocimiento astronómico integrado a su vida cotidiana, religiosa y territorial. Los ahu (altares) y los moais (figuras monumentales megalíticas), presentan alineaciones precisas con fenómenos lunares y solares como los solsticios y equinoccios. Así también las estrellas, constelaciones y fases de la luna fueron fundamentales para la navegación oceánica polinésica, los calendarios agrícolas y pesqueros, la ritualidad y la estructuración del tiempo ceremonial.

Estos saberes se han incorporado crecientemente en la educación en la isla en experiencias de educación intercultural y de recuperación lingüística, cuestión que ha alentado el Consejo de Ancianos y la comunidad indígena. Para el pueblo Rapa Nui, el conocimiento sobre estrellas, océano, luna y ciclos naturales no pertenece únicamente al pasado, sino que continúa siendo parte de una forma viva de habitar, enseñar y comprender el mundo.

En el caso de la cultura Mapuche, Elisa Loncón (2019) señala que la cultura dominante impone un tiempo único, lineal, progresivo, y productivista, donde la idea de avance continuo, progreso infinito, secuencia rígida causa-efecto contrasta con el tiempo mapuche, ligado a los ciclos de la naturaleza, que funciona mediante retornos y requiere equilibrio y reciprocidad; en una lógica en espiral, se entiende que los procesos retornan, pero nunca son exactamente iguales porque cada ciclo incorpora experiencia, memoria y transformación.

En la concepción lineal de causa y efecto en la que se basa gran parte de la cultura occidental moderna, la secuencia del tiempo es unidireccional y progresiva. La causa siempre precede al efecto, y una vez que éste ocurre, no altera la causa original. Los pueblos indígenas ven la existencia como un fluir que regresa y se transforma. El tiempo es algo que vuelve, pero no exactamente al mismo punto, sino en un nivel diferente, en espiral, enriquecido por la experiencia previa.

EPISTEMOLOGÍAS EN FRICCIÓN Y DIÁLOGO DE SABERES

Isla de Pascua y Arauco, en un caso y en el otro, evidencian las tensiones entre nominaciones coloniales y procesos contemporáneos de reafirmación identitaria y territorial.

La epistemología científica y las epistemologías de los pueblos indígenas responden a visiones y a prácticas que ponen en cuestión el logro de un diálogo de saberes simétrico y crítico; sin embargo, los cuestionamientos a la racionalidad científica hechos por Thomas Kuhn y Antonio Damasio, junto con estudios etnográficos de los pueblos originarios y la reivindicación de sus identidades, han abierto espacios relevantes de diálogo, especialmente en la educación y en la didáctica.

Este proceso aún en desarrollo no está exento de dificultades: las resistencias de uno y de otro paradigma encarnado en los actores que los representan, los vacíos de información acerca de los saberes originarios, la "credencial académica" de las narraciones originarias, la dificultad de asumir una posición política por los agentes educativos, son algunos de los factores que dificultan la creación de didácticas donde el diálogo de saberes sea real.

La crítica contemporánea al método científico no implica un rechazo a la ciencia, sino una problematización de la idea de una racionalidad única, universal, neutral y ahistórica. Asimismo, la objetividad científica ha sido reinterpretada como un proceso colectivo de crítica y validación intersubjetiva más que como el resultado de una neutralidad absoluta del observador (Oreskes, 2019).

Para un diálogo de saberes, se requiere que las y los docentes se conviertan en mediadores, y no en la autoridad que posee la verdad, como suele ser visto. Esto plantea un desafío importante al trabajo colaborativo intercultural entre docentes y representantes de los saberes de los pueblos indígenas (como, por ejemplo, las y los educadores tradicionales): el diálogo de saberes debe expresarse tanto en el co-diseño didáctico intercultural como en la co-docencia (Huerta et al., 2023).

EXPERIENCIAS EDUCATIVAS Y DIDÁCTICAS SITUADAS

La didáctica situada plantea que en lugar de enseñar conocimientos de forma abstracta o desvinculada de la realidad, el aprendizaje es efectivo cuando ocurre dentro de situaciones reales o simuladas que son significativas para el estudiantado, donde el conocimiento se construye a través de la actividad, el contexto y la cultura. Desde esta perspectiva, la didáctica ayuda a que el proceso

de aprendizaje se desarrolle de manera contingente, actualizada, incorporando los problemas que se dan en el contexto real.

EXPERIENCIAS EDUCATIVAS MAPUCHE

Una de las experiencias de didáctica situada corresponde a un trabajo etnográfico realizado por tres estudiantes, en el contexto de un seminario de grado, en la comuna de Panguipulli, Región de Los Ríos. Se diseñó una propuesta didáctica basada en el diálogo de saberes entre la astronomía y la cosmovisión mapuche, mediante una pedagogía performática. Desde un enfoque de interculturalidad crítica, se elaboró una secuencia para la enseñanza del sistema Tierra-Luna-Sol, poniendo en diálogo los saberes mapuches con los conocimientos de la ciencia occidental. La propuesta fue concebida para su implementación en un espacio educativo no formal, el Museo de Ciencia y Tecnología (MUCYTEC), y contó con el apoyo del Decanato de la Facultad de Ciencia de la USACH.

Durante la inmersión etnográfica los estudiantes entrevistaron a actores locales y participaron en actividades mapuche con personas ascendientes de la cultura (entre ellos, una educadora tradicional mapuche, una ñaña y una representante del parlamento Coz Coz) A través de la observación etnográfica identificaron prácticas socializantes a través de las cuales se conserva la cultura mapuche, su cosmovisión y sus principales principios pedagógicos. Además, visitaron el Museo Interactivo Vulcanológico de la Araucanía (CIVUR - 39°)- creado por la Universidad de La Frontera, ubicado en la ciudad de Pucón, Región de los Ríos, con el propósito de indagar en la organización del museo para la incorporación de prácticas ancestrales mapuche. Esta visita sirvió como una fuente de inspiración en el proceso de construcción del diseño didáctico.

La secuencia se diseñó considerando el enfoque STEAM, la pedagogía de museo (la que pretende acercar la ciencia a las personas, de manera novedosa, logrando un aprendizaje significativo al estimular los sentidos) y estrategias performáticas, las que a través de actividades involucran la participación espontánea o improvisada de los participantes, así como también otras actividades que involucran el uso del cuerpo y/o la creación de espacios u objetos a través de la imaginación.

El diseño "*Mírate y mira el wenumapu, somos parte del ciclo",* consideró la organización del MUCYTEC considerando sus salas y explanada, creando 5 etapas

didácticas para enseñar los ciclos de *Antü y Küyen* (Sol y Luna), las estaciones del año, y los eclipses (*lai Antü).* Para las 5 etapas *se* diseñó un ambiente de diálogo (nütram: práctica social, cultural y poética mediante la cual los mayores transmiten su sabiduría, vivencias, sueños y conocimientos históricos a las nuevas generaciones), para generar básicamente un puente entre la cultura occidental y la cultura mapuche, problematizando el enfoque de la ciencia occidental.Se utilizaron los relatos de epew (cuentos) y una performance realizada por los participantes relacionada con los eclipses,donde experimentaron la vivencia de un eclipse.

Una segunda experiencia, se realizó en Quilpué, Comuna de Valparaíso, donde se diseñó e implementó un taller de educación socioambiental- intercultural con enfoque STEAM y de la Educación al aire libre, en contexto de educación no formal. El eje fue el aprendizaje de la biodiversidad y la promoción de conductas sostenibles orientadas a disminuir la vulnerabilidad socioambiental de las personas que habitan en el territorio de Pompeya Sur, afectado por un gran y devastador incendio el año 2024. El territorio es un sector de "tomas", donde existe vulnerabilidad sociocultural y socioeconómica lo que implica una mayor dificultad para la resiliencia y adaptación frente a una catástrofe socio natural. Esta implementación contó con el apoyo del Programa "Tesis en el territorio" de la Vicerrectoría de Vinculación con el Medio (VIME) de la USACH y el apoyo del Decanato de Ciencia de la Universidad.

En esta experiencia se trabajó con dos fundaciones, una directiva de junta de vecinos y una organización comunitaria, con las cuales se realizó un diagnóstico participativo para comprender las necesidades socioambientales del territorio. La secuencia didáctica se realizó en función de estas necesidades. Con el fin de conocer el territorio se realizaron recorridos de observación, enfocándose en aspectos socioculturales y geográficos, donde, entre otros, se observó escasa cohesión social y falta de una red comunitaria.

La educación al aire libre se incorporó como una estrategia pedagógica que favorece el aprendizaje a partir de la experiencia directa con el entorno. El enfoque de la interculturalidad crítica se incluyó para promover el reconocimiento y la valoración de los saberes locales, cuestionando las relaciones de poder presentes en la producción de conocimiento (Walsh, 2009).

El diseño consideró la enseñanza de la filosofía del pueblo mapuche (Azmapu) - para la cual todos los elementos de la naturaleza tienen vida- y el concepto de

itrofill mogen (la totalidad de la biodiversidad). Se realizó un recorrido por lugares significativos del territorio, identificando, mediante una guía, componentes de su biodiversidad y sus interrelaciones. Se incorporaron prácticas y conceptos mapuche como el *leliwülün* (observación atenta) y el *itrofill mogen*, este último mediante una dinámica corporal que permitió representar la interconexión de los elementos del ecosistema y reflexionar sobre los efectos de sus cambios. Esta experiencia se articuló con datos sobre eventos extremos, como incendios forestales, y con prácticas mapuche de protección y cuidado del territorio

Se realizó la lectura del ngen kütral (espíritu cuidador o dueño del fuego) para analizar el comportamiento del fuego y su relación con los componentes del territorio y el concepto de mitigación, planteando propuestas para la prevención y reacción ante un evento extremo como lo es un incendio forestal. Al finalizar, se diseñó y creó en conjunto un mural para plasmar la síntesis de saberes colectivos aprendidos, bajo el enfoque del diálogo de saberes.

El territorio de Pompeya Sur fue considerado algo más que un espacio físico, reconociéndose como un ente vivo, dinámico y portador de identidad y memoria, donde el análisis de variables meteorológicas como temperatura, humedad y velocidad del viento, permitieron comprender su vulnerabilidad frente a los incendios forestales.

EXPERIENCIAS EDUCATIVAS RAPA NUI

Destacamos dos experiencias didácticas situadas. La primera de ellas, ¿Cómo caminan los Moais?, proyecto que recoge la última teoría de traslado de los Moais desde la cantera del volcán Ranu Raracu a los Ahu (altares) en la costa de Rapa Nui. La teoría planteada por los antropólogos estadounidenses Carl Lipo y Terry Hunt (2025), académicos de las universidades de Washington y de Oregón respectivamente, recoge la tradición oral del pueblo Rapa Nui, que en sus cantos y relatos, narran el traslado ritual de los Moais hasta su Ahu de destino.

Dos estudiantes del curso de Etnociencia, investigan esta teoría a través de lecturas especializadas en cultura rapa nui, además de entrevistas a arqueólogos y a académicos del departamento de física, con el propósito de obtener información pertinente a esta expresión tangible e intangible del patrimonio cultural de la isla y de los conocimientos de la física involucrados en ella. Así, el estudio de las características de construcción de los Moais y la teoría de su

traslado "caminando", arrojaron conocimientos de gravedad, torque, centro de masa, cuerpo rígido, fuerza, vectores, entre otros conceptos básicos que se estipulan en el currículum escolar de 1° medio, en la Unidad de Fuerza y Movimiento.

Producto de la etapa de investigación, los estudiantes construyen un Moai a escala siguiendo sus características de construcción en la cantera de la isla, teniendo especial cuidado en la base redondeada del Moai que permite su balanceo.

El hecho de que los Moai sean tallados desde la roca viva del volcán puede interpretarse como una ontología relacional donde ancestro, territorio y materialidad no aparecen separados, sino co-emergiendo desde el paisaje cultural y espiritual Rapa Nui. Esta perspectiva fue la base contextual del trabajo didáctico pedagógico planteado por los estudiantes en los diferentes escenarios donde se presentó la experiencia. Además del Moai a escala, se construyeron pequeñas maquetas de este, para ser utilizadas por estudiantes escolares en la sala de clases, y una guía didáctica a aplicar en el aula de 1° Medio.

El trabajo con las maquetas presentó las siguientes preguntas: *Identifica las fuerzas que actúan en el Moai considerando que este se ubica en el suelo en Rapa Nui. Si está en forma horizontal ¿qué pasa si ahora está inclinado?; ¿Qué condiciones se requieren para que el Moai se mantenga en equilibrio? Si quisiera trasladar este Moai por medio de cuerdas. ¿Dónde ubicarías tales cuerdas considerando los torques que se puedan generar y hacia donde dirigirías las cuerdas para aplicar las fuerzas respectivas?.* La invitación fue a experimentar con las maquetas, ensayando in situ y levantando los contenidos del currículum escolar, desde el aprender haciendo.

Este trabajo fue presentado en la VI y VII Feria Científica que convoca a establecimientos escolares de toda la Región Metropolitana; por primera vez la Etnociencia tuvo presencia: la invitación fue a dar charlas a escolares y profesores de diversos establecimientos escolares. Esta presentación se replicó en la 1ra Feria Científica organizada por el estudiantado del Departamento de Física. El proyecto fue presentado por los estudiantes, actualmente profesores en ejercicio, y por la docente, en el I Congreso Latinoamericano de Investigación y Educación Superior Interdisciplinaria realizado en septiembre de 2016 en Montevideo, Uruguay, organizado por la Universidad de la República del Uruguay.

Otra experiencia destacable y reciente (2025-2026) con la cosmovisión Rapa Nui,

responde a un trabajo de titulación: "Aprendizaje del fenómeno de las mareas desde el enfoque de etnoastronomía para segundo año de enseñanza media: Un viaje a Te Pito o Te Henua".

Por primera vez la USACH llega a este territorio insular, levantando un diagnóstico de tipo educativo etnográfico in situ, con profesores, educadores tradicionales, arqueo astrónomos, directivos del Planetario Rapa Nui, jóvenes y familias que habitan la isla. Este diagnóstico permitió reconocer y reafirmar lo que la literatura señala: Rapa Nui está en un proceso de recuperación cultural y lingüística; existe un saber originario relacionado con la "lectura" de las estrellas para la navegación, la pesca y actividades agrícola y ganaderas tradicionales; el uso de la lengua se ha ido perdiendo en las generaciones jóvenes, lo que es interés de recuperación por parte de la comunidad indígena.

A partir de la información recabada, se propone un trabajo coordinado con el área de Ciencias del Liceo Intercultural Rapa Nui, focalizando en 2° año de enseñanza media. Se diseñan cuatro clases con enfoque de diálogo de saberes abordando la relación mareas-luna, utilizando los nombres en lengua originaria. Clase N°1: "Entretejiendo el cosmos: Diálogo entre el Big Bang y Cantos de la Creación Rapa Nui"; Clase N°2: "La danza gravitatoria entre Mahina (luna) y Vaikava (mareas)"; Clase N°3: "Te Here o Mahina: El vínculo gravitatorio entre la Mahina y Vaikava"; Clase N°4: "Rapa Nui: Mata Ki Te Rangi - Mata Ki Te Vaikava: Ojos que miran el cielo y al océano. La implementación piloto de la clase 1, junto con la evaluación por juicio de expertos habitantes de la isla, permitió la refinación de las actividades propuestas. Las guías de clases quedaron disponibles como material de trabajo para el Planetario Rapa Nui y para el Liceo Intercultural Aldea Educativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, M. M. (2024). *Enseñanza de la ciencia para la democratización de la sala de clases. Profesoras que investigan para educar en y para la diversidad*. Editorial USACH.
- Aveni, A. (2001). *Skywatchers*. University of Texas Press.
- Bengoa, J. (2000). *Historia del pueblo mapuche: Siglos XIX y XX*. LOM Ediciones.
- Conklin, H. C. (1954). *The relation of Hanunóo culture to the plant world*. Yale University.

- D'Ambrosio, U. (2018). The program ethnomathematics: Cognitive, anthropological, historic and socio-cultural bases. *PNA, 12*(4), 229–247.
- De Sousa Santos, B. (2021). *Descolonizar la universidad: El desafío de la justicia cognitiva global*. CLACSO.
- Edwards, A., d'Ans, B., & Edwards, E. (2018). Consolidation of the Rapanui astronomy concept inventory and re-appraisal of applied astronomic observation at Papa Ui Hetu'u, Rapa Nui. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry, 18*(4), 139–147.
- Huerta, L., Saavedra, M. S., & Aguilera, M. M. (2023). Perspectiva interdisciplinaria e intercultural para el diseño de un diálogo de saberes: la cosmovisión mapuche en la didáctica de las Ciencias Naturales. En *Vincula Usach: Intercambio de aprendizajes en vinculación con el medio* (pp. 117-131). Editorial Usach.
- Lévi-Strauss, C. (1962). *El pensamiento salvaje*. Fondo de Cultura Económica.
- Lipo, C., & Hunt, T. (2025) The walking *moai* hypothesis: Archaeological evidence, experimental validation, and response to critics. *Journal of Archaeological Science*, *183.*
- Loncón, E. (2019). Una aproximación al tiempo, el pensamiento filosófico y la lengua mapuche. *Árboles y Rizomas*, *I*(2), 67-81.
- Oreskes, N. (2019)*. Why trust science?* Princeton University Press.
- Quijano, A. (2000). Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina. En E. Lander (Ed.), *La colonialidad del saber: Eurocentrismo y ciencias sociales. Perspectivas latinoamericanas* (pp. 201–246). CLACSO.
- Walsh, C. (2009). *Interculturalidad, Estado, sociedad: luchas (de)coloniales de nuestra época*. Universidad Andina Simón Bolívar / Abya-Yala.

CULTURA POP JAPONESA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA: POTENCIAL DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA COM ANIMÊS E MANGÁS NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA PARA JOVENS DE ENSINO MÉDIO

Bruna Navarone Santos, LIC/PROVOC-Fundação Oswaldo Cruz, Brasil
Helder Silva Carvalho, LITEB-Fundação Oswaldo Cruz, Brasil
Anunciata Cristina Marins Braz Sawada, LITEB-Fundação Oswaldo Cruz, Brasil

INTRODUÇÃO

Este capítulo insere-se na linha "Experiências de ensino e formação docente para uma educação científica democrática, socioambiental e situada" e apresenta reflexões derivadas de experiências de pesquisa, orientação e formação científica desenvolvidas pelos próprios autores com alguns estudantes do ensino médio no Programa de Vocação Científica (PROVOC).

O PROVOC é reconhecido como o primeiro programa institucionalizado de iniciação científica voltado a estudantes do ensino médio no Brasil, desde 1986, e é coordenado pelo Laboratório de Iniciação Científica na Educação Básica (LIC). A partir das reflexões sobre as práticas de orientação e metodologias de ensino realizadas pelos próprios autores, enquanto pesquisadores que se voluntariam para orientar estudantes no PROVOC, propõe-se abordar as potencialidades do uso da cultura pop em iniciativas de educação científica, com destaque para animações japonesas (animês) e histórias em quadrinhos japonesas (mangás).

O presente trabalho apresenta brevemente a participação dos próprios autores na orientação de pesquisas desenvolvidas por estudantes que, diante da variedade de produções mais atuais, as quais fazem parte de seu leque de interesses, optaram por investigar as potencialidades de produtos da cultura pop japonesa no ensino. O recorte deste relato de experiência deve-se à escolha de abordar trabalhos de pesquisa que possuem maior volume de material produzido pelos próprios estudantes, em formato de PowerPoint, resumo simples e relatório de pesquisa. É importante destacar que as experiências de orientação dos autores também abrangem outros trabalhos desenvolvidos pelos discentes do Programa, com foco no uso de produtos da cultura pop ocidental em geral, como recursos pedagógicos, que serão brevemente mencionados ao longo do capítulo.

Nosso objetivo é refletir sobre a educação científica com jovens, mostrando que

a interação com pesquisadores, grupos de pesquisa e laboratórios pode ser frutífera na produção de discussões, textos e atividades que trazem a realidade dos assuntos abordados ao aproximar temas possíveis de serem investigados cientificamente de questões vivenciadas pelos estudantes.

É importante destacar que a escolha pela orientação coletiva (Nilda & Regina, 2001), na iniciação científica, decorre da dinâmica de realização das atividades no grupo de pesquisa do qual os autores são membros e reflete a diversidade de suas formações nas áreas de Biologia, Pedagogia, Museologia, Artes e Ciências Sociais. Considerando a formação dos próprios autores que orientam em conjunto, a contribuição de cada um, a partir de sua expertise, repertórios culturais, profissionais e acadêmicos, traz diferentes práticas, abordagens teóricas e metodológicas, que se complementam nesse processo de formação científica, buscando abranger a complexidade dos fenômenos apresentados pelos estudantes, como parte de seu interesse em pesquisa, e valorizar seus olhares e repertórios no processo de investigação científica enquanto sujeitos do conhecimento.

O grupo de estudo e pesquisa Animê, Mangá, Sci-Fi (Ficção Científica) e Cultura Pop no Ensino de Ciências (AMSEC-POP) é certificado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e, desde 2019, aceita alunos do PROVOC para realizar atividades de iniciação científica no Laboratório de Inovações em Terapias, Ensino e Bioprodutos do Instituto Oswaldo Cruz (LITEB/IOC). Composto por pesquisadores e pós-graduandos da área de Ensino em Biociências e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz, o grupo propõe investigar animê, mangá, ficção científica e cultura pop quanto às suas potencialidades no ensino de ciências. Essa concepção de ciências contempla a convergência entre as áreas de Ciências Biológicas e da Saúde, bem como entre as áreas Humanas e Sociais, em torno dos objetos culturais de interesse do grupo.

Considera-se que, ao abordar obras da cultura pop como objeto de estudo e pesquisa na iniciação científica de jovens, a partir de elementos com os quais estão familiarizados, torna-se possível engajá-los em discussões sobre temas que, a princípio, podem parecer restritos ao interesse de especialistas, mas que estão relacionados aos impactos das práticas científicas e tecnológicas em suas vidas e em suas interações com o ambiente.

Neste capítulo, inicialmente, serão apresentados fundamentos teóricos e

conceituais que dizem respeito às produções da cultura pop japonesa e ao seu potencial para serem utilizadas em iniciativas de educação científica; em seguida, serão descritas as experiências dos próprios autores com produções da cultura pop japonesa enquanto objetos de estudo e de pesquisa na formação científica de jovens no ensino médio. Por fim, serão apresentadas as possibilidades de utilização dessas produções para a formação científica, com base na descrição das temáticas de pesquisa dos jovens que optaram pelo animê e pelo mangá como objetos de investigação, e seu embasamento em discussões teóricas e conceituais sobre ciência, tecnologia e natureza nas perspectivas da cultura ocidental e japonesa.

ASPECTOS TEÓRICOS E REFLEXÕES SOBRE AS POTENCIALIDADES DA CULTURA POP JAPONESA PARA FORMAÇÃO CIENTÍFICA

No contexto brasileiro, tecnologias de comunicação, como a TV, tiveram papel fundamental na popularização de produções da cultura pop japonesa, transmitidas em canais de televisão aberta nas décadas de 1960 a 1990 (Nakamura, 2018). Algumas dessas narrativas e representações imagéticas têm sido discutidas por pesquisadores como influenciadas pelos contextos históricos e sociopolíticos em que ocorreram a construção e a divulgação internacional dos animês e mangás, principalmente durante a Segunda Guerra Mundial e o pós-Segunda Guerra Mundial (Gibson, 2012; Gibson, 2013; Fuller, 2015; Fuller, 2019).

A partir do uso de tecnologias que promovem uma comunicação interativa por meio de imagens, possibilitando o engajamento do interlocutor no processo de interpretação dos sentidos representados por essas imagens (Monteiro, 2004, 2010), pode-se abordar temas com potencial para investigação científica e capazes de despertar o interesse dos jovens em iniciativas de educação científica, ao apresentar, como objeto de investigação, os produtos culturais midiáticos com os quais estão familiarizados. Essas potencialidades podem ser compreendidas à luz do conceito de engajamento escolar, entendido como a extensão do envolvimento ativo do estudante nas atividades de aprendizagem (Fredricks et al., 2004). Trata-se de um construto multidimensional, descrito na literatura a partir das dimensões comportamental, emocional e cognitiva, às quais se acrescentou posteriormente a dimensão agente (Vallo & Campos et al., 2020). Analisar o uso de animês e mangás a partir dessas dimensões permite

explicitar de que modo tais produções podem favorecer a aproximação dos jovens à investigação científica.

No que diz respeito à linguagem e à narrativa típicas dos animês e mangás, essas possuem o potencial de tornar acessíveis discussões e reflexões que, no senso comum, costumam ser vistas como pertinentes apenas a especialistas. Essa linguagem pode familiarizar e sensibilizar os estudantes para refletirem sobre questões relacionadas aos impactos das práticas científicas e tecnológicas em suas vidas e em suas interações com o ambiente (Linsingen, 2007; Coelho & Meira, 2017).

Essa sensibilização, proporcionada por obras da cultura pop japonesa, está relacionada ao fato de suas narrativas, caracterizadas pela representação verbal e corporal enfática das emoções, mobilizarem conhecimentos, valores e costumes do cotidiano, sejam eles apropriados do Ocidente pela cultura japonesa ou próprios dessa cultura. Dessa forma, essas narrativas aproximam o enredo da vida cotidiana ao apresentar experiências dos personagens como realidades possíveis de vivenciar pelo interlocutor (Coêlho & Nascimento, 2010). Esse processo de sensibilização também pode ser compreendido como uma forma de engajamento emocional, uma dimensão que abrange as reações afetivas do estudante, como o interesse, o prazer e a identificação com a atividade de aprendizagem (Fredricks et al., 2004). Ao mobilizar emoções, os animês e mangás possibilitam a criação de vínculos afetivos que podem predispor os jovens a se engajarem em iniciativas de educação científica.

Considerando essas características das produções da cultura pop japonesa e suas potencialidades, elas têm sido trabalhadas pelos próprios autores como objetos de pesquisa e ensino, o que permite reflexões sobre os sentidos de ciência e tecnologia enquanto fenômenos sociais, a partir de suas representações imagéticas e dos contextos sociopolíticos que as permeiam. Com base nas experiências dos autores na orientação de trabalhos de iniciação científica, a seção a seguir descreve as possibilidades de utilização de obras da cultura pop japonesa na formação científica de jovens, com foco nas produções que permitem refletir sobre os sentidos da ciência e da tecnologia enquanto fenômenos sociais. Para tal, serão exemplificadas com base na descrição dos trabalhos de pesquisa desenvolvidos por estudantes e egressos do PROVOC.

A EXPERIÊNCIA NA ORIENTAÇÃO DE ESTUDANTES NO PROVOC

O Programa de Vocação Científica da Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio (PROVOC/EPSJV) existe há 40 anos e tem proporcionado a estudantes de escolas públicas e privadas uma vivência imersiva em espaços de pesquisa, sob a supervisão de pesquisadores vinculados aos laboratórios e grupos de pesquisa das unidades da Fiocruz, que atuam como orientadores em diferentes áreas de conhecimento, abrangendo Ciências da Natureza, Biológicas, Saúde, Humanas e Sociais.

Essa iniciativa também se encontra em outros estados brasileiros por meio da constituição da Rede PROVOC Luiz Fernando Rocha Ferreira da Silva (OJC&T, 2024). O Programa possui duas etapas, nas quais os pesquisadores atuam voluntariamente na orientação e na coorientação desses jovens no PROVOC. Na etapa Iniciação, eles precisam planejar as atividades de iniciação científica com duração de um ano. Os estudantes que optam por continuar no Programa podem elaborar, com seus orientadores, um subprojeto de pesquisa e submetê-lo à avaliação para desenvolvê-lo na etapa Avançado, cuja duração é de aproximadamente dois anos (Sousa, 2009).

Além disso, a coordenação pedagógica do Programa proporciona orientações e oportunidades para que os estudantes compartilhem seus trabalhos científicos por meio da apresentação de pôsteres em eventos científicos, como a Jornada de Iniciação Científica e a Semana de Vocação Científica. O PROVOC, em ambas as etapas, incentiva os estudantes a serem responsáveis por redigir relatórios, apresentar projetos de pesquisa e cumprir os prazos estabelecidos para as atividades desenvolvidas nesse processo formativo.

Os jovens que participam da seleção do PROVOC e, durante esse processo, demonstram interesse em realizar pesquisas sobre produções da cultura pop são, em geral, encaminhados à nossa orientação. Muitos deles são oriundos de comunidades com alta vulnerabilidade socioeconômica e trazem, além da temática científica, assuntos de cunho social, como racismo, bullying, ética e preconceitos em geral. Quando isso acontece, esses assuntos são devidamente acolhidos pelo grupo e levados a uma discussão fundamentada e reflexiva, pois são sensíveis a todos.

Tanto os estudantes da etapa Iniciação quanto os da etapa Avançado, no geral, possuem atividades no contraturno. Por isso, busca-se conciliar os dias e horários em que há disponibilidade para participar dos encontros, alternando

entre remoto e presencial. Durante os encontros, os estudantes são encorajados a compartilhar, inicialmente, as obras de cultura pop com as quais possuem familiaridade, destacando as formas pelas quais tiveram contato com essas produções, além dos aspectos que mais lhes chamam a atenção e que possuem interesse, especialmente aqueles que os levam a refletir sobre questões presentes em seu cotidiano e a tentar comunicá-las em possíveis temas sobre os quais gostariam de aprofundar os estudos durante a iniciação científica. Eles também são orientados sobre como buscar referências bibliográficas relacionadas aos temas de interesse, bem como ler capítulos de livros e artigos científicos, tendo em vista utilizá-las para embasar a compreensão e a discussão do tema identificado nessas obras.

Os alunos do PROVOC, ao se relacionarem academicamente com os pesquisadores do grupo, também trazem um aporte de novas produções, que se tornam objetos importantes de discussão e pesquisa, especialmente porque estão bem atualizados sobre elas; basta que sejam encaminhados para se engajarem em discussões, para que possam aprofundar a temática de cada uma em suas respectivas áreas de interesse.

Esse movimento, em que os próprios estudantes propõem obras, temas e questões a serem investigados, aproxima-se do que Reeve (2013) denomina engajamento agente: a contribuição intencional, proativa e construtiva do estudante para o fluxo da instrução que recebe. Diferentemente das dimensões comportamental, emocional e cognitiva, em que o estudante responde à proposta do docente, no engajamento agente é o próprio estudante quem ajuda a moldar a atividade de pesquisa, sugerindo objetos de estudo e negociando os rumos de sua iniciação científica.

Segundo Assis et al. (2021), empregar recursos capazes de estimular os estudantes à discussão de temas científicos e sociais é um desafio para os docentes. Além disso, o processo de ensino/aprendizagem, com sua multiplicidade de expressões, muitas vezes está preso a linguagens que não conseguem abarcar todos os significados e pensamentos engendrados. Nesse sentido, considera-se que as linguagens e abordagens presentes nos animês e mangás podem ser extremamente úteis para preencher o vasto e rico campo da comunicação em ambientes de aprendizagem. Entende-se que os processos de ensino/aprendizagem podem ganhar em solidez e alcance ao se apropriarem da abordagem dos temas propostos e mergulharem na complexidade dos caminhos

que ali se entrecruzam, enriquecidos pela adoção de linguagens que veiculam, de modo inovador, conteúdo específico a distintos campos do saber.

No que diz respeito à produção dos estudantes orientados pelos próprios autores na iniciação científica, podem ser citadas apresentações de trabalhos em formato PowerPoint e pôsteres com temas como: pôster sobre bullying e outros conflitos no ambiente escolar relacionados à falta de inclusão, por meio da análise da obra *A Voz do Silêncio* de Yoshitoki Ōima; pôster sobre o impacto da bomba atômica no Japão, a partir da leitura do livro *Children of the Atomic Bomb: An American Physician's Memoir of Nagasaki, Hiroshima, and the Marshall Islands,* de James Yamazaki, e da análise das representações desse impacto por meio de animês e mangás, com destaque para *Gen Pés Descalços*, de Keiji Nakazawa, e *O Túmulo dos Vagalumes*, de Isao Takahata; pôster sobre animês e mangás e sua potencialidade no ensino, no qual foram analisados diversos animês, como *Cells at Work!* de Akane Shimizu, *Erased* de Kei Sanbe, *Fullmetal Alchemist Brotherhood* de Hiromu Arakawa e *Nausicaä do Vale do Vento* de Hayao Miyazaki; e a apresentação em PowerPoint sobre a importância da representação dos cientistas em várias áreas do conhecimento, identificadas a partir da análise do animê *One Piece*, de Eiichiro Oda.

Além de animês e mangás, seguindo uma das linhas do grupo de pesquisa, também foram abordados temas da cultura pop e ficção científica no ensino de ciências, tais como: análise de capítulos de livros, como o Capítulo 4 da obra *A Trama da Vida*, de Merlin Sheldrake, sobre como os fungos constroem o mundo; pôster sobre as potencialidades da obra *The Last of Us* de Neil Druckmann para o ensino do Reino Fungi no contexto do ensino médio; pôster sobre a obra *Harry Potter*, de Joanne Rowling, e a representação da ciência na ficção, em diálogo com a leitura do livro *A Ciência de Harry Potter* de Mark Brake e Jon Chase; e pôster sobre Perfumes, um encontro entre ciência, arte e cultura. Neste caso específico, o aluno era deficiente visual e ficou muito interessado no filme *O Perfume*, do diretor Tom Tykwer. Além disso, esse filme foi especialmente escolhido para a compreensão de assuntos relacionados à química e à arte.

Entende-se que a própria diversidade dessas produções na iniciação científica pode ser lida como expressão das dimensões comportamental e cognitiva do engajamento: a participação efetiva nas atividades de iniciação científica e o investimento na compreensão aprofundada dos temas investigados (Fredricks et al., 2004).

A seguir, no Quadro 1, destacam-se alguns exemplos de atividades de pesquisa que se debruçaram sobre animês e mangás:

Quadro 1. Descrição das pesquisas desenvolvidas por estudantes do PROVOC-EPSJV/FIOCRUZ e orientadas pelos membros do grupo AMSEC-POP sobre animê e mangá (2019-2026) *Fonte: Elaboração Própria.*

Título do trabalho	Estudantes	Etapa	Ano	Introdução do trabalho
Anime & Mangá na Educação	Manuela Barreto (CEAT) e Nayla Freire (CPII)	Iniciação	2019-2020	Discute a potencialidade de animês e mangás na educação e na divulgação científica, abordando temas diversos, como a pandemia e as medidas de prevenção para evitar a propagação do coronavírus, com a produção de uma página de quadrinhos chamada *Tempos de Covid* pela aluna Manuela.
Animê e Mangá no Ensino de Ciências	Francisco Sol de Oliveira Nunes (CPII) e Heitor Dantas Müller da Ponte	Iniciação	2021-2022	Analisa alguns exemplos de animês e mangás, tais como *Nausicaä do Vale do Vento*, *Erased*, *Full Metal Alchemist* e *Cells at Work*! e suas potencialidades no ensino de ciências.
"A Voz do Silêncio" (KOE NO KATACHI): O Bullying e a Surdez	Taís Alves dos Santos (CAp-UERJ)	Iniciação	2022-2023	Reflete sobre o bullying nas escolas e sobre como esses atos de violência podem afetar crianças e adolescentes, com base na

Título do trabalho	Estudantes	Etapa	Ano	Introdução do trabalho
Retratados no Mangá				obra *A Voz do Silêncio*.
O impacto da bomba atômica no Japão - uma visão através de mangás e animes	Luan Santos Ribeiro Alves (CPII)	Iniciação	2022-2023	Reflete sobre o impacto do lançamento das bombas atômicas sobre Hiroshima e Nagasaki na sociedade e na saúde do povo japonês, sob um ponto de vista histórico, por meio da análise de *O Túmulo dos Vagalumes* e *Gen Pés Descalços.*
Atelier of Witch Hat (Tongari Bōshi no Atorie) Ética e o avanço da tecnologia: qual a semelhança entre a magia e a ciência?	Maria Eduarda Figueiredo Rodrigues de Almeida (CAp-UFRJ)	Iniciação	2023-2024	Analisa situações de desigualdade através da obra *Atelier of Witch Hat*, além de abordar questões de consciência de classe, meritocracia, acessibilidade e o papel da ética, que podem ser exploradas nas áreas de Ciências Humanas e Sociais.
Jujutsu Kaisen e as Maldições: O Reflexo das Emoções Humanas	Andrielly Macêdo Silva	Iniciação	2025-2026	Identifica a representação das emoções na obra *Jujutsu Kaisen*, a forma como os personagens lidam com seus próprios sentimentos e os aspectos culturais das emoções, que

Título do trabalho	Estudantes	Etapa	Ano	Introdução do trabalho
				remetem às relações interpessoais e às expectativas em relação ao outro.
Belle e Pluto - Ética e tecnologia: Como o espaço cibernético e suas representações nos afetam?	Maria Eduarda Figueiredo Rodrigues de Almeida (CAp-UFRJ)	Avançado	2024-2026	Discute a temática da inteligência artificial (IA) sob perspectivas distintas, com base na análise de *PLUTO* e *Belle*, abordando as representações das tecnologias contemporâneas nessas obras.

Entre essas possibilidades de utilização da cultura pop na iniciação científica, com foco em narrativas presentes em histórias em quadrinhos e animações japonesas, destaca-se, com base no quadro acima, uma obra da cultura pop japonesa que possibilita explorar sentidos de ciência e tecnologia e suas repercussões nas interações humanas com o ambiente: *Nausicaä do Vale do Vento*, de Hayao Miyazaki.

No processo de orientação dos estudantes na iniciação científica, foram discutidos os conceitos e as teorias da Antropologia e Sociologia das Emoções (Abu-Lughod & Lutz, 1990; Zembylas, 2016), da Antropologia dos Sentidos (Le Breton, 2016), da Sociologia da Imagem (Lima Moura, 2011; Bodart, 2015; Silva, 2017) e da Teoria da Ciência (Watanabe, 1974; Sasaki, 2010), aplicados à análise de obras de animê e mangá que abordam relações entre ciência, ambiente e sociedade (Santos & Sawada, 2020).

Como exemplo, diante de questões identificadas na obra *Nausicaä do Vale do Vento*, de Hayao Miyazaki, refletiu-se sobre a interação do ser humano com o ambiente, com base nas perspectivas das culturas ocidental e japonesa sobre tecnologia, natureza e ciência. Na tradição da cultura ocidental, a tecnologia

refere-se a um mecanismo voltado à intervenção na natureza (Sasaki, 2010), que costuma ser vista como um recurso a ser explorado pela razão humana. Nesse contexto, a ciência é compreendida como investigação sistemática das leis naturais (Watanabe, 1974; Sasaki, 2010). Em contrapartida, na cultura japonesa, a natureza é percebida como um fluxo dinâmico, no qual elementos naturais e seres vivos formam uma unidade interdependente. A partir dessa concepção de natureza, decorre uma visão de ciência que enfatiza a interdependência entre os humanos e o ambiente (Kawasaki, 1996, 1999, 2007). A partir dessa reflexão teórica e conceitual sobre os sentidos de tecnologia, natureza e ciência, tornam-se possíveis propostas de atividades de iniciação científica por meio da análise de obras da cultura pop japonesa que abordam os impactos do desenvolvimento científico no ambiente. Ainda como exemplo de atividade formativa construída a partir dessa reflexão teórica e conceitual, realizou-se a oficina *Mangá e animação japonesa podem ensinar?* no ano de 2022 que foi ministrada em escolas da rede pública e privada na cidade de Leopoldina, Minas Gerais, para professores e alunos. Essas atividades, organizadas pelo LITEB e pelo Grupo AMSEC-POP, tornaram-se possíveis a partir do convite das escolas que demonstraram interesse em conhecer como essas produções da cultura pop japonesa poderiam ser abordadas como objeto de conhecimento na formação científica de professores e estudantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relevância da temática para a educação científica democrática reside na possibilidade de articular ciência, cultura, história e sociedade, por meio do uso de produções da cultura pop japonesa em iniciativas de educação científica, proporcionando aos jovens recursos materiais e simbólicos para que possam abordar questões pertinentes às juventudes e contribuindo para uma formação que possibilite reconhecer sentidos plurais de ciência e tecnologia enquanto práticas sociais e culturais historicamente situadas.

Espera-se que os educadores sejam capazes de reconhecer e aproveitar o potencial dessas obras da cultura pop japonesa como recurso educacional na formação científica de jovens, compreendendo como a linguagem característica do animê e do mangá pode comunicar a importância das relações sociais e do contexto sociocultural no desenvolvimento científico e tecnológico. Como perspectiva futura, espera-se também que iniciativas como as aqui descritas

contribuam para ampliar o alcance de uma educação científica que reconheça, nos produtos culturais do cotidiano dos jovens, não apenas um recurso didático, mas também um ponto de partida legítimo para a construção coletiva do conhecimento científico.

Conclui-se que animês e mangás, enquanto recursos pedagógicos, podem favorecer processos de ensino que aproximem os estudantes de debates sobre temas relevantes para sua formação, ampliando sua participação crítica na interpretação dos fenômenos da sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu-Lughod, L., & Lutz, C. A. (1990). Introduction: Emotion, discourse, and the politics of everyday life. In L. Abu-Lughod & C. A. Lutz (Eds.), *Language and the politics of emotion* (pp. 1–23). Cambridge University Press.
- Assis, S. S., Baptista, A. I. S., Silva, F. S. P., Lyra, R. M., & Sawada, A. (2021). *Para pensar além do entretenimento: Potencialidades de mangás e animês no ensino: Uma análise a partir de Parasyte*. In J. R. Lima, M. C. A. Oliveira, & N. S. Cardoso (Orgs.), *Itinerários de resistência: Pluralidade e laicidade no ensino de Ciências e Biologia* (pp. 5302–5312). Realize Editora. https://doi.org/10.46943/VIII.ENEBIO.2021.01.000
- Bodart, C. N. (2015). Fotografia como recurso didático no ensino de sociologia. *Em Tese, 12*(2), 81–102. https://doi.org/10.5007/1806-5023.2015v12n2p81
- Coêlho, C. T., & Nascimento, E. L. (2010). Mangá: Uma ferramenta didática para multiletramentos. In *Anais do 8º Seminário de Pesquisa em Ciências Humanas* (pp. 389–408). Londrina, PR, Brasil: Universidade Estadual de Londrina (UEL).
- Coelho, C. J. H., & Meira, R. A. (2017). Educação ambiental crítica e a filmografia de Hayao Miyazaki como recurso pedagógico de sensibilização a atitudes sustentáveis. In *Anais do 26º Encontro Nacional do CONPEDI* (pp. 61–80). Brasília, DF, Brasil: CICB.
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research, 74*(1), 59–109. https://doi.org/10.3102/00346543074001059
- Fuller, F. (2019). Why the Japanese did not complain about crimes against humanity perpetuated by the US in World War II: Evidence from Japanese

anime and manga. *Journal of Social and Political Sciences*, 2(1), 106–131.

- Fuller, F. (2015). The deep influence of the A-bomb on anime and manga. *The Conversation.* https://theconversation.com/the-deep-influence-of-the-a-bomb-on-anime-and-manga-45275
- https://www.epsjv.fiocruz.br/sites/default/files/files/EDITAL_final_Provoc.pdf
- Gibson, A. (2013). Out of death, an atomic consecration to life: Astro Boy and Hiroshima's long shadow. *Mechademia*, 8, 313–320.
- Gibson, A. (2012). Atomic pop! Astro Boy, the dialectic of enlightenment, and machinic modes of being. *Cultural Critique*, 80, 183–205. https://doi.org/10.5749/culturalcritique.80.2012.0183
- Kawasaki, K. (1996). The concepts of science in Japanese and Western education. *Science & Education*, 23(4), 258–270. https://doi.org/10.1007/BF00426437
- Kawasaki, K. (1999). A deductive description of cultural diversity of "observation" in science education. *Journal of Science Education in Japan, 23*(4), 258–270. https://doi.org/10.14935/jssej.23.258
- Kawasaki, K. (2002). A cross-cultural comparison of English and Japanese linguistic assumptions influencing pupils' learning of science. *Canadian and International Education*, 31, 19–51.
- Kawasaki, K. (2007). Towards worldview education beyond language-culture incommensurability. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5, 29–48.
- Linsingen, L. V. (2007). Mangás e sua utilização pedagógica no ensino de ciências sob a perspectiva CTS. *Ciência & Ensino*, 1, n.p.
- Lima Moura, L. L. (2011). Imagem e conhecimento: O uso de recursos didáticos visuais nas aulas de Sociologia. *Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas, 12*(100), 159–182.
- Monteiro, A. V. (2004). A valorização da aprendizagem e do indivíduo na cultura comunicacional. In *Anais do 10º Simpósio de Pesquisa em Comunicação da Região Sudeste (SIPEC)* (pp. 7–8). Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Monteiro, A. V. (2010). A valorização da aprendizagem e da imagem no contexto das redes digitais e seus impactos e possibilidades na educação e na produção das subjetividades na atualidade. In *Anais do 3º Simpósio de Hipertexto e Tecnologias da Educação*. Pernambuco, PE, Brasil: NEHTE/UFPE.

(pp. 1–13).

- Nakamura, M. T. (2018). *ポップカルチャ poppu karuchaa: mediações da cultura pop nipo-brasileira no cenário digital* [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo]. https://doi.org/10.11606/T.27.2018.tde-17092018-174623
- Alves, N., & Leite, R. G. (2001). A necessidade da orientação coletiva nos estudos sobre cotidiano: duas experiências. *Revista Portuguesa de Educação*, *14*(2), 0.
- OJC&T – Observatório Juventude Ciência & Tecnologia. (2024, November 29). *Juventude de todo o Brasil se reúne na Fiocruz para a 1ª Jornada Nacional de Iniciação Científica da Rede Provoc*. EPSJV/Fiocruz. https://www.juventudect.epsjv.fiocruz.br/de-olho-nas-ciencias/noticias-e-eventos/juventude-de-todo-o-brasil-se-reune-na-fiocruz-para-a-1a-jornada-nacional-de-iniciacao-cientifica-da
- Reeve, J. (2013). How students create motivationally supportive learning environments for themselves: The concept of agentic engagement. *Journal of Educational Psychology, 105*(3), 579–595. https://doi.org/10.1037/a0032690
- Santos, B. N., & Sawada, A. (2020). Contextos históricos e sociopolíticos dos mangás e animês e sua potencialidade no ensino. In A. Bueno, E. Crema, & J. Maria Neto (Orgs.), *Ensino de história e diálogos transversais* (pp. 39–47). Sobre Ontens/UERJ.
- Silva, A. O. (2017). Fotografia e ensino de Sociologia. *Revista Espaço Acadêmico*, 16(190), 41–51.
- Sasaki, C. (2010). *Introdução à teoria da ciência*. EdUSP.
- Sousa, I. C. F. (2009). A figura central do orientador para os egressos do Programa de Vocação Científica do Rio de Janeiro. In M. Monken & A. V. Dantas (Orgs.), *Estudos de politecnia e saúde* (Vol. 4, pp. 281–296). Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio.
- Vallo e Campos, L., Campos Schmitt, J., & dos Reis Justi, F. R. (2020). Um panorama sobre engajamento escolar: Uma revisão sistemática. *Revista Portuguesa de Educação*, 33(1), 221–246. https://doi.org/10.21814/rpe.18145
- Watanabe, M. (1974). The conception of nature in Japanese culture. *Science*, 183(4122), 279–282. https://doi.org/10.1126/science.183.4122.279

– Zembylas, M. (2016). Making sense of the complex entanglement between emotion and pedagogy: Contributions of the affective turn. *Cultural Studies of Science Education,* 11(3), 539–550.

DE LA CIENCIA COMO UNIVERSAL A LA CIENCIA SITUADA: EL POTENCIAL DE COIL EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA CONTEMPORÁNEA

Kim Alejandro Soriano Jiménez, Instituto Politécnico Nacional, México
Cesar Eduardo Mora Ley, Instituto Politécnico Nacional, México

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, la educación científica ha transitado de enfoques centrados principalmente en la transmisión de conceptos hacia perspectivas que enfatizan la ciudadanía, la sostenibilidad y la participación democrática (Roberts, 2007; Hodson, 2011; Sjöström y Eilks, 2018). Desde esta visión, la alfabetización científica implica no solo comprender conocimientos disciplinares, sino también participar críticamente en debates públicos relacionados con desafíos contemporáneos como el cambio climático, la transición energética y la salud pública.

Este cambio ha venido acompañado de cuestionamientos a la presentación de la ciencia como un conocimiento universal y neutral. Diversos autores argumentan que los currículos científicos suelen invisibilizar las condiciones históricas, culturales y políticas de producción del conocimiento, lo que puede contribuir a formas de injusticia epistémica al excluir perspectivas y saberes de grupos diversos (Fricker, 2007; Santos, 2007; Kayumova y Dou, 2022). En respuesta, distintas corrientes han enfatizado la importancia del conocimiento situado y de la participación de estudiantes provenientes de contextos diversos en la construcción de significados científicos (Haraway, 1988; Kelly y Licona, 2018). Estas discusiones son especialmente relevantes en América Latina, donde persisten desigualdades sociales y epistemológicas que limitan la incorporación de conocimientos locales, comunitarios e indígenas en la educación científica (Rezende et al., 2021; Norambuena Meléndez et al., 2023). En este contexto, resulta pertinente explorar metodologías que permitan articular perspectivas globales y locales dentro de experiencias educativas colaborativas. Por tanto, el propósito de este trabajo es analizar la viabilidad de la metodología COIL como estrategia para promover una educación científica más inclusiva y situada, que trascienda los enfoques tradicionales de enseñanza y favorezca la construcción

de vínculos entre el conocimiento científico, los contextos socioculturales y la participación ciudadana.

MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LITERATURA

Durante las últimas décadas, se ha argumentado que los objetivos de la educación científica deben extenderse más allá de la transmisión de conceptos, teorías y procedimientos disciplinarios (Sjöström, 2024; Levinson, 2010). Tradicionalmente, la alfabetización científica se asociaba con la comprensión de conocimientos científicos fundamentales y con la capacidad de utilizar dichos conocimientos en contextos cotidianos. Sin embargo, la creciente complejidad de los desafíos contemporáneos ha impulsado perspectivas que conciben la educación científica como una herramienta para la participación democrática y la formación ciudadana (Roberts, 2007; Yacoubian, 2018).

Dentro de esta evolución conceptual, Roberts (2007) distingue diferentes formas de entender la alfabetización científica. Mientras algunas perspectivas enfatizan el dominio del contenido disciplinar y los procesos propios de la ciencia, otras destacan la necesidad de preparar a los estudiantes para interactuar críticamente en asuntos públicos relacionados con la ciencia y la tecnología. En esta línea, Sjöström y Eilks (2018) proponen una Visión III de la alfabetización científica que incorpora explícitamente preocupaciones relacionadas con la justicia social, la sostenibilidad y la transformación democrática. Desde esta perspectiva, la educación científica no debe limitarse a preparar futuros científicos, sino contribuir a la formación de ciudadanos capaces de deliberar sobre cuestiones sociocientíficas complejas.

Norambuena Meléndez et al. (2023), al analizar los currículos de ciencias en Bolivia y Chile, identifican una creciente atención hacia dimensiones sociales, ambientales y políticas de la alfabetización científica. Sostienen que la enseñanza de las ciencias puede desempeñar un papel importante en la construcción de una ciudadanía crítica capaz de participar activamente en sociedades democráticas. Resulta pertinente explorar metodologías que permitan interactuar con múltiples perspectivas, colaborar y reconocer la dimensión social científica. Las discusiones sobre ciudadanía y democracia en educación científica convergen cada vez más con preocupaciones sobre la justicia epistémica y el reconocimiento de la diversidad de formas de conocimiento. Fricker (2017) introdujo el concepto de injusticia epistémica para describir situaciones en las que individuos o grupos son

perjudicados en su capacidad de participar como sujetos de conocimiento; distingue entre injusticia testimonial, cuando sujetos reciben menor credibilidad por prejuicios sociales, e injusticia hermenéutica, cuando grupos específicos carecen de recursos interpretativos para comprender y comunicar adecuadamente sus experiencias.

Estas perspectivas convergen con la noción de conocimiento situado desarrollada por Haraway (1988), cuestionando la ciencia producida desde una posición neutral o universal. Según esta autora, todo conocimiento se genera desde ubicaciones históricas, culturales y materiales específicos. En educación científica, Kayumova y Dou, (2022) han retomado esta idea para argumentar que la enseñanza de las ciencias debe reconocer la diversidad de experiencias y perspectivas presentes en las aulas.

Kelly (2008) conceptualiza la producción de conocimiento científico como una práctica social y culturalmente situada. Su experiencia enseñando ciencias en Togo ilustra cómo diferentes marcos culturales influyen en las posibilidades de observación, interpretación e inferencia disponibles para los participantes en actividades científicas. Esto es clave al investigar cómo estudiantes diversos co-construyen significados compartidos.

Aunque estos marcos no garantizan automáticamente justicia epistémica o conocimiento situado, exigen investigar cómo diversas comunidades co-construyen conocimiento científico.

Desarrollada por Rubin (2017), la metodología *Collaborative Online International Learning*, COILemocratiza las experiencias interculturales universitarias mediante actividades virtuales compartidas entre instituciones, eliminando la necesidad de movilidad presencial. A diferencia de la restrictiva movilidad presencial, integrar experiencias globales al currículo es crucial en Latinoamérica para mejorar la colaboración y comunicación intercultural (Hackett et al., 2023). Asimismo, COIL permite abordar problemas globales desde perspectivas múltiples (Adefila et al., 2021) y facilita encuentros entre diversas tradiciones culturales y epistemológicas (de la Garza y Maher, 2022). Pese a su auge, la investigación de COIL en educación científica es escasa. Los estudios priorizan competencias interculturales, dejando inexplorado su impacto en disciplinas específicas, justicia epistémica, conocimiento situado y viabilidad contextual. Por ello, urgen estudios exploratorios sobre las percepciones, oportunidades y limitaciones de esta metodología para orientar futuras investigaciones.

PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio explora las percepciones docentes sobre la viabilidad, oportunidades y retos de implementar COIL en física educativa en el sur de Tamaulipas. Busca evaluar su contribución a la internacionalización, conocimientos situados y participación democrática, sentando bases para futuras investigaciones. Lejos de medir resultados, el estudio explora el potencial de COIL para orientar futuras investigaciones científicas. Sin asumir completa neutralidad, la investigación adopta una postura interpretativista, entendiendo el conocimiento como una co-construcción entre investigador, participantes y su contexto. Para controlar sesgos, se documentaron perspectivas favorables y críticas, redactando memorandos reflexivos para asegurar un proceso analítico transparente.
El estudio se sustenta además en diversas perspectivas de la educación científica, los conocimientos situados, la justicia epistémica y la democratización del conocimiento. Estas perspectivas instan a prestar atención no solo al acceso y a la participación, sino también al reconocimiento de diversas formas de saber y de experiencia. Consecuentemente, el análisis buscó comprender cómo los participantes percibieron las oportunidades y limitaciones de COIL dentro de sus contextos educativos particulares, en lugar de asumir su valor *a priori*.

METODOLOGÍA

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación empleó un diseño de investigación cualitativa exploratoria para estudiar las percepciones de los profesores de física y ciencias sobre la viabilidad de COIL como enfoque pedagógico en contextos educativos del sur de Tamaulipas, México. El estudio también exploró las perspectivas de los participantes sobre el potencial de COIL para contribuir a la democratización de la educación científica mediante el incremento del acceso a la colaboración internacional, aprendizaje intercultural y el reconocimiento de diversas formas de conocimientos. Se seleccionó un enfoque cualitativo porque el estudio buscó comprender las experiencias, interpretaciones y percepciones antes que medir variables predefinidas. Dada la implementación y el estudio limitado de COIL dentro de contextos de física educativa, se consideró pertinente un diseño exploratorio para generar aproximaciones iniciales e identificar temas que pueden orientar futuras investigaciones y esfuerzos de implementación. Se fundamentó en supuestos interpretativistas, los cuales conciben que el

conocimiento se construye socialmente a través de las experiencias de los individuos y sus interacciones con sus contextos educativos y culturales. En consecuencia, la investigación se concentró en comprender cómo los profesores dan sentido a la metodología COIL y a su posible papel dentro de la educación científica.

PARTICIPANTES Y CONTEXTO

Los participantes fueron seleccionados mediante un muestreo intencional. Los criterios de elegibilidad incluyeron ser un docente actualmente involucrado en la enseñanza de la física, las ciencias, las matemáticas, materias relacionadas con la ingeniería o disciplinas afines en los niveles de educación media superior o superior en Tamaulipas. Es importante contextualizar que esta región representa un polo industrial y portuario estratégico, en donde coexisten instituciones educativas con marcados contrastes socioeconómicos y tecnológicos; un escenario representativo de los desafíos latinoamericanos frente a la democratización de la internacionalización educativa.

Tres educadores participaron en el estudio, representando diversos contextos educativos que incluyeron instituciones públicas y privadas, así como entornos de educación media superior y superior. Su experiencia docente oscilaba entre aproximadamente ocho y dieciséis años. Un participante tenía experiencia previa implementando proyectos COIL, mientras que los otros dos no tenían experiencia previa con la metodología. La inclusión de participantes con diferentes trayectorias institucionales y diversos niveles de familiaridad con COIL tuvo como propósito proporcionar una comprensión más amplia de las oportunidades y los desafíos percibidos asociados con la metodología. Para proteger la confidencialidad, se identifica a los participantes mediante seudónimos (P1, P2 y P3) a lo largo del estudio.

RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos se recolectaron a través de entrevistas semiestructuradas realizadas en línea en la aplicación Zoom, un método seleccionado porque proporciona un equilibrio entre la consistencia metodológica y la flexibilidad para explorar en mayor profundidad las ideas emergentes. El protocolo de la entrevista constó de cinco secciones integradas por preguntas sobre los antecedentes profesionales y docentes, el conocimiento y las percepciones iniciales sobre COIL, la viabilidad

percibida de esta metodología para la enseñanza de la física y las ciencias, su relación con la democratización de la educación científica, así como las condiciones para su implementación y reflexiones finales.

Dado que no todos los participantes estaban familiarizados con COIL antes de la entrevista, se proporcionó una breve explicación estandarizada de la metodología. Se mostró a los participantes una representación visual de la estructura típica de un curso COIL, indicada en la Figura 1 abajo. Esta introducción común garantizó que los participantes respondieran con base en una comprensión compartida. Las preguntas exploraron las percepciones sobre los posibles beneficios, barreras, requisitos de implementación e implicaciones para la educación científica, prestando especial atención a cuestiones de colaboración internacional, acceso, equidad, aprendizaje intercultural y conocimientos contextualizados. Las entrevistas duraron aproximadamente entre 35 y 40 minutos y fueron grabadas en audio y video con el consentimiento previo, para posteriormente ser transcritas para su análisis.

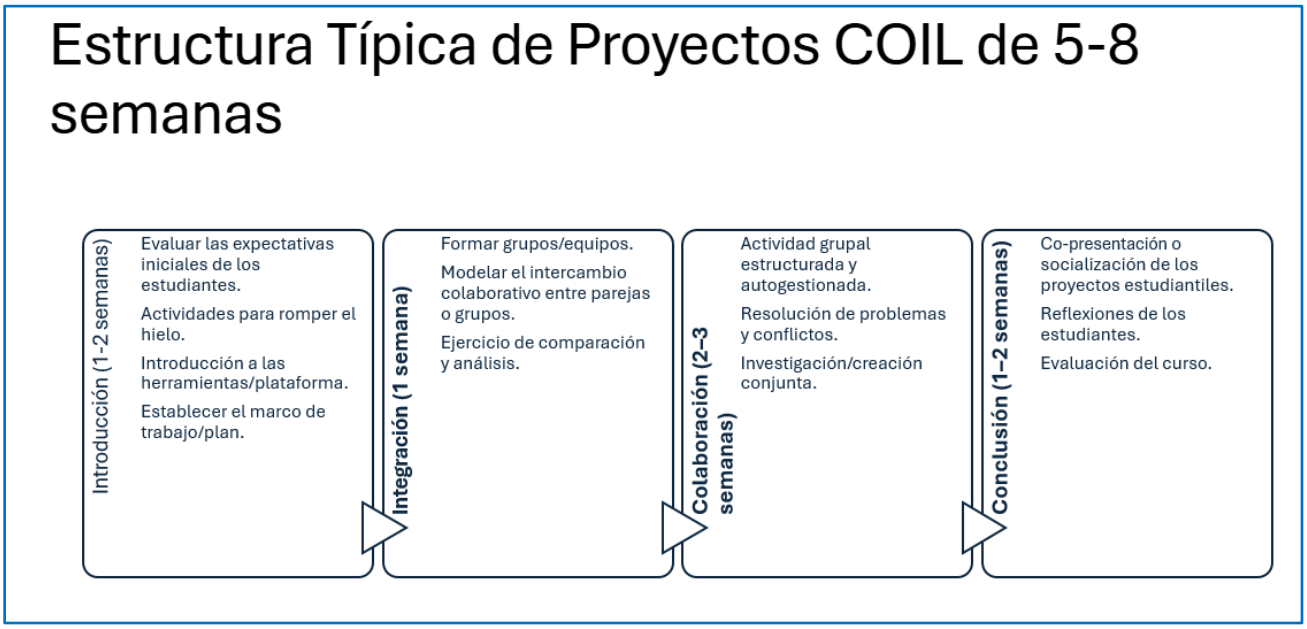

Figura 1 Estructura de Curso COIL. Adaptado de *Course Structure* (COIL Connect, s. f.)

ANÁLISIS DE DATOS

Las transcripciones de las entrevistas se analizaron mediante análisis temático, siguiendo el enfoque propuesto por Braun y Clarke (2006). Este método se seleccionó al proporcionar un marco flexible pero sistemático para identificar, analizar e interpretar patrones de significado a lo largo de conjuntos de datos

cualitativos. El análisis se desarrolló a través de seis etapas que comenzaron con la familiarización con los datos mediante la lectura repetida de las transcripciones, la generación de códigos iniciales que reflejaran unidades de texto significativas y la identificación de patrones recurrentes y relaciones entre los códigos. Posteriormente, se procedió al desarrollo y revisión de temas preliminares, el refinamiento y definición de dichos temas, culminando con la producción de la narrativa analítica final.

La codificación se llevó a cabo de manera inductiva, permitiendo que los temas emergieran de las respuestas de los participantes en lugar de imponer categorías predeterminadas. Al mismo tiempo, el análisis estuvo sensibilizado por los intereses conceptuales del estudio en materia de internacionalización, democratización de la educación científica, aprendizaje intercultural y reconocimiento de diversos sistemas de conocimiento. A lo largo del análisis se prestó atención tanto a las convergencias como a las divergencias entre las perspectivas de los docentes. Los temas se desarrollaron con base en patrones que aparecieron en múltiples entrevistas, preservando al mismo tiempo matices contextuales importantes.

CONFIABILIDAD Y RIGOR METODOLÓGICO

Se implementaron diversas estrategias para fortalecer la confiabilidad del estudio. Se utilizó un protocolo de entrevista común para asegurar consistencia en la recolección de datos, manteniendo la flexibilidad necesaria para profundizar en experiencias relevantes de los participantes. Las entrevistas fueron transcritas literalmente para preservar las respuestas originales y minimizar distorsiones interpretativas. Asimismo, se elaboraron memorandos analíticos durante la codificación para documentar interpretaciones emergentes, decisiones analíticas y el desarrollo de temas. Finalmente, los hallazgos se sustentan con citas textuales que permiten evaluar la relación entre los datos y las interpretaciones presentadas.

Consideraciones éticas

La participación fue voluntaria. Antes de cada entrevista, los participantes fueron informados sobre los objetivos del estudio, la naturaleza voluntaria de su participación y su derecho a retirarse en cualquier momento sin consecuencias. Todos otorgaron consentimiento informado y autorizaron la grabación de audio con fines de investigación. La información identificable fue eliminada de las

transcripciones, se utilizaron seudónimos para proteger la confidencialidad y los datos fueron almacenados de forma segura y utilizados exclusivamente con fines académicos.

RESULTADOS

El análisis de las entrevistas permitió identificar cuatro temas principales relacionados con las percepciones docentes sobre la viabilidad de COIL en la enseñanza de la física y las ciencias en Tamaulipas: (a) la viabilidad percibida de la metodología, (b) los beneficios educativos asociados a su implementación, (c) las barreras y desafíos para su adopción y (d) su potencial para contribuir a la democratización de la educación científica, indicados en la Tabla 1.

Tabla 1. Temas, subtemas y evidencias representativas identificados en el análisis de las entrevistas

Tema	Subtema	Descripción	Evidencia representativa	Participante
Viabilidad percibida de COIL	Viabilidad general de la metodología	Los participantes consideraron que COIL puede implementarse en cursos de ciencias y física sin modificaciones curriculares mayores.	"Me parece interesante, atractiva y posiblemente viable" (P1).	P1, P2, P3
Viabilidad percibida de COIL	Compatibilidad curricular y planificación	La implementación requiere coordinación previa entre docentes y la identificación de objetivos de aprendizaje comunes.	"Habría que ver cuáles pueden ser los objetivos o los temas que puedan ser semejantes" (P3).	P1, P2, P3
Beneficios educativos	Aprendizaje intercultural y	La interacción con estudiantes	"Permitir a los estudiantes que	P1, P2, P3

asociados a COIL	perspectivas globales	de otros contextos favorece la comprensión de realidades diversas y amplía las perspectivas sobre la ciencia.	vean realidades distintas a las suyas" (P1).	
Beneficios educativos asociados a COIL	Aprendizaje activo y trabajo por proyectos	COIL se percibe como compatible con enfoques pedagógicos centrados en proyectos, resolución de problemas y colaboración.	"Fortalece mucho el aprendizaje por proyectos" (P2).	P1, P2, P3
Beneficios educativos asociados a COIL	Desarrollo de habilidades lingüísticas	La colaboración internacional puede favorecer el uso y aprendizaje del inglés u otros idiomas.	"Puede ser una especie de intercambio en ese sentido" (P1).	P1, P2, P3
Barreras y desafíos para la implementación	Competencia lingüística y comunicación intercultural	El nivel de inglés de los estudiantes fue identificado como una posible limitación para la interacción internacional.	"El nivel de inglés es básico" (P3).	P2, P3
Barreras y desafíos para la implementación	Acceso tecnológico e infraestructura	La conectividad, disponibilidad de dispositivos y acceso a laboratorios de cómputo pueden	"Muchos otros solo tienen un móvil" (P3).	P1, P2, P3

		condicionar la participación estudiantil.		
Barreras y desafíos para la implementación	Apoyo institucional y coordinación	La implementación requiere acuerdos institucionales, cronogramas y espacios para la colaboración.	"Tendría que haber un planteamiento trabajado, una cronología" (P3).	P1, P2, P3
COIL y la democratización de la educación científica	Acceso a experiencias internacionales	COIL permite participar en experiencias interculturales sin necesidad de movilidad física.	"Es abrir el mundo para los estudiantes" (P2).	P1, P2, P3
COIL y la democratización de la educación científica	Reconocimiento y circulación de saberes locales	Los participantes consideraron valioso compartir proyectos y conocimientos generados localmente en escenarios internacionales.	"La posibilidad de que se muestre en otros lugares, en otros espacios" (P3).	P2, P3
COIL y la democratización de la educación científica	Educación científica más inclusiva y participativa	La metodología puede ampliar oportunidades de acceso al conocimiento y a formas diversas de participación científica.	"Ayuda a que tengan acceso a experiencias que probablemente no pudieran tener" (P3).	P1, P2, P3

VIABILIDAD PERCIBIDA DE COIL EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y LAS CIENCIAS

Los participantes consideraron que COIL es una metodología viable para la enseñanza de la física y otras disciplinas científicas. Destacaron su compatibilidad

con enfoques basados en proyectos, resolución de problemas y desarrollo de prototipos, así como la posibilidad de integrarla en cursos semestrales sin modificaciones curriculares significativas. No obstante, señalaron que su implementación requiere identificar objetivos de aprendizaje compartidos y establecer mecanismos de coordinación entre docentes e instituciones.

BENEFICIOS EDUCATIVOS ASOCIADOS A COIL

Los docentes identificaron beneficios relacionados con el aprendizaje intercultural, la ampliación de perspectivas sobre la ciencia y el fortalecimiento de metodologías activas de enseñanza. Asimismo, consideraron que la interacción con estudiantes de otros contextos puede favorecer el desarrollo de habilidades de comunicación y competencias lingüísticas, especialmente en inglés, además de ofrecer experiencias educativas que normalmente no estarían disponibles en el contexto local.

BARRERAS Y DESAFÍOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Las principales barreras identificadas fueron las diferencias en las competencias lingüísticas de los estudiantes, particularmente en inglés, la disponibilidad desigual de recursos tecnológicos y la necesidad de coordinación institucional. Los participantes coincidieron en que la implementación de COIL requiere planificación previa, apoyo administrativo y condiciones tecnológicas que faciliten la participación de todos los estudiantes.

COIL y la democratización de la educación científica

Los participantes percibieron que COIL puede contribuir a democratizar la educación científica al ampliar el acceso a experiencias internacionales sin requerir movilidad física. Además, destacaron su potencial para favorecer el intercambio de conocimientos entre contextos diversos y para visibilizar proyectos, experiencias y saberes desarrollados localmente. En conjunto, consideraron que la metodología puede promover formas más inclusivas y participativas de educación científica.

DISCUSIÓN

Los hallazgos sugieren que los docentes perciben a COIL como una metodología viable para la enseñanza de las ciencias, particularmente por su compatibilidad con enfoques centrados en proyectos, colaboración y resolución de problemas.

Estas percepciones coinciden con la literatura que describe a COIL como una estrategia accesible de internacionalización que permite experiencias interculturales sin requerir movilidad física. Un aspecto relevante es que los participantes no limitaron los beneficios de COIL al intercambio cultural. También señalaron su potencial para enriquecer la enseñanza mediante la interacción entre estudiantes que enfrentan realidades distintas, favoreciendo una comprensión más amplia de los problemas científicos y de sus aplicaciones en diferentes contextos. Al mismo tiempo, los resultados muestran que las posibilidades democratizadoras de COIL dependen de condiciones concretas de implementación. Las limitaciones tecnológicas, las diferencias en competencias lingüísticas y la necesidad de coordinación institucional fueron identificadas como factores que pueden restringir la participación efectiva de algunos estudiantes. Aunado a esto, emerge una clara tensión teórica y una incompatibilidad práctica entre la naturaleza de la metodología COIL y las exigencias curriculares prescritas típicamente en asignaturas como la Física. Mientras que el aprendizaje colaborativo internacional exige flexibilidad pedagógica, apertura a la diversidad epistémica y tiempos extendidos para la negociación intercultural, los programas de física suelen estar anclados a currículos rígidos, estandarizados y sujetos a la presión de cubrir temarios extensos. Esta fricción entre la estructura tradicional y la apertura que demanda la ciencia situada representa uno de los mayores desafíos para su viabilidad.

Finalmente, los participantes destacaron el valor de compartir conocimientos, proyectos y experiencias desarrollados en contextos locales. Esta percepción sugiere que COIL puede funcionar no solo como un mecanismo de acceso a perspectivas internacionales, sino también como un espacio para la circulación y reconocimiento de saberes contextualizados, ampliando las oportunidades de diálogo entre diferentes comunidades educativas.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que los docentes participantes perciben a COIL como una metodología viable y potencialmente valiosa para la enseñanza de la física y las ciencias en Tamaulipas. Entre sus principales fortalezas identificaron la promoción del aprendizaje colaborativo, el contacto intercultural y la posibilidad de participar en experiencias internacionales sin necesidad de movilidad física. Asimismo, los participantes señalaron que COIL puede favorecer metodologías

activas de enseñanza y ofrecer oportunidades para compartir conocimientos y experiencias desarrollados en distintos contextos educativos. Sin embargo, también reconocieron desafíos relacionados con el acceso a recursos tecnológicos, las competencias lingüísticas y la coordinación institucional requerida para su implementación.

En conjunto, los hallazgos sugieren que COIL posee potencial para contribuir a una educación científica más inclusiva, participativa y conectada con realidades tanto locales como globales. No obstante, debido al carácter exploratorio del estudio y al reducido número de participantes, los resultados deben interpretarse como evidencia inicial. Futuras investigaciones podrían analizar experiencias concretas de implementación e incorporar las perspectivas de estudiantes y otros actores educativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adefila, A., Arrobbio, O., Brown, G., Robinson, Z., Spolander, G., Soliev, I., Willers, B., Morini, L., Padovan, D. y Wimpenny, K. (2021). Ecologized collaborative online international learning: Tackling wicked sustainability problems through education for sustainable development. *Journal of Teacher Education for Sustainability, 23*(1). https://doi.org/10.2478/jtes-2021-0002
- Braun, V. y Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology, 3*(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa
- COIL Connect. (s. f.). *Course structure*. https://coilconnect.org/course_structure
- de la Garza, A. y Maher, C. (2022). Decolonising the film curriculum through South–North collaborative online international learning (COIL) initiatives. *Film Education Journal, 5*(1), 34–40. https://doi.org/10.14324/fej.05.1.04
- Fricker, M. (2007). *Epistemic injustice: Power and the ethics of knowing*. Oxford University Press.
- Fricker, M. (2017). Evolving concepts of epistemic injustice. En I. J. Kidd, J. Medina y G. Pohlhaus Jr. (Eds.), *The Routledge handbook of epistemic injustice* (pp. 53–60). Routledge.
- Hackett, S., Janssen, J., Beach, P., Perreault, M., Beelen, J. y van Tartwijk, J. (2023). The effectiveness of Collaborative Online International Learning

(COIL) on intercultural competence development in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20*(1), Article 5. https://doi.org/10.1186/s41239-022-00373-3

- Haraway, D. (1988). Situated knowledges: The science question in feminism and the privilege of partial perspective. *Feminist Studies, 14*(3), 575–599. https://doi.org/10.2307/3178066
- Hodson, D. (2011). *Looking to the Future.* Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-472-0_3
- Kayumova, S. y Dou, R. (2022). Equity and justice in science education: Toward a pluriverse of multiple identities and onto-epistemologies. *Science Education, 106*(5), 1097–1117. https://doi.org/10.1002/sce.21722
- Kelly, G. J. (2008). Inquiry, activity, and epistemic practice. En R. Duschl y R. Grandy (Eds.), *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation* (pp. 99–117). Sense Publishers.
- Kelly, G. J. y Licona, P. R. (2018). Epistemic practices and science education. En M. R. Matthews (Ed.), *History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 139–165). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62616-1_5
- Levinson, R. (2010). Science education and democratic participation: An uneasy congruence? *Studies in Science Education, 46*(1), 69–119. https://doi.org/10.1080/03057260903562433
- Norambuena Meléndez, M., Guerrero, G. R. y González Weil, C. (2023). What is meant by scientific literacy in the curriculum? A comparative analysis between Bolivia and Chile. *Cultural Studies of Science Education, 18*(4), 937–958. https://doi.org/10.1007/s11422-023-10190-3
- Rezende, F., Ostermann, F. y Guerra, A. (2021). South epistemologies to invent post-pandemic science education. *Cultural Studies of Science Education, 16*(4), 981–993. https://doi.org/10.1007/s11422-021-10091-3
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 729–780). Lawrence Erlbaum Associates.
- Rubin, J. (2017). *Embedding collaborative online international learning (COIL) at higher education institutions: An evolutionary overview with exemplars*. COIL Center, State University of New York.
- Santos, B. de S. (2007). Para além do pensamento abissal: Das linhas globais a uma ecologia de saberes. *Novos Estudos CEBRAP, 79*, 71–94.

- Sjöström, J. (2024). Vision III of scientific literacy and science education: An alternative vision for science education emphasising the ethico-socio-political and relational- existential. *Studies in Science Education, 60*(1), 1–27. https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2303113
- Sjöström, J. y Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. En Y. J. Dori, Z. R. Mevarech y D. R. Baker (Eds.), *Cognition, metacognition, and culture in STEM education* (pp. 65–88). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_4
- Yacoubian, H. A. (2018). Scientific literacy for democratic decision-making. *International Journal of Science Education, 40*(3), 308–327. https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1420266

ISBN 978-950-29-2111-2