

# GÓNDOLA

## ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS



VOL. 21 NÚM. 2  
MAYO - AGOSTO DE 2026



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

JESSE 2026



## UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

**Revista Góndola,  
Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**  
Volumen 21-Número 2  
mayo - agosto de 2026

Revista cuatrimestral  
Facultad de Ciencias y Educación  
Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Bogotá, Colombia

e-ISSN 2346-4712  
ISSN 2665-3303

### **Editora en Jefe**

Olga Lucía Castiblanco Abril

### **Apoyo gestion OJS**

Oficina de Investigaciones - ODI

### **Corrección de estilo**

Olga Lucía Castiblanco Abril

### **Diseño y diagramación**

Diego Fabian Vizcaíno Arévalo

### **Portada**

Crédito Imágen: Belen Josiane Vizcaíno Castiblanco



**Revista Góndola, Enseñanza y  
Aprendizaje de las Ciencias**

## EQUIPO EDITORIAL

Ph.D. Olga Lucía Castiblanco Abril  
*Editora en jefe*

Ph.D. Diego Fábian Vizcaíno  
*Editor de contenidos*

Ingri Gisela Camacho Triana  
*Gestora Editorial*  
*Oficina de Investigaciones*  
**Universidad Distrital Francisco José de Caldas**

Equipo Técnico de apoyo:  
*Grupo de Investigación Enseñanza y Aprendizaje de la Física (GEAF)*

## COMITÉ CIENTÍFICO/EDITORIAL

Dr. Paulo Idalino Balça Varela. *Universidade do Minho, Portugal*  
Dr. Nestor Camino. *Universidad Nacional de la Patagonia, Argentina*  
Ph.D. Agustín Adúriz Bravo. *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Ph.D. Alvaro Chispino. *Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Brasil*  
Ph.D. Antonio García Carmona. *Universidad de Sevilla, España*  
Ph.D. Deise Miranda Vianna. *Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil*  
Ph.D. Eder Pires de Camargo. *Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, Brasil*  
Ph.D. Eduardo Fleury Mortimer. *Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil*  
Ph.D. Edwin Germán García Arteaga. *Universidad del Valle, Colombia*  
Ph.D. Eugenia Etkina. *Rutgers University, EE. UU.*  
Ph.D. Jorge Enrique Fiallo Leal. *Universidad Industrial de Santander, Colombia*  
Ph.D. Nicoletta Lanciano. *Sapienza Università di Roma, Italia*  
Ph.D. Roberto Nardi. *Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Bauro, Brasil*  
Ph.D. Silvia Stipcich. *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina*

## COMITÉ EVALUADOR

Dr. Alberto Einstein Pereira de Araujo, *Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil*  
Dr. Carlos Alberto de Lima Ribeiro, *Universidade Estadual de Feira de Santana, Brasil*  
Dr. Gastón Mariano Pérez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Dr. José María Sigarreta Almira, *Universidad Autónoma de Guerrero, México*

Dr. Juan Eduardo Nápoles Valdés, *Universidad del Nordeste de Argentina, Argentina*

Dr. Luis Mauricio Rodríguez Salazar, *Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales (CIECAS-IPN), México*

Dr. Mario Di Blasi Regner, *Universidad Tecnológica Nacional de Argentina, Argentina*

Dr. Porfirio Gutiérrez González, *Universidad de Guadalajara, México*

Dr. Robinson Asprilla Rengifo, *Universidad UMECIT Panamá, Panamá*

Dr. Robinson Conde Carmona, *Universidad del Atlántico, Colombia*

Dr. Vitor Fabrício Machado de Souza, *Universidade Federal de Paraná, Brasil*

Dr. Walther Geovanny Gamba Cifuentes, *Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, México*

Dra. Aura Ximena García Viviescas, *Universidad Santo Tomás, Colombia*

Dra. Azucena Arias Correa, *Universidade de Vigo, España*

Dr. Caio Corrêa Derossi, *Universidade Federal de Viçosa, Brasil*

Dra. Daniela Barría-Díaz, *Universidad de Zaragoza, España*

Dra. Diana Salgado, *Universidad Nacional del Sur, Argentina*

Dra. Esperanza Requejo Fernández, *Universidad de Vigo, España*

Dra. Gloria Patricia Ramirez, *Secretaría de Educación Distrital, Colombia*

Dra. Jurema Lindote Botelho Peixoto, *Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil*

Dr. Kaleb Ribeiro Alho, *Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Brasil*

Dra. Leticia García, *Universidad Nacional de Cordoba, Argentina*

Dra. Maria Cristina Pansera de Araújo, *Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil*

Dra. Maximina Freire, *Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brasil*

Dra. Neusa Maria John Scheid, *Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões,*



# Contenido

## EDITORIAL

- ¿Es neutral la matemática? El giro de la sostenibilidad en la educación matemática contemporánea e-25193  
Is mathematics neutral? The sustainability turn in contemporary mathematics education  
A matemática é neutra? A virada para a sustentabilidade no ensino da matemática contemporânea  
*Cristian Camilo Fúneme Mateus*

## HISTORIAS DE VIDA

- Entrevista a Luis Enrique Moreno Armella e-25841  
Interview with Luis Enrique Moreno Armella  
Entrevista a Luis Enrique Moreno Armella  
*Olga Lucía Castiblanco Abril*

## ARTÍCULOS

- Instrumentos de evaluación del aprendizaje significativo: un análisis desde las ciencias naturales e-23204  
Assessment instruments for meaningful learning: analysis from the natural sciences  
Instrumentos de avaliação da aprendizagem significativa: uma análise a partir das ciências naturais  
*Andrés Guillermo Chavarro Rivera*
- Magia e transmigração da alma: a heresia na obra de Giordano Bruno e-23308  
Magic and transmigration of the soul: heresy in the work of Giordano Bruno  
Magia y trans migración del alma: herejía en la obra de Giordano Bruno  
*Alberes Lopes de Lima y Mayara Lopes de Freitas Lima*
- ¿Cómo y cuántas veces se descubrieron las acuaporinas? Una perspectiva histórico-epistemológica e-24128  
para la enseñanza disciplinar y metacientífica en el profesorado  
How and how many times were aquaporins discovered? A historical-epistemological perspective for  
disciplinary and metascientific teaching in teacher education  
Como e quantas vezes as aquaporinas foram descobertas? Uma perspectiva histórico-epistemológica  
para o ensino disciplinar e metacientífico na formação de professores  
*Eduardo E. Lozano y Agustín Adúriz-Bravo*
- Os estilos de pensamento dos autores-referenciais da História da Ciência no Ensino de Ciências em e-24222  
pesquisas brasileiras da Educação Básica  
The thought styles of the reference authors of the history of science in science teaching in brazilian  
basic education research  
Los estilos de pensamiento de los autores de referencia de la historia de la ciencia en la enseñanza de  
las ciencias en la investigación básica brasileña  
*Angélica Maria de Gasperi y Rúbia Emmel*
- Astronomía indígena no ensino de sistemas de referência a partir da teoria da atividade histórico- e-23614  
cultural  
Indigenous astronomy in the teaching of reference systems from the theory of historical-cultural  
activity  
Astronomía indígena en la enseñanza de los sistemas de referencia desde la teoría de la actividad  
histórico-cultural  
*Nairys Costa de Freitas; Heliomázio Rodrigues Moreira; Mairton Cavalcante Romeu y Maria Cleide  
da Silva Barroso*





# Contenido

- Una secuencia didáctica en el aula de física utilizando laboratorios lúdicos e-22663  
A teaching sequence in the physics classroom using playful laboratories  
Uma sequência didática na sala de aula de física utilizando laboratórios lúdicos  
*Marcelo Fabián Araoz y María Valeria Olguin*
- Representación física y digital del volumen de sólidos: secuencia didáctica desde el modelo BARRISO e-24052  
Physical and digital representation of solid volume: didactic sequence from the BARRISO model  
Representação física e digital do volume de sólidos: sequência didática a partir do modelo BARRISO  
*Luis Barrios Soto; Xiomara Arrieta e Iván Padilla Escorcia*
- Actitud hacia las matemáticas del alumnado del Grado en Administración e-23365  
Attitude Towards Mathematics Of The Students In The Bachelor's Degree In Business Administration  
Atitude em relação à matemática dos estudantes da Licenciatura em Administração  
*Laia Tugores y Manuela Raposo-Rivas*
- Contribuciones de la interdisciplinariedad y las matemáticas en contextos educativos e-24329  
Contributions of interdisciplinarity and mathematics in educational contexts  
Contribuições da interdisciplinaridade e da matemática em contextos educacionais  
*Francisca Dolores Matlalcuatzi; Stefany Nava; Carmen Patricia Rosas y Andrés Fraguela*
- Ciencia, género y títeres. Propuesta para la formación inicial del profesorado de educación primaria e-23065  
Science, gender and puppets. Proposal for the initial training of primary education teachers  
Ciência, gênero e fantoches. Proposta de formação inicial de professores do ensino básico  
*Adrián Galfrascoli*
- Investigar é preciso: processos formativos que permeiam a prática autorreflexiva da investigação-formação-ação em ciências para licenciandos de ciências biológicas e-23900  
The need to investigate: formative processes underlying the self-reflective practice of investigation-formation-action in science for biological sciences pre-service teachers  
La necesidad de investigar: procesos formativos subyacentes a la práctica autorreflexiva de investigación-formación-acción en ciencias para futuros docentes de ciencias biológicas  
*Julia Carla Marin Carpenedo y Roque Ismael da Costa Güllich*
- La enseñanza de la geometría en la escuela secundaria argentina: análisis macrodidáctico de los diseños curriculares desde 1863 hasta la actualidad e-23346  
The teaching of geometry in Argentine secondary school: a macrodidactic analysis of curricular designs from 1863 to the present  
O ensino de geometria no ensino médio argentino: análise macrodidática dos desenhos curriculares de 1863 até a atualidade  
*Nadina Eugui y Viviana Carolina Llanos*

## ¿Es neutral la matemática? El giro de la sostenibilidad en la educación matemática contemporánea

**Is mathematics neutral? The sustainability turn in contemporary mathematics education**

**A matemática é neutra? A virada para a sustentabilidade no ensino da matemática contemporânea**

**Cristian Camilo Fúneme Mateus\*** 

Fúneme N. (2026). Editorial: ¿Es neutral la matemática? El giro de la sostenibilidad en la educación matemática contemporánea. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(2), e-25193  
<https://doi.org/10.14483/23464712.25193>

Hay temas que irrumpen en la escuela porque el mundo ya no permite sostener procesos de enseñanza y aprendizaje ajenos a las crisis que lo configuran. La sostenibilidad pertenece a esta categoría. Su ingreso a la educación matemática no responde a una moda académica transitoria ni a la simple adhesión a una agenda internacional; entra al aula porque las formas hegemónicas de producir, consumir, medir y decidir han puesto en tensión las condiciones mismas de la existencia humana. Y en esa encrucijada, las matemáticas, aunque en muchos contextos se insista en presentarlas como un lenguaje aséptico y universal, participan activamente en la manera como las sociedades interpretan, administran y justifican dicha tensión.

Durante demasiado tiempo se ha reproducido una educación matemática disociada de su espesor sociopolítico. Hemos “enseñado” el número como si careciera de historia, la gráfica como si estuviera exenta de intereses y el modelo como si no seleccionara ciertas variables mientras condena otras al silencio. Hemos calculado promedios sin discutir a quién puede invisibilizar la homogeneización del valor numérico e instruido en la optimización de recursos sin examinar quién define la eficiencia ni a costa de qué comunidades. El sistema educativo, en muchos casos, se ha esmerado en formar estudiantes capaces de resolver ecuaciones mientras se les mantiene, simultáneamente, analfabetos frente al tipo de mundo que se organiza y justifica mediante ellas.

En esta desconexión reside una de las contradicciones más profundas de la educación matemática contemporánea. Mientras la realidad se gobierna cada vez más mediante datos, indicadores y algoritmos, la matemática escolar permanece refugiada en la comodidad de problemas carentes de conflicto y desprovistos de posicionamiento ético y político. Por ello, la

---

\* Doctor en educación, Docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, [ccfunemem@udistrital.edu.co](mailto:ccfunemem@udistrital.edu.co) <https://orcid.org/0000-0002-9158-427X>

educación matemática para la sostenibilidad no es una capa temática añadida recientemente al currículo; surge como un campo crítico de investigación que replantea las prácticas de enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en relación con las condiciones sociales, éticas, políticas, económicas, culturales y ambientales que configuran los futuros posibles. Su propósito es interrogar tanto las contribuciones como las complicidades de la educación matemática en la producción de desigualdades, formas de conocimiento, modos de vida y relaciones con el mundo (Makramalla et al., 2025).

Esta visión recalca que resulta pedagógica y didácticamente estéril reemplazar “trenes por bicicletas” en los ejercicios o problemas de matemáticas si la estructura del pensamiento exigido sigue siendo puramente instrumental. No basta con calcular mecánicamente el agua ahorrada en una campaña escolar si se eluden las preguntas de fondo: ¿por qué el recurso se distribuye de manera desigual en nuestras naciones?, ¿qué responsabilidades públicas están en juego? y ¿cuáles son los límites de los cálculos realizados? La sostenibilidad no es un contexto dócil y amigable para aplicar contenidos matemáticos; es una interpelación radical al sentido mismo de lo que consideramos como la actividad matemática cuando el futuro común se encuentra amenazado. Como plantea Radford (2024), la actividad en la clase de matemáticas debe convertirse en un espacio de labor conjunta, donde el saber se orienta hacia la responsabilidad ética y el bien común.

Responder a este escenario exige abandonar la ilusión de la neutralidad de la clase de matemáticas. Un índice de desarrollo, una predicción climática o un modelo económico no son meros productos técnicos; son formas de nombrar la realidad, de ordenar prioridades y de legitimar decisiones políticas. Así, educar matemáticamente para la sostenibilidad no implica disminuir el rigor disciplinar, sino ampliarlo. El rigor ya no puede consistir solo en ejecutar un algoritmo correctamente, sino en la capacidad de interpretar críticamente el dato, reconocer supuestos, examinar incertidumbres y comprender las consecuencias éticas de una representación numérica. El aula debe transitar de la repetición procedimental a un laboratorio de pensamiento sistémico.

Esta transformación enfrenta resistencias estructurales. Si bien crece la literatura sobre el tema, se mantiene una marcada concentración en el estudio del conocimiento y creencias declarativas de los docentes, mientras que el rediseño curricular en el aula requiere mayor consolidación (Just et al., 2026). Una brecha que se evidencia en los textos escolares, los diseños curriculares y las prácticas docentes, donde la disposición por articular ambos campos coexiste con vacíos conceptuales que reducen la sostenibilidad a su dimensión ambiental, omitiendo sus vectores sociales y democráticos (Alsina y Vásquez, 2025).

La sostenibilidad obliga a dismantelar la ficción escolar de que un problema legítimo es aquel que ofrece datos perfectos y conduce a una respuesta única. Los desafíos socioecológicos reales se presentan de forma inversa: llegan incompletos, atravesados por la incertidumbre y vinculados a intereses en conflicto. Enseñar y aprender matemáticas en este horizonte significa formar sujetos capaces de razonar con evidencia y, al mismo tiempo, de cuestionar su procedencia; capaces de elegir modelos reconociendo sus límites; y capaces de calcular con exactitud sin olvidar que una respuesta correcta puede ser éticamente insuficiente si ignoramos dimensiones como la justicia, la equidad, el impacto ambiental, entre otras. En este sentido, el diálogo entre la educación matemática y la sostenibilidad nos invita a considerar que los

contenidos tradicionales deben recuperar su función pública: la estadística para cartografiar desigualdades, la proporcionalidad para analizar la distribución de recursos y las funciones para problematizar el agotamiento de los bienes comunes.

Esta discusión resalta que la educación matemática situada en nuestras regiones no puede importar problemas prefabricados ni degradar las realidades locales a simples contextos motivadores; debe partir de las preguntas vivas de los territorios para ponerlas en diálogo crítico con las escalas globales. Enseñar y aprender matemáticas es un acto político encarnado en la formación de las conciencias que leerán el mañana. Podemos seguir produciendo sujetos autómatas que obedecen procedimientos sin prever consecuencias o podemos catalizar la emergencia de ciudadanos capaces de descifrar críticamente los números que pretenden gobernarlos. Allí, la matemática escolar se reencuentra con su condición de práctica profundamente humana: al decidir, finalmente, ponerse al servicio de la dignidad y la vida común.

En este horizonte, se deja abierta la invitación a la lectura de los artículos que integran este volumen precisamente como una cartografía de investigaciones que, desde diversas latitudes y enfoques metodológicos, interpelan la norma escolar para ofrecer alternativas didácticas, curriculares y políticas orientadas a la co-construcción de una educación comprometida con las demandas del mundo actual y futuro.

## **Referencias**

- Alsina, Á., & Vásquez, C. (2025). Professional development and teacher agency in Mathematics Teacher Education for Sustainability. *Mathematics Education Research Journal*, 37(2), 215–238.
- Just, J., Siller, H. & Vorhölter, K. (2026). Directions of intentionalities in education for sustainable development in mathematics education: a systematic literature review. *Educational Studies in Mathematics*, 121(3), 499–523.
- Makramalla, M., Coles, A., le Roux, K. & Wagner, D. (2025). Mathematics education for sustainable futures: a strengths-based survey of the field to invite further research action. *Educational Studies Mathematics*, 119(3), 535–556. <https://doi.org/10.1007/s10649-025-10389-x>
- Radford, L. (2024). Self and Other. In P. Ernest (Ed.), *Ethics and mathematics education: The good, the bad and the ugly* (pp. 35-53). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-58683-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-58683-5_3)

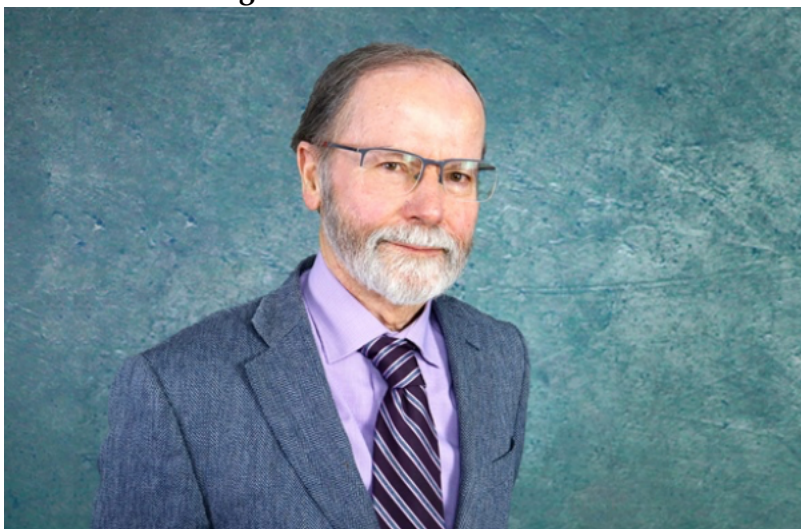


## ENTREVISTA A LUIS ENRIQUE MORENO ARMELLA

### INTERVIEW WITH A LUIS ENRIQUE MORENO ARMELLA

### ENTREVISTA COM A LUIS ENRIQUE MORENO ARMELLA

Olga Lucía Castiblanco Abril\*\* 



Fotografía: Luis Enrique Moreno- Armella

Castiblanco, O.L. (2026). Entrevista a Luis Enrique Moreno-Armella. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(2), e-25841. <https://doi.org/10.14483/23464712.25841>

### Luis Enrique Moreno- Armella (LM)\*

Luis Enrique Moreno Armella es Doctor en Ciencias por el Departamento de Matemáticas del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, México. Es profesor del Departamento de Matemática Educativa en el Cinvestav, desde su creación. Tiene la categoría de Investigador Cinvestav 3E. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores desde julio de 1984 a la fecha, ininterrumpidamente. Actualmente tiene la categoría de Emérito en el Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores. Sus líneas de investigación son; Entornos tecnológicos del aprendizaje de las matemáticas y Fundamentos, Historia y Epistemología de las Matemáticas.

**Palabras clave:** Didáctica de las matemáticas; la intuición en el aprendizaje; el sentido de la matematización; rigor vs comprensión; construcción de sentidos y significados.

---

\*\* Dra. en Educación para la Ciencias. Docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

[olcastiblanco@udistrital.edu.co](mailto:olcastiblanco@udistrital.edu.co) <https://orcid.org/0000-0002-8069-0704>

\* Dr. en Ciencias. Investigador CINVESTAV 3E. [lmorenoarmella@gmail.com](mailto:lmorenoarmella@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5055-5782>

**Olga Castiblanco (OC):** Pues muchas gracias en primer lugar por aceptar, porque realmente es un honor y una gratificación para nosotros y para los lectores de la revista que se pueden nutrir de su experiencia. Para empezar, nos gustaría que nos contara un poquito sobre su historia, cómo llegó a este campo de la educación o de la investigación en didáctica de la matemática. Y es de nuestro interés saber cómo fue ese recorrido, cuales vivencias o experiencias lo fueron conduciendo hasta llegar allí.

**LM:** Bueno, yo soy matemático de formación y soy matemático por pasión. Siempre me ha gustado desde cuando estaba en el bachillerato... me iba bien en matemáticas, pero no era mi prioridad. Mi prioridad era estudiar literatura, en particular literatura inglesa...

**OC:** ¿y cómo se dio ese cambio tan drástico?

**LM:** Cuando llegué al último año del bachillerato se había hecho una reforma en la educación media superior en Colombia y se incorporó un curso de cálculo. Yo tuve un profesor de cálculo con el que me entendía muy bien. No sé si decir que era un magnífico profesor para todos. No lo sé, pero para mí sí. Y me despertó una pasión muy grande por las matemáticas a partir del cálculo. Recuerdo mucho que me fascinó un problema que había en el libro, que era sobre cómo calcular la longitud de una curva. Y yo me preguntaba...pero ¿cómo se puede calcular la longitud de algo que no está recto?, pues eso, eso me parecía fantástico. Y entonces cuando llegué a terminar el bachillerato empecé a buscar en los diferentes programas de las Universidades en Colombia, donde había carreras de ingeniería. Trataba de ver cuál era la que tenía más cursos de matemáticas. Creo que era la ingeniería civil.

**OC:** Pues buscar carreras que tengan muchas matemáticas es todo lo contrario a lo que hace la mayoría de los jóvenes...

**LM:** Sí, y en alguna ocasión un amigo de mi hermano, un amigo muy cercano, hablando con él en Barranquilla, me dijo, pero existe una carrera de matemáticas en Bogotá, en la Universidad Nacional. Y dije ¿solo cursos de matemáticas? Y me dicen pues sí. Entonces, la universidad en esa época hacía un cuadernillo en el que estaba descrita la carrera de matemáticas y el contenido más o menos de los cursos, etc. Yo dije, pues, ¿qué más? No puedo pedir más.

Entonces presenté mi examen de admisión y entré a la universidad. Y allí, pues realmente lo disfruté mucho. La carrera era muy difícil, muy difícil, sobre todo porque los profesores calificaban de una manera demasiado, yo hoy día diría que, demasiado arbitraria. Entonces cuando entramos, empezamos muchos, era un grupo grande entre 25 y 30, me acuerdo porque se llenaba el salón. Y cuando nos graduamos, solo salimos dos de esa generación dos. ¡Dos, imagínense! Sin embargo, la experiencia personal fue inolvidable.

Luego vine a México a un congreso de matemáticas y me quedé. Me presenté a un examen de admisión aquí en el CINVESTAV, donde trabajo actualmente. También recibí una beca de la OEA, a la que se podía aplicar en esa época si estudiabas en México, Brasil y creo que, en Argentina, no estoy seguro, porque luego tuve compañeros de Argentina aquí. Y luego, pues ya terminé, estudié la Maestría y en un momento dado... esto fue ya hace muchos años, 1973 por ahí. Yo estaba muy jovencito. Ahí, la Secretaría de Educación Pública de México, o sea, el Ministerio, abrió convocatoria para la elaboración de los textos gratuitos de matemáticas para la escuela primaria y secundaria. Entonces, un grupo muy entusiasta de matemáticos, pues nos lanzamos a esa aventura.

Era una verdadera aventura. Y en el transcurso de trabajar con los profesores sobre ¿cómo enseñar los números negativos?, etcétera, etcétera, vieron toda la problemática que había, se dieron cuenta, que para hacer ese trabajo pues había que saber matemáticas, y que eso era una razón necesaria, pero no era suficiente. Y otra cosa, entonces un grupo que empezó con este programa, un grupo ya más reducido y

selecto, tomó el problema de la enseñanza de las matemáticas como su problema. Y un poco después, en el año 1975, se creó, no era departamento todavía, sino una sección de matemática educativa.

Entonces eso avanzó y pocos años después teníamos un programa de Maestría, nada más tuvimos un programa de maestría abierta y trabajamos como con treinta universidades del país, universidades e institutos tecnológicos. Y eso nos pareció que nos daba la experiencia como para abrir un programa de Doctorado. Después de diez años abrimos el programa de Doctorado. Hoy día, tomando el número redondo por el mínimo, tenemos novecientos egresados de un programa de Maestría y trescientos del programa de Doctorado.

**OC:** ¡Eso da un impacto enorme! ¿Y estos programas de Maestría y Doctorado en Matemática Educativa son independientes al departamento de Matemáticas?

**LM:** Sí, claro. Con su propia identidad, sus recursos, su producción, todo.

**OC:** ¡Genial!

**LM:** Sí, y fue muy interesante porque en los primeros tiempos, cuando empezamos, decíamos, ¿y ahora qué vamos a hacer en la Maestría? Era completamente nuevo para todos. Era más o menos la época en la que casi al mismo tiempo en Francia y en Inglaterra estaban apareciendo programas de este tipo. Entonces empezamos teniendo mucha relación con los investigadores franceses. Recuerdo mucho, muchas discusiones acaloradas en restaurantes con Guy Brousseau y con muchos otros. Luego tuvimos la visita de Michele Artigue, en fin, mucha gente. Y también profesores ingleses como como Richard Noss, Celia Hoyles, muchos otros. Bueno, con Estados Unidos también tuvimos mucha relación, en particular con la Universidad de Massachusetts, con James Kaput, que era una de nuestras personas más cercanas. De hecho, debido a esa relación, yo fui profesor de la Universidad de Massachusetts, profesor titular durante dos años.

Pero luego he preferido regresarme a México. La rectora me dio una licencia de dos años por si me arrepentía y regresaba. Pero yo creo que ya había hecho mucha trayectoria en México. Y entonces la relación con los profesores era mucho más cercana para mí aquí en México. Y los intereses de los profesores eran diferentes a los intereses de los profesores en Estados Unidos.

**OC:** Y la cultura, me imagino...

**LM:** Todo, todo eso, sí, todo era muy diferente. Entonces tuve grupos muy buenos, me fue muy bien allí, pero hablé con la rectora y le expliqué, y ella insistía en que me quedara...Y bueno, finalmente no me quedé.

**OC:** ¡Ganó México!

**LM:** Logramos crear con un amigo inglés que trabajaba allá con Jim Kaput...Jim Kaput falleció un poco antes de que yo llegara. Pero creamos entonces lo que se llamaba el James Kaput Center for Research and Innovation in Mathematics Education. Sí, entonces allí hay una placa donde están nuestros nombres, porque creamos el programa de Doctorado en Educación Matemática, allá en Massachusetts.

**OC:** Excelente. Yo quisiera saber algo sobre el tipo de conocimiento que han acumulado en ese proceso. Mucho se dice hoy en día que tenemos que superar la enseñanza tradicional de las matemáticas. Como didáctica de la física me suele pasar que cada vez que hablo de las diversas posibilidades que existen hoy para salirse de lo tradicional, siempre hay algún profesor que pregunta ¿y a qué llama usted enseñanza tradicional? Y siempre me quedo pensando estos profesores ¿a qué llamarán innovador? Porque para muchos pareciera que solo con llevar cosas llamativas o tecnológicas ya es suficiente.

**LM:** Yo recuerdo un profesor del MIT cuando estaba allá en Boston, que decía; si dentro de 40 años hacemos un viaje, ¿no? Si nos trasladamos 40 años en el futuro, y entramos a una sala de operación en un hospital, no vamos a reconocer absolutamente nada, no sabremos de qué se trata. Pero si vamos a un aula de matemáticas, diremos, ¡ah!, ¡eso es una clase de matemáticas! Esto en el sentido de que es demasiado tradicional, digamos, usaría la palabra conservadora. Yo creo que en general el sistema educativo, y creo que hay buenas razones para que sea así, es un sistema conservador, en el sentido de que esas olas como de innovación radical que de repente aparecen son un poco ficticias en realidad. Y la educación es algo muy serio, no se puede estar jugando con ella.

Yo creo que la enseñanza tradicional es, dicho así, de una manera sintética, está articulada alrededor de... digamos...de una noción de comunicación, de que hay un emisor y hay un receptor, y que la recepción del mensaje del emisor, que en este caso es la maestra o el maestro, llega al estudiante y lo decodifica exactamente con el mismo sentido del que lo emitió. Y eso es lo que hace, por ejemplo, que en una clase de matemáticas, como decía el filósofo francés Jean Cavailles, el profesor de matemáticas y el de ciencias no entiende el por qué los demás no entienden.

**OC:** Sí, exactamente. La no comprensión del estudiante suele ser asociada a algo en el estudiante, nunca a la forma como el profesor habla, actúa, explica y demás...

**LM:** Es eso, porque estamos basados en una hipótesis que es completamente falsa, de que, si el mensaje es sintácticamente claro, entonces, el mensaje es semánticamente claro. Y eso son dos cosas muy distintas. Yo creo que el problema es la estructura de la enseñanza tradicional, y creo que es un poco lo que quería decir este profesor de matemáticas, cuando decía que dentro de 40 años, bueno, y eso lo decía hace 30, es decir, que si viniera hoy, vería que en efecto su hipótesis era correcta. O sea, el salón de clases es exactamente el mismo que hace décadas.

Con toda esta investigación nos hemos ido dando cuenta de que esto de que en efecto hay que saber matemáticas para poder enseñarla, es una condición necesaria, pero no es suficiente, porque en principio, no se toma en cuenta lo que yo llamo “el teorema de existencia del alumno”. Y por otro lado, pues el conocimiento, nosotros tenemos una historia evolutiva muy larga que configuró originalmente nuestro sistema nervioso como en dos grandes corrientes, que es la corriente analógica y la corriente analítica.

O sea, la corriente analógica es, como que, yo la veo a usted en la pantalla, y dentro de seis meses se me olvidó cómo se llama usted, pero si veo la imagen, yo sé que a esa persona yo la conozco, ¿no? Esto es analógico del reconocimiento de la forma, pues fue seguramente para nuestra especie en particular un mecanismo de supervivencia muy importante, ¿no? Porque uno no puede ver un león o un tigre por allá y empezar a acercarse y a hacerle cariños y decir que tiene bigotitos bonitos... porque es un tigre y ya será demasiado tarde.

**OC:** Pues sí, esto del teorema de existencia del alumno, es lo que en sus trabajos se relaciona como Ahí es donde entra todo el tema de la intuición y del total desconocimiento de las experiencias de vida de las personas, de sus maneras de razonar, de interactuar con la vida, con lo vivo y con la naturaleza, para desarrollar los procesos explicativos, para que el ser humano en si no contara para este proceso, más allá de su capacidad de imitación. Me gustaría saber más sobre su propuesta de transitar de la intuición hacia los formalismos.

**LM:** En nuestra estructura, en nuestra historia evolutiva, digamos que... en nuestra filogénesis, pues en un momento dado el desarrollo del sistema nervioso, de lo que ya va a configurar nuestra especie, pues... en un momento en que tenía básicamente esta estructura analógica, que era heredada de todas las especies vertebradas, no básicamente, pero con seguridad, ahí está, llegó un momento dado en el que tuvimos también la posibilidad de romper algo que es una especie de autismo cognitivo, o sea, de no estar

encerrado en mi cuerpo, ¿no? Y de que mis experiencias entran, pero no salen, Y en un momento dado, desarrollamos la capacidad de usar el cuerpo como sistema de representación y de poder hacerle un gesto a usted y que usted lo pudiera decodificar. Ese es como el origen de la sociedad, ¿no? Cuando dejamos de ser 20 grupos de uno y somos un grupo de 20.

Entonces yo creo que este es como nuestro primer paso, en donde, nuestra especie tuvo una característica que le empieza a distinguir de las otras, esto para bien o para mal, o sea, no es necesariamente un camino de éxito, pero es porque la evolución es así, ella es como es, y no se puede decir que es buena o es mala, simplemente que es así.

Y bueno, luego tenemos la oralidad, el mundo de la oralidad, que es la especialización de la gestualidad...básicamente con los músculos de la cara, pero no abandonamos la gestualidad porque seguimos hablando, moviendo las manos, o poniéndole buena o mala cara cuando alguien nos está diciendo algo, etcétera. Y finalmente, algo que ya es de valor completamente cultural, que es la escritura. Y ese ya es el mundo simbólico, sobre todo la escritura alfabética, que es algo poderoso. Es lo que hace pues que a veces no nos explicamos lo que llamamos el milagro griego, pues no, no es ningún milagro, es como la cultura, es un proceso de internalización de la cultura dentro de la estructura cognitiva del ser humano. Entonces venimos de ahí, y nuestra estructura cognitiva es analógica y simbólica, es las dos cosas.

Como decía Aleksandr Luria; tenemos el mundo doble, duplicado, porque está todo el mundo de nuestras experiencias y luego construimos estructuras simbólicas sobre él. Entonces, escribimos novelas y escribimos muchas cosas...música, pintura, ciencia, que de alguna manera son estructuras simbólicas, obviamente conceptuales, y todo esto a partir de las experiencias que tenemos nosotros en el mundo. Nuestro mundo es un mundo artificial.

Nosotros somos evolutivamente artificiales, porque cuando estábamos allá, imagínense, en una cueva con tres colegas alrededor de una fogata, en medio de una glaciación, donde casi todas las especies que estaban fuera de la cueva desaparecieron. Pero nosotros dentro de la cueva estábamos creando condiciones completamente artificiales. Era un entorno artificial y de alguna manera aplacamos la presión selectiva que venía del medio. Entonces nosotros somos una especie que tiene una gran dosis de artificialidad en ella, dentro de su propio proceso evolutivo. Y bueno, y la gestualidad nos ha permitido duplicar todo este mundo, ¿no? O sea, la ciencia, el arte, no son sino maneras de simbolizar todo, las experiencias de nuestro mundo, nuestro mundo material, artificial, cultural, etc. Y eso es lo que tiene que ser enseñado.

**OC:** Totalmente de acuerdo, es lo que yo diría como humanizar los procesos, que parece algo como obvio, pero que ahí es precisamente donde está la dificultad de romper las estructuras tradicionales.

**LM:** Entonces, en lugar del mundo platónico, de pensar que las ideas matemáticas están allá en el Topos Uranus. Pero nunca nos explican cómo podemos establecer contacto con ese mundo de ideas que estaba por allá en otra galaxia, ¿no? Y claro, pues es que esa manera, esa concepción de las ideas matemáticas en Grecia, no la podemos separar de que era una sociedad esclavista. Entonces, claro, el cuerpo es un obstáculo para acceder al conocimiento, porque ese es con el que trabajan los esclavos, y se asumía que ellos no producen ideas. Esto lleva a concluir que trabajar con el cuerpo no produce ideas. Entonces, el mundo de las ideas está totalmente separado del mundo material en ese momento. Y eso explica un poco, pues, estas ideas de Platón, que siempre lo vemos así, porque es el filósofo de una sociedad esclavista.

Y bueno, obviamente, estas matemáticas llevan esa impronta, ¿no?, llevan esta organización axiomática en abstracto de la geometría, de desvincular las figuras, los objetos de la geometría, de las representaciones allí... digamos, sobre una forma de papel. Es decir, eso nada más son sombras de los verdaderos objetos.

Es también hacer de lado la capacidad de actuar que tiene el ser humano. Casi, casi que están ausentes por completo de esto, ¿no? Entonces, esto que decía Cavailles, el profesor de matemáticas, más aún que los otros, los de matemáticas no entienden por qué los demás no entienden, pues, es que se está proyectando un mundo absolutamente incorpóreo. Los que están sentados allá en el aula, están esperando algo que tenga un poquito más de sabor, de sentido, de forma. Entonces, claro, el campo semántico, pues, pasa por encima de la cabeza de todos.

**OC:** Exacto.

**LM:** Yo creo que las ciencias y la enseñanza de las ciencias, no se pueden desprender ni de la dimensión epistémica que tienen las ciencias, ni de la dimensión cognitiva que tenemos nosotros, que somos seres en donde, nuestro ADN tiene una proteína adicional que se llama cultura.

**OC:** Somos sujetos sociales

**LM:** Absolutamente. Entonces, en ese sentido, si hablamos, si pensamos en una nueva escuela o cómo imaginamos la escuela dentro de 15 años, diríamos, primero vamos a pensar cómo será la estructura política del país dentro de 15 años, porque no creo que se puedan hablar de una cosa y de otra.

**OC:** Sí, esto me recuerda una angustia que también es permanente en los profesores en ejercicio, y es que ellos siempre preguntan sobre cómo hacemos para que los resultados de investigación en el campo de la enseñanza y la educación en general, lleguen al aula y transformen allí los procesos... Sabemos que los docentes que estamos educando en nuestros programas son directamente fuentes de transformación, pero como que no se logra un impacto masivo. Al menos en los programas de formación de profesores, porque además es un fenómeno global...

**LM:** Absolutamente. Ahorita mismo en Francia están en el problema de prohibir los celulares en el salón de clases, ¿no? ¡Eso es imposible!.

**OC:** Yo digo lo mismo, me encanta escuchar a alguien que piensa lo mismo, porque por acá también andan con esa historia y a mí me parece algo absurdo.

**LM:** Y yo digo, ¿Pero, para qué se prohíbe algo que ya está ahí? Imaginemos que hace 300 años hubieran prohibido la entrada del lápiz al salón de clases. Es que nuestra estructura cognitiva es una estructura mediada. O sea, el desarrollo de las ideas y el desarrollo de los instrumentos de mediación son lo mismo. Van de la mano, en todo caso. Entonces, eso no se puede. El estudiante de hoy es un estudiante muchísimo más digital de lo que podíamos ser nosotros. Por lo menos yo. O sea, a mí me toca hacer esfuerzos, me ha tocado hacer mis propios procesos de reeducación. Un proceso de reeducación permanente. Ahora estamos en el problema de la inteligencia artificial, que es un problema que tiene obviamente una dimensión sobre la cantidad de agua que esto consume y el calentamiento que produce, etc. Pero no podemos parar eso.

**OC:** Y toda prohibición lo único que va a generar es el inmediato tráfico oculto. Además, de que le da la espalda a las problemáticas en vez de resolverlas.

**LM:** Pero bueno, en fin...continúo. Ese es el problema. Entonces ¿qué es lo que pasa con el sistema educativo? es muy similar, yo creo, que es lo mismo que pasa con el sistema de salud pública. Usted va a encontrar en una universidad o en un laboratorio médico en Colombia o en México o en cualquier país, médicos absolutamente destacados, conocedores de su campo, que son capaces de tener un grupo de estudiantes y darles una enseñanza extraordinaria, que aprendan con ellos. Si tenemos esos médicos, ¿por qué no tenemos un sistema educativo similar? Que se pueda trasladar esa calidad. Porque obviamente, el problema de la masificación transforma cualitativamente el problema. El problema ya es otro. O sea, si



pensamos en un salón de clases como el núcleo del sistema nervioso, del sistema educativo, ni siquiera tenemos resueltos los problemas del salón de clases.

Entonces, evidentemente, el problema del sistema educativo es sumamente complejo. Pero yo creo que estamos muy lejos de resolverlo. Porque cuando uno piensa en algo en términos masivos, lo está pensando necesariamente en términos políticos. No hay manera de hacerlo de manera independiente.

**OC:** Y estamos muy lejos de que los políticos asuman esas verdades.

**LM:** Entonces, no se puede. Si tenemos un Ministro de Educación que renuncia a los cuatro meses porque no se lleva bien con el presidente, bueno, pues ya está. Entonces, ¿quién es el que sigue? ¿Cuál es el proyecto? Entonces, es muy difícil en ese sentido.

**OC:** No propósitos, ni objetivos enfocados en la educación propiamente.

**LM:** En el aula igual tenemos muchos problemas no resueltos. Cómo mantener una misma forma de enseñanza cuando se cambia de profesores a cada rato, ¿De dónde vienen? ¿Quiénes son? ¿Qué ha pasado con ellos? ¿Ellos van a lograr estar con usted cuatro años? Y si llevan, digamos, 15 años de experiencia docente previo no se les puede cambiar su método. No hay nada que sea más difícil de erradicar, que aquello que uno ya sabe.

**OC:** Transformar el discurso de un profesor es casi una tarea imposible.

**LM:** Es difícilísimo. Entonces, claro, si usted tiene un profesor de matemática, un profesor de geometría, y usted le dice, mire; es que si usted incorpora esto, yo le voy a poner un retroproyector y le voy a dar una computadora que usted puede conectar ahí. Y usted tiene un programa que se llama GeoGebra, que es maravilloso para estudiar geometría. Y el profesor durante 15 años ha trabajado con el pizarrón, con el compás de madera, y está muy orgulloso porque tiene un cordón, y es muy grande y puede hacer círculos en el tablero...pues es muy difícil entrar en esa cabeza y hacerle ver nuevas formas. Yo creo que el problema de la educación es un problema que siempre va detrás, y hasta me diría que muy atrás, de la incorporación social de las nuevas tecnologías.

**OC:** Sí, este es otro tema que ustedes desarrollan, que es el cambio del conocimiento de lo escrito a lo digital.

**LM:** Yo he escrito un librito, que publicó la Universidad Industrial de Santander, que se llama “Del Punto al Píxel”. Y también ahorita acabo de publicar uno que salió hace unos meses que se llama “Contando el Cálculo”

**OC:** ¿Y qué nos cuenta en estos libros?

**LM:** En el “Del Punto al Píxel” es un poco justamente, esa transformación cultural que aparece, y cuando digo cultural, ese nuevo sistema de representación que es la representación digital, re-semantiza el discurso matemático. Entonces, los triángulos siguen siendo triángulos, pero cambia la manera como usted dibuja un triángulo y lo proyecta en la pantalla, o cuando usted está en su computadora y hay una mano virtual, que es la virtualidad de su mano, que agarra un vértice y lo jala, y usted ve cómo sigue siendo triángulo, pero usted está materializando lo simbólico en otro espacio, no en el espacio de átomos, sino en el espacio de bits. Entonces, resulta que la geometría coexiste en el espacio de átomos y en el espacio de bits. Entonces, realmente usted está enriqueciendo las posibilidades de acceder a los formas de conocimiento que hay ahí.

Si usted es un profesor que se opone a eso, entonces, se está oponiendo de alguna manera... en el buen sentido del término, usted está agrediendo a sus estudiantes.

**OC:** Claro, porque no reconoce su manera de pensar, de actuar, ni de hablar. Ya para finalizar ¿qué consejos o directrices le daría a quienes se están formando para la educación matemática? ¿Cómo los orientaría para que se proyecten hacia una transformación de la educación matemática?

**LM:** Yo creo que, siendo pragmático, les diría, que si está en Bogotá vayan a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y hablen con ustedes allá. Y si están aquí en México, les diría que vengan con nosotros al CINVESTAV, que sabremos como orientarlos. Pero hay una realidad y es que, evidentemente, hemos perdido estudiantes. Nuestras generaciones han disminuido. Y esto ocurre porque se han creado demasiados programas, porque la educación se ha monetizado bastante. Entonces, ofrecen programas de Maestría que llaman profesionalizantes, y eso les parece mucho más fácil porque no hay que hacer una tesis y le dan un grado rápidamente. Pero aun así, como le digo, nosotros tenemos 900 egresados de la Maestría y 300 del doctorado, obviamente muchos habrán hecho maestría y doctorado. Hemos tenido estudiantes de Argentina, de Chile, de Colombia, varios estudiantes vienen de la Universidad Industrial de Santander. Hay varios profesores allí ya que son egresados de nuestro programa de doctorado.

Yo creo que deberían haber más instituciones como esta. Y también nosotros deberíamos tener programas de penetración social mayores, nada más que eso cuesta mucho, cuesta mucho en todo sentido,. Porque la universidad, de todas maneras, tiene unas paredes alrededor de la cuadra donde está. Entonces, somos más sensibles al problema de la educación, pero también lo sufrimos. O sea, el problema también nos genera angustia. Vemos todo lo que habría que hacer y que las condiciones del medio, las condiciones políticas, económicas de nuestros medios, pues, son difíciles.

**OC:** Sí, es difícil, pero yo creo que, de todas formas, se han venido sembrando semillas que darán frutos, y algún día habrá una generación que tenga mayor capacidad de transformación. Porque, además, no es solo que desde nuestras investigaciones hayamos visto ya el problema y la solución, sino que, además, la misma cultura de la sociedad, las sociedades se están reorganizando, se están redefiniendo. Y tal vez, en algún momento el sistema educativo tradicional va a ser obsoleto simplemente porque ya no le interesa a nadie eso.

**LM:** Sí, creo que va a cambiar por abandono. El sistema educativo siempre va detrás, un paso atrás o dos y las nuevas tecnologías siempre nos reformatean. Me vale usar un término tan burdo como ese. Pero eso es lo que nos está pasando. Hoy en día no podemos considerar que hubiéramos hecho en el 2020 si no hubiéramos tenido el Teams y el Zoom y todas estas cosas. Mal que bien pudimos hacer algo. Yo recuerdo que en mi curso de análisis matemático di una clase y el resto fue virtual. Luego, cuando ya pasó esto, y vinieron los estudiantes, de repente vino un estudiante que mide casi dos metros y me saluda. Y yo lo oí y dije ¿Y usted quién es? El hombre me parecía bajito porque para la clase se conectaba desde la cocina, se sentaba en el piso, que era el único lugar en su casa donde le llegaba la señal pública de Internet, en una zona de muy pocos recursos, acá en la Ciudad de México. Entonces Yo lo veía más o menos como yo pero era un señor altísimo.

Esa es una anécdota, pero también nos mostró que justamente, esa oposición que pueden tener, los profesores más tradicionales a la irrupción de las nuevas tecnologías, pues son esas las que te van a permitir sobrevivir como sistema, porque efectivamente, así como el Internet nos transformó el espacio, ya no es un espacio métrico, sino es un espacio topológico, porque yo estoy hablando con usted, y usted está a la distancia de mi mano de la pantalla, pero usted está a 3200 kilómetros de donde estoy yo y viceversa. Entonces el problema no es la métrica, el problema es que estamos en la misma vecindad, estamos en el mismo barrio, solo que el barrio es un barrio digital ahora. Bueno, yo creo que una vez que, en la medida en que interioricemos más esto, esto nos va a cambiar nuestra estructura del mundo social, del mundo político, del mundo cultural, en la medida en que ,eso es lo que va a transformar la educación.

Pero no la vamos a transformar desde dentro de las instituciones, la vamos a transformar porque las instituciones van a romper esas paredes. Es que nuestras instituciones educativas son muy aisladas, estamos enseñando, aprendiendo cosas, y a veces uno dice, ¿realmente los estudiantes de hoy necesitan eso? Entonces por eso yo siempre uso esto en mis cursos, de decir, que vamos a tratar de tomar en serio el teorema de existencia del estudiante, que es saber lo que necesitan. Y yo desde lo que yo soy voy a tratar de responderles, y lo que quiero es establecer un diálogo con ustedes. En realidad, anticipar el futuro es difícil... el físico Niels Bohr decía que predecir es lo más difícil...y más cuando se trata del futuro....

**OC:** Ja,ja,ja,ja,ja. ¡Ese es un buen chiste científico! Y con mucho sentido filosófico. Muchísimas gracias. En realidad ha sido una conversación fascinante, no solo por los ideales compartidos, sino por esta visión profunda de lo que debería ser la enseñanza de las matemáticas. Agradecemos mucho el compartir su forma de pensar con nosotros y sabemos que los lectores encontrarán inspiración en su trabajo.

**LM:** Gracias a ustedes.

### Trabajos destacados del autor

- Moreno-Armella, L. (2021). The theory of calculus for calculus teachers. *ZDM-Mathematics Education*, 53, 621-633. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01222-9>
- Luis Moreno-Armella and Corey Brady. (2018). Technological Supports for Mathematical Thinking and Learning: Co-action and Designing to Democratize Access to Powerful Ideas. En L. Ball et al (Eds.), *Uses of Technology in Primary and Secondary Mathematics Education*, ICME-13 Monographs. Springer, pp. 339-350, [http://doi.org/10.1007/978-3-319-76575-4\\_19](http://doi.org/10.1007/978-3-319-76575-4_19)
- Moreno-Armella, L. y Santos-Trigo, M. (2016). The use of Digital Technology in Mathematical Practices: Reconciling Traditional and Emerging Approaches. En L. English & D. Kirshner (eds.), *Handbook of International Research in Mathematics Education*, 3rd Edition: pp.595-616, Taylor and Francis. ISBN: 978-0-415-83203-8 (hbk), ISBN: 978-0-415-83204-5 (pbk), ISBN: 978-0-203-44894-6 (ebk) .
- Hegedus, S., Laborde, C., Brady, C., Dalton, S., Siller, H.E., Tabach, M., Trgalova, J. & Moreno-Armella, L. (2016). Uses of Technology in Upper Secondary Mathematics Education, *ICME-13 Topical Surveys*, Springer Open, ISBN 978-3-319-42610-5 ISBN 978-3-319-42611-2 (eBook), 36 pp. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-42611-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-42611-2_1)
- Moreno-Armella, L. y Hegedus, S. J. (2013). From Static to Dynamic Mathematics: Historical and Representational Perspectives. En S. J. Hegedus and J. Roschelle (Eds), *The SimCalc Vision and Contributions: Democratizing access to important mathematics*, pp. 27-45 Springer-Verlag, ISBN: 978-94-007-5696-3. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-5696-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5696-0_3)

## INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO: UN ANÁLISIS DESDE LAS CIENCIAS NATURALES

### ASSESSMENT INSTRUMENTS FOR MEANINGFUL LEARNING: ANALYSIS FROM THE NATURAL SCIENCES

### INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA ANÁLISE A PARTIR DAS CIÊNCIAS NATURAIS

Andrés Guillermo Chavarro Rivera\* 

Chavarro Rivera, A. (2026). Instrumentos de evaluación del aprendizaje significativo: un análisis desde las ciencias naturales. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(2), e23204 DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.23204>

#### Resumen

La evaluación del aprendizaje significativo en ciencias naturales enfrenta dificultades debido al predominio de enfoques memorísticos, que limitan la comprensión conceptual y la aplicación del conocimiento en contextos reales. A pesar del avance de metodologías activas, sigue siendo complejo determinar en qué medida los estudiantes integran y emplean los conceptos científicos de manera efectiva. Además, los métodos de evaluación tradicionalmente utilizados no siempre reflejan el grado de construcción del conocimiento ni su aplicabilidad en la resolución de problemas. Este estudio analiza los instrumentos de evaluación empleados en ciencias naturales para determinar su eficacia en la medición del aprendizaje significativo y proponer estrategias para optimizar su aplicación en el aula. Se llevó a cabo una revisión documental en bases de datos indexadas como Scopus, Dialnet, Scielo y Web of Science, priorizando estudios publicados entre 2013 y 2024. Se revisaron enfoques cualitativos, cuantitativos y mixtos, identificando sus ventajas y limitaciones. Los hallazgos indican que los métodos convencionales, como pruebas estandarizadas y cuestionarios de opción múltiple, no reflejan con precisión cómo los estudiantes construyen el significado de los conceptos científicos. En contraste, herramientas como entrevistas, mapas conceptuales y rúbricas cualitativas permiten una mejor aproximación al aprendizaje profundo, aunque presentan desafíos en su estandarización. Los enfoques mixtos, que combinan simulaciones digitales, análisis de portafolios y cuestionarios estructurados, ofrecen una visión más completa del proceso de aprendizaje. Se concluye que la evaluación en ciencias naturales debe integrar diversos instrumentos que midan la adquisición de conocimientos y su aplicación en la resolución de problemas y actividades experimentales, equilibrando rigor metodológico y flexibilidad según el contexto educativo.

---

\*Doctor en Ciencias de la educación, UMECIT Panamá, Colombia, [andreschavarro.est@umecit.edu.pa](mailto:andreschavarro.est@umecit.edu.pa), <https://orcid.org/0009-0008-6305-2701>  
Recibido: Febrero 4 de 2025, aceptado: abril 1 de 2026

**Palabras Clave:** Aprendizaje significativo; Ciencias naturales; Instrumentos de medición; Métodos de evaluación.

### **Abstract**

The assessment of meaningful learning in natural sciences presents significant challenges due to the prevalence of rote-based approaches, which hinder deep understanding and the practical application of knowledge in real-world contexts. Despite advancements in active methodologies, measuring the extent to which students integrate and apply scientific concepts effectively remains a complex task. Furthermore, traditional evaluation methods often fail to capture the depth of knowledge construction and its applicability in problem-solving. This study examines the evaluation instruments used in natural sciences to determine their effectiveness in assessing meaningful learning and to propose strategies for improving their implementation in the classroom. A systematic literature review was conducted using indexed databases such as Scopus, Dialnet, Scielo, and Web of Science, prioritizing studies published between 2013 and 2024. Qualitative, quantitative, and mixed-method approaches were analyzed, identifying their strengths and limitations. Findings indicate that conventional assessment tools, such as standardized tests and multiple-choice questionnaires, do not accurately reflect how students construct scientific understanding. In contrast, interviews, concept maps, and qualitative rubrics provide deeper insights into the learning process, though they present challenges in standardization. Mixed-method approaches, incorporating digital simulations, portfolio analysis, and structured questionnaires, offer a more comprehensive perspective on learning. It is concluded that the evaluation of meaningful learning in natural sciences should integrate diverse instruments that assess both knowledge acquisition and its application in problem-solving and experimental activities, ensuring a balance between methodological rigor and adaptability to different educational contexts.

**Keywords:** Meaningful learning; Natural Sciences; Educational measurement instruments; Evaluation methods.

### **Resumo**

A avaliação da aprendizagem significativa em ciências naturais apresenta desafios consideráveis devido à predominância de abordagens baseadas na memorização, que dificultam a compreensão aprofundada e a aplicação prática do conhecimento em contextos reais. Apesar dos avanços nas metodologias ativas, ainda é complexo medir até que ponto os alunos conseguem integrar e aplicar conceitos científicos de maneira eficaz. Além disso, os métodos tradicionais de avaliação nem sempre refletem com precisão a construção do conhecimento e sua aplicabilidade na resolução de problemas. Este estudo analisa os instrumentos de avaliação utilizados no ensino de ciências naturais para determinar sua eficácia na medição da aprendizagem significativa e propor estratégias que aprimorem sua aplicação em sala de aula. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura em bases de dados indexadas, como Scopus, Dialnet, Scielo e Web of Science, priorizando estudos publicados entre 2013 e 2024. Foram examinadas abordagens qualitativas, quantitativas e mistas, identificando seus pontos fortes e limitações. Os resultados

indicam que métodos convencionais, como testes padronizados e questionários de múltipla escolha, não capturam de maneira adequada como os alunos constroem o entendimento científico. Em contrapartida, entrevistas, mapas conceituais e rubricas qualitativas proporcionam uma visão mais aprofundada do processo de aprendizagem, embora apresentem desafios em termos de padronização. Abordagens mistas, que combinam simulações digitais, análise de portfólios e questionários estruturados, oferecem uma perspectiva mais abrangente sobre a aprendizagem. Conclui-se que a avaliação da aprendizagem significativa em ciências naturais deve integrar diversos instrumentos que avaliem tanto a aquisição do conhecimento quanto sua aplicação na resolução de problemas e em atividades experimentais, garantindo um equilíbrio entre rigor metodológico e flexibilidade para diferentes contextos educacionais.

**Palavras-Chave:** Aprendizagem significativa; Ciências naturais; Instrumentos de medição educacional; Métodos de avaliação.

## 1. Introducción

La teoría del aprendizaje significativo propuesta por Ausubel (1963) sigue siendo una respuesta vigente a los desafíos del sistema educativo. Aunque las metodologías innovadoras han ganado espacio en las aulas, la enseñanza aún se orienta, en muchos casos, hacia pruebas estandarizadas, promoviendo un aprendizaje mecánico en lugar de uno profundo (Ordóñez & Mohedano, 2019). Este problema es particularmente crítico en ciencias naturales, donde la construcción del conocimiento exige que los estudiantes relacionen teoría y práctica en entornos experimentales como el laboratorio.

Si bien el concepto de aprendizaje significativo es ampliamente utilizado en discursos pedagógicos, su aplicación en ciencias naturales sigue siendo ambigua. Moreira (2017) advierte que se ha convertido en un término genérico, atribuido a diversas metodologías sin un sustento teórico claro. Para lograr un aprendizaje genuino, es esencial un enfoque riguroso que no solo invoque la teoría, sino que la traduzca en experiencias prácticas que fortalezcan la comprensión conceptual. En este sentido, las prácticas de laboratorio juegan un rol clave en el desarrollo de competencias científicas, permitiendo la validación empírica del conocimiento.

Las nuevas metodologías fomentan un rol más activo del estudiante, desafiando modelos tradicionales de enseñanza. Sin embargo, evaluar el aprendizaje significativo sigue siendo complejo. Salamanca et al. (2021) destacan la escasez de instrumentos adecuados, pues la mayoría de las evaluaciones siguen siendo memorísticas, sin reflejar la profundidad del aprendizaje alcanzado.

Esta investigación analiza los principales instrumentos de evaluación en ciencias naturales, identificando las limitaciones de los métodos cuantitativos, cualitativos y mixtos. Además, propone estrategias para mejorar la evaluación en contextos experimentales, asegurando una valoración precisa del impacto del aprendizaje en la formación científica.

## 2. Metodología

Se adoptó una metodología de revisión documental, orientada a la sistematización, análisis e interpretación de literatura científica sobre la evaluación del aprendizaje significativo en ciencias naturales. Abordado como un proceso analítico en el que se incorporan y comparan estudios primarios con diversos enfoques metodológicos (cualitativos, cuantitativos y mixtos), con el fin de lograr una comprensión integral del fenómeno estudiado. El proceso metodológico se estructuró en varias etapas. En primer lugar, se realizó una búsqueda sistemática de literatura científica en bases de datos indexadas de

alto impacto, tales como Scopus, Dialnet, SciELO, Web of Science y Google Scholar. Para la recuperación de la información se emplearon descriptores relacionados con aprendizaje significativo, evaluación educativa y ciencias naturales, combinados mediante operadores booleanos.

La selección de los documentos se realizó con base en criterios previamente definidos: (a) rango temporal entre 2013 y 2024, con el propósito de garantizar la actualidad científica; (b) idioma, incluyendo publicaciones en español, inglés y portugués; y (c) pertinencia temática, priorizando estudios centrados en métodos e instrumentos de evaluación del aprendizaje significativo, especialmente aquellos aplicados en contextos de enseñanza de las ciencias. Asimismo, se otorgó especial relevancia a investigaciones que incluyen aplicaciones prácticas, como experiencias de laboratorio o estrategias didácticas contextualizadas.

En una segunda fase, se aplicarán criterios de inclusión y exclusión orientados a asegurar la calidad metodológica de las fuentes. Se incluyeron estudios con rigor científico, evidencia empírica o análisis crítico fundamentado sobre herramientas de evaluación, mientras que se excluyeron documentos duplicados, publicaciones no sometidas a revisión por pares y aquellos que no presentaban suficiente claridad metodológica o pertinencia temática.

Como resultado del proceso de depuración, se seleccionaron 47 artículos científicos y 6 tesis de posgrado, los cuales fueron sometidos a un proceso de análisis sistemático. Dicho análisis se realizó mediante un enfoque de análisis temático, apoyado en herramientas de codificación que permitieron organizar la información en categorías emergentes y predefinidas. Las categorías de análisis se estructuraron en torno a tres grandes dimensiones: enfoques cualitativos, cuantitativos y mixtos en la evaluación del aprendizaje significativo.

Con el propósito de fortalecer el rigor metodológico, se implementaron estrategias de triangulación teórica y analítica, contrastando los hallazgos entre diferentes tipos de estudios y enfoques metodológicos. Asimismo, se emplearon listas de verificación para la evaluación de la calidad de los documentos, lo cual permitió valorar la consistencia interna, la validez metodológica y la relevancia de cada fuente incluida en la revisión.

Finalmente, se llevó a cabo una síntesis crítica e integradora de los hallazgos, en la cual se identifican patrones metodológicos recurrentes, tendencias investigativas y vacíos en la literatura. Este proceso permitió no solo comparar similitudes y diferencias entre los estudios analizados, sino también aportar una visión estructurada y profunda del estado actual de la evaluación del aprendizaje significativo en ciencias naturales.

## 2.1. Muestra

La muestra corresponde a una revisión documental en bases de datos indexadas como Scopus, Dialnet, Scielo y Web of Science, priorizando estudios publicados entre 2013 y 2025. Llegando a seleccionar 47 artículos y 3 tesis doctorales con enfoques cualitativos, cuantitativos y mixtos, identificando sus ventajas y limitaciones.

## 3. Resultados

Para identificar los conceptos más recurrentes en la literatura revisada, se realizó un análisis de frecuencia de términos en los artículos seleccionados que se evidencian en la figura 1.

A partir, del análisis preliminar de frecuencia, más a profundidad se resalta que el aprendizaje significativo en el contexto de las ciencias naturales, particularmente en las prácticas de laboratorio,





percibida del contenido y el entorno de aprendizaje (Guachilema et al., 2021). En las prácticas de laboratorio, esto se traduce en la necesidad de diseñar actividades que estimulen la exploración y el descubrimiento, permitiendo a los estudiantes relacionar conceptos teóricos con fenómenos observables (Fong-Silva et al., 2017).

### *3.2. Aprendizaje Significativo en Prácticas de Laboratorio*

Las prácticas de laboratorio ofrecen un escenario ideal para fomentar el aprendizaje significativo, ya que permiten a los estudiantes interactuar directamente con fenómenos naturales y aplicar conceptos teóricos en contextos reales. Urbano y Yerovi (2018) señalan que el material utilizado en las prácticas debe poseer un significado lógico y coherente, vinculándose con la estructura cognitiva existente del estudiante. Esto facilita la deconstrucción del conocimiento previo y promueve un proceso reflexivo que culmina en la construcción de nuevos conceptos científicos.

Por ejemplo, en una práctica de química, el concepto de "reacción química" puede servir como subsumidor para comprender procesos más avanzados, como la cinética química o el equilibrio químico. Moreira (2020) enfatiza que la claridad de estos conceptos anclaje es crucial para que los estudiantes comprendan fenómenos complejos y los relacionen con principios ya conocidos. De esta manera, las prácticas de laboratorio no solo refuerzan el aprendizaje teórico, sino que también fomentan habilidades como el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

### *3.3. Evaluación del Aprendizaje Significativo*

Uno de los mayores desafíos en la educación en ciencias naturales es la evaluación del aprendizaje significativo. Los métodos tradicionales, como los exámenes de opción múltiple, suelen centrarse en la memorización de conceptos específicos, lo que limita la capacidad de los estudiantes para transferir sus conocimientos a nuevas situaciones (Urbina, 2020). Olivo (2021) señala que, aunque se utilizan herramientas como los mapas conceptuales para evaluar la comprensión de jerarquías conceptuales, estas no miden directamente el grado de aprendizaje significativo alcanzado.

Contreras (2018) destaca la desconexión entre los métodos de enseñanza y los instrumentos de evaluación, lo que afecta la coherencia en la medición del aprendizaje significativo. Por ejemplo, mientras las prácticas de laboratorio fomentan un aprendizaje activo y reflexivo, las evaluaciones suelen centrarse en la memorización de conceptos específicos, lo que limita la capacidad de los estudiantes para aplicar sus conocimientos en contextos reales (Reyna et al., 2018).

Para superar estas limitaciones, se han propuesto enfoques mixtos que combinan métodos cualitativos y cuantitativos. Salazar (2018) sugiere que las rúbricas cualitativas, las entrevistas y las simulaciones digitales pueden complementar las evaluaciones tradicionales, permitiendo una medición más integral del aprendizaje significativo. En el contexto de las prácticas de laboratorio, esto podría incluir la evaluación de portafolios que documenten el proceso de aprendizaje, así como la observación directa de la capacidad de los estudiantes para resolver problemas y diseñar experimentos.

### *3.4. Evaluación cualitativa del aprendizaje significativo.*

La evaluación cualitativa se ha posicionado como una herramienta fundamental para comprender el aprendizaje significativo en el contexto de las ciencias naturales. La evaluación cualitativa permite a los educadores obtener una comprensión profunda y rica del proceso de aprendizaje de los estudiantes. Este enfoque no solo busca verificar la adquisición de conocimientos, sino también valorar cómo los

estudiantes integran, aplican y transforman la información para construir un entendimiento profundo y duradero de los fenómenos científicos (Amores, 2014). En el ámbito de las prácticas de laboratorio, esta evaluación adquiere especial relevancia, ya que permite capturar no solo los conocimientos teóricos, sino también las habilidades procedimentales y actitudinales que los estudiantes desarrollan durante la experimentación. Sin embargo, en la práctica, se observa que este enfoque evaluativo suele ser poco utilizado por los docentes, lo que limita la capacidad para medir efectivamente el aprendizaje significativo de los estudiantes. Esta falta de implementación obstaculiza la identificación y valoración de los avances conceptuales y procedimentales que los estudiantes experimentan a lo largo de su formación, afectando la profundidad y la calidad del aprendizaje adquirido. A continuación, se muestran los instrumentos más utilizados en evaluación cualitativa en la tabla 1.

**Tabla 1**  
*Instrumentos de evaluación cualitativa*

| Instrumento                     | Descripción                                                                               | Objetivo                                                                                | Autores                                             |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Entrevistas</b>              | Técnica oral o escrita para explorar percepciones y comprensión de conceptos científicos. | Evaluar reflexión, análisis y conexión de conceptos. Identificar concepciones erróneas. | Amores (2014); Flores-Espejo (2018)                 |
| <b>Mapas Conceptuales</b>       | Herramienta gráfica para organizar y relacionar conceptos científicos.                    | Evaluar comprensión profunda y relaciones entre conocimientos previos y nuevos.         | Mitre et al. (2016); Maraza-Vilcanqui et al. (2022) |
| <b>Observación Participante</b> | Registro de comportamiento e interacciones durante prácticas de laboratorio.              | Capturar aplicación de conceptos teóricos en contextos prácticos.                       | Vargas (2019); Salazar (2018)                       |
| <b>Análisis de Portafolios</b>  | Colección de trabajos y reflexiones que evidencian el progreso del estudiante.            | Evaluar desarrollo de habilidades y promover la reflexión sobre el aprendizaje.         | Contreras (2018); Barbosa et al. (2021)             |
| <b>Rúbricas Cualitativas</b>    | Describe niveles de desempeño en aspectos específicos del aprendizaje.                    | Proporcionar criterios claros para evaluar la calidad del aprendizaje significativo.    | Rondan (2020); Maraza-Vilcanqui et al. (2022)       |

*Nota.* La tabla organiza los principales hallazgos cualitativos de evaluación del aprendizaje significativo.

La Tabla 1 muestra que los instrumentos de evaluación cualitativa más relevantes, según el análisis documental, son las entrevistas, los mapas conceptuales, la observación participante, el análisis de portafolios y las rúbricas cualitativas. Estos instrumentos destacan por su capacidad para evaluar no solo la adquisición de conocimientos, sino también la comprensión profunda, la aplicación práctica y las actitudes de los estudiantes en ciencias naturales y prácticas de laboratorio. Su uso recurrente en la literatura revisada confirma su eficacia para medir el aprendizaje significativo, promoviendo un enfoque educativo integral que va más allá de la memorización y fomenta la reflexión, la metacognición y la transferencia de conocimientos a contextos reales (Salazar, 2018).

En síntesis, la evaluación cualitativa se fundamenta en el juicio crítico respecto a los valores, actitudes y competencias que los estudiantes desarrollan durante su proceso de aprendizaje. Para evaluar estas dimensiones, es esencial utilizar instrumentos que permitan recopilar información relevante y profunda, lo que contribuye a un impacto positivo en el aprendizaje significativo. Este enfoque va más allá de la mera adquisición de conocimientos, promoviendo un desarrollo integral del estudiante en contextos educativos, especialmente en prácticas de laboratorio y laboratorios no convencionales (Barbosa et al.,

2021). En este sentido, la evaluación cualitativa se alinea con el enfoque epistemológico interpretativo, que busca comprender cómo los estudiantes construyen significado a partir de sus experiencias y conocimientos previos (Sampieri et al, 2018).

#### 3.4.1. *La Entrevista como Instrumento de Evaluación del Aprendizaje Significativo.*

La entrevista, como instrumento cualitativo, se ha consolidado como una herramienta poderosa para explorar el aprendizaje significativo, especialmente en el ámbito de las ciencias naturales. Esta técnica permite obtener información en profundidad sobre las experiencias, percepciones y actitudes de los estudiantes, aspectos cruciales para entender cómo interiorizan los conceptos científicos y los aplican en contextos reales (Norambuena, 2013). En el contexto de las prácticas de laboratorio, las entrevistas son particularmente útiles para evaluar cómo los estudiantes conectan los fenómenos observados con los conceptos teóricos, lo que es fundamental para fomentar un aprendizaje profundo y duradero (Alt et al., 2022).

Amores (2014) destaca que las entrevistas, ya sean orales o escritas, fomentan una mejor preparación en los estudiantes, ya que no solo evalúan la memorización, sino también la capacidad de reflexión, análisis y articulación del conocimiento adquirido. Andueza (2015) añade que las entrevistas escritas o las pruebas con preguntas abiertas son especialmente efectivas para detectar el aprendizaje profundo, ya que obligan a los estudiantes a procesar, reorganizar y conectar la información de manera significativa. Este proceso de internalización es clave para la asimilación de conceptos científicos, especialmente en prácticas de laboratorio, donde los estudiantes deben relacionar sus conocimientos previos con las experiencias prácticas (Piza et al., 2019).

Conjuntamente, Flores-Espejo (2018) resalta que las entrevistas facilitan la formulación de juicios de valor basados en la información recopilada antes, durante y después del proceso de aprendizaje. Esto no solo permite identificar los conocimientos que los estudiantes manejan con precisión, sino también revelar posibles concepciones erróneas, lo que es crucial para ajustar y mejorar las estrategias pedagógicas. En adición, Landau et al. (2014) enfatizan que las entrevistas deben incluir reactivos que exploren los conocimientos previos, las percepciones y las conexiones que los estudiantes establecen entre las prácticas de laboratorio y sus experiencias cotidianas. Este enfoque se alinea con la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (1976), que subraya la importancia de activar los conocimientos previos para facilitar la asimilación de nueva información.

Sin embargo, la implementación de entrevistas no está exenta de desafíos. Alshenqeeti (2014) señala que la subjetividad en la interpretación de las respuestas y factores como el nerviosismo o el sesgo del evaluador pueden afectar la validez de los datos recopilados. Para mitigar estos riesgos, es fundamental capacitar a los entrevistadores y utilizar guías estructuradas que aseguren la consistencia en la recopilación y análisis de la información (Piza et al., 2019). Además, como sugiere Creswell (2014), la triangulación de datos con otros instrumentos cualitativos, como la observación participante o el análisis de portafolios, puede aumentar la confiabilidad y validez de los resultados.

#### 3.4.2. *El Mapa Conceptual como Instrumento de Evaluación del Aprendizaje Significativo.*

El mapa conceptual se ha consolidado como una herramienta fundamental para promover el aprendizaje significativo, fomentando tanto la autonomía individual como el compromiso colectivo de los estudiantes (Mitre et al., 2016). Sin embargo, su efectividad depende en gran medida de la claridad en las instrucciones y la metodología empleada, ya que una guía poco precisa puede resultar en mapas desorganizados que no reflejan adecuadamente el aprendizaje significativo (Moreira y Monteiro, 2020). Además, la ausencia

de una metodología estandarizada para la clasificación y evaluación de mapas conceptuales ha llevado a que cada investigador desarrolle su propio enfoque, lo que limita la comparabilidad y generalización de los resultados (Kruchelski et al., 2018). A pesar de estos desafíos, el mapa conceptual sigue siendo una herramienta valiosa para evaluar la comprensión profunda de los estudiantes, especialmente en el contexto de las prácticas de laboratorio convencionales y no convencionales.

#### Proceso de Elaboración de Mapas Conceptuales.

Para garantizar que los mapas conceptuales sean efectivos como instrumentos de evaluación, es esencial seguir un proceso estructurado. En primer lugar, cada estudiante debe analizar de manera individual la temática, práctica o experiencia de aprendizaje, identificando los conceptos clave relacionados con fenómenos, principios o leyes científicas (Mitre et al., 2016). Durante esta fase, es crucial que los estudiantes relacionen estos conceptos con sus conocimientos previos, ya que esta conexión es la base del aprendizaje significativo (Ausubel, 1976). Posteriormente, se elabora una síntesis individual que recopile un mínimo de 10 conceptos claves y establezca las relaciones principales entre ellos, asegurando una organización jerárquica y coherente (Maraza-Vilcanqui et al., 2022). Esta síntesis no solo facilita la estructuración del mapa conceptual, sino que también promueve la reflexión y el análisis crítico por parte del estudiante.

Una vez elaboradas las síntesis individuales, los estudiantes se reúnen en equipos para discutir y contrastar sus perspectivas. Durante estas sesiones colaborativas, cada miembro del equipo comparte su interpretación de los conceptos y sus interrelaciones, lo que enriquece la comprensión colectiva y fomenta el aprendizaje colaborativo (Arango, 2014). Este proceso no solo refuerza los conocimientos individuales, sino que también permite identificar y corregir posibles errores conceptuales, lo que es especialmente relevante en prácticas de laboratorio, donde la aplicación de conceptos teóricos a situaciones prácticas es fundamental.

#### 3.4.3. Evaluación de Mapas Conceptuales.

A pesar de su potencial, la evaluación de mapas conceptuales enfrenta desafíos significativos debido a la falta de criterios estandarizados. Maraza-Vilcanqui et al. (2022) proponen una escala de valoración que incluye dimensiones como la jerarquización, la claridad de las ideas y la inclusión de conceptos importantes (ver Tabla 2). Esta herramienta, aunque no elimina por completo la subjetividad, proporciona un marco más objetivo para evaluar la calidad de los mapas conceptuales. Además, la integración de rúbricas cualitativas, como sugiere Rondan (2020), puede mejorar la precisión en la evaluación, permitiendo valorar aspectos como la coherencia, la profundidad de las conexiones y la relevancia de los conceptos incluidos.

En el contexto de las prácticas de laboratorio, los mapas conceptuales son especialmente útiles para evaluar cómo los estudiantes integran los conocimientos teóricos con las experiencias prácticas. Por ejemplo, en una práctica de química, los estudiantes pueden utilizar un mapa conceptual para relacionar conceptos como "reacción química", "cinética" y "equilibrio químico" con los fenómenos observados en el laboratorio. Esta capacidad de conectar teoría y práctica es un indicador clave del aprendizaje significativo, ya que demuestra que los estudiantes no solo han memorizado los conceptos, sino que también comprenden su aplicación en contextos reales (Novak, 2010).

Por otro lado, aunque los mapas conceptuales son una herramienta poderosa, su implementación requiere una planificación cuidadosa y una guía clara por parte del docente. La falta de instrucciones precisas puede resultar en mapas desorganizados que no reflejan adecuadamente el aprendizaje

significativo (Moreira y Monteiro, 2020). Además, la subjetividad en la evaluación sigue siendo un desafío, especialmente cuando no se utilizan rúbricas estandarizadas o procesos de triangulación para validar los resultados (Kruchelski et al., 2018). Para superar estas limitaciones, es fundamental capacitar a los docentes en el uso de mapas conceptuales y promover la adopción de metodologías estandarizadas que permitan una evaluación más objetiva y confiable.

Ya elaborado el mapa conceptual, Maraza-Vilcanqui et al.(2022) menciona que como no existe una escala de valoración para mapas conceptuales propone una que se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Instrumento para evaluar el mapa conceptual*

| <b>Dimensiones</b>    | <b>Indicadores</b>                                                      |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Conocimientos previos | Se evidencia el uso de los conocimientos previos.                       |
| Jerarquización        | Establece relaciones jerárquicas entre los conceptos.                   |
| Idea central          | Define correctamente los conceptos y proposiciones.                     |
| Esquema               | Se incluyeron todos los conceptos importantes relacionados con el tema. |

*Nota.* Tomado y adaptado de Maraza-Vilcanqui et al. (2022).

La Tabla 2 muestra un instrumento que facilita la evaluación del mapa conceptual que propende a dar a entender la adquisición significativa del conocimiento. Asimismo, hay que entender la subjetividad en la evaluación, debido a la falta de criterios estandarizados (Boza et al., 2023).

A pesar de estas limitaciones, los mapas conceptuales son herramientas eficaces para evaluar el aprendizaje significativo cuando se emplean en combinación con estrategias pedagógicas adecuadas. La integración de rúbricas estandarizadas, como sugiere Rondan (2020), puede mejorar la objetividad en la evaluación, permitiendo valorar aspectos como la claridad, la jerarquización y la precisión de las conexiones entre conceptos.

### *3.5. Evaluación Cuantitativa del Aprendizaje Significativo.*

El aprendizaje significativo, por su naturaleza compleja y multidimensional, representa un desafío para su evaluación mediante instrumentos cuantitativos, ya que estos tienden a enfocarse en resultados medibles y específicos, en lugar de capturar la integración y apropiación profunda del conocimiento (Novak, 2010). Sin embargo, en el contexto de las prácticas de laboratorio y laboratorios no convencionales, los enfoques cuantitativos pueden complementar las evaluaciones cualitativas al proporcionar datos robustos y objetivos que permiten la toma de decisiones informadas y la generalización de resultados a poblaciones más amplias (Amores, 2014).

Aunque la evaluación cuantitativa no siempre refleja la profundidad del aprendizaje significativo, su uso estratégico puede ofrecer insumos valiosos sobre el desempeño de los estudiantes en áreas claves, como la comprensión conceptual, la aplicación de conocimientos y la resolución de problemas.

Conjuntamente, Rodríguez (2016) destaca que una de las principales limitaciones de los instrumentos cuantitativos es su dificultad para generar evidencias robustas de aprendizaje significativo, ya que este último se enfoca en la internalización y transformación del conocimiento, aspectos que no siempre se

traducen en datos numéricos. No obstante, en el ámbito de las ciencias naturales, donde las prácticas de laboratorio requieren tanto habilidades procedimentales como conceptuales, los enfoques cuantitativos pueden ser útiles para medir aspectos específicos del aprendizaje, como la precisión en la ejecución de experimentos, la capacidad para interpretar datos y la aplicación de teorías en contextos prácticos (Nabor et al., 2018). Por ejemplo, pruebas estandarizadas o cuestionarios de opción múltiple pueden evaluar la retención de conceptos clave, mientras que herramientas basadas en la web 2.0, como simulaciones interactivas o plataformas de evaluación en línea, permiten analizar la capacidad de los estudiantes para resolver problemas científicos en entornos virtuales.

A continuación, en la Tabla 3 se presentan algunas técnicas e instrumentos cuantitativos que pueden ser usados en la evaluación del aprendizaje significativo.

**Tabla 3**

*Técnicas e instrumentos de evaluación cuantitativa*

| <b>Técnica</b>            | <b>Instrumento</b>                                         |
|---------------------------|------------------------------------------------------------|
| Encuestas                 | Cuestionarios estructurados con escalas tipo Likert.       |
| Pruebas estandarizadas    | Test de selección múltiple, pruebas de opción múltiple.    |
| Experimentos controlados  | Fichas de recolección de datos, rúbricas para evaluación.  |
| Evaluaciones diagnósticas | Cuestionarios iniciales, mapas conceptuales pre-diseñados. |
| Evaluaciones formativas   | Instrumentos de seguimiento continuo.                      |
| Evaluaciones sumativas    | Exámenes finales, rúbricas detalladas.                     |
| Escalas de actitudes      | Cuestionarios psicométricos validados.                     |
| Comparación de resultados | Tablas de calificaciones, análisis de tendencias.          |

*Nota.* La tabla muestra los principales instrumentos usados para medir el aprendizaje significativo de manera cuantitativa.

La Tabla 3 muestra como la evaluación del aprendizaje significativo en ciencias naturales, se puede abordar con diversos instrumentos y resume los más utilizados en investigaciones con enfoque cuantitativo. Precisamente, la evaluación cuantitativa requiere una dirección integral que combine tanto aspectos teóricos como prácticos, para evaluar el aprendizaje significativo, las cuales pueden utilizarse de manera individual o combinada, dependiendo de los objetivos de aprendizaje. En este sentido, Guachilema et al. (2021) destacan que las evaluaciones cuantitativas deben abarcar no solo el conocimiento teórico, sino también las competencias prácticas y actitudinales de los estudiantes, ya que estas dimensiones son fundamentales para el desarrollo de habilidades científicas y la aplicación del conocimiento en contextos reales.

Específicamente, desde las prácticas de laboratorio, estas representan un escenario ideal para evaluar el aprendizaje significativo, ya que permiten a los estudiantes aplicar conceptos teóricos en situaciones prácticas, fomentando la integración de conocimientos y el desarrollo de habilidades procedimentales. En este contexto, las evaluaciones cuantitativas pueden centrarse en variables específicas, como la cantidad de hipótesis formuladas correctamente, la precisión en la recolección y análisis de datos, y la adecuada implementación de los métodos científicos (López et al., 2024). Estas métricas proporcionan una base



objetiva para medir el desempeño de los estudiantes, lo que facilita la identificación de áreas de mejora y la toma de decisiones informadas en el proceso educativo.

Por ejemplo, en una práctica de laboratorio de química, una evaluación cuantitativa podría medir la exactitud con la que los estudiantes preparan soluciones, registran datos experimentales y analizan resultados. Estas métricas no solo reflejan la competencia técnica de los estudiantes, sino también su capacidad para seguir protocolos científicos y aplicar conceptos teóricos en la práctica. Sin embargo, es importante reconocer que, aunque las evaluaciones cuantitativas ofrecen datos objetivos, pueden no capturar completamente las conexiones conceptuales más profundas y significativas que los estudiantes establecen durante el proceso de aprendizaje (Rodríguez, 2016).

### 3.5.1. Instrumentos Cuantitativos con Mayor Relevancia en el Análisis Documental

En el análisis documental realizado para este artículo, se identificaron varios instrumentos cuantitativos que son ampliamente utilizados en la evaluación del aprendizaje significativo en prácticas de laboratorio. Entre estos, destacan:

- **Pruebas de Desempeño:** Estas pruebas evalúan la capacidad de los estudiantes para realizar tareas específicas, como la manipulación de equipos de laboratorio, la ejecución de experimentos y la interpretación de resultados. López et al. (2024) resaltan que estas pruebas son especialmente útiles para medir habilidades procedimentales y la aplicación de métodos científicos.
- **Rúbricas Cuantitativas:** Las rúbricas con escalas numéricas permiten evaluar aspectos como la precisión en la recolección de datos, la claridad en la presentación de resultados y la capacidad para formular conclusiones válidas. Estas herramientas proporcionan criterios claros y objetivos para la evaluación, lo que facilita la comparación del desempeño entre estudiantes (Pacheco, 2015).
- **Plataformas de Evaluación en Línea:** Las herramientas basadas en la web 2.0, como simulaciones interactivas y cuestionarios en línea, ofrecen oportunidades innovadoras para evaluar el aprendizaje significativo. Estas plataformas pueden rastrear el progreso de los estudiantes en tiempo real, proporcionando retroalimentación inmediata y métricas cuantitativas que reflejan su comprensión conceptual y habilidad para resolver problemas (Nabor et al., 2018).
- **Cuestionarios de Opción Múltiple:** Aunque tradicionalmente asociados con la evaluación de conocimientos teóricos, los cuestionarios de opción múltiple pueden adaptarse para evaluar la comprensión de conceptos científicos y su aplicación en contextos prácticos. Por ejemplo, pueden incluir preguntas que requieran la interpretación de datos experimentales o la selección de métodos adecuados para resolver problemas científicos (Amores, 2014).
- **El cuestionario tipo Likert:** El cuestionario tipo Likert se emplea con frecuencia como herramienta para evaluar el aprendizaje significativo, ya que permite recopilar información de manera estructurada y con resultados medibles. En el ámbito de las ciencias naturales, esta metodología facilita el análisis de las percepciones, actitudes y niveles de comprensión conceptual de los estudiantes, contribuyendo a identificar patrones en los procesos de aprendizaje (Prieto, 2019). En primera medida, hay que generar las dimensiones que componen al aprendizaje significativo para poder generar los ítems o reactivos que llevará el instrumento. A continuación, en la tabla 4 se presentan las dimensiones del aprendizaje significativo desde lo postulado por varios autores en la revisión documental.

**Tabla 4**

*Dimensiones del aprendizaje significativo propuestas por diversos autores*

| <b>Autor</b>               | <b>Dimensiones que propone</b>                                                                                                               |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (Quilla, 2021)             | Experiencias previas, nivel de nuevos conocimientos adquiridos, nivel de relación entre experiencias previas y nuevos conocimientos.         |
| (Flores-Espejo, 2018)      | Estructura cognitiva, retención de significados, actitud de aprendizaje, resolución de problemas, contexto potencialmente significativo.     |
| (Carranza & Caldera, 2018) | Motivación, comprensión, funcionalidad, relación con la vida real.                                                                           |
| (Chunga et al., 2020)      | Predisposición hacia el aprendizaje, estructuración de la materia, materiales potencialmente significativos, naturaleza de premio y castigo. |
| (Dávila, 2022)             | Conocimientos existentes, conocimientos nuevos, relación entre conocimientos existentes y nuevos.                                            |
| (Urbina, 2020)             | Experiencias previas, nuevos conocimientos, relación entre nuevos conceptos y antiguos conocimientos.                                        |
| (Rondan, 2020)             | Saberes previos, reestructuración de la información con la información nueva, material didáctico.                                            |
| (Palomino, 2018)           | Conocimientos previos, motivación, material didáctico.                                                                                       |
| (Vargas, 2019)             | Saberes previos, relación entre conceptos y fenómenos.                                                                                       |

*Nota.* Elaboración propia.

En la Tabla 4 se puede evidenciar que varios autores coinciden en algunas dimensiones del aprendizaje significativo dando como relevantes, la motivación, los conceptos previos, materiales didácticos potencialmente significativos, la relación de conceptos previos y nuevos y la resolución de problemas. A partir de estas dimensiones, se puede construir un cuestionario tipo Likert para recopilar datos cuantitativos que pueden analizarse estadísticamente, lo que permite realizar comparaciones entre grupos de estudiantes, instituciones o enfoques pedagógicos. Sin embargo, su efectividad depende de un diseño riguroso y bien fundamentado de los ítems, que deben ser validados por juicio de expertos y con estadígrafos específicos (Amores, 2014). Asimismo, deben estar alineados a los objetivos específicos de aprendizaje y al contexto educativo (Landau et al., 2014). Por ejemplo, en ciencias naturales, los ítems pueden estar diseñados para evaluar la comprensión de conceptos claves, la aplicación de habilidades científicas o la percepción sobre la relevancia de los contenidos en la vida cotidiana y la resolución de problemas contextualizados de interés de los educandos. Posteriormente, se construye la escala tipo Likert, generalmente compuesta por enunciados con tres o cinco opciones de respuesta, ordenadas según niveles de acuerdo o frecuencia escogida por el investigador (Matas, 2018). Se recomienda hacer una prueba piloto para validar el instrumento, lo que permite con los datos obtenidos realizar un análisis de componentes principales que permita asignar un peso específico a cada dimensión respecto a la varianza de cada dimensión o quitar la que tenga una varianza despreciable, dándole mayor robustez al instrumento y posibilitando la construcción de un índice de aprendizaje significativo o similar según objetivo del investigador.

En síntesis, la mayoría de los estudios revisados resaltan el uso predominante de instrumentos cuantitativos para evaluar el aprendizaje significativo, destacándolos como esenciales en el ámbito educativo. Estos instrumentos son ampliamente empleados en procesos como exámenes de ingreso a universidades, evaluaciones de desempeño profesional y análisis de calidad educativa, debido a su capacidad para generar datos objetivos, estandarizados y comparables (Rubio & García, 2018). Asimismo, Sánchez (2012) subraya que herramientas como los exámenes de opción múltiple son eficaces para evaluar de forma masiva, midiendo conocimientos específicos y habilidades básicas con eficiencia. Este enfoque estructurado es particularmente valioso para identificar tendencias a gran escala y realizar comparaciones entre instituciones o grupos estudiantiles (Capilla, 2016).

No obstante, estos instrumentos enfrentan limitaciones significativas al intentar medir aspectos más profundos del aprendizaje, como la integración, transferencia y aplicación del conocimiento, que son fundamentales en el aprendizaje significativo (Villacorta, 2020). Este tipo de aprendizaje no solo requiere la memorización de hechos, sino también la capacidad de vincular conceptos previos con contextos nuevos de manera innovadora, algo que los métodos cuantitativos tradicionales rara vez logran evaluar con precisión (Farida et al., 2024).

Por otra parte, Norambuena (2013) destaca que la rigidez de los enfoques cuantitativos dificulta captar los procesos dinámicos y contextuales característicos del aprendizaje significativo. Por ejemplo, aunque una prueba estandarizada puede medir la capacidad de recordar fórmulas matemáticas, no proporciona información sobre cómo un estudiante podría aplicar estas fórmulas en contextos novedosos o situaciones complejas, lo que pone en evidencia la necesidad de métodos más integrales y adaptativos.

### *3.6. Enfoques Mixtos para la Evaluación del Aprendizaje Significativo: Análisis de Casos y Experiencias Exitosas:*

La revisión de la literatura sugiere que, si bien los métodos cuantitativos ofrecen una visión estructurada y estandarizada de los resultados del aprendizaje, la inclusión de métodos cualitativos en un modelo mixto amplía la comprensión al captar elementos complejos como la integración de conceptos y la aplicación de conocimientos en contextos reales (Añapa et al., 2024). En el ámbito de las ciencias naturales, donde el aprendizaje se enriquece con experiencias prácticas, el enfoque mixto es particularmente relevante, ya que permite evaluar no solo el conocimiento teórico, sino también las competencias procedimentales y actitudinales de los estudiantes. A continuación, se analizan casos y experiencias exitosas que ilustran la efectividad de los enfoques mixtos en la evaluación del aprendizaje significativo.

#### **Caso 1: Simulaciones digitales y observaciones directas.**

Un ejemplo destacado de la aplicación de enfoques mixtos es el uso de simulaciones digitales combinadas con observaciones directas en prácticas de laboratorio. Ligabo et al., (2023) documentaron una experiencia en la que los estudiantes utilizaron simulaciones interactivas para realizar experimentos virtuales, lo que permitió evaluar su capacidad para formular hipótesis, manipular variables y analizar datos. Estas simulaciones generaron métricas cuantitativas, como la precisión en la recolección de datos y el tiempo de respuesta, que se complementaron con observaciones cualitativas realizadas por los docentes durante las sesiones prácticas. Este enfoque no solo proporcionó una evaluación integral del desempeño de los estudiantes, sino que también permitió identificar áreas de mejora en la comprensión conceptual y la aplicación de métodos científicos.

#### **Caso 2: Cuestionarios tipo Likert y entrevistas semiestructuradas**

Otra experiencia exitosa fue implementada por Carranza (2017) quien combinó cuestionarios tipo Likert con entrevistas semiestructuradas para evaluar el aprendizaje significativo en un curso de biología. Los cuestionarios midieron la percepción de los estudiantes sobre su comprensión de conceptos clave, mientras que las entrevistas exploraron en profundidad cómo aplicaban estos conceptos en contextos prácticos, como la identificación de especies en un ecosistema local. Esta combinación de métodos permitió capturar no solo los niveles de conocimiento teórico, sino también la capacidad de los estudiantes para transferir y aplicar sus aprendizajes en situaciones reales. Los resultados mostraron que los estudiantes que obtuvieron puntajes altos en los cuestionarios también demostraron una mayor capacidad para articular conexiones conceptuales durante las entrevistas, lo que refuerza la importancia de integrar enfoques cuantitativos y cualitativos.

### Caso 3: Rúbricas integradas y portafolios digitales.

Parra et al., (2022) propusieron el uso de rúbricas integradas que combinan métricas estandarizadas con observaciones cualitativas para evaluar el aprendizaje significativo en prácticas de laboratorio de química. En este caso, los docentes utilizaron rúbricas para calificar aspectos cuantitativos, como la precisión en la medición de reactivos y la claridad en la presentación de resultados, mientras que las observaciones cualitativas se centraron en la capacidad de los estudiantes para trabajar en equipo, resolver problemas y reflexionar sobre su proceso de aprendizaje. Además, se implementaron portafolios digitales donde los estudiantes documentaron sus experiencias prácticas, incluyendo reflexiones personales y evidencias de su progreso. Este enfoque no solo fomentó una evaluación más equitativa y significativa, sino que también promovió la metacognición y el aprendizaje autónomo.

### Caso 4: Plataformas interactivas y formación docente

Villacorta (2020) destaca la importancia de la formación continua de los docentes en el uso de tecnologías educativas y herramientas de evaluación mixta. En una experiencia realizada en un curso de física, se implementaron talleres para capacitar a los docentes en el diseño de instrumentos mixtos y la incorporación de plataformas interactivas. Estas plataformas permitieron recoger datos cuantitativos, como el tiempo dedicado a cada actividad y el porcentaje de respuestas correctas, junto con narrativas cualitativas, como las reflexiones de los estudiantes sobre su proceso de aprendizaje. Los resultados mostraron que los docentes capacitados fueron más efectivos en la implementación de enfoques mixtos, lo que se tradujo en una mayor participación y rendimiento de los estudiantes.

**Tabla 5**

*Instrumentos Mixtos para la Evaluación del Aprendizaje Significativo*

| Instrumento                     | Componente Cuantitativo                                                             | Componente Cualitativo                                                                        | Aplicación en Ciencias Naturales                                                            |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Simulaciones Digitales</b>   | Métricas de precisión, tiempo de respuesta y análisis de datos.                     | Observaciones directas sobre la capacidad de resolución de problemas y trabajo en equipo.     | Evaluación de competencias procedimentales en experimentos virtuales (Ligabo et al., 2023). |
| <b>Cuestionarios Likert</b>     | Escalas numéricas que miden la percepción de comprensión y aplicación de conceptos. | Entrevistas semiestructuradas para explorar conexiones conceptuales y aplicaciones prácticas. | Evaluación de la transferencia de conocimientos en biología (Carranza, 2017).               |
| <b>Rúbricas Integradas</b>      | Puntajes estandarizados en precisión, claridad y presentación de resultados.        | Observaciones cualitativas sobre trabajo en equipo, resolución de problemas y reflexión.      | Evaluación de prácticas de laboratorio en química (Parra et al., 2022).                     |
| <b>Plataformas Interactivas</b> | Datos cuantitativos sobre tiempo dedicado y porcentaje de respuestas correctas.     | Narrativas cualitativas y reflexiones de los estudiantes sobre su proceso de aprendizaje.     | Evaluación del aprendizaje en física mediante plataformas digitales (Villacorta, 2020).     |

*Nota.* Elaboración propia.

La Tabla 5 presenta una selección de instrumentos mixtos que combinan componentes cuantitativos y cualitativos para evaluar el aprendizaje significativo en ciencias naturales. Cada instrumento se describe en términos de su enfoque cuantitativo, su enfoque cualitativo y su aplicación específica en el ámbito de las ciencias naturales.

De la misma manera, Añapa et al. (2024) sostiene que el uso de enfoques mixtos, ha sido defendido por varios autores como una forma de superar las limitaciones de los métodos cuantitativos y cualitativos, debido a que este enfoque permite capturar tanto la profundidad del aprendizaje significativo como proporcionar datos estandarizados y comparables a gran escala.

#### 4. Conclusiones

- La evaluación del aprendizaje significativo en ciencias naturales requiere la combinación de métodos cualitativos y cuantitativos. Mientras los enfoques cuantitativos proporcionan datos objetivos y comparables, los cualitativos capturan la profundidad del aprendizaje, como la integración de conceptos y la aplicación en contextos reales. Esta integración permite una evaluación más completa y significativa (Añapa et al., 2024; Carranza, 2017).
- Las prácticas de laboratorio son espacios clave para fomentar el aprendizaje significativo, ya que permiten a los estudiantes conectar la teoría con la práctica. Herramientas como simulaciones digitales, mapas conceptuales y rúbricas integradas son especialmente útiles para evaluar tanto las habilidades procedimentales como la comprensión conceptual (Ligabo et al., 2023; Parra et al., 2022).
- La activación de los conocimientos previos es fundamental para facilitar el aprendizaje significativo. Instrumentos como las entrevistas y los mapas conceptuales permiten identificar y construir sobre estos conocimientos, lo que mejora la asimilación de nuevos conceptos científicos (Moreira, 2020; Landau et al., 2014).
- La capacitación de los docentes en el uso de herramientas de evaluación mixta, como plataformas interactivas y rúbricas integradas, es esencial para maximizar su impacto en el aprendizaje significativo. Los docentes deben estar preparados para diseñar e implementar instrumentos que combinen métricas cuantitativas con observaciones cualitativas (Villacorta, 2020).
- Aunque los enfoques mixtos ofrecen una evaluación más integral, su implementación enfrenta desafíos, como la subjetividad en la interpretación de datos cualitativos y la necesidad de estandarización en la evaluación de instrumentos como los mapas conceptuales. Sin embargo, estos desafíos representan oportunidades para innovar en el diseño de herramientas y metodologías de evaluación (Kruchelski et al., 2018; Alshenqeeti, 2014).

#### 5. Recomendaciones para Maestros

- Se recomienda a los maestros utilizar instrumentos que combinen enfoques cuantitativos y cualitativos, como rúbricas integradas, simulaciones digitales y entrevistas semiestructuradas. Por ejemplo, en una práctica de laboratorio de química, se puede emplear una rúbrica que evalúe la precisión en la medición de reactivos (cuantitativo) junto con observaciones sobre la capacidad de los estudiantes para trabajar en equipo y reflexionar sobre su proceso (cualitativo). Esto permitirá una evaluación más equilibrada y significativa (Parra et al., 2022; Carranza, 2017).
- Los maestros deben promover estrategias que fomenten la metacognición y la autoevaluación entre los estudiantes. Por ejemplo, se pueden implementar portafolios digitales donde los estudiantes documenten sus experiencias prácticas, incluyendo reflexiones personales y evidencias de su progreso. Esto no solo mejora la comprensión de los conceptos científicos, sino que también desarrolla habilidades de pensamiento crítico y autogestión del aprendizaje (Villacorta, 2020; Barbosa et al., 2021).
- Los maestros pueden emplear mapas conceptuales no solo como una actividad de aprendizaje, sino también como una herramienta de evaluación formativa. Por ejemplo, al inicio de una unidad sobre ecosistemas, los estudiantes pueden crear un mapa conceptual que refleje sus conocimientos previos sobre el tema. A medida que avanza la unidad, los estudiantes pueden actualizar y expandir sus mapas, añadiendo nuevos conceptos y relaciones. Al final, el maestro puede evaluar tanto la evolución del mapa como la profundidad de las conexiones establecidas, lo que proporciona una visión clara del progreso en el aprendizaje significativo (Mitre et al., 2016; Maraza-Vilcanqui et al., 2022).
-

## 6. Contribución de autores

Autor único: conceptualización, metodología, investigación, curación de datos, análisis formal, redacción del borrador original, revisión y edición, visualización, supervisión y administración del proyecto. El autor declara haber participado integralmente en todas las etapas del desarrollo del manuscrito y aprueba la versión final para su publicación.

## 7. Declaración de fuentes de financiación

Este estudio no recibió apoyo financiero de ninguna institución ni agencia de financiación.

## 8. Declaración de uso de inteligencia artificial

Se utilizó ChatGPT (OpenAI, modelos GPT-4.1 y GPT-5.5, entre 2025 y 2026) exclusivamente como herramienta de apoyo académico y técnico en actividades relacionadas con la organización de información, revisión de estilo académico, estructuración metodológica, normalización de referencias bibliográficas y asistencia en procesos de sistematización documental vinculados a la investigación. Todas las salidas generadas mediante inteligencia artificial fueron revisadas, contrastadas, corregidas y validadas críticamente por el investigador antes de su incorporación al documento final. No se introdujeron datos personales sensibles ni información confidencial en la plataforma, asumiendo la total responsabilidad por su contenido.

## 9. Declaración de conflicto de intereses

El autor declara que no existe ningún conflicto de intereses relacionado con la publicación de este artículo.

## 10. Referencias

- Ausubel, D. (1976). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Ed. Trillas. México.
- Alt, D., Raichel, N., & Naamati-Schneider, L. (2022). Higher Education Students' Reflective Journal Writing and Lifelong Learning Skills: Insights From an Exploratory Sequential Study. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.707168>
- Amores Guevara, P. del R. (2014). *Diseño de un sistema de evaluación cuantitativa y cualitativa en el aprendizaje significativo de los niños de Educación Básica* [Master's Thesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato]. <https://repositorio.puce.edu.ec/bitstreams/10ad7828-9f5f-4184-80ae-17b645ad2550/download>
- Andueza Correa, A. (2015). La escritura como herramienta de aprendizaje significativo: Un cuasiexperimento en la clase de ciencias. *Revista Complutense de Educación*, 27(2), 653-668. [https://doi.org/10.5209/rev\\_RCED.2016.v27.n2.46918](https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2016.v27.n2.46918)
- Añapa Pianchiche Martha, Inés, P. C. M., & Isaac, R. M. (2024). Estrategia metodológica de evaluación para potenciar el aprendizaje significativo en los estudiantes de quinto año de la EGB. *Sinergia Académica*, 7(Especial 6), Article Especial 6. <https://doi.org/10.51736/g2eewf84>
- Arango Gómez, R. O. (2014). *Los organizadores gráficos: Un aprendizaje significativo desde una perspectiva constructivista como propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de la química abordados en la educación media secundaria* [tesis de Maestría, universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51891>
- Barbosa Marin, G. R., Vinholi Júnior, A. J., Barbosa Marin, G. R., & Vinholi Júnior, A. J. (2021). Evaluación del aprendizaje significativo en una secuencia didáctica sobre los contenidos del sistema sanguíneo. *Revista de estudios y experiencias en educación*, 20(42), 367-387. <https://doi.org/10.21703/rexe.20212042barbosa21>
- Boza, C. N., Martínez-Mínguez, L., & Prados, L. M. (2023). Possibilities and limitations of formative assessment in Projects Oriented Learning. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 18(55), 105-131. Scopus. <https://doi.org/10.12800/CCD.V18I55.1939>
- Capilla, R. M. (2016). Habilidades cognitivas y aprendizaje significativo de la adición y sustracción de fracciones comunes. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 7(2), 49-62. <https://doi.org/10.18861/cied.2016.7.2.2610>

- Carranza Alcántar, M. D. R., & Caldera Montes, J. F. (2018). Percepción de los Estudiantes sobre el Aprendizaje Significativo y Estrategias de Enseñanza en el Blended Learning. REICE. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 16.1(2018). <https://doi.org/10.15366/reice2018.16.1.005>
- Carranza Alcántar, M. del R. (2017). Enseñanza y aprendizaje significativo en una modalidad mixta: Percepciones de docentes y estudiantes. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 8(15), 898-922. <https://doi.org/10.23913/ride.v8i15.326>
- Chunga Pingo, G. E., Cerna Muñoz, C. A., Ubillús Reyes, J. C., & Espinoza Polo, F. A. (2020). Teoría de la instrucción de Bruner y su incidencia en el aprendizaje significativo de los estudiantes del doctorado en educación. *Diálogo*, 43, 51-62. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8833238>
- Contreras Oré, F. A. (2018). Reflexiones para una evaluación constructivista. *Horizonte de la Ciencia*, 8(14), 87-99. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2018.14.427>
- Dávila Morán, R. C. (2022). Uso de la plataforma Moodle y el aprendizaje significativo en estudiantes de la carrera de ingeniería industrial de una universidad privada de Huancayo. *Conrado*, 18(87), 100-107. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1990-86442022000400100&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1990-86442022000400100&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Farida, F., Alamsyah, Y. A., Anggoro, B. S., Andari, T., & Lusiana, R. (2024). Rasch Measurement Validation of an Assessment Tool for Measuring Students' Creative Problem-Solving through the Use of ICT. Pixel-Bit, *Revista de Medios y Educacion*, 71, 83-106. Scopus. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.107973>
- Flores, J. (2018). Evaluación del aprendizaje significativo con criterios ausbelianos prácticos. *Investigación y postgrado*, 33(2), 8-8. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6736282>
- Flores-Espejo, J. L. (2018). Evaluación del aprendizaje significativo con criterios ausubelianos prácticos. un aporte desde la enseñanza de la bioquímica. *investigación y postgrado*, 33(2), Article 2. <https://doi.org/10.56219/investigacinypostgrado.v33i2.2803>
- Fong-Silva, W., Curiel-Gómez, R., & Brito-Carrillo, C. (2017). Aprendizaje significativo y su relación con la motivación intrínseca, escuela de procedencia y estrategias cognitivas en estudiantes de ingeniería. *IPSA Scientia, revista científica multidisciplinaria*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.25214/27114406.909>
- Guachilema, M. D. C., Chero, M. J. S., Rojas, J. A. R., Pacheco, M. V. B., Zambrano, W. G. V., & García, D. P. (2021). Modelo de estrategias de enseñanza para fortalecer el aprendizaje significativo en Ciencias Naturales. *Savez Editorial*. <https://doi.org/10.53887/se.vi.35>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2022). *Metodología de la investigación* (7ª ed.). McGraw-Hill. [https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)
- Kruchelski, S., De Moraes, A., & Lang, C. R. (2018). Concept maps in school teacher assessment. *Meta: Avaliacao*, 10(30), 579-599. Scopus. <https://doi.org/10.22347/2175-2753v10i30.1593>
- Landau, L., Ricchi, G., & Torres, N. (2014). Disoluciones: ¿Contribuye la experimentación a un aprendizaje significativo? *Educación Química*, 25(1), 21-29. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70519-1](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70519-1)
- Ligabo, M., Silva, F. C., Carvalho, A. C. da S. A., Rodrigues, D., & Rodrigues, R. C. L. B. (2023). Practical way to apply fourth-generation assessment tools integrated into creating meaningful learning experiences in biology at high school. *Evaluation and Program Planning*, 96, 102155. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2022.102155>
- Lopez, F. K., Caprile, R. H., & González, M. G. (2024). The concept of evaluation in natural science textbooks and its orientation towards learning. *Investigacoes em Ensino de Ciencias*, 29(2), 644-658. Scopus. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2024v29n2p644>
- Maraza-Vilcanqui, B., Zevallos-Solís, L. C., Maraza-Vilcanqui, B., & Zevallos-Solís, L. C. (2022). Los mapas conceptuales y el aprendizaje significativo en estudiantes de educación primaria. *Revista Electrónica Educare*, 26(2), 121-136. <https://doi.org/10.15359/ree.26-2.7>
- Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: Un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(1), 38-47. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>
- Meneses, X. S., Suárez, C. A. H., & Suárez, A. A. G. (2021). Validez de instrumentos de reconocimiento y de síntesis de información para detección de aprendizajes significativos de ciencias según la teoría de ausubel



- con estudiantes de grado noveno de secundaria: *Revista Perspectivas*, 6(2), Article 2.  
<https://doi.org/10.22463/25909215.3143>
- Mitre Cotta, F., Minardi Mitre Cotta, R., Saraiva Silva, L., Oliveira Campos, A. A. de, Lozada, M., Araújo Bastos, M., & Costa Machado, J. (2016). El Mapa Conceptual como herramienta de aprendizaje significativo: *Revista del CIDUI: Congreso Internacional de Docència Universitària e Innovación*, 3, 79.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9726426>
- Moreira, M. A. (2017). Aprendizaje significativo como un referente para la organización de la enseñanza. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 11(12). <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/library?a=d&c=arti&d=jpr8290>
- Moreira, M. A. (2020). Aprendizaje Significativo: La Visión Clásica, otras Visiones e Interés. *Proyecciones*, 14, Article 14. <https://doi.org/10.24215/26185474e010>
- Nabor, O. A., Villegas, M. P. G., Covarrubias, A. C. R., Solis, A. I., Arciniega, L. A. L., & Luna, A. L. A. (2018). Uso De Aplicaciones De La Web 2.0 Para La Evaluación Del Aprendizaje Significativo. *Pistas Educativas*, 40(130), Article 130. <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/1704>
- Norambuena Moya, M. A. (2013). Una mirada a la evaluación del aprendizaje significativo: Desde la acción docente y las vivencias del estudiante. *Revista Electrónica Diálogos Educativos*, 25, 3-21.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4414898>
- Novak, J. D. (2010). Aprender, crear y utilizar el conocimiento: Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras en escuelas y empresas. <https://doi.org/10.4324/9780203862001>
- Olivo Franco, J. L. (2021). Mapas conceptuales: Su uso para verificar el aprendizaje significativo en estudiantes de primaria. *Actualidades Investigativas en Educación*, 21(1), 252-283.  
<https://doi.org/10.15517/aie.v21i1.42380>
- Ordóñez Olmedo, E., & Mohedano Sánchez, I. (2019). El aprendizaje significativo como base de las metodologías innovadoras. *Hekademos: revista educativa digital*, 26, 18-30.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?Codigo=6985274>
- Otero-Potosi, S. A., Nuñez-Silva, G. B., Valencia, C. E. S., & Castillo, D. F. P. (2023). El proceso de enseñanza en el aula desde la perspectiva del aprendizaje significativo. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 3(7), Article 7.  
<https://doi.org/10.53595/rlo.v3.i7.063>
- Pacheco, P. (2015). Construcción y validación de los instrumentos para la medición de la influencia de los campos emocionales en los aprendizajes significativos. *Revista Internacional de Educación y Aprendizaje*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.37467/gka-revedu.v3.583>
- Palomino Medina, J. O. (2018). *Aprendizaje significativo y las actitudes hacia las matemáticas en estudiantes del VII ciclo, en la Institución Educativa 1227-Ate 2018* [Tesis de maestría, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/17625>
- Parra Ocampo, P. J., Mejia Narro, E., Parra Ocampo, P. J., & Mejia Narro, E. (2022). El impacto del aprendizaje significativo en la educación del siglo XXI. *Revista Cubana de Educación Superior*, 41(3).  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0257-43142022000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0257-43142022000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=en)
- Piza Burgos, N. D., Amaiquema Márquez, F. A., Beltrán Baquerizo, G. E., Piza Burgos, N. D., Amaiquema Márquez, F. A., & Beltrán Baquerizo, G. E. (2019). Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias. *Conrado*, 15(70), 455-459.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1990-86442019000500455&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1990-86442019000500455&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Prieto, G. V. B. (2019). Validación de un instrumento para evaluar actitudes en ciencias naturales escolares en educación primaria. *Bio-grafía*, 1804-1817. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/11219>
- Quilla, R. A. (2021). Aprendizaje significativo en estudiantes de educación secundaria de juliaca. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.53595/rlo.v1.i2.014>
- Reyna, M. B., María, R. G. R., Araceli, G. C., & Salvador, H. V. J. (2018). Evaluación del aprendizaje significativo en estudiantes de educación superior, facultad de informática-uaq. 7641. <http://surl.li/xhwnhd>
- Rodríguez, W. P. (2016). Estudio de evidencias de aprendizaje significativo en un aula bajo el modelo Flipped Classroom. *EduTec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 55, Article 55.  
<https://doi.org/10.21556/edutec.2016.55.618>

- Rondan Zamata, F. (2020). Estrategias didácticas, desarrollo del pensamiento crítico y su incidencia en el aprendizaje significativo en estudiantes de una universidad privada, Lima 2020 [Tesis de doctorado, César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47940>
- Rubio, J. R., & García, Á. P. (2018). Estrategias de aprendizaje significativo en estudiantes de Educación Superior y su asociación con logros académicos. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia (REID)*, 19, Article 19. <https://doi.org/10.17561/reid.v0i19.3570>
- Salazar Ascencio, J. (2018). Evaluación de aprendizaje significativo y estilos de aprendizaje: Alcances, propuesta y desafíos en el aula. *Tendencias pedagógicas*, 31, 31-46. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6383445>
- Sánchez, I. R. (2012). Evaluation of a Methodological Renewal for the Meaningful Learning of Physics. *Formación Universitaria*, 5(5), 51-65. Scopus. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062012000500006>
- Urbano, D. L. C., & Yerovi, H. M. M. (2018). Mejoramiento del rendimiento académico con la aplicación de estrategias metacognitivas para el aprendizaje significativo. *Revista UNIMAR*, 36(1), Article 1. <https://doi.org/10.31948/unimar.36-1.1>
- Urbina Castillo, V. (2020). Instrumentos de evaluación por competencia para el aprendizaje significativo en el IESTP Señor de Chocán de Querecotillo—2020. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60669>
- Vargas Gómez, Olga Yaneth. (2019). Aprendizaje significativo para mejorar la competencia uso comprensivo del conocimiento científico en las ciencias naturales de grado quinto de primaria [Tesis de maestría, Universidad Militar]. <http://hdl.handle.net/10654/21165>
- Villacorta Arenas, A. M. (2020). Percepción del desempeño docente y aprendizaje significativo de matemática básica en estudiantes de ingeniería, en una Universidad, 2019. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45002>
- Villacreses Veliz, E. G., Lucio Pillasagua, A. del J., & Romero Yela, C. H. (2016). Los recursos didácticos y el aprendizaje significativo en los estudiantes de bachillerato. *Sinapsis: La revista científica del ITSUP*, 2(9), 7. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8280864>
- Villegas, D. J. M., & Pereira, R. E. V. (2015). Papel de los conocimientos previos en el aprendizaje de la matemática universitaria. *Acta Scientiarum. Education*, 37(1), 85. <https://doi.org/10.4025/actascieduc.v37i1.21040>

## MAGIA E TRANSMIGRAÇÃO DA ALMA: A HERESIA NA OBRA DE GIORDANO BRUNO

## MAGIC AND TRANSMIGRATION OF THE SOUL: HERESY IN THE WORK OF GIORDANO BRUNO

## MAGIA Y TRANSMIGRACIÓN DEL ALMA: HEREJÍA EN LA OBRA DE GIORDANO BRUNO

Alberes Lopes de Lima\*, Mayara Lopes de Freitas Lima\*\*

de Lima, A. L., Lima, M. L. de F. (2026). Magia e transmigração da alma: a heresia na obra de Giordano Bruno. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(2), e-23308 <https://doi.org/10.14483/23464712.23308>

### Resumo

O presente trabalho tem como finalidade explicitar, por meio de uma reflexão documentada na obra *Tratado da magia*, de Giordano Bruno, suas concepções acerca da magia e, em especial, da polêmica extrapolação decorrente de sua ideia de transmigração da alma. A questão central que se coloca é: dentre as supostas heresias imputadas a Giordano Bruno, qual o papel desempenhado pela sua formulação de magia e de alma em sua condenação? Em seguida à descrição dos pontos fundamentais de sua obra, destacam-se os conceitos defendidos por ele: o de espírito único, o de alma do mundo e o de transmigração da alma. Bruno distingue vários sentidos dos termos mago e magia, apresenta uma ampla compilação sobre eles e demonstra sua grande erudição no que se refere ao conhecimento profundo do ocultismo. Um ponto controverso na obra de Bruno é seu conceito de animismo. Sua concepção fulcral de uma alma do mundo, que estaria em todo lugar e se espalharia, ampliava o conceito de alma também aos seres vivos (animais e vegetais) e aos inanimados. Ele também defendia a existência da transmigração da alma: uma alma poderia, de onde se encontra, agir sobre uma alma vizinha. Seu comportamento, essas e outras posições consideradas heréticas resultaram em punições, multas, excomunhões e a Inquisição, culminando em sua morte na fogueira.

**Palavras-Chave:** história da ciência; filosofia da ciência; inquisição; animismo.

### Abstract

The present work aims to explain, through a reflection documented in Bruno's *Treatise on Magic*, his conceptions of magic and, in particular, the controversial extrapolation

\* Doutor em Física. Colégio Militar do Recife, Brasil, [prof.alberes@gmail.com](mailto:prof.alberes@gmail.com), ORCID - <https://orcid.org/0000-0001-7959-8751>

\*\*Mestra em Ensino das Ciências. Universidade Federal Rural de Pernambuco, [maybiologicas@gmail.com](mailto:maybiologicas@gmail.com), ORCID - <https://orcid.org/0000-0003-0231-3513>

Recibido: marzo 6 de 2025, aceptado: mayo1 de 2026

arising from his idea of the transmigration of the soul. The central question that arises is: among the supposed heresies attributed to Bruno, what role did his formulation of magic and the soul play in his condemnation? Following the description of the fundamental points of his Treatise, the concepts he defended of a single spirit or the soul of the world and the transmigration of the soul stand out. Bruno distinguishes various meanings of the terms magician and magic, presents a broad compilation of them, and demonstrates his great erudition with regard to in-depth knowledge of the occult. A controversial point in Bruno's work is his concept of animism. His central conception of a world soul, which would be everywhere and all-pervading, expanded the concept of soul to include living beings (animals and plants) as well as inanimate objects. He also defended the existence of transmigration of the soul: a soul could, from where it is located, act on a neighboring soul. This and other positions considered heretical put him in danger of death. His behavior resulted in punishments, fines, excommunications, and the Inquisition, culminating in his death at the stake.

**Keywords:** history of science; philosophy of science; Inquisition; animism

### Resumen

El presente trabajo pretende explicar, a través de una reflexión documentada en la obra *Tratado de Magia* de Giordano Bruno, sus concepciones sobre la magia y, en particular, la controvertida extrapolación derivada de su idea de la transmigración del alma. La cuestión central que surge es: entre las supuestas herejías atribuidas a Giordano Bruno, ¿qué papel jugó en su condena su formulación de la magia y del alma? Siguiendo la descripción de los puntos fundamentales de su *Tratado de Magia*, destacan los conceptos que defendió de un solo espíritu y la transmigración del alma. Todavía, Bruno distingue varios significados de los términos mago y magia, presenta una amplia recopilación de ellos y demuestra su gran erudición en lo que respecta al conocimiento profundo de lo oculto. Un punto controvertido en la obra de Bruno es su concepto de animismo. Su concepción central de un alma mundial, que estaría en todas partes y se extendería, amplió el concepto de alma para incluir seres vivos (animales y plantas) e inanimados. También defendió la existencia de la transmigración del alma: un alma podría, desde donde se encuentra, actuar sobre un alma vecina. Esta y otras posiciones consideradas heréticas lo pusieron en peligro de muerte. Su comportamiento se tradujo en castigos, multas, excomuniones y la Inquisición, y culminó con su muerte en la hoguera.

**Palabras Clave:** historia de la ciencia; filosofía de la ciencia; inquisición; animismo

## 1. Introdução

O termo "magia" desperta a curiosidade das pessoas há bastante tempo. Pode-se dizer que o imaginário popular, estimulado pela arte (filmes, literatura, por exemplo), confere ao termo um significado bem além do que está associado ao seu conceito. Por isso, ao se escrever sobre o tema, deve-se deixar claro que o presente texto não se refere a uma imersão esotérica. Trata-se de uma análise acadêmica que examina o

conceito de magia, em especial a obra de Giordano Bruno (1548-1600), *Tratado da magia*. Este artigo é fruto de uma análise documentada, baseada numa pesquisa bibliográfica qualitativa.

Pretende-se também ter precaução na presente discussão para que não se cometam desvios do objetivo traçado, uma vez que o tema da magia exerce, mesmo em mentes esclarecidas, em maior ou menor grau, certo fascínio. Seu conteúdo esotérico, às vezes disfarçado como “teosofia”, “pseudociências”, “espiritismo”, “espiritualismo” (ou outras -logias e -ismos diversos), é capaz, segundo Malinowski (2022, p.52), de, em parte, parecer “despertar em todos nós certas forças mentais latentes, alguma esperança remanente no milagroso ou certas crenças nas misteriosas potencialidades humanas antes adormecidas”.

Assim, mesmo que o tema tratado aqui tenha apelo fora da ciência, a análise será feita com rigor científico, para que o assunto seja discutido sem cair em idolatria. Nesse ponto, deve-se mencionar que, de acordo com Frazer (1890), a magia foi considerada pelo homem primevo como a forma de controlar o curso da natureza para fins práticos, sentindo-se poderoso, pois, por meio de ritos e encantamentos, acreditava poder dominar os animais, as plantações, o clima e os ventos, subjugando-os à sua vontade. Quando o ser humano percebeu as limitações de seus supostos poderes mágicos, inclinou-se a seres superiores, como espíritos ancestrais, demônios ou divindades (Malinowski, 2022, p.12).

Daí, a essência da diferenciação entre religião e magia: enquanto a primeira se apoia em forças superiores (externas ao controle humano), a magia crê no controle direto do homem sobre o universo. Compreende-se, portanto, a partir dessa diferença, o fascínio despertado pela magia: intrinsecamente, ela exprime a suposta capacidade do ser humano de subjugar a natureza. Mas, para que a magia funcione, o mago deve respeitar todo tipo de tabus, ritos e encantamentos, caso contrário o resultado que se quer obter da magia pode ser prejudicado.

Também se faz necessário destacar que, apesar de se buscar comparar a magia com a ciência, posto que esta última tem como objetivo explicar a natureza e ambas seguem regras e preceitos determinados, é importante distingui-las formalmente, para que tal confusão outrora existente seja desfeita no nível de progresso que a humanidade alcançou hoje. Malinowski esclarece a radical diferença entre magia e ciência:

A ciência surgiria da experiência; a magia seria produzida pela tradição. A ciência seria orientada pela razão e corrigida pela observação; a magia, impermeável a ambas, encontrar-se-ia em uma atmosfera mística. A ciência seria acessível a todos, constituindo um bem partilhado pela comunidade como um todo. A magia viveria de modo oculto, sendo ensinada por meio de iniciações misteriosas e transmitida por uma filiação hereditária ou, no mínimo, muito exclusiva. A ciência se basearia na ideia de força natural, ao passo que a magia irromperia da noção de poder místico e impessoal, crença presente na maioria dos povos primitivos (Malinowski, 2022, p.13).

Tratando-se de uma abordagem acadêmica, a análise que será desenvolvida no presente artigo tem como objetivo apresentar como Giordano Bruno encarava a magia e como suas considerações acerca do tema levaram a conjecturas complexas, como a transmigração da alma e as supostas “humanidades” habitantes de outros corpos celestes.

## 2. Metodologia

A metodologia refere-se, de forma mais abrangente, ao estudo dos métodos que, no presente caso, consistem em itinerários que conduzem ao saber científico. O presente caso tem como finalidade explicitar, por meio de uma reflexão documentada na obra *Tratado da magia*, de Giordano Bruno, suas concepções acerca da magia e, em especial, da polêmica extrapolação decorrente de sua ideia de

transmigração da alma. A questão central que se coloca é: dentre as supostas heresias imputadas a Giordano Bruno, qual o papel desempenhado pela sua formulação de magia e de alma em sua condenação?

A presente pesquisa utiliza uma abordagem qualitativa, de natureza bibliográfica, tendo como fonte primária a obra de Bruno (2008) e, como referencial teórico sobre o assunto, o estudo de Malinovski (2022). A investigação foi conduzida em três etapas principais, visando atingir os seguintes objetivos específicos: a) Investigar o conhecimento acerca de magia que aparentemente tornou Giordano Bruno suspeito aos olhos do Santo Ofício; b) Compreender as percepções que ele defendia acerca da transmigração da alma; c) Avaliar o impacto dessas percepções em sua condenação.

A apresentação do artigo está estruturada da seguinte forma: inicialmente, uma introdução ao tema da pesquisa. Após a presente metodologia, um breve relato da vida de Giordano Bruno. Em seguida, a descrição dos pontos fundamentais de seu *Tratado da Magia*, destacando os conceitos defendidos por ele de espírito único ou a alma do mundo e de transmigração da alma. A partir disso, realiza-se uma discussão sobre os objetivos específicos propostos. Finalmente, são apresentadas as considerações finais.

### 3. Giordano Bruno

Giordano Bruno nasceu em 1548, em Nola, uma comuna italiana da região de Campania, província de Nápoles, filho de um soldado profissional. Giordano Bruno recebeu no batismo o nome de Filippo Bruno. Em 1562, ele foi para Nápoles estudar humanidades, lógica e dialética (argumentação). Foi lá que teve, então, sua atenção voltada para o averroísmo (o pensamento de vários filósofos cristãos ocidentais que se inspiraram na interpretação de Aristóteles apresentada pelo filósofo espanhol muçulmano Averrões (1126-1198)), inspirado pelas palestras de Giovanni Vincenzo de Colle (m. 1574), conhecido como Il Sarnese (Granada, 1999). Nessa época, interessou-se também por obras sobre dispositivos e artes da memória (obras mnemotécnicas).

De acordo com estudos recentes, como o de Malaguti (2018), Bruno tinha interesse nas teorias científicas e filosóficas dos muçulmanos, mas sua visão geral sobre o islamismo era vaga e condicionada pelas crenças de sua época. Além disso, Averrões foi o único pensador islâmico que o influenciou de forma significativa.

Aos 17 anos, em 1565, ingressou no monastério dominicano de San Domenico Maggiore, em Nápoles, onde adotou o nome Giordano, em homenagem a um de seus mestres. Durante seu período no monastério, ele demonstrou dúvidas teológicas e interessou-se por livros proibidos, como os escritos de Erasmo de Roterdã (1466-1536). Apesar desses estorvos, em 1572, Bruno foi ordenado e, durante cinco anos, exerceu sua função de monge (Arantes, 2023).

Devido à sua rebeldia, não demorou para que Bruno começasse a ser perseguido. Os dominicanos o submeteram a um processo por heresia, o que o levou a fugir para Roma, em fevereiro de 1576. Em seguida, foi injustamente acusado de assassinato, o que culminou em sua excomunhão, o que, em abril do mesmo ano, o levou a empreender uma nova fuga (Arantes, 2023).

Seguiu-se, então, um período no qual Bruno, agora excomungado, perambulou pelo norte da Itália até abraçar formalmente o calvinismo, em 1578, em Genebra. Mas, como se pode compreender, alguém dotado de ousadia como Bruno não se conformaria em se sujeitar a amarras, de modo a não causar

nenhuma surpresa, e, não suportando a intolerância, decidiu abandonar o calvinismo (nesse período, ele foi sujeito a prisão, multas, condenação e excomunhão) (Arantes, 2023).

Posteriormente, teve uma passagem pelo luteranismo, mas logo foi forçado a abandonar esse caminho, tornando-se um pregador errante que difundia suas ideias em universidades europeias, ao mesmo tempo em que entrava em constantes choques tanto com católicos quanto com protestantes (Rowland, 2009). Bruno chegou a Toulouse, vindo de Genebra, através de Lyon, sem uma única moeda sequer. É bom deixar claro que nem sempre suas ideias agradaram aos acadêmicos. Teve problemas, por exemplo, nas universidades de Toulouse, Sorbonne e Oxford.

Após um período em Paris e Londres (onde começou a escrever seus livros mais famosos), retornou à Itália. Em Veneza, Giordano Bruno foi denunciado e encarcerado pela Inquisição. Foi atraído para uma armadilha em 1592 por um católico fanático, Giovanni Mocenigo (1558-1623), que o prendeu e denunciou ao Santo Ofício. É bom destacar que, embora diversos textos afirmem que o doge de Veneza, Giovanni di Mocenigo, teria sido o responsável por essa façanha. Todavia, Giovanni di Mocenigo (1408–1485) foi doge de Veneza de 1478 a 1485 e, portanto, faleceu bem antes de Giordano Bruno. Na verdade, conforme Santos (2019), foi Giovanni Mocenigo quem ordenou a prisão de Bruno, um nobre veneziano descendente do doge Mocenigo.

Dentre as acusações que pesaram contra Giordano Bruno, encontram-se as seguintes: idealizar uma reforma geral na Igreja católica, criticar a existência do Santo Ofício, bem como dos métodos violentos que este utilizava, negação da Santíssima Trindade, negação da virgindade de Maria, da encarnação de Deus (em Cristo), da transubstanciação e dos milagres de Cristo e dos apóstolos (os quais considerava como oriundos de magia), sustentar ideias de metempsicose/transmigração da alma, numa clara heresia teológica, defender a pluralidade de mundos e recorrer à magia como bruxaria (Lopes, 2014). Em sua defesa, admitiu algumas de suas acusações relativas às questões de fé, utilizando a seu favor o fato de que seus argumentos se baseavam em aspectos filosóficos e não religiosos. Naturalmente, seus argumentos não foram suficientes para sua absolvição.

A Inquisição exigiu sua transferência para Roma, o que ocorreu, sem qualquer esforço das autoridades seculares de Veneza para evitar a extradição (Naess, 2025). Nesse ponto, destaca-se que, segundo Naess (2015, p. 35), não se sabe exatamente por que Bruno foi condenado. Sabe-se que o cardeal jesuíta Roberto Belarmino (1542-1621) desempenhou um papel decisivo no julgamento de Giordano Bruno. Ele relacionou, conforme Naess (2015), oito opiniões heréticas proferidas nos escritos de Bruno e pediu-lhe que as renunciasse e abjurasse incondicionalmente. Com relação às proposições de Belarmino, sabe-se que

Bruno contesta as proposições elencadas, não as considera como tendo cunho herético, mas deveriam ser analisadas a partir do mérito de temas que mereciam ser amplamente discutidos. Tal refutação foi feita em 25 do mesmo mês [janeiro de 1599]. O tribunal recusa a interpretação do acusado sobre as referidas proposições e impõe que abjure imediatamente, ou, então, que o faça no prazo máximo de quarenta dias. Em 15 de fevereiro, Bruno declara-se disposto a abjurar. Mas, ao invés da abjuração, ele apresenta uma memória dos fatos ocorridos ao longo da sua vida, na qual reconhece os seus erros cometidos (Lopes, 2014, p. 11-12).

De acordo com Naess (2015), o documento elaborado por Belarmino, que serviu de libelo contra Bruno, ao que consta, desapareceu. Entretanto, não há dúvidas de que as relações de Giordano com a magia e a sua concepção de transmigração da alma certamente fizeram parte da acusação. Dizia-se que Bruno



acreditava que Moisés era um feiticeiro que iludiu os egípcios por ser mais proficiente que eles em artes mágicas. Bruno também sustentava que deve haver um número infinito de universos, porque qualquer outra coisa seria uma limitação de onipotência de Deus. Esta ideia era vista como herética porque não conferia à Terra o lugar central no Universo (Naess, 2015, p.35).

De modo incisivo, o cardeal Belarmino contribuiu para a condenação de Bruno, atribuindo-lhe as adjetivações de “herético impenitente”, “inflexível e obstinado” (Naess, 2015). Ele passou por um processo de sete anos, até ser condenado por blasfêmia, imoralidade, apostasia e heresia, sendo queimado vivo, em 17 de fevereiro de 1600, no Campo di Fiori, em Roma.

#### 4. Tratado da magia

Durante muito tempo, as obras de Giordano referentes ao modelo heliocêntrico e suas ideias mais polêmicas, como a existência de exoplanetas e de civilizações extraterrestres, foram objeto de estudo, o que o colocou num patamar ao lado de Copérnico (1473-1543) e de Galileu (1564-1642). Porém, ao final do século XIX, despertou-se a atenção para um Giordano mais ocultista e esotérico, ao serem desenterradas obras como esta, objeto do presente estudo.

O *Tratado da magia* foi escrito entre 1590 e 1591, em Frankfurt. Naquele momento, Bruno já com ordem de expulsão da cidade, ditou esta obra a seu discípulo Girolamo Besler, conforme Bruno (2008, p.14). Note-se que, desde o século XIV, a igreja, por meio de tribunais da Inquisição, reprimia tanto as seitas heréticas quanto as práticas de magia.

Bruno dominava a arte da memória e, ao que se sabe, ele ditava diretamente de memória suas obras para mais de uma dezena de copistas, garantindo a difusão de vários exemplares do original (Bruno, 2008, p.14).

Antes de penetrar no conteúdo do *Tratado*, convém explicitar a definição dada por Malinowski (2022, p.57), de que a magia “é um dote primordial do ser humano que só pode ser conhecido através da tradição; a magia afirma o poder autônomo do homem de criar os fins almejados”. Diferentemente dos preceitos religiosos, que se submetem a um (ou vários) ser(es) divino(s), a magia serve aos propósitos particulares do ser humano e, incontestavelmente, é um caminho para a heresia.

No presente momento, apresenta-se a análise do conteúdo da obra em discussão. Antes de iniciar suas considerações acerca da magia, Giordano Bruno (2008) distingue vários sentidos do termo. Inicialmente, ele associa o primeiro sentido de magia aos diversos tipos de magos. De acordo com sua classificação, o termo “mago” significaria “sábio”. Dentre os exemplos, ele cita:

- Os trismegistos, diversos autores na antiguidade egípcia que, nos séculos II e III, escreviam sob a mesma denominação (Hermes Trismegisto). Desse modo, criaram uma figura mítica, associada a uma literatura hermética, com a clara intenção de se opor ao cristianismo que se consolidava. Note-se que o termo Trismegisto significa três vezes grandíssimo, um apelo ao resgate do paganismo. Um aprofundamento acerca da tradição hermética pode ser encontrado em Yates (1995).
- Os druidas (gauleses), praticantes de uma filosofia natural animista, eram mentores espirituais da sociedade celta; todavia, não se tratava de mediadores entre os deuses e o homem. Tratava-se de sábios que exerciam as funções de mestres, sacerdotes, juízes, médicos e filósofos entre as tribos celtas da região, desde a Península Ibérica até a Anatólia (Silva, 2018, p. 103). A ideia de animismo presente nos deuses está presente no pensamento de Bruno, condenado como herético.

- Os gimnosofistas indianos (“sábios nus”), ascetas a tal ponto de considerarem alimentos e roupas ingredientes prejudiciais à pureza do pensamento. Eles praticavam adivinhações e prediziam o futuro, alegando poderem usufruir da aparição de deuses (Silva, 2018, p. 104).
- Os cabalistas judaicos, divulgadores de tradições das escritas judaicas associadas a ensinamentos místicos. Segundo Maçaneiro (2011, p. 76), “apesar de algumas posturas controversas, a cabala se legitima como hermenêutica interior da mesma Torá, desdobrando-se em diferentes escolas teóricas e práticas”.
- Os magos persas pós-Zoroastro, seguidores daquela que, antes da conquista muçulmana, foi a principal religião da Pérsia (atualmente, denominada Irã). Conforme Fernandes (2003, p. 13), grande parte de conceitos encontrados no Antigo e no Novo Testamento tem sua origem no zoroastrismo (diversos reis persas citados na Bíblia seguiam essa religião).
- Os sofistas gregos, estigmatizados pelo pensamento platônico, pois, de acordo com Araújo (2014, p. 28), todos os documentos reais e prováveis sobre os sofistas se perderam no tempo, “por isso todo conhecimento que temos sobre os mesmos são sempre deficientes ou platonicamente influenciados”.
- Os sábios romanos, que praticavam rituais religiosos públicos e privados. Apesar de proibição imposta nas Doze Tábuas (legislação datada de 450 a.C., identificada como a origem do Direito Romano), elementos de magia estavam presentes em ritos agrícolas e terapêuticos, por exemplo (Silva, 1999).

Além desse primeiro sentido de mago (e magia), Giordano Bruno foi mais profundo e associou o termo às seguintes concepções:

- Magos que praticavam a denominada magia natural, fenômenos oriundos da aplicação de princípios ativos e passivos, presentes na medicina e na química, por exemplo (Bruno, 2008, p. 29).
- Magos praticantes da magia dos prestígios. Sua magia parece ser oriunda de uma natureza ou de uma inteligência superiores. Visa impressionar as pessoas, fazendo-as crer que o mago goza de poderes sobrenaturais.
- Magos que praticavam uma magia, também chamada de natural, mas que não se restringiam aos princípios ativos e passivos. Pressupõe que todas as coisas possuem alma (ou espírito) e que a magia surgiria da simpatia ou da antipatia entre elas (Bruno, 2008, p. 30).
- Magos que praticavam uma magia intermediária entre a magia natural e a sobrenatural, também classificada como magia matemática ou filosofia oculta (Bruno, 2008, p. 30). Nessa prática, além dos elementos presentes na magia natural, acrescentam-se palavras e cantos (supostamente associados à satisfação dos desejos do mago), bem como relações envolvendo números, caracteres ou letras, figuras e imagens, por exemplo.
- Magos praticantes da metafísica (teurgia). Eles se apresentavam como vasos ou canais de comunicação com espíritos, deuses e demônios. Por meio de certos rituais, a invocação seria realizada. Estes magos, muitas vezes, agem como vassalos dos denominados demônios superiores com o intuito de comandar ou governar os denominados demônios inferiores, conforme explica Bruno (2008, p. 31).

- Magos adeptos da necromancia, isto é, quando se invoca a alma dos defuntos (inteiros ou partes do corpo) para se indagar acerca do passado e do futuro. Nessa modalidade, na ausência do corpo material, o mago (pitônico) recorrerá a um espírito-incubo que se apossaria de um ser vivente à guisa de oráculo.
- Magos maléficos e benéficos usam a magia para provocar moléstias e até mesmo a morte de alguém. Nessa modalidade, o mago utiliza, para o encantamento, peças de vestuário, secreções ou outras coisas que tenham pertencido àquele que virá a ser encantado.
- Os denominados adivinhos, classificados por Bruno (2008, p. 32) em adeptos da piromancia (inspirados pela natureza) e da hidromancia (inspirados pela observação matemática ou astrológica). Este tipo de magia também costuma ser chamado de profecia, apesar da polêmica que esse termo possa suscitar.
- Os denominados loucos malfazejos, que usam a magia para prestar assistência ou provocar danos pelo simples comércio da magia, recorrendo, não raro, a pactos demoníacos. Nesse ponto, Giordano Bruno faz alusão à simpatia que alguns daqueles por ele denominados pejorativamente de encapuzados (monges e frades) nutriam por este tipo de magia.

Essa classificação, feita por Bruno, demonstra o quanto ele era versado no assunto. Sua compilação de diversos tipos de magos e magias era, no mínimo, fruto de uma curiosidade intelectual ímpar.

Uma vez feitas as considerações acima, agora é possível falar em mago e magia sem que paire qualquer dúvida, posto que é possível distinguir exatamente de que tipo de situação se trata. Em seguida, pode-se classificar a magia de três categorias: a divina (mundo arquetípico), a natural (mundo físico) e a matemática (mundo racional). Segundo Bruno (*id.*, p.35), as duas primeiras são, por natureza, boas e excelentes; porém, a terceira poderia ser boa ou má, a depender da natureza dos magos que a usarem, tendo potencial para que se encontre nesta terceira modalidade malícia, crime e agravo de idolatria.

O termo matemático não se refere à matemática em si, mas a elementos de magia que a ela se assemelham. Por exemplo, a utilização de figuras e símbolos matemáticos, números e cálculos, períodos e movimentos, e dos “fascínios” do olhar (um dos vínculos que unem os espíritos, procedentes da visão).

Bruno cita uma hierarquia axiomática que se processa na seguinte ordem: Deus, deuses (incorpóreos), corpos celestes ou astros, incluindo a Terra (divindades corporais), demônios (guardiões e habitantes dos astros), elementos, corpos compostos, sentidos, ânimo e ser vivo. Nesta escala apresentada por Bruno (*id.*, p. 38), Deus (Uno, Simplíssimo, Altíssimo, Absoluto, Incorpóreo, Excelente) ocupa a posição de destaque, representando o ato puro e a potência ativa, a luz puríssima. A matéria, por outro lado, representa o nível ínfimo, trevas, pura potência passiva. A luz sobrepuja as trevas, ao passo que as trevas não conseguem sequer se igualar à luz.

No mundo arquetípico (magia divina), há amizade e luta. No físico, água e fogo; no racional (matemático), luz e trevas. Pode-se então inferir a origem dos mundos ao se perceber que a luz e as trevas têm origem no fogo e na água, e estes, na concórdia e na discórdia. Assim, o primeiro mundo (arquetípico), por intermédio do segundo (físico), produz o terceiro (racional).

Ele, entretanto adverte que, embora reconheça que toda a ciência pertence ao conjunto das coisas boas, alegando para tal afirmação a anuência de Aristóteles (384-322 a. C.) e Tomás de Aquino (1225-1274), Bruno (2008, p.40) afirma que “convém, contudo, manter tais matérias fora do alcance do profano, do celerado e da multidão: pois nada de bom existe no mundo que uma raça de gente ímpia, sacrílega e naturalmente criminoso não consiga usar mais para a ruína que da vantagem dos nossos semelhantes”.

Em seguida, Bruno disserta acerca de matéria e ânimo, natureza (intrínseca e extrínseca) e vontade (humana, demoníaca e divina), e das atribuições da alma, por exemplo, de se difundir para fora do corpo, em direção a todos os horizontes de sua natureza.

Bruno classifica a natureza intrínseca em matéria (ou sujeito) e em forma (com sua virtude natural). Quanto à natureza extrínseca, é classificada em imagem da natureza (que se vê na superfície dos corpos, como o calor e a luz do Sol) e em aquilo que a matéria emana (luz radiada do Sol interagindo com os corpos iluminados e calor presente nos corpos aquecidos, por exemplo). Nesse ponto, Bruno (2008, p.41) faz uma defesa implícita do modelo copernicano ao afirmar que um único sol (único calor, luz única), por meio de um jogo de aproximação e afastamento, produz o inverno e o verão.

Com relação às virtudes, ele considera aquelas aparentes, como aquecer, resfriar, amolecer, endurecer, dentre outras, e as ocultas, cujos efeitos externos são, por exemplo, alegria, tristeza, desejo ou repugnância. Trata-se, segundo ele, de um atributo que a Natureza concede às espécies, um espírito interior, que as permite se conservarem, distanciando-se de inimigos ou perigos iminentes (Bruno, 2008, p.44). Aqui, ele extrapola esse conceito de espírito interior também para as coisas inanimadas, como no exemplo apresentado de uma gota de água que, ao cair, para contrariar essa queda, adquire a forma coesa de uma esfera, ou de palhas que, ao serem queimadas, se deitam, como se buscassem fugir da ação do fogo.

Com relação à magia, Bruno foi acusado de heresia, conforme já descrito, por tê-la usado, segundo as acusações, para fins de bruxaria. Além disso, ele classificava Moisés, os apóstolos e o próprio Cristo de praticarem magia e não milagres. Lembrando Malinowski (2022), a magia é fruto do poder do homem, enquanto que o milagre é oriundo da intervenção divina. Negando a intervenção divina, Giordano Bruno incorria em forte heresia.

## 5. O espírito único ou a alma do mundo

Bruno evoca que o universo possui um espírito único, que se espalha por todo o espaço, que está presente em tudo, que sente todos os efeitos e paixões que podem ser observados nos seres humanos. Em suas palavras (Bruno, 2008, p.44-45), “a nossa alma, em todo nosso corpo, produz a obra da vida de maneira primeira e universal, mas, embora esteja inteira no nosso corpo inteiro, e toda em qualquer parte dele, não procede daí que faça tudo em todo o corpo ou a partir de qualquer de suas partes”. Aqui, ele se refere à percepção pelos sentidos. Entretanto, como esse espírito (a alma do mundo) estaria em todo lugar, não agiria de forma homogênea, posto que há uma heterogeneidade de matéria a ser administrada por essa alma. Esse princípio essencial faz com que um nervo seja um nervo, uma veia seja uma veia, um órgão seja um órgão, o que justifica as causas de todas as maravilhas da natureza.

Conforme já foi dito, esse espírito se espalha também pelas coisas inanimadas, de modo que explicaria a diferença entre as espécies de sementes ou entre os elementos químicos. Daí, ele conclui que “todo o mago que quiser executar operações semelhantes às da natureza deve em primeiro lugar conhecer o princípio ideal, depois o princípio específico da espécie, a seguir o princípio numeral para grupos numerosos, e por fim o princípio individual para o indivíduo” (Bruno, 2008, p.48).

Outra consequência polêmica da concepção proposta por Bruno (2008, p.52) é a de que a alma não estaria incluída no corpo segundo uma ação primeira e a substância, mas se apresentaria no corpo de modo que nele se manifestasse por ações segundas. Na filosofia da ação, busca-se determinar como estas diferem de outras formas de comportamento, como, por exemplo, os reflexos involuntários. Uma ação é realizada intencionalmente por uma pessoa com um propósito. Por exemplo, se o indivíduo está com sede e quer beber água (desejo) e acredita que o líquido diante dele é água (crença), seu corpo desenvolve um comportamento (estender a mão, pegar o copo de água e beber o líquido). Compreendendo-se esse

conceito, pode-se perceber a relevância de Bruno ter colocado a alma como se apresentando numa ação segunda, e não primeira. Ideias como essas contribuíam para a formação de um conjunto de acusações de heresias que resultou na condenação de Bruno.

## 6. A transmigração da alma

No intuito de focar no objetivo principal do presente artigo, a atenção será agora dirigida ao que Bruno denomina "comunhão entre as coisas". Ele defende o que chama de comunidade do espírito universal, pois, segundo ele, do mesmo modo que existe uma superposição de luz num mesmo espaço, as almas (diversas entre si no plano da potência e da ação) se associam no universo, segundo um número finito ou infinito. Considerando que o corpo é regido pela alma (ou por um espírito que ata as partes entre elas), uma alma de onde se encontra poderia agir sobre uma alma vizinha (transmigração da alma), atuando, conseqüentemente, sobre outro corpo.

Esse ponto apresenta um conceito bastante polêmico, pois leva à denominada continuidade indissolúvel da alma. Desse modo, a alma abandonaria um corpo que havia perdido a vida, mas continuaria atuando em um corpo universal. Logo, a alma estaria indissolúvelmente ligada à matéria universal (Bruno, 2008, p.58). Nestes termos, o vazio perderia o sentido, passando a ser considerado um espaço em que diversos corpos se sucedem e se movem.

A ubiquidade, a fluidez e a sutileza do mana (conjunto de forças sobrenaturais), inicialmente restritas ao animismo, se espalham para os animais, as plantas e os objetos. Trata-se de uma afirmação bastante polêmica. Pode-se, portanto, compreender o desconforto que essa concepção é capaz de provocar na sociedade.

Em suas alegações, Bruno apresenta argumentos de Lucrécio (94-50 AEC), cuja única obra conhecida é *De rerum natura* (Sobre a natureza das coisas), um poema filosófico que trata de princípios e da filosofia do epicurismo e é uma das primeiras obras filosóficas a versar sobre o ateísmo. Ele foi um precursor de ideias materialistas e antirreligiosas na cultura ocidental. De acordo com sua obra, existem outros mundos, como o universo, similares a este, com outras formas de vida e, possivelmente, "outras humanidades".

A defesa desse ponto foi bastante comprometedor para Bruno, em seu processo por heresia perante a Inquisição romana. Segundo Bruno, as estrelas seriam sóis como o nosso, cercadas por seus próprios sistemas planetários, que poderiam abrigar formas de vida (pluralismo cósmico). Além disso, o universo seria infinito e, portanto, não poderia ter um centro (Bruno, 2016).

Para Bruno, a atração ou repulsão entre os corpos tem a ver com a modalidade de composição dos corpos (terra, água, ar e fogo). Como exemplo, ele cita o caso do Sol (fogo) não atrair a água por meio do espaço aéreo. A atração só ocorre quando a água é transformada em vapor (sendo assimilada ao ar) e, acedendo pouco a pouco à parecença do fogo, ela se torna nesse mesmo fogo, sendo atraída pelo Sol por um impulso natural, num percurso da água ao vapor, do vapor ao ar, do ar ao corpo etéreo (Bruno, 2008, p.61). No sentido inverso, o fogo presente no espírito, ao se tornar matéria, voltaria à sua forma aquosa.

Bruno (2008, p.62) define a substância material como constituída por átomos (indivisíveis, ininterruptos e descontínuos, em sua concepção). Para ele, a substância da água, do espírito ou do ar, que é a mesma, jamais se transformará em substâncias de átomos ou vice-versa. Assim, os princípios das coisas consideram quatro elementos que não podem mudar sua natureza:

- Água, abismo ou Estige;
- Terra, substância seca ou átomos;
- Ar, espírito ou alma;

- Luz;

Conforme descrito em Barreto (2009), Bruno considerava a imortalidade da alma e sua transmigração para outros corpos, sustentando, perante a Inquisição, que as almas seriam substâncias subsistentes, isto é, possuiriam intelecto, e que, catolicamente falando, não passam de um corpo para outro, mas vão ou ao paraíso, ou ao purgatório, ou ao inferno". O autor acrescenta que

Este argumento trata-se, a rigor, de uma saída bastante simplista para as acusações que vinha sofrendo, ou seja, um mero resgate de dogmas católicos (paraíso, inferno) dos quais há muito não compartilhava. Porém, Bruno, cansado e possivelmente vendo desvelar-se seu terrível fim, resolve assumir audaciosamente que reviu sua postura: Refleti bem, e seguindo as razões filosóficas (que estabelecem) que a alma subsiste sem o corpo e é incorporada ao corpo, (então, a alma) do mesmo modo que está no corpo pode estar noutro, e passar de um corpo a outro. Isto, se não for verdadeiro, parece ao menos verossímil com aquilo que dizia Pitágoras (Barreto, 2009, p.16).

Em sua defesa, Giordano Bruno tenta diferenciar sua filosofia da fé católica, argumentando que suas ideias não atingem os dogmas do catolicismo, por se tratarem de resultados obtidos exclusivamente por meio de argumentos filosóficos (Barreto, 2009). Todavia, esse pressuposto não se verifica, pois a Inquisição compreende que há uma fusão entre a filosofia e a religião de Bruno, ambas consideradas herméticas. Entende-se que Bruno serviu-se do pensamento de modo hermético e semi-mágico para alcançar o conhecimento intuitivo do divino (Yates, 1987, p. 278).

O processo teve uma duração de quase oito anos, pois inicia-se nos primeiros meses de 1592 e se encerra em janeiro de 1600, o qual contribuiu, segundo Ricci (2000), para que Bruno na última fase oscilasse entre o desejo de escapar à morte, quando decide abjurar, e a relutância em abandonar as suas ideias, principalmente sobre alguns pontos que considerava inegociáveis como, por exemplo, a infinitude do universo ou a teoria da alma universal. Se abjurasse, corria o risco de negar o entendimento filosófico ao qual havia tido acesso, pois, com a abjuração, a sua filosofia também seria negada e sufocada pelo silêncio ao qual seria condenada, juntamente com o seu idealizador (Lopes, 2014).

## 7. Discussão

O antropólogo britânico Edward Burnett Tylor (1832-1917), em seus livros *Primitive Culture* (Tylor, 1871a, 1871b) e *Anthropology* (Tylor, 1881), estabeleceu o contexto do estudo científico da antropologia, em particular as bases para o estudo antropológico da religião. Para Tylor, as sociedades passavam por três estágios de desenvolvimento: selvageria, barbárie e, finalmente, civilização. Ele considerou o animismo (crença em seres espirituais) a essência da religião primitiva.

Em sua teoria, Tylor defendia que, desde a época da selvageria, já havia uma concepção de diferença entre a alma humana e o corpo. Daí, a consequência de que a alma continuaria naturalmente a existir após a morte do corpo (Malinowski, 2022, p.11). A justificativa para tal seria que ela apareceria em sonhos, memórias e visões, de modo que continuaria a influenciar os destinos dos vivos.

Apesar de Tylor ter influenciado diversos pioneiros da antropologia, estudos mais recentes, de acordo com Malinowski (2022, p.14), demonstram que as civilizações primevas (selvagens, no caso) estariam menos preocupadas com o animismo e mais com o totemismo, uma postura mais próxima da realidade e de seus interesses imediatos da vida prática.

De acordo com Silva e Costa (2022), a transmigração da alma já estava presente em civilizações antigas. Para os egípcios, dos quais se supõe que houve influência sobre as ideias de Bruno, a imortalidade da alma humana estava associada à transmigração. Com a morte do corpo, a alma passaria a habitar o corpo de outro ser vivo, recém-nascido, e "depois de ter percorrido (*periélthê*) todas as espécies terrestres, aquáticas e aéreas, ela vem novamente a se instalar no corpo humano" (Spinelli, 2013, p. 378).

Segundo Silva e Costa (2022), uma das primeiras origens remotas da ideia de transmigração da alma é geralmente atribuída ao orfismo. Essa ideia, que modernamente ganhou uma ressignificação por parte da doutrina espírita, associando esse evento ao aperfeiçoamento do espírito humano, tinha fulcro nos seguintes princípios:

- No homem hospeda-se um princípio divino, um *daimón* (alma) que caiu em um corpo por causa de uma culpa originária.
- Esse *daimón* não apenas preexiste ao corpo, mas também não morre com ele, pois está destinado a reencarnar-se em corpos sucessivos, afim de expiar aquela culpa originária.
- Com seus ritos e práticas, a “vida órfica” é a única que pode pôr fim ao ciclo das reencarnações e, assim, libertar a alma do corpo.
- Para quem se purificou (os iniciados nos mistérios órficos) há um prêmio no além (da mesma forma que há punições para os não iniciados) (Reale; Antiseri, 2003, p. 9).

Parecia reconfortante a crença na continuidade espiritual após a morte, na imortalidade, antítese da morte, baseada na independência do espírito em relação ao corpo. Mas, um fato, no mínimo polêmico, que está presente na obra de Giordano Bruno, seria o conceito de almas ou espíritos presentes em animais, plantas e objetos. Embora questionada ao longo dos tempos, essa ideia, na época de Bruno, era compreensivelmente aceita, devido às condições culturais vigentes, porém, como se compreende, era herética à luz da Inquisição.

Conforme Barreto (2009), em seu tratado de Magia, Giordano Bruno defendeu a existência de certa comunhão no espírito universal, que, de acordo com seu pensamento, se encontra inteiro tanto no todo quanto em cada parte. “Isso ocorre de tal modo que tudo e todas as coisas estão cheias de espírito, de alma, de potência superior, de Deus ou de divindade, o que faz com que intelecto e alma se encontrem inteiros em todos os lugares” (Barreto, 2009, p.11).

Cultos mágicos de fertilidade, de plantações, de estímulo e controle do sol, da chuva, de animais e de seres humanos, entre outros, permearam o universo de ritualismo e do misticismo do homem selvagem. No *Tratado da magia*, Bruno compila um conhecimento que, mesmo depois de milênios de evolução do ser humano, ainda estaria presente no senso comum e, pelo que se pode ver, também confundia os sábios (deve-se lembrar, conforme o próprio Bruno afirmou em sua obra, que mago seria um sinônimo de sábio).

Com relação ao que foi dito acima, mesmo hoje em dia, é possível observar uma parte considerável dos indivíduos se sentirem seduzidos por magia, mesmo que elas assim não percebam. Magia com animais, pedras, plantas ou outros objetos faz parte de rituais pseudocientíficos, estimulados pela crença de que o homem pode obrigar a natureza a servi-lo. Porém, mesmo o homem primevo percebeu que a magia, sozinha, não serve pra nada. Uma plantação de milho não vai render frutos se não for cultivada; para navegar, é preciso construir uma embarcação; uma atitude de bravura e de autoestima não é suficiente para vencer uma luta. Em suma, a magia é dispensável, nada se consegue esperando apenas pela crença ritualística.

Mesmo sendo considerado alguém que dominava e utilizava com frequência a magia, esta não foi suficiente, nem para Bruno nem para muitos outros, para escapar da condenação. A linha que separa a ousadia da heresia é muito tênue. Além disso, sabe-se que determinados argumentos, mesmo que demonstrados posteriormente como corretos, não eram capazes de convencer o Santo Ofício. Ao conjunto de heresias imputadas a Bruno somaram-se suas concepções acerca de alma e de sua transmigração.

## 8. Considerações finais

Giordano Bruno costuma ser apresentado em livros didáticos como o filósofo brilhante que não teve a mesma “sorte” de Galileu Galilei. Enquanto este último se salvou da fogueira, Bruno não teve a mesma sorte. Raramente se menciona algo de seus trabalhos, limitando-se apenas ao fato de que ele foi um defensor do heliocentrismo. Mas, há muito mais em suas obras e no seu pensamento científico e filosófico que foi capaz de inquietar o Santo Ofício. Conforme discutido na seção anterior, dentre as acusações que pesaram contra ele, consideradas indubitavelmente heréticas durante seu processo, destacam-se também sua relação intrínseca com a magia, como feitiçaria, e a defesa de uma transmigração da alma, que abrangia, inclusive, o animismo. Apesar de ser uma visão presente em culturas antigas e selvagens, no contexto da fé católica é claramente herética.

Apesar de ser um homem de fé, Giordano era um visionário; não se submetia às amarras impostas pelas ordens religiosas, de modo que, mesmo crendo nos preceitos divinos, tornou-se pregador de si mesmo, defendendo uma visão aberta de mundo, tanto que foi acusado de querer fundar uma nova Igreja, conforme já mencionado. Em sua obra, é visível a importância que ele atribuiu ao animismo, especialmente ao estender o conceito de alma a seres inanimados. Essas e outras posições, consideradas heréticas, colocaram Bruno em perigo de morte. Seu comportamento resultou em punições, multas, excomunhões e no processo da Inquisição, culminando em sua morte na fogueira.

Um ponto bastante controverso na obra de Bruno é seu conceito de animismo. Sua concepção de uma alma do mundo, ampliando o conceito de alma para seres vivos e inanimados, era arrojada e, para dizer o mínimo, imprudente para a época (talvez até para hoje). Ele acreditava numa alma do mundo que estaria em todo lugar, se espalhando e sendo responsável, por exemplo, pela diferença entre as espécies de sementes, ou entre os elementos químicos. Ele julgava esse conhecimento fundamental para qualquer indivíduo (mago) que desejasse incluir o controle dos fenômenos da natureza em suas magias.

Não bastasse o conceito de alma do mundo, Bruno defendia que o corpo, sendo regido pela alma (ou por um espírito que liga as partes entre elas), uma alma de onde se encontra poderia agir sobre uma alma vizinha (transmigração da alma), atuando, conseqüentemente, sobre outro corpo. Não é necessário comentar que esse ponto, por si só, já abriria espaço para uma condenação por heresia. Bruno acreditava nesse espírito universal que teria como consequência a denominada continuidade indissolúvel da alma: ela abandonaria um corpo que perdeu a vida, mas continuaria atuando num corpo universal, ou seja, a alma estaria indissolúvelmente ligada à matéria universal.

Suas relações com as técnicas mnemônicas foram, em diversas ocasiões, apontadas também como indícios de vínculos com a magia. Além disso, seus vestígios de vislumbres com o hermetismo, a cabala e outras formas de ocultismo construíram um cenário muito prejudicial à sua defesa.

O presente artigo investigou os pormenores do conhecimento de Bruno no que se refere à magia, explanando detalhadamente seu *Tratado da Magia*. Ficou evidenciado que ele dominava amplamente o tema, o que indica, portanto, que agia de forma consciente em relação às supostas práticas de feitiçaria que lhe foram imputadas.

A classificação que Giordano Bruno faz dos tipos de magia e de magos demonstra um conhecimento inequívoco do assunto, com grande profundidade. Lembrando que ele peregrinou por muitos lugares, professou várias denominações religiosas e teve contato com diversas culturas, é razoável supor que sua mente estivesse aguçada para um tema tão relevante, embora proibido. O conjunto dessas ideias, porém, numa mente aberta e audaciosa, naturalmente seria capaz de produzir um gênio da estirpe de Bruno. Em outra época, este fato seria digno de muita admiração, mas, no período de sua vida, tratava-se de um talento que poderia ser confundido com práticas heréticas, como, de fato, aconteceu.



A discussão realizada no presente artigo permitiu também compreender as concepções que ele sustentava quanto à sua visão da transmigração da alma. Diante de uma posição tão herética, o impacto dessas percepções em seu processo, aliados, especialmente, às negações de dogma propiciaram à Roberto Belarmino a construção de um libelo consistente que culminou com a condenação de Bruno à pena de morte.

Pode-se concluir que Giordano Bruno foi ao mesmo tempo um homem da ciência e um homem de fé, embora, em sua acusação, pese a suposição de que ele pretendia criar uma nova doutrina. É inegável sua defesa do modelo heliocêntrico, assim como de outras ideias inovadoras no campo da ciência discutidas no período em que viveu. Mas, ao longo de toda a sua vida, ele transitou por várias denominações religiosas: primeiro pelas ideias muçulmanas à luz das interpretações da filosofia aristotélica, inspirado por Averrões; em seguida, pela fé católica em sua vida como monge; e, depois, pelo protestantismo. Além disso, a magia também fez parte do seu repertório, o que se compreende, pois, em sua época, a magia ocupava uma posição importante no imaginário popular e a linha que separava a magia da religião ainda não parecia estar bem definida. Além disso, há também o fato de ela fazer parte da cultura de várias civilizações, por se tratar de um fenômeno relacionado a aspectos sociais e culturais.

O presente artigo tem suas limitações no fato de tratar-se de uma abordagem da história e da filosofia da ciência centrada na obra *Tratado da magia* de Giordano Bruno. Aqui não foram considerados aspectos de natureza epistemológica, nem se focou numa extensa biografia dele. A análise realizada teve como objetivo demonstrar que as acusações feitas contra Bruno extrapolaram as questões concernentes ao heliocentrismo e que o caso dele foi diferente do de Galileu. As implicações do processo contra Bruno incluíam agravantes muito sérios.

Como perspectivas futuras, abre-se a possibilidade de uma exploração mais epistemológica das relações de Bruno com a magia e de uma discussão teológica sobre os dogmas religiosos que Bruno refutava por meio de suas ideias e teorias.

## 9. Contribuição dos autores

*Alberes Lopes de Lima: conceitualização, rascunho original, redação, visualização, revisão e edição. Mayara Lopes de Freitas Lima: conceitualização, metodologia, pesquisa, redação, revisão e edição.*

## 10. Declaração de fontes de financiamento

Este estudo não recebeu apoio financeiro de nenhuma instituição ou agência financiadora.

## 11. Declaração de não utilização de inteligência artificial

Durante a preparação, redação, revisão e edição do presente trabalho, os autores não utilizaram inteligência artificial.

## 12. Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses relacionado à publicação deste artigo.

## 13. Referências

Aguirre, F. M. S., & Toledo, S. Z. D. (2023). Uma mirada al pensamiento mágico de Giordano Bruno. *Human Review*, 18(4902), 2-8. <http://doi.org/10.37467/revhuman.v18.4902>

- Arantes, E. M. M. (2019). Giordano Bruno, parresiasta. Filósofo e poeta do universo infinito. *Mnemosine*, 15(1), 437-451. <https://www.e-publicacoes.uerj.br/mnemosine/article/view/45996>
- Araújo, D. V. (2014). Acerca dos preconceitos contra os sofistas. *Saberes: Revista interdisciplinar de Filosofia e Educação*, (10), 15-29. <https://periodicos.ufrn.br/saberes/article/view/5678>
- Barreto, R. M. (2009) Do infinito, da magia e da inquisição: uma observação históricojurídica do processo de Giordano Bruno. *Justiça & História*, 9(17-18), 1-22. <https://bdjur.stj.jus.br/handle/2011/66425>
- Bruno, G. (2008). *Tratado da magia*. Martins.
- Bruno, G. (2016). *Acerca do infinito, do universo e dos mundos*. Calouste Gulbenkian.
- Frazer, J. G. (1890). *The golden bough*. Macmillan and Co.
- Granada, M. A. (1999). "Esser spogliato dall'umana perfezione e giustizia". Nueva evidencia de la presencia de Averroes en la obra y en el proceso de Giordano Bruno. *Bruniana & Campanelliana*, 5(2), 305-331. <http://www.jstor.org/stable/24331707>
- Fernandes, E. D. A. (2003). *As origens históricas do Zaratustra nietzscheano: o espelho de Zaratustra, a correção do mais fatal dos erros e a superação da morte de Deus* (Dissertação de Mestrado em Metafísica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. <https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/cb5730f7-7841-4036-8b2c-de0150a98e08/content>
- Lopes, I. C. (2014). Giordano Bruno: de Nola a Roma. *Reflexões*, 3(5), 01-15. <https://www.revistareflexoes.com.br/wp-content/uploads/2017/07/1.-Ideusa-Dr.-UVA-Giordano-Bruno.pdf>
- Maçaneiro, M. (2011). Os mistérios da Criação segundo a Cabala Judaica. *Teologia em Questão*, (20), 75-84. <https://tq.dehoniana.com/tq/index.php/tq/article/view/129>
- Malaguti, F. (2018). Giordano Bruno and the Islamic Tradition. *International Journal of Theology, Philosophy and Science*, 2(2), 117-131. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=690845>
- Malinowski, B. (2022). *Magia, ciencia e religião*. Vozes.
- Naess, A. (2015). *Galileu Galilei: um revolucionário e seu tempo*. Zahar.
- Ricci, S. (2000). Giordano Bruno nell'Europa del Cinquecento. Salerno editrice. [https://books.google.com.br/books?id=rz0FAQAIAAJ&printsec=front\\_cover&redir\\_esc=y](https://books.google.com.br/books?id=rz0FAQAIAAJ&printsec=front_cover&redir_esc=y)
- Rowland, I. D. (2009). *Giordano Bruno: philosopher/heretic*. University of Chicago Press.
- Santos, W. R. (2019). "*Natura est Deus in rebus*": a filosofia da natureza de Giordano Bruno e a ideia de mínimo (Tese de Doutorado em Filosofia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. <https://repositorio.ufmg.br/items/01b06fdf-5b12-4010-b993-53102c895ce1>
- Silva, E., & Costa, M. R. N. (2022). Uma apropriação/ressignificação da doutrina da transmigração das almas da tradição mítico-filosófica antiga, por parte do espiritismo, na modernidade. *Revista Ideação*, 1(45), 501-520. <https://doi.org/10.13102/ideac.v1i45.7670>
- Silva, F. J. (2018). Os gregos e a Índia: os gimnosofistas e sua influência sobre filosofia grega. *Revista Instante*, 1(1), 101-111. <https://revista.uepb.edu.br/revistainstante/article/view/146>
- Silva, G. V. (1999). Magia e poder no Império Romano: a perseguição aos mágicos e adivinhos entre a História e a Antropologia. *Dimensões*, (8), 34-40. <https://periodicos.ufes.br/dimensoes/article/view/2291/1787>
- Spinelli, M. (2013). A tese pitagórico-platônica da metempsicose enquanto "teoria genética" da antiguidade. *Educação e filosofia*, 27(54), 731-754. <http://educa.fcc.org.br/pdf/educfil/v27n54/v27n54a15.pdf>
- Reale, G., & Anteseri, D. (2003). *História da filosofia antiga: das origens a Sócrates*. v. I. Tradução Marcelo Perine, Edições Loyola

Tylor, E. B. (1871a). *The Origins of Culture*. John Murray.

Tylor, E. B. (1871b). *Religion in Primitive Culture*. John Murray.

Tylor, E. B. (1881). *Anthropology: an introduction to the study of man and civilization*. Macmillan and Co.

Yates, F. A. (1987). *Giordano Bruno e a tradição hermética*. Cultrix.

## ¿CÓMO Y CUÁNTAS VECES SE DESCUBRIERON LAS ACUAPORINAS? UNA PERSPECTIVA HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICA PARA LA ENSEÑANZA DISCIPLINAR Y METACIENTÍFICA EN EL PROFESORADO

### HOW AND HOW MANY TIMES WERE AQUAPORINS DISCOVERED? A HISTORICAL- EPISTEMOLOGICAL PERSPECTIVE FOR DISCIPLINARY AND METASCIENTIFIC TEACHING IN TEACHER EDUCATION

### COMO E QUANTAS VECES AS AQUAPORINAS FORAM DESCOBERTAS? UMA PERSPECTIVA HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICA PARA O ENSINO DISCIPLINAR E METACIENTÍFICO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Eduardo E. Lozano\*, Agustín Adúriz-Bravo\*\*

Lozano, E., Adúriz-Bravo, A. (2026). ¿Cómo y cuántas veces se descubrieron las acuaporinas? Una perspectiva histórico-epistemológica para la enseñanza disciplinar y metacientífica en el profesorado. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(2), e-24128 <https://doi.org/10.14483/23464712.24128>

#### Resumen

El artículo ofrece un análisis histórico-epistemológico (AHE) del modelo de “poros de agua” en las células, sustentado en la revisión de fuentes primarias. Los AHE permiten examinar la dinámica de producción de los modelos científicos, describiendo su estructura, las tensiones y los ajustes teórico-empíricos de su desarrollo. Asimismo, aportan información sobre los contextos históricos y los marcos de pensamiento que influyeron en el surgimiento, legitimación y consolidación de tales modelos como referentes explicativos en la ciencia. El análisis de las distintas etapas en la elaboración del modelo de “poros de agua” —desde los “poros pensados” por Traube y Overton a fines del siglo XIX hasta los “poros identificados y purificados” por Benga y Agre en el denominado “doble descubrimiento de las acuaporinas” en la segunda mitad del siglo XX— permite discutir el carácter modelizador-abductivo de la actividad científica y, al mismo tiempo, ofrece oportunidades para abordar la dimensión social e institucional de la ciencia, considerando las condiciones políticas, económicas y culturales de producción, así como los valores implicados. Luego, se desarrollan las implicancias que este AHE tiene para la enseñanza, en particular, en la construcción de narrativas didácticas de casos históricos y en la formulación de ideas clave disciplinares y metacientíficas. Por último, se presenta el diseño de una

\* Doctor en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales con orientación en Biología. Centro de Estudios e Investigación en Educación (CEIE), Universidad Nacional de Río Negro. Argentina. [elozano@unrn.edu.ar](mailto:elozano@unrn.edu.ar) - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4897-6673>.

\*\* Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, CeFIEC-Instituto de Investigaciones en Didáctica de las Ciencias Naturales y la Matemática. Argentina. [aadurizbravo@cefiec.fcen.uba](mailto:aadurizbravo@cefiec.fcen.uba) - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8200-777X>

Recibido: Septiembre 30 de 2025, aceptado: Mayo 13 de 2026

unidad didáctica basada en la modelización que articula los ejes disciplinar y metacientífico desde la perspectiva de la naturaleza de la ciencia en la formación del profesorado.

**Palabras Clave:** naturaleza de la ciencia; “descubrimiento” científico; modelo abductivo; formación del profesorado en biología

### Abstract

This article offers a historical-epistemological analysis (HEA) of the model of "water pores" in cells, based on a review of primary sources. HEAs allow us to examine the dynamics of the production of scientific models, describing their structure, tensions, and theoretical and empirical adjustments during their development. They also provide information on the historical contexts and frameworks of thought that influenced the emergence, legitimization, and consolidation of those models as explanatory references in science. The analysis of the different stages in the development of the "water pore" model—from the "conceived pores" by Traube and Overton at the end of the 19th century to the "pores identified and purified" by Benga and Agre in the so-called "double discovery of aquaporins" in the second half of the 20th century—allows us to discuss the modeling-abductive nature of scientific activity and, at the same time, offers opportunities to address the social and institutional dimensions of science, considering the political, economic and cultural conditions of production, as well as the values involved. The implications of the HEA for teaching are then developed, particularly in the construction of didactical narratives of historical cases and in the formulation of key disciplinary and metascientific ideas. Finally, the design of a model-based teaching unit is presented, which articulates the disciplinary and metascientific axes from the perspective of the nature of science in teacher education.

**Keywords:** nature of science; scientific “discovery”; abductive model; biology teacher education

### Resumo

Este artigo oferece uma análise histórico-epistemológica (AHE) do modelo do "poro aquoso" em células, com base em uma revisão de fontes primárias. As AHE permitem examinar a dinâmica da produção de modelos científicos, descrevendo sua estrutura, tensões e ajustes teóricos e empíricos ao longo de seu desenvolvimento. Elas também fornecem informações sobre os contextos históricos e as estruturas de pensamento que influenciaram o surgimento, legitimação e consolidação dos modelos como referências explicativas na ciência. A análise das diferentes etapas do desenvolvimento do modelo do "poro aquoso"—desde os "poros concebidos" de Traube e Overton no final do século XIX até os "poros identificados e purificados" de Benga e Agre na chamada "dupla descoberta das aquaporinas" na segunda metade do século XX—permite discutir a natureza modeladora e abductiva da atividade científica e, ao mesmo tempo, oferece oportunidades para abordar as dimensões sociais e institucionais da ciência, considerando as condições políticas, econômicas e culturais de produção, bem como os valores envolvidos. Em seguida, são desenvolvidas as implicações da AHE para o ensino, particularmente na construção de narrativas didáticas de casos históricos e na formulação de ideias disciplinares e metacientíficas fundamentais. Por fim, é apresentado o desenho de uma unidade de

ensino baseada em modelos, que articula os eixos disciplinar e metacientífico sob a perspectiva da natureza da ciência na formação de professores.

**Palavras-Chave:** natureza da ciência; “descoberta” científica; modelo abductivo; formação de professores em biologia

## 1. Introducción

El análisis histórico epistemológico (AHE) de los modelos biológicos a enseñar (Matthews, 2017; Adúriz-Bravo, 2010) constituye un aspecto central dentro de la línea de investigación orientada al diseño e implementación de unidades didácticas que integran las formaciones disciplinar y metacientífica (Lozano et al., 2021b). Los AHE realizados por nuestro grupo sobre el modelo de membrana celular (Lozano, Bahamonde, Adúriz-Bravo, 2016), de presión arterial (Lozano et al., 2018; Lozano et al., 2021a), de origen de la célula eucariota (Álvarez Soria, 2025), de placenta (Vistarop, 2023), de fenómenos electrostáticos (Orlandini, Lozano, Adúriz-Bravo, 2025b), entre otros, han permitido recuperar la complejidad implicada en sus elaboraciones, ampliar concepciones epistemológicas, y proporcionar insumos para contextualizar la enseñanza disciplinar y metacientífica desde la perspectiva de la “naturaleza de la ciencia” (NOS, por sus siglas en inglés) (Lederman et al., 2002; Adúriz-Bravo, 2005; Lozano et al., 2021b).

Si los modelos normalizados en los textos universitarios representan la “foto” final de los procesos de elaboración en un período de consensos, los AHE permiten elaborar una narrativa animada sobre su desarrollo, discusiones y controversias, y sobre los valores implicados en la actividad científica. De esta manera, en el diseño de unidades didácticas para enseñar biología desde una perspectiva de modelización, los AHE son coherentes con el proceso de construcción de representaciones que los estudiantes deben realizar para explicar de manera consistente los fenómenos y, además, ofrecen episodios significativos para contextualizar la modelización y pensar también en la propia actividad científica, ya que el pensamiento teórico se extiende hacia la comprensión de la naturaleza epistémica de la relación entre los modelos científicos y el mundo. Desde estas coordenadas, se pone énfasis en una concepción modelístico-abductiva de la naturaleza de la ciencia.

Tal como proponen Sans Pinillos y Adúriz-Bravo (2022), la abducción se presenta como una estrategia inferencial clave para comprender cómo se construyen las explicaciones científicas, superando las limitaciones de la inducción y la deducción. Esta perspectiva permite cuestionar la visión del “descubrimiento” científico centrada exclusivamente en la observación y la experimentación, y resignificar estas prácticas como herramientas para enfrentar la incertidumbre y resolver problemas en contextos reales. En este marco, el trabajo se orienta a responder las siguientes preguntas: ¿cómo puede analizarse, desde una perspectiva histórico-epistemológica, la evolución del modelo de “poros de agua” en las células, en función de su potencial para la enseñanza?, ¿qué características presenta este proceso desde una perspectiva modelístico-abductiva?, y ¿qué implicancias tiene su reconstrucción para la enseñanza disciplinar y metacientífica en la formación del profesorado de ciencias/biología?

En este trabajo se presentan:

- Un análisis histórico-epistemológico (AHE) sobre el modelo de “poros de agua” o “acuaporinas” (AQP) elaborado a partir de fuentes primarias, en una versión que incluye reflexiones metacientíficas introductorias a diferentes campos estructurantes de la NOS. Tal modelo es apto para ser utilizado como material con estudiantes de profesorado. El análisis se basa en la revisión de fuentes primarias seleccionadas según criterios histórico-epistemológicos, priorizando aquellos trabajos que introducen formulaciones teóricas relevantes sobre el modelo, presentan evidencias experimentales que tensionan o

reformulan dichas conceptualizaciones, y han sido reconocidos en la literatura especializada como hitos en su evolución.

- Implicancias del AHE, tanto para el desarrollo de ideas clave disciplinares vinculadas al modelo de acuaporina, como para la formación de ideas metacientíficas relacionadas con el carácter abductivo de la actividad científica y con los contextos y valores presentes en la historia de la evolución de dicho modelo.

- Los aportes del AHE para la construcción de dos narrativas didácticas de casos históricos (Sans Pinillos y Adúriz-Bravo, 2022) vinculadas con las investigaciones de Gheorghe Benga (Benga et al., 1986) y de Peter Agre (Preston et al., 1992), examinadas con herramientas de la naturaleza de la ciencia que sostienen el carácter abductivo de la actividad científica.

- Un plano general para el diseño de una unidad didáctica (UD) que integra la formación disciplinar y metacientífica, con una descripción y comentarios sobre las actividades centrales propuestas en la implementación de estudios preliminares.

## **2. Un AHE de la evolución del modelo de acuaporinas desde una visión modelístico-abductiva de la ciencia**

### *2.1. Los poros de agua pensados en los inicios de la teoría celular*

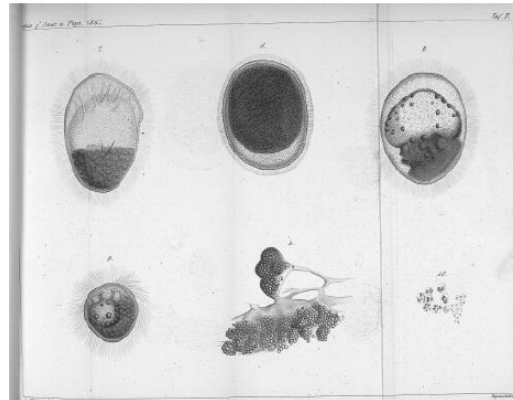
La historia del modelo de células con “poros de agua” está estrechamente ligada al desarrollo de la teoría celular y a la formulación del concepto de membrana como límite universal de las células. Desde el consenso alcanzado en 1839, tras los encuentros entre Schleiden y Schwann en el Instituto Anatómico de la Universidad de Berlín, la célula comenzó a consolidarse como la unidad mínima de vida, retomando y ampliando la idea esbozada por Dutrochet en 1824 (Albarracín Teulón, 1983). Este proceso, aunque progresivo y no exento de controversias, transformó la célula en una entidad *paradigmática* que permitió redefinir los problemas de campos como la fisiología, la farmacología y la toxicología, así como los métodos para abordarlos (Kuhn, 2006). En otras palabras, las explicaciones sobre cómo ingresan y egresan el agua, los fármacos, las toxinas y otras sustancias de interés dejaron de buscarse en las fibras de Gleeson o en los glóbulos de Oken (Albarracín Teulón, 1983) y pasaron a situarse en el dominio de las células, particularmente en la naturaleza de sus límites.

Transcurrieron más de cuarenta años hasta que se afianzó el modelo de una membrana celular de naturaleza lipídica, distinta de la pared celular vegetal y aplicable a todos los tipos celulares. Fue en ese interregno que el químico prusiano Moritz Traube, desarrolló una línea experimental orientada a explorar las propiedades de ese límite celular. En consonancia con las ideas de Shultz (Albarracín Teulón, 1983), quien sostenía que la membrana no debía entenderse como una estructura químicamente distinta del protoplasma, Traube elaboró membranas artificiales a partir de compuestos como el ferrocianuro de potasio y el sulfato de cobre. Estas membranas, concebidas como filtros selectivos o tamices moleculares, actuaban como barreras semipermeables capaces de reproducir reacciones osmóticas similares a las observadas en células biológicas, al ser expuestas a soluciones de distinta concentración (Figura 1). En su obra “Experimente zur Theorie der Zellenbildung und Endosmose” (Traube, 1867), propuso una primera conceptualización del límite celular como una estructura porosa, semejante a un tamiz, que regulaba los intercambios con el medio. Incluso anticipó ejemplos, tal como el elevado transporte de agua en los riñones, que sólo podían explicarse mediante poros, y que serían retomados décadas más tarde como evidencias clave para el desarrollo del modelo de acuaporinas.



### Figura 1.

Formación de células artificiales mediante membranas semipermeables.

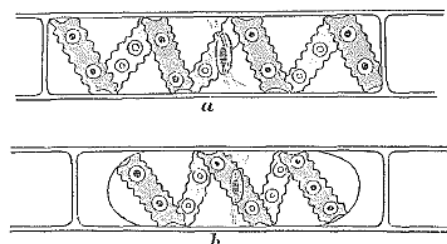


Nota. En “Experimente zur Theorie der Zellenbildung und Endosmose. Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin” (p. 128) por M. Traube, 1867.

Ya hacia fines del siglo XIX, estas discusiones se reconfiguraron a partir de la aceptación progresiva del modelo de membrana como una estructura molecular homogénea de naturaleza lipídica. Esta visión, ilustrada por analogías como la de las pompas de jabón de Quincke (Ling, 2007; Lozano, Bahamonde, Adúriz-Bravo, 2016), cobró fuerza en el trabajo de Ernest Overton, quien, en 1897, publicó “Über die osmotischen Eigenschaften der Zelle in ihrer Bedeutung für die Toxikologie und Pharmakologie (Overton, 1897), una serie de estudios en los que destacó el papel de las sustancias solubles en lípidos en el transporte a través de la membrana (Figura 2). Overton desarrolló técnicas innovadoras para evaluar qué tipos de moléculas podían atravesar más fácilmente el límite de la célula y, como la explicación basada exclusivamente en la solubilidad lipídica resultaba insuficiente para dar cuenta de los volúmenes de agua efectivamente transportados, en las conclusiones de sus trabajos ya se encuentra implícitamente postulada la idea de “poros de agua” en la membrana (Benga, 2009)

### Figura 2.

Dibujos que dan cuenta de los trabajos de Overton sobre la hidratación y deshidratación de células, en este caso de Spirogyra.



Nota. En “Über die osmotischen Eigenschaften der lebenden Pflanzenund Tierzelle” (P. 162) por E. Overton, 1897.

Así, podemos afirmar que el modelo de “poros de agua” en las células surgió en Alemania, y más en general en Europa central, a fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX, como resultado de una actividad modelístico-abductiva. Su desarrollo implicó la producción teórica de analogías con “poros” y “tamices” para subsumir las evidencias disponibles acerca de lo que podía ingresar o salir de una célula. Estos avances se produjeron en laboratorios que, de manera progresiva, dejaron de concebir las “fibras” y los



“glóbulos” como unidades mínimas de los organismos, y comenzaron a trabajar con modelos celulares que podían o no incluir una membrana de naturaleza química distinta a la del protoplasma.

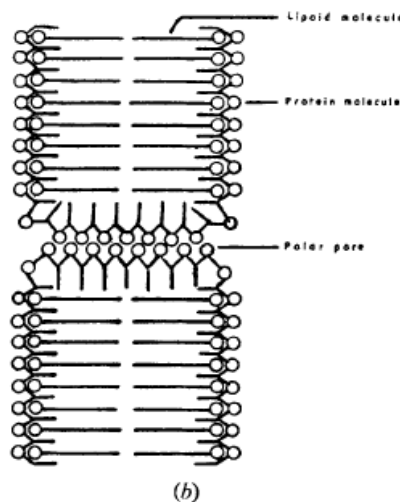
## 2.2. Los poros de agua pensados para una membrana lipídica y paucimolecular

A inicios del siglo XX, los poros de agua pensados para explicar los fenómenos sobre ósmosis celular se ubicaban en una membrana que ya era indiscutiblemente lipídica. Es de interés iluminar dos modelos de este período que aún no implicaban la consideración de una proteína específica para el transporte de agua y que, enfocándose en aspectos físico-químicos de la membrana, se hacían consistentes con los fenómenos osmóticos cuantificados en ese momento.

Uno de estos modelos fue el propuesto por Stein y Danielli (1956) en el marco del modelo paucimolecular de membrana formulado en 1935 por Davson y Danielli. Este modelo describe la membrana como una bicapa lipídica —basada en los trabajos de Gorter y Grendel de 1925—, embebida por proteínas en ambas caras, a modo de sándwich. El paso de agua se explicaba por la existencia de poros polares formados por el plegamiento de láminas polipeptídicas, cuyas cadenas laterales hidrofílicas generaban un canal acuoso que permitía no solo el pasaje de agua, sino también el de solutos polares (Figura 3).

### Figura 3.

*Modelo de Stein y Danielli: sección transversal esquemática de un “poro polar” conformado entre dos láminas polipeptídicas en la membrana.*

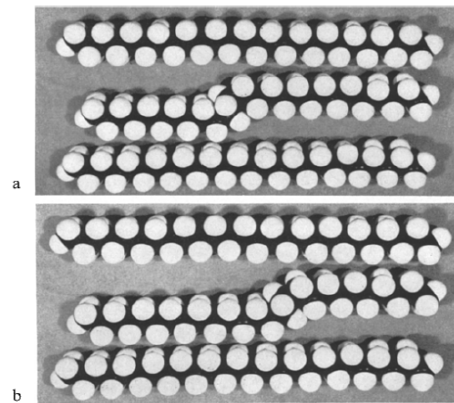


*Nota.* En “Structure and function in red cell permeability” (p. 249) por W. D. Stein y J. F. Danielli, 1956, *Discussions of the Faraday Society*, 52.

Por su parte, el modelo de “kink diffusion”, o difusión por torceduras o bolsas en la membrana, constituyó otra propuesta teórica que, aunque contemporánea al modelo de bicapa lipídica con proteínas embebidas, no requería de estas para explicar el pasaje de agua. Fue propuesto por Hermann Träuble (1971), quien postuló que mínimas fluctuaciones térmicas inducen cambios conformacionales en las cadenas hidrocarbonadas de los lípidos, generando estructuras móviles denominadas “kinks”. Estos “kinks” crean pequeños espacios libres en la fase hidrocarbonada de la membrana, lo que permite que moléculas de bajo peso molecular, como el agua, se desplacen a través de la bicapa al ocupar estos espacios y migrar junto con las torceduras. (Figura 4)

**Figura 4.**

*Modelo de Träuble: mediante la combinación de dos dobleces se pueden formar torceduras o bolsas para el paso de agua u otras moléculas.*



*Nota.* En "The Movement of Molecules Across Lipid Membranes: A Molecular Theory" (p. 195) por H. Träuble, 1971 *Journal of Membrane Biology* 4 (1)

En la propuesta de Stein y Danielli (1956), se destaca la importancia de los ajustes progresivos y sincrónicos que pueden observarse en los procesos de modelización. Si la membrana lipídica estaba delimitada por láminas de polipéptidos, el carácter polar de esas láminas permitía suponer, de manera razonable, que la analogía con los poros podía mantenerse, siempre que ellas se plegaran de un modo que facilitara el transporte de agua. Por otra parte, en el desarrollo de la explicación lipocéntrica de Träuble, se hace evidente un modelo que ha "mapeado" selectivamente a la membrana (Giere, 1999), al no señalar las proteínas y proponer una explicación que solo atiende a la naturaleza lipídica y sus propiedades. De este modo, la postulación de un límite poroso de la célula y los ajustes progresivos de ese modelo, junto a la elaboración de diferentes versiones alternativas, destacan un aspecto central de la naturaleza de la ciencia: su carácter teórico. Durante más de un siglo, hasta la identificación que llevaría a cabo Benga en 1986, la existencia de poros de agua en la membrana celular fue sostenida como una hipótesis teóricamente robusta, a pesar de no contar con validaciones empíricas más o menos directa. Este recorrido muestra que un modelo puede ser considerado científico por su coherencia explicativa y su capacidad para orientar nuevas investigaciones incluso antes de que se disponga de evidencias experimentales que lo corroboren.

*2.3. Los poros buscados: Solomon, Gheorghe Benga y la primera identificación de las proteínas implicadas en el transporte de agua.*

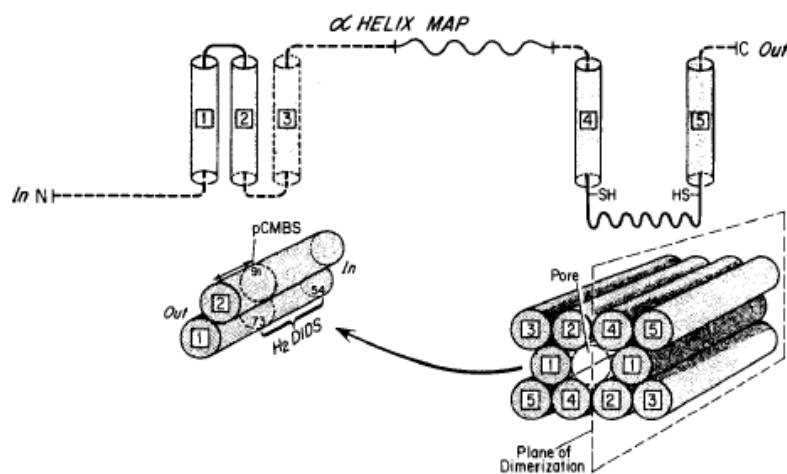
A mediados del siglo XX ya se habían propuesto modelos que calculaban la cantidad de poros de agua que debía tener una célula, basándose en que el coeficiente de permeabilidad osmótica era mayor que el de permeabilidad difusional general para una membrana bilipídica teóricamente sin poros (Sidel y Solomon, 1957). También se había avanzado en el cálculo del radio equivalente que debían tener, entendidos como poros de forma cilíndrica uniforme (Paganelli y Solomon, 1957). En los '70, y a partir del consenso que obtuvo el modelo de "mosaico fluido" propuesto por Singer y Nicholson (1972), la visión de los poros de agua comienza a orientarse definitivamente hacia la consideración de canales proteicos insertos en una membrana fluida y autoensamblante.

En la década de 1980, la investigación en biología celular y fisiología de membranas estaba avanzando rápidamente, gracias a las mejoras en las técnicas de radioisótopos y de microscopía electrónica. En Rumania, el investigador Gheorghe Benga y su equipo de la Universidad Babeş-Bolyai de Cluj-Napoca estaban desarrollando, a fines de los años 70, una línea de investigación sobre los cambios en la

permeabilidad de la membrana de los glóbulos rojos en pacientes epilépticos (Benga y Morariu, 1977). Los datos obtenidos en estas investigaciones se interpretaban a la luz del modelo teórico de “poros de agua” en las células, una línea conceptual que ya orientaba el trabajo de Benga desde el inicio de sus estudios sobre desequilibrios hídricos (Benga, 2003). Este marco retomaba los desarrollos teóricos formulados a comienzos del siglo XX y encontraba respaldo en avances más recientes, como los presentados por Solomon en “The aqueous pore in the red cell membrane: Band 3 as a channel for anions, cations, nonelectrolytes, and water” (Solomon et al., 1983), donde se ofrecían las primeras evidencias que sugerían la existencia de proteínas responsables del transporte de agua a través de la membrana celular y se presentaban los primeros modelos gráficos. (Figura 5)

**Figura 5.**

*Modelo helicoidal en U sugerido por Solomon y colegas para la proteína del canal acuoso en la membrana de los glóbulos rojos*



*Nota.* En “The Aqueous Pore in the Red Cell Membrane: Band 3 as a Channel for Anions, Cations, Nonelectrolytes, and Water” (p. 118) por A. K. Solomon, B. Chasan, J. A. Dix, F. Lukacovic, 1983. *Annals of the New York Academy of Sciences* Vol. 414,

A medida que avanzaban en el estudio de los glóbulos rojos, y en un contexto político que restringía la integración en redes internacionales de colaboración científica, Benga y su equipo consideraron que ya era técnicamente posible identificar las proteínas que facilitaban el transporte de agua en las células. Utilizaron trazadores para marcar con mercurio radiactivo una molécula que, sabían, hacía impermeables a los glóbulos rojos. En ella cultivaron eritrocitos y, siguiendo la hipótesis de que dicha molécula se uniría a proteínas involucradas en el transporte de agua, realizaron electroforesis y lograron identificar bandas proteicas radiactivas. Finalmente, en agosto de 1986, publicaron en el *European Journal of Cell Biology* el artículo “Water permeability in human erythrocytes: Identification of membrane proteins involved in water transport”, el primero en identificar las proteínas responsables del transporte de agua en las células.

#### 2.4. Los poros “descubiertos”: Peter Agre y el aislamiento y la purificación de las AQP

A fines de los años 80, y en un contexto de avances significativos en biología molecular y bioquímica de proteínas en EEUU y Europa occidental —impulsado por la disponibilidad de técnicas como la clonación de ARNm y el uso de anticuerpos específicos— Peter Agre, de la Escuela de Medicina de la Universidad Johns Hopkins en Baltimore, Maryland, desarrollaba métodos de aislamiento y purificación de diferentes tipos de antígenos del sistema Rh. En un estudio de producción de anticuerpos para Rh en conejos,

encontró una respuesta inmunológica significativa frente a unas proteínas de bajo peso molecular, que inicialmente atribuyó a productos de degradación de dichos antígenos. Sin embargo, tras identificarlas no solo en glóbulos rojos sino en múltiples tejidos, especialmente en células del riñón, descartó esa hipótesis. Desconcertado, consultó con colegas, quienes le sugirieron que podría tratarse de proteínas de membrana implicadas en el transporte de agua. A partir de esta nueva línea, sintetizó ARNm a partir de la secuencia de aminoácidos y lo introdujo en óvulos impermeables de rana del género *Xenopus*, los cuales, tras un tiempo, se volvieron permeables y se lisaron en medios hipotónicos (Agre, 2003). Estos resultados dieron lugar a la publicación, en abril de 1992, del artículo “Appearance of water channels in *Xenopus* oocytes expressing red cell CHIP28 protein” en *Science* (Preston et al., 1992). En reconocimiento a esta investigación, Peter Agre recibió el Premio Nobel en el año 2003.

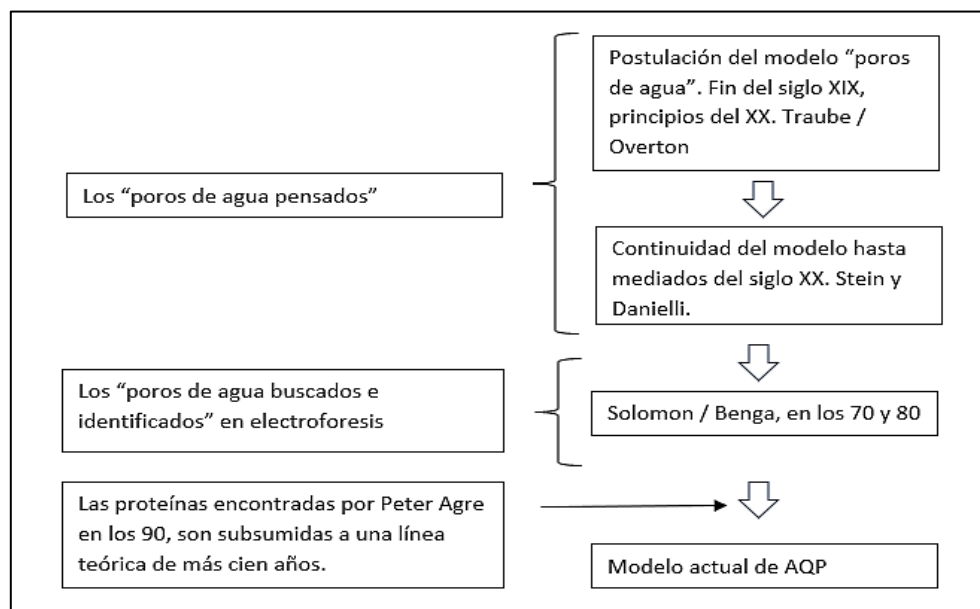
El trabajo de Peter Agre aparece en varios manuales de biología universitaria como el que condujo al “descubrimiento” de las acuaporinas (Campbell & Reece, 2007). Esta misma caracterización, presente en numerosos artículos académicos y de divulgación, refuerza una visión del “descubrimiento” científico marcada por el empirismo y el protagonismo del experimento. En palabras del propio Agre:

[...] antes de nuestro descubrimiento muchos fisiólogos pensaban que la difusión a través de la bicapa fosfolipídica era suficiente para que el agua entrara y saliera de todas las células. Otros decían que esto no podía ser suficiente, especialmente en aquellas células con una permeabilidad al agua muy elevada o regulada; por ejemplo, las células que forman los túbulos de los riñones, que controlan la concentración de la orina. Muchos investigadores habían realizado observaciones que indicaban que la difusión a través de bicapa fosfolipídica no era el único mecanismo, pero había un gran escepticismo hasta que nuestro experimento con los huevos de rana terminó con la controversia. (Agre, en Campbell & Reece, 2007, p. 93)

Sin embargo, tal enfoque tiende a invisibilizar una forma de producción científica de carácter modelístico-abductiva, cuya relevancia emerge al reconstruir la historia del modelo (Figura 6).

**Figura 6.**

*El “descubrimiento” de Agre desde una visión de la ciencia como actividad modelístico-abductiva*



Nota. Elaborado por los autores.

Una lectura actualizada de la NOS nos sugiere que los supuestos “residuos” de proteínas Rh encontrados por Agre en sus estudios solo adquirieron valor como modelo cuando los bioquímicos a

quienes consultó infirieron, por abducción, que podían corresponderse razonablemente con los “poros de agua” concebidos desde fines del siglo XIX.

## 2.5 Los valores también forman parte de la historia del modelo de AQP

Philip Kuchel, un discípulo de Gheorghe Benga, publicó en 2006 la reseña: “The story of the discovery of aquaporins: Convergent evolution of ideas –But who got there first?”. En esa intervención, Kuchel pone en contexto el trabajo llevado a cabo por Benga y, si bien reconoce que el trabajo de Peter Agre es plenamente merecedor del Premio Nobel en 2003, considera que es “curiosa y descuidada” la prácticamente nula mención que de sus investigaciones se lleva a cabo en la producción científica del estadounidense. Destaca que, detrás del “telón de acero” de la Rumania comunista, Benga fue director de un nuevo departamento de Biología Celular en las décadas de 1970 y 1980 y que, si bien era consciente de estar desarrollando ciencia de primer nivel, las preguntas eran si lo sabía el resto del mundo o si quería saberlo: “Lo curioso de este escenario es que Gheorghe Benga estaba “buscando el transportador de agua”, mientras que Peter Agre no...” (Kuchel, 2006, p. 4, la traducción es nuestra).

En el discurso que brindó Peter Agre en 2003 al recibir el premio Nobel, incluyó dos menciones a Gheorghe Benga. En la primera solo lo reconoce en el grupo de los investigadores que “sugirieron” los poros de agua y, en la segunda, menciona los trabajos con mercuriales isotópicos: “Los mercuriales isotópicos marcaron varias proteínas de membrana: el intercambiador de aniones (banda 3) de Solomon y un grupo de varias proteínas (banda 4.5) de Benga. Sin embargo, ninguna de las proteínas fue aislada, reconstituida y demostrada que transportaba agua” (Agre, 2003, p. 185, la traducción es nuestra).

La publicación de Kuchel muestra que la ciencia no solo produce conocimientos, sino que también se construye a partir de valores que determinan qué trabajos se reconocen, cómo circulan y qué se legitima como conocimiento válido (Echeverría, 1998). Las disputas en torno a la prioridad, la autoría y el reconocimiento revelan que la práctica científica está atravesada por dimensiones éticas y políticas, que inciden directamente en la distribución del prestigio y en el acceso a recursos. Más que un problema meramente experimental, este caso pone en discusión los criterios teóricos, metodológicos y contextuales que definieron la validación del trabajo de Benga, y cómo estos influyeron en que su aporte quedara invisibilizado en el proceso que condujo a Agre al Nobel. Así, la historia de las acuaporinas ilustra que los modelos científicos son productos colectivos y situados, en los que conocimiento y valores se entrelazan en la configuración de lo que se acepta como ciencia legítima.

Esta cuestión valórica de la ciencia es retomada tres años después por el propio Benga, en la presentación que personalmente hace al Comité del Nobel y publicada en *Biomedical Reviews*:

Nuestros artículos fundamentales de 1986 pueden compararse con la primera detección de un niño en el útero mediante ecografía, ya que descubrimos uno de los componentes esenciales del “niño acuaporina” (un peso molecular de 35-60 kD para el componente glicosilado); también indicamos la manera de reconocerlo después del nacimiento (¡entre otros niños de su grupo!): colocando a los niños aislados en un entorno determinado y pidiéndoles que realizaran la misma tarea (léase: estudios de reconstitución en liposomas y medición de la permeabilidad al agua), como alinear atletas para una prueba de carrera. Esta era la única forma segura de saber que el niño era realmente el corredor más rápido y no solo uno que ayudaba (de diversas maneras) a otro niño a ser el corredor más rápido. En retrospectiva, al plantear la pregunta crucial de cuándo se descubrió la primera proteína del canal de agua, la acuaporina 1, una respuesta justa y concisa sería: la primera proteína del canal de agua, ahora llamada acuaporina 1, fue identificada o “vista” in situ en la membrana de los glóbulos rojos humanos por Benga y colaboradores en 1986. Fue “vista” de nuevo cuando fue purificada por casualidad por Agre y colaboradores en 1988 y fue identificada de nuevo cuando su característica principal, la propiedad de transporte de agua, fue descubierta por Agre y colaboradores en 1992. (Benga, 2006, p. 10, la traducción es nuestra)

### **3. Implicancias del AHE para la enseñanza del modelo de transporte de agua por AQP y para el desarrollo de ideas metacientíficas desde la perspectiva NOS**

Consideramos que el AHE se conformó como una plataforma consistente a partir de la cual se proponen ciertos hitos que están dotados de un significativo valor epistémico y sociocultural, en virtud de la descripción “fina” del proceso de “descubrimiento” de las AQP, acorde con la formación en NOS que se propone para el profesorado de ciencias (Sans Pinillos y Adúriz-Bravo, 2022):

- a. Siglo XIX. La construcción de nuevos problemas respecto del transporte de agua y otras sustancias en las células, a partir de la consolidación de la teoría celular.
- b. Finales del siglo XIX y principios del XX. La elaboración de modelos teóricos de “poros de agua” en sus diferentes versiones y según los modelos de límite celular adoptados, consistentes con las evidencias sobre la ósmosis celular.
- c. Siglo XX. La consolidación del modelo de mosaico fluido y, bajo esa explicación, la búsqueda y la identificación de las proteínas encargadas del transporte de agua llevada a cabo por Solomon y Gheorghe Benga en los 80.
- d. Finales de los 80 y década de los 90. El ingreso de Peter Agre a la historia de la evolución del modelo a partir de una inferencia abductiva que le permitió iluminar teóricamente el hallazgo de unas proteínas en sus investigaciones sobre Rh.
- e. Las diferentes metodologías y técnicas llevadas a cabo por Benga y Agre en diferentes momentos históricos y condiciones sociopolíticas.
- f. La divulgación masiva en el mundo académico del trabajo de Agre asimilado al “descubrimiento” de las AQP, en versiones descontextualizadas de la historia de la evolución del modelo.
- g. La afinidad del propio Agre con esta perspectiva descontextualizada y despolitizada y, por tanto, fuertemente ahistórica.
- h. El debate iniciado por Kuchel respecto de la no mención de los trabajos más relevantes de Benga en la producción de Agre, la posición explicitada por el propio Benga y la discusión sobre valores implicados en la actividad científica.

#### *3.1 Aportes para la modelización disciplinar y metacientífica y la elaboración de ideas clave*

El AHE ofrece episodios para contextualizar la modelización de la ósmosis celular en el trabajo con los estudiantes a partir de proponer, “a lo Traube y Overton”, la deshidratación y rehidratación de diferentes tejidos (como hortalizas) y, a partir de allí, pensar y expresar gráficamente qué ajustes deberían hacer a un modelo elaborado previamente de bicapa lipídica con componentes hidrofóbicos –definido a nivel macromolecular– para explicar la velocidad con que ocurren los fenómenos y el elevado volumen de agua transportado. La idea clave disciplinar a elaborar en la modelización es que “el transporte de agua en las células se produce a través de unas proteínas de membrana denominadas acuaporinas, de manera pasiva y en función de los gradientes de concentración de solutos”.

En lo referido al componente metacientífico, y al adoptar la perspectiva conocida como “enfoque de parecidos de familia”, o “family resemblance approach” (FRA) (Irzik y Nola, 2014), para organizar la enseñanza de NOS, las ideas clave metacientíficas que se consideran apropiadas y consistentes con el contenido del AHE se organizan en dos dimensiones:

Una primera dimensión vinculada a la consideración de la ciencia como “sistema epistémico-cognitivo”:

- a. La abducción podría definirse como un mecanismo inferencial mediante el cual se generan modelos y seleccionan hipótesis que puedan indicar líneas de actuación alternativas para explicar y dar sentido a fenómenos que desafían una comprensión directa y a situaciones sorprendentes o desconcertantes. Los



relatos sobre los “descubrimientos” de sesgo empírico y centrados solo en el valor de los experimentos obliteran la comprensión de la naturaleza modelístico-abductiva de la actividad científica, la que se advierte en la historia de la evolución de los modelos científicos.

Una segunda dimensión vinculada a la consideración de la ciencia como “sistema institucional y social”:

b. La aceptación y el reconocimiento de un modelo científico no siguen necesariamente una trayectoria lineal, sino que dependen de factores como el contexto en que trabajan los investigadores, los recursos disponibles, sus redes de colaboración y su posición dentro de la comunidad científica internacional. De este modo, la actividad científica no se limita a la producción de conocimientos, sino que conlleva inevitablemente una dimensión axiológica: investigar, intervenir y transformar el mundo supone tomar decisiones atravesadas por criterios éticos, sociales y políticos.

#### **4. Implicancias para la elaboración de dos narrativas didácticas sobre el “doble descubrimiento” de las AQP**

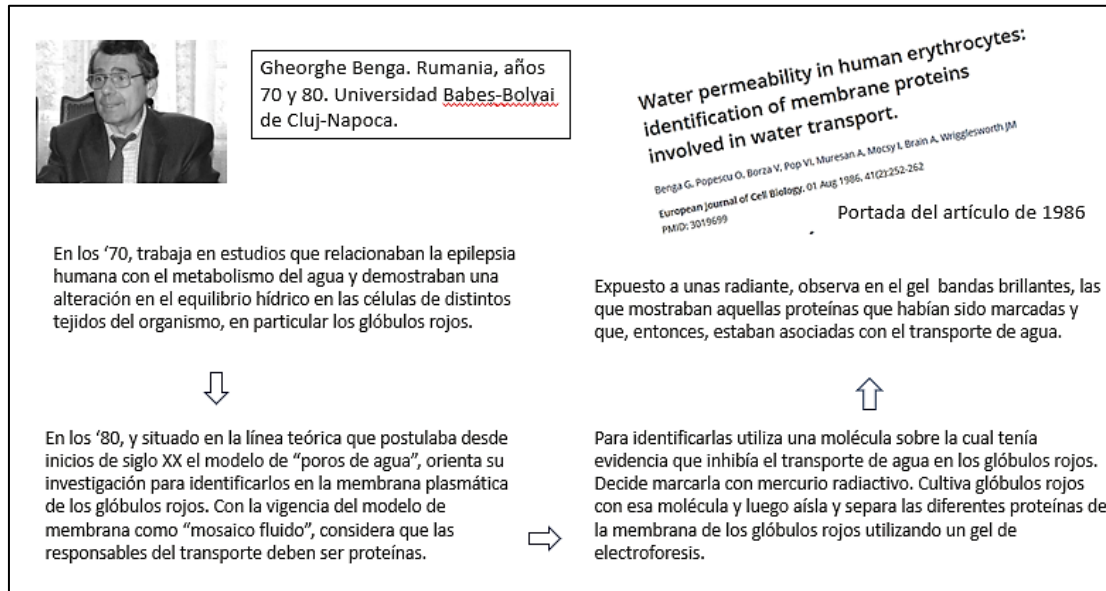
Por otra parte, el AHE ofrece insumos para que los docentes elaboren un guion y lleven a cabo una dramatización frente a sus estudiantes. En ella, dos docentes representan en primera persona a Gheorghe Benga y a Peter Agre: el primero narra el proceso que lo condujo a identificar proteínas implicadas en el transporte de agua, mientras que el segundo, sin hacer ninguna mención específica al trabajo de Benga, relata su aislamiento, purificación y expresión en células impermeables. En la dramatización, cada uno contextualiza el marco sociopolítico y cultural (se destacan aspectos políticos, económicos, deportivos, artísticos) en los que tuvieron lugar las investigaciones: la Rumania comunista de Nicolae Ceaușescu, en la que trabajó Benga, y los Estados Unidos de Bill Clinton, donde Agre investigaba en un entorno científico altamente competitivo, tecnológicamente avanzado y vinculado a prestigiosas redes internacionales. Lejos de tratarse de una reconstrucción anecdótica, la estrategia didáctica permite situar históricamente el conocimiento, revelar tensiones éticas y epistémicas, y abordar cómo distintos trayectos institucionales pueden influir en la visibilidad de un descubrimiento.

Esta intervención se fundamenta en una concepción de las formas teatrales como mediadoras del conocimiento, no solo desde su dimensión estética, sino también como forma de pensamiento crítico y emocional. Esta articulación permite dotar de contexto y de sentido estético a los conceptos científicos, habilitando comprensiones que superan lo puramente cognitivo. La dramatización, al incorporar elementos como el cuerpo, la metáfora y la acción, apela a una verdad que no es únicamente lógica, sino también emocional y situada. Esta verdad emocional, movilizada en el aula, actúa como un disparador de reflexión epistémica y permite a los estudiantes reconocer los saberes científicos como prácticas humanas, cargadas de conflicto, contexto y disputa (García y Parada, 2017)

Las narraciones de las dos investigaciones llevadas a cabo, referidas a las lógicas de “descubrimiento” implicadas en cada una, fueron sintetizadas en dos esquemas. Estos materiales, además de servir de apoyo a la comprensión de las particularidades de cada proceso, se utilizan en la UD como plataforma para que los estudiantes identifiquen y discutan las diferentes “formas de averiguar” de Benga y Agre (Adúriz-Bravo, 2015) puestas en juego en cada caso (Figuras 7 y 8).

**Figura 7.**

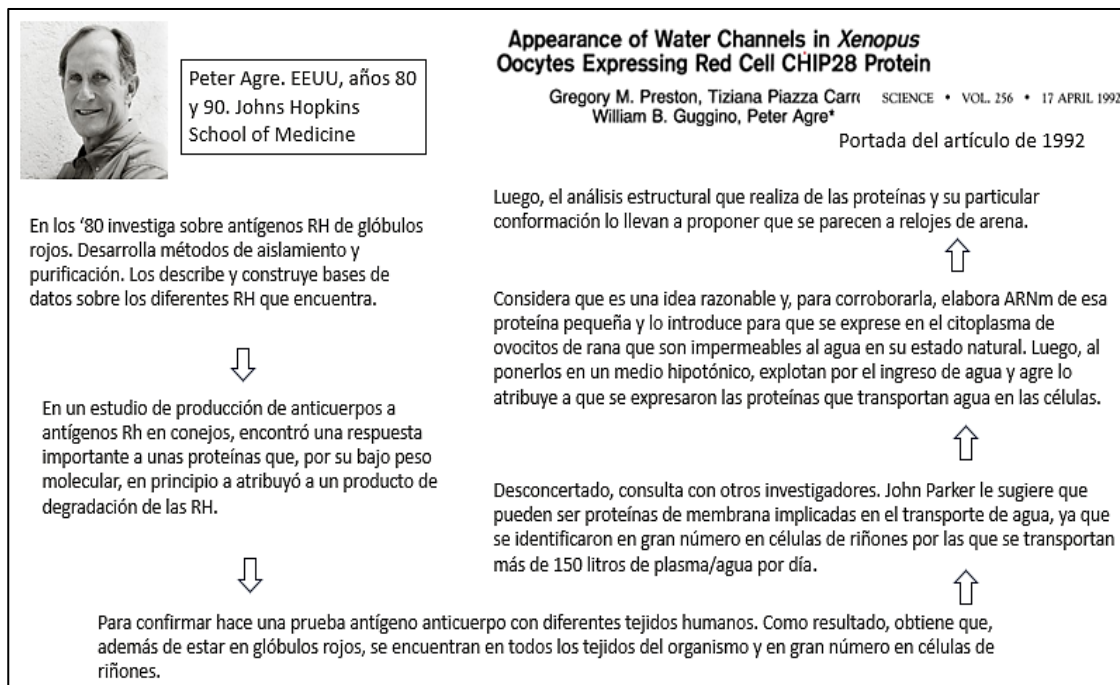
*Recorrido esquemático de la investigación de Gheorghe Benga.*



*Nota. Elaborado por los autores*

**Figura 8.**

*Recorrido esquemático de la investigación de Peter Agre.*



*Nota. Elaborado por los autores*



5. El diseño de una UD que integra la modelización disciplinar y metacientífica en la formación del profesorado en torno al modelo de acuaporinas

Desde la perspectiva teórica del *modelo cognitivo de ciencia escolar* (Izquierdo-Aymerich et al., 1999; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003; Adúriz-Bravo, 2012), el diseño de la unidad didáctica se propone según las orientaciones generales de la llamada *actividad científica escolar* (ACE) (Sanmartí, 2002), e implica la elaboración de actividades para el desarrollo de las diferentes etapas de la modelización, en la línea de trabajos que integran campos de la formación del profesorado: disciplinar, metacientífico (Lozano et al., 2016; Lozano et al., 2018; Lozano, Bahamonde & Adúriz-Bravo, 2020; Bahamonde et al., 2020; Lozano et al., 2021a; Lozano et al., 2021b; Álvarez Soria y Lozano, 2023) y didáctico (Lozano et al., 2024; Orlandini, Lozano & Adúriz-Bravo, 2024a, 2024b), a partir del diseño de actividades específicas orientadas a traccionar los campos ente sí.

De este modo, y desde la perspectiva de la *investigación basada en el diseño* (DBR) (Reigeluth, 1999) la unidad didáctica se configura como un posible “corredor conceptual” significativo para la enseñanza del modelo de acuaporinas y el desarrollo de ideas claves sobre la ciencia. El diseño elaborado se implementó de manera preliminar en dos cursos del primer año de la formación del profesorado en biología de una universidad pública argentina. El eje disciplinar, centrado en la modelización de las acuaporinas, se trabajó en la materia Introducción a la Biología, mientras que el eje metacientífico, orientado al análisis de las ideas clave previamente señaladas, se desarrolló en la materia Pensamiento y Actividad Científica.

Tabla 1.

La modelización de los poros de agua en el ámbito de la materia Introducción a la Biología

| Modelización                                        | Descripción y comentarios sobre las principales actividades diseñadas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modelización inicial                                | a) Se recupera el modelo de membrana celular como una bicapa lipídica, fluida y autoensamblante, que los estudiantes elaboraron en las clases anteriores, en un proceso de modelización que los implicó en el análisis de un caso de fertilización in vitro mediante una inyección intracitoplasmática para explicar por qué, luego de la intervención, el límite del óvulo no sufre daños. La modelización implica la elaboración de análogos concretos, como pompas de jabón (Lozano, et al 2020).<br>A partir de esto, se le ofrecen a cada grupo, cápsulas de Petri en las cuales hay rodajas de hortalizas (zucchini, berenjenas, etc.) y se les pide que cuenten qué prácticas habituales en la cocina de sus hogares suelen llevarse a cabo con esos alimentos, previamente a cocinarlos. Se hacen menciones a la colocación de sal, para “desflemarlos”, “quitar el amargor”, etc. En ese momento, se les provee de sal entrefina que distribuyen sobre las rodajas y se les pregunta - ¿Que creen que va a ocurrir al cabo de un tiempo breve y por qué? |
| Modelización intermedia y estructuración del modelo | b) Se socializan y discuten las ideas y luego, ante la evidencia de la rápida aparición de una gran cantidad de gotas de agua sobre la superficie de las rodajas, se les pide que, utilizando un modelo gráfico de bicapa lipídica, expliquen ¿Cuál es el origen del agua? y, atendiendo, al carácter hidrofóbico que los ácidos grasos le confieren a la membrana de las células del parénquima de la hortaliza, ¿Cómo podrían explicar la salida tan rápida y en un volumen importante del interior de las células?<br><br>c) Los modelos gráficos que realizan los estudiantes se comparten en una puesta en común. Aquellos que, por ejemplo, proponen que la sal rompe la membrana y eso hace que el agua del citoplasma salga rápidamente, son confrontados con experiencias de rehidratación de hortalizas, que serían imposibles con las membranas “rotas”.                                                                                                                                                                                               |

d) En el trabajo de explicar, se ponen a discusión aquellas ideas elaboradas por algunos grupos de estudiantes que intervienen el modelo de bicapa lipídica con “puentecitos”, “canales” que impidan el contacto del agua con los ácidos grasos. La continuidad de la modelización lleva a la estructuración del modelo de acuaporina y la comparación de las producciones que ellos llevaron a cabo con las versiones “eruditas” de los manuales de biología universitarios. En estos diferentes momentos de la modelización (a, b, c y d), también se reflexiona con los estudiantes respecto de, por ejemplo, la relación que se puede establecer entre la observación del fenómeno y las explicaciones que brindan. ¿Las explicaciones que ofrecen sobre la aparición de agua en la superficie de las rodajas son una “traducción directa” de lo que están observando? ¿Cómo describirían lo que ocurre en el pensamiento de quiénes están explicando? ¿Qué recursos utilizan para explicar?

*Nota.* Elaborado por los autores

**Tabla 2.**

*El desarrollo de ideas clave metacientíficas en el ámbito de la materia Pensamiento y Actividad científica*

| Modelización                                       | Descripción y comentarios sobre las principales actividades diseñadas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modelización inicial                               | a) Se recupera el modelo de AQP elaborado y estructurado en las clases de Introducción a la biología y se les pide que expresen con un dibujo y comenten ¿Cuál piensan que fue la actividad científica más importante en la historia que permitió a la comunidad científica postular la idea de acuaporinas para dar cuenta del pasaje de agua a través de la membrana de las células? El dibujo y los comentarios deberían describir: - persona/s, - qué estaba/n haciendo, - en qué ambiente (espacio) trabajaba/n, - en qué año - en qué lugar del mundo lo situarían.                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Modelización intermedia                            | b) Presentación de la dramatización “El doble descubrimiento de las acuaporinas”, a cargo de dos docentes de la materia. Las narraciones, en primera persona, presentan primero a Peter Agre y luego, a modo de flashback, a Gheorghe Benga. Cada intervención se extiende unos veinte minutos y el contenido describe una breve historia personal del investigador, caracteriza el lugar y el contexto sociopolítico en el que vive, y luego narra el proceso que lo llevó a “descubrir” las acuaporinas. Cada uno finaliza su intervención con la frase: “Y así fue que, junto a mi equipo, “descubrimos” las acuaporinas”. Luego, se genera un espacio de diálogo y discusión con los estudiantes sobre las historias narradas, que se explicita son verídicas, y se analiza y discute particularmente la situación de “doble descubrimiento” formulada. |
|                                                    | c) Se plantea a los estudiantes que la actividad científica, en general, implica el desarrollo de diferentes “maneras o formas de averiguar” sobre algo del mundo, que implican diferentes razonamientos, formas de pensar y acciones específicas. Luego de esta introducción, se les entrega a los estudiantes los esquemas de cada proceso investigativo elaborados a partir del AHE y se les pide que identifiquen diferentes acciones llevadas a cabo por Benga y Agre y que, a modo de etiquetas, le coloquen un nombre tentativo a cada apartado (Ej. aquí Peter Agre estaba “experimentando”)                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Estructuración de las ideas claves metacientíficas | d) A partir de las producciones de cada grupo, en una puesta en común se identifican, registran y ordenan las asignaciones de “modos de averiguar” que realizaron para los dos casos: Ej., (Aquí, Benga/Agre, está: “pensando”, “explicando”, “hipotetizando”, “observando”, “clasificando”, “ordenando”, “comparando”, “preguntando a otros”, “experimentando”, etc.). A partir de esta plataforma de discusiones, los docentes adscriben las etiquetas a una visión sobre los “modos de averiguar” en el campo de la NOS (Adúriz-Bravo, 2015): modélico/abductivo, deductivo, analógico, clasificador/ordenador y se desarrollan teóricamente para resignificarlos en cada recorrido investigativo. Luego, los estudiantes vuelven sobre los esquemas y los intervienen con nuevas etiquetas y comentarios.                                               |
|                                                    | e) Ahora, los estudiantes deben comparar –utilizando los esquemas intervenidos– los recorridos investigativos de Benga y Agre, e identificar semejanzas y diferencias. En una                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

puesta en común se presentan y discuten los análisis llevados a cabo y los docentes enfatizan el carácter central que tiene la noción de modelo teórico en la actividad científica. Se desarrolla y desde allí se analiza el trabajo de Benga, en función de su adscripción a la línea teórica de Overton y Solomon, por lo cual su investigación es básicamente deductiva experimental. Se presenta una línea de tiempo y algunas de las diferentes versiones de “los poros de agua” pensados en la historia de la evolución del modelo (Para esto cuentan con el AHE como material de consulta). Por otra parte, se analiza el modo de ingresar de Agre a esa línea de investigación, a partir de una inferencia abductiva que da lugar a que las proteínas halladas en su laboratorio se iluminen teóricamente. Luego, se comparten textos sobre el carácter modélico/abductivo de la actividad científica y se rediscute la noción de “descubrimiento”, esto es, ¿Qué es descubrir en la actividad científica? (Adúriz-Bravo, 2015)

f) Luego de que los estudiantes lean fragmentos seleccionados del artículo de Kuchel (2006) y del discurso que Agre brindó al recibir el premio Nobel (Agre, 2003), se plantea a los estudiantes discutir sobre dos aspectos: a) Si es razonable negar que Benga identificó por primera vez las proteínas implicadas en el transporte de agua (esto implica volver a revisar la lógica modélico/deductiva de su experimento y sus conclusiones) y b) ¿Qué valores pueden identificar en la discusión que propone Kuchel (2006) sobre el escaso reconocimiento a los trabajos de Benga en las referencias de las publicaciones de Agre? Luego de una puesta en común, se orienta a la lectura de textos en los que Echeverría (1998) hace referencia a la cuestión axiológica en la actividad científica. En una puesta en común se elaboran ideas que refieren al carácter valórico/axiológico que es indisoluble del componente epistémico en la investigación científica.

|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rediscusión de las ideas iniciales | g) A los estudiantes se les entregan los dibujos comentados que habían elaborado al inicio de las actividades del eje metacientífico, y se les pide que desarrollen una reflexión crítica, de manera escrita, sobre la visión que habían puesto en juego al momento de abrir las discusiones sobre el “descubrimiento” de las AQP, tensionando esa visión con las ideas desarrolladas en la UD. |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

*Nota.* Elaborado por los autores

## 6. Conclusiones

Consideramos que el análisis histórico-epistemológico (AHE) del modelo de acuaporinas se convierte en *epítome* para comprender que el denominado “descubrimiento científico” es un complejo proceso teórico de naturaleza evidencial, situado y condicionado históricamente. Desde los primeros ensayos de Traube y Overton hasta la identificación de Benga y la purificación de las AQP por parte de Agre, la evolución del modelo ilustra que la actividad científica se configura en un entramado de inferencias, ajustes y reelaboraciones que no pueden comprenderse bajo una visión lineal ni empirista del descubrimiento. Al identificar y analizar los modos de averiguar puesto en juego en cada una de las investigaciones, se dan posibilidades a los estudiantes para advertir que la inducción y la deducción resultan insuficientes para dar cuenta de la explicación científica, mientras que la abducción se presenta como una herramienta pragmática capaz de articular observación, experimentación e intervención en contextos de incertidumbre. La abducción se reconoce así como la forma de inferencia más adecuada para guiar la investigación ante lo desconocido mediante modelos teóricos, y como un recurso valioso para modelizar con fines educativos las “historias de descubrimiento” (Sans Pinillos & Adúriz-Bravo, 2022).

Asimismo, el caso también ofrece oportunidades para trabajar con futuros docentes la dimensión social e institucional de la ciencia, atendiendo a las condiciones políticas, económicas y culturales que influyen en el reconocimiento de los aportes. La escasa visibilidad internacional del trabajo de Benga, en el contexto de la Rumania comunista, y el posterior reconocimiento otorgado a Agre en Estados Unidos muestran cómo el prestigio y la circulación del conocimiento responden también a factores axiológicos, políticos y contextuales. Esta perspectiva resulta coherente con el enfoque de la naturaleza de la ciencia entendida como un sistema epistémico, social e institucional. Las narrativas construidas sobre los casos

de Benga y Agre se constituyen como plataformas robustas para sostener y complejizar diferentes modelos e ideas en los campos de formación disciplinar y metacientífica del profesorado.

Por su parte, el diseño de la UD basada en la modelización y los diferentes momentos por los cuales esta transcurre deviene en “corredor conceptual” para favorecer una formación docente que integra la modelización disciplinar con la reflexión epistemológica y axiológica, contribuyendo de este modo a la construcción de una visión de ciencia dinámica, compleja y situada, imprescindible para formar profesorado crítico y comprometido con una enseñanza reflexiva y contextualizada.

## 7. Contribución de autores

Autor 1: investigación, metodología, conceptualización, redacción, borrador original. Autor 2: conceptualización, revisión, edición.

## 8. Declaración de fuentes de financiación

Este estudio no recibió apoyo financiero de ninguna institución ni agencia de financiación.

## 9. Declaración de uso de inteligencia artificial

Durante la preparación de este trabajo, los autores no utilizaron herramientas de inteligencia artificial.

## 10. Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses relacionado con la publicación de este artículo.

## 11. Referencias

- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Fondo Editorial Económico.
- Adúriz-Bravo, A. (2010). Aproximaciones histórico - epistemológicas para la enseñanza de conceptos disciplinares. *EDUCyT*, 1(1). <https://share.google/QGGSkpSLPpbkRFUX>
- Adúriz-Bravo, A. (2012) Semantic view of scientific models for science education. *Science & Education*, 22(7), 1593-1611, 2012. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-011-9431-7>
- Adúriz-Bravo, A. (2015). Pensamiento “basado en modelos” en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista Del Instituto De Investigaciones En Educación*, 6, 20–31. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/59628>
- Agre, P. (2003) *Aquaporine wáter channels* Nobel Lecture. <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2003/agre/lecture/>
- Albarracín Teulón, A. (1983). *La teoría celular*. Alianza Editorial.
- Álvarez Soria, J. (2025). *La modelización del origen de la célula eucariota. Integración disciplinar y metacientífica en la formación del profesorado en Biología*. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue. <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/13446>
- Álvarez Soria, J., & Lozano, E. (2023). La modelización del origen de la célula eucariota en la formación del profesorado en biología. Aspectos vinculados a una visión gradualista. *Bio-grafía*. Número Extraordinario, 1191-1202 <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/18167>
- Campbell N. & Reece J. (2007) *Biología*. Editorial Médica Panamericana
- Bahamonde, N., Cremer, C., Mut, P. & Lozano, E. (2020) El desarrollo de una línea disciplinar para la enseñanza del modelo de Presión Arterial en la formación del profesorado en Biología. *Tecné Episteme y Didaxis*. 47, 145-161. <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/3480>
- Benga, Gh. & Morariu, V. V. (1977) Membrane defect affecting water permeability in human epilepsy. *Nature* 265, 636–638. <https://www.nature.com/articles/265636a0>
- Benga, Gh., Popescu, O., Borza, V., Pop, V., Muresan, A., Mocsy, I., Brain, A., & Wrigglesworth, J. (1986) Water permeability of human erythrocytes. Identification of membrane proteins involved in water transport. *European Journal Cell Biology*, 41, 252–262. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3019699/>
- Benga, G. (2003) Birth of water channel proteins-the aquaporins. *Cell Biology International* 27(9), 701-709. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1065699503001719>

- Benga, G. (2006) Petition for the recognition of Gheorghe Benga, as a discoverer of the first water channel protein in the human red blood cell membrane, several years before. *Biomed Rev* 17, 9-11 <https://journals.mu-varna.bg/index.php/bmr/article/view/77/77>
- Benga, G. (2009) Water Channel Proteins (Later Called Aquaporins) and Relatives: Past, Present, and Future. *Life*, 61(2), 112–133. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19165894/>
- Danielli, J. y Davson, H. (1935). A contribution to the theory of permeability of thin films. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, 5(4), 495–508. <https://doi.org/10.1002/jcp.1030050406>
- Echeverría, J. (1998) *Filosofía de la ciencia*. Akal
- García, J. y Parada, N. (2017) La razón sensible en la educación científica: las potencialidades del teatro para la enseñanza de las ciencias. *Zona Próxima* 26, 114-139, <https://www.redalyc.org/journal/853/85352029008/html/>
- Giere, R. (1999) Del realismo constructivo al realismo perspectivo. *Enseñanza de las ciencias*. Número Extra. <https://es.scribd.com/document/742980311/Del-Realismo-Constructivo-Al-Giere>
- Gorter, E., y Grendel, F. (1925). On bimolecular layers of lipoids on the chromocytes of the blood. *Journal of Experimental Medicine*, 41(4), 439–443. <https://doi.org/10.1084/jem.41.4.439>
- Irzik, G., & Nola, R. (2010) A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education* 20(7), 591-607 <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Izquierdo-Aymerich, M., Espinet, M., García, M., Pujol, M., & Sanmartí, N. (1999) Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, 79-92, Número extra).
- Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003) Epistemological foundation of school science. *Science & Education*, 12, 27–43. <https://doi.org/10.1023/A:1022698205904>
- Kuchel P. (2006) The story of the discovery of aquaporins: convergent evolution of ideas—but who got there first? *Cellular and molecular biology*, 30;52(7): 2-5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17543213/>
- Kuhn, T. S. (2006) La estructura de las revoluciones científicas. (3º Ed.) Fondo de Cultura Económica. Original en inglés de 1962.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521. <https://doi.org/10.1002/tea.10034>
- Lozano, E., Bahamonde, N. y Adúriz-Bravo (2016) Análisis histórico-epistemológico sobre los modelos de membrana celular para enseñar biología celular y naturaleza de la ciencia al profesorado. *Filosofía e História da Biologia*, 11(1), 49-68. <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/3411>
- Lozano, E., Aduriz-Bravo, A. y Bahamonde, N. (2020) Un Proceso de Modelización de la Membrana Celular en la Formación del Profesorado en Biología en la Universidad. *Ciência & Educação*; 26, 1-15. <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/5569>
- Lozano, E., Bahamonde, N., Cremer, C. y Mut, P. (2018). El desarrollo de una línea metacientífica para la enseñanza del modelo de presión arterial en la formación del profesorado en Biología. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 564-580. <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/3476>
- Lozano, E., Mut, P., Cremer, C. y Bahamonde, N. (2021a) Integración disciplinar y metacientífica en la formación del profesorado: La construcción de los hechos científicos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 154-176. <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/6742>
- Lozano, E., Cremer, M., Mut, P., y Bahamonde, N. (2021b). Diseño, implementación y evaluación de una unidad didáctica que integra modelización biológica y metacientífica a partir de un hecho sociocientífico en la formación del profesorado. *Bio-grafía*, 14(27), 78-90. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/15690>
- Lozano, E., Bahamonde, N., Dillon, L., Cremer, C., Henríquez, A., Álvarez Soria, J., & Rodríguez, F. (2024). La educación alimentaria en la formación de profesorado: un diseño didáctico desde un enfoque complejo. *Revista de Educación en Biología*, 27(2), 1-17. <https://doi.org/10.59524/2344-9225.v27.n2.44726>
- Ling, G. (2007) History of the membrane (pump) theory of the living cell from its beginning in mid-19th century to its disproof 45 years ago—though still taught worldwide today as established truth. *Physiol Chem Phys Med NMR*, 39(1), 1-67. [http://www.physiologicalchemistryandphysics.com/pdf/PCP39-1\\_ling.pdf](http://www.physiologicalchemistryandphysics.com/pdf/PCP39-1_ling.pdf)
- Matthews, M. R. (2017). *La enseñanza de la ciencia: un enfoque desde la historia y la filosofía de la ciencia*. Fondo de Cultura Económica.

- Orlandini, M.L., Lozano, E. y Adúriz-Bravo, A. (2025a). Enseñar ciencias a través de procesos de modelización en el profesorado de Educación Infantil. En J. Cantó y F. Ostermann (Coords.), *Actas electrónicas del XII Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2025. Enseñanza de las ciencias y pensamiento crítico: desafíos y necesidades de la sociedad democrática 2025*. (pp. 2331-2334). Editorial Revista Enseñanza de las Ciencias. [https://congresoenseciencias.org/wp-content/uploads/2025/09/Libro\\_Actas\\_12CIIDC.pdf](https://congresoenseciencias.org/wp-content/uploads/2025/09/Libro_Actas_12CIIDC.pdf)
- Orlandini, M.L., Lozano, E. y Adúriz-Bravo, A. (2025b). Naturaleza de la ciencia en Unidades Didácticas integradoras en el profesorado de Educación Infantil. En J. Cantó y F. Ostermann (Coords.), *Actas electrónicas del XII Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2025. Enseñanza de las ciencias y pensamiento crítico: desafíos y necesidades de la sociedad democrática 2025*. (pp. 910-913). Editorial Revista Enseñanza de las Ciencias. [https://congresoenseciencias.org/wp-content/uploads/2025/09/Libro\\_Actas\\_12CIIDC.pdf](https://congresoenseciencias.org/wp-content/uploads/2025/09/Libro_Actas_12CIIDC.pdf)
- Overton, E. (1897) Ueber die osmotischen Eigenschaften der Zelle in ihrer Bedeutung für die Toxikologie und Pharmakologie *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, 22(1), 189-209. [https://ngzh.ch/wp-content/uploads/2024/07/41\\_46.pdf](https://ngzh.ch/wp-content/uploads/2024/07/41_46.pdf)
- Paganelli, C. y Solomon, A. (1957) The rate of exchange of tritiated water across the human red cell membrane. *The Journal of General Physiology*, 41(2) 259-277 <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2194835/>
- Preston, G. M., Carroll, T. P., Guggino, W. B., & Agre, P. (1992). Appearance of water channels in *Xenopus* oocytes expressing red cell CHIP28 protein. *Science*, 256(5055), 385-387. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1373524/>
- Reigeluth, C. (1999) *Diseño de la instrucción: teorías y modelos: un nuevo paradigma de la teoría de la instrucción*. Santillana.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Síntesis.
- Sans Pinillos, A.; Adúriz-Bravo, A. (2022) Lectura epistemológica de la historia de la ciencia en los “descubrimientos”: explicación y abducción en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 15(2), 570-594. <https://rbhciencia.emnuvens.com.br/revista/article/view/816/632>
- Sidel V. y Solomon, A. (1957). Entrance of water into human red cells under an osmotic pressure gradient. *The Journal of General Physiology*. 41: 243-257. [https://www.researchgate.net/publication/10090170\\_Entrance\\_of\\_water\\_into\\_human\\_red\\_cells\\_under\\_an\\_osmotic\\_gradient](https://www.researchgate.net/publication/10090170_Entrance_of_water_into_human_red_cells_under_an_osmotic_gradient)
- Stein, W. y Danielli J. (1956) Structure and function in red cell permeability. *Discuss Faraday Soc.*, 21, 238–251. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/1956/df/df9562100238>
- Singer, S. J., y Nicolson, G. L. (1972). The fluid mosaic model of the structure of cell membranes. *Science*, 175(4023), 720–731. <https://doi.org/10.1126/science.175.4023.720>
- Solomon, A., Chasan, B., Dix, J., Lukacovic, J., Toon, M. y Verkman, A. (1983) The aqueous pore in the red cell membrane: band 3 as a channel for anions, cations, nonelectrolytes, and water. *Ann. New York Acad. Sci.*, 414, 97–124, <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1983.tb31678.x>.
- Vistarop, V. (2023). Una perspectiva modelizadora para enseñar Histología en la carrera de Medicina Veterinaria. Trabajo Final de posgrado. Universidad Nacional de Río Negro. <https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/11226>
- Traube, M. 1867. Experimente zur Theorie der Zellenbildung und Endosmose. *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin*, 87-165. <https://numerabilis.u-paris.fr/medica/bibliotheque-numerique/resultats/index.php?do=livre&cote=epo1182>
- Träuble, H (1971) Movement of Molecules Across Lipid Membranes: A Molecular Theory Membrane. *Journal Membrane Biology*. 4, 193-208. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02431971>



## OS ESTILOS DE PENSAMENTO DOS AUTORES-REFERENCIAIS DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS EM PESQUISAS BRASILEIRAS DA EDUCAÇÃO BÁSICA

### THE THOUGHT STYLES OF THE REFERENCE AUTHORS OF THE HISTORY OF SCIENCE IN SCIENCE TEACHING IN BRAZILIAN BASIC EDUCATION RESEARCH

### LOS ESTILOS DE PENSAMIENTO DE LOS AUTORES DE REFERENCIA DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN LA INVESTIGACIÓN BÁSICA BRASILEÑA

Angélica Maria de Gasperi\*, Rúbia Emmel\*\*

Gasperi, A. M., Emmel, R. (2026). Os estilos de pensamento dos autores-referenciais da História da Ciência no Ensino de Ciências em pesquisas brasileiras da Educação Básica. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(2), e-24222. <https://doi.org/10.14483/23464712.24222>

#### Resumo

Esta pesquisa teve o objetivo de identificar os estilos de pensamento e coletivos de pensamento que caracterizam as pesquisas brasileiras de dissertações e teses, no tema o Ensino de Ciências com a utilização da História da Ciência na Educação Básica. Caracterizou-se pela abordagem qualitativa, com uma pesquisa bibliográfica de revisão da literatura, e a análise dos referenciais teóricos identificados acerca do tema em 29 pesquisas (2017 a 2022) na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). Por meio da Análise de Conteúdo com as categorias epistemológicas de Ludwik Fleck (estilos de pensamento, coletivos de pensamento, coerção de pensamento, circulação de ideias intracoletiva e intercoletiva, e instauração do conhecimento) identificaram-se 7 autores, citados em 8 pesquisas ou mais, instaurados em 3 categorias e 7 subcategorias, foram elas: i) EP prático/metodológico (“Estratégia pedagógica”; “Humanização das Ciências”; “Construção do conhecimento”); ii) EP formativo (Formação de professores); iii) EP conceitual (“Problematização conceitual de conceitos”; “Crítica ao Crescimento Linear do conhecimento e aos estereótipos científicos”; “Análise dos elementos históricos da Ciência”. As categorias tiveram a circulação em 64 Unidades de Sentido, os especialistas mais citados nas pesquisas foram Matthews (23:29) e Martins R. de A. (21:29). Portanto, o estilo de pensamento

\* Mestra em Ensino de Ciências pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Cerro Largo, Rio Grande do Sul (RS) - Brasil, foi bolsista CNPq, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Passo Fundo (UPF), RS, Brasil. Bolsista PROSUC I/CAPES e professora de Matemática da Rede Pública Estadual de Ensino no RS, Brasil. [angelicamariagasperi@gmail.com](mailto:angelicamariagasperi@gmail.com) - ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0880-2860>.

\*\* Doutora em Educação nas Ciências (UNIJUI). Professora no Instituto Federal Farroupilha, Santa Rosa, RS, Brasil. Professora permanente no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Cerro Largo, RS, Brasil. [rubia.emmel@iffarroupilha.edu.br](mailto:rubia.emmel@iffarroupilha.edu.br) - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4701-8959>

Recibido: Octubre 15 de 2025, aceptado: mayo 13 2026

instaurado é o que articula a História da Ciência no Ensino de Ciências trazendo os motivos pelos quais deve ser abordado a HC para o ensino e a aprendizagem, em geral, um estilo humanizador, contextualizador das Ciências, corroborando ao observado em estudos internacionais.

**Palavras-Chave:** História das Ciências; Epistemologia; Educação Básica; Fleck.

### Abstract

This research aimed to identify the thinking styles and thought collectives that characterize Brazilian dissertation and thesis research on the topic of Science Education using the History of Science in Basic Education. It was characterized by a qualitative approach, with a bibliographic literature review, and an analysis of the theoretical frameworks identified on the topic in 29 research papers (2017 to 2022) in the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations (BDTD) of the Brazilian Institute of Information in Science and Technology (IBICT). Through Content Analysis using Ludwik Fleck's epistemological categories (thinking styles, thinking collectives, thought coercion, intra- and inter-collective circulation of ideas, and the establishment of knowledge), 7 authors were identified, cited in 8 or more research studies, established in 3 categories and 7 subcategories, which were: i) Practical/methodological EP ("Pedagogical strategy"; "Humanization of Sciences"; "Knowledge construction"); ii) Formative EP (Teacher training); iii) Conceptual EP ("Conceptual problematization of concepts"; "Critique of the linear growth of knowledge and scientific stereotypes"; "Analysis of the historical elements of Science". The categories circulated in 64 Units of Meaning, the most cited specialists in the research were Matthews (23:29) and Martins R. de A. (21:29). Therefore, the established style of thought is the one that articulates the History of Science in Science Education, bringing the reasons why the HC should be approached for teaching and learning in general, a humanizing style, contextualizing the Sciences, corroborating what has been observed in international studies.

**Keywords:** History of Sciences; Epistemology; Elementary Education; Fleck.

### Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo identificar los estilos de pensamiento y colectivos de pensamiento que caracterizan la investigación de disertaciones y tesis brasileñas sobre el tema de Educación Científica utilizando la Historia de la Ciencia en la Educación Básica. Se caracterizó por un enfoque cualitativo, con una revisión de la literatura bibliográfica y un análisis de los marcos teóricos identificados sobre el tema en 29 trabajos de investigación (2017 a 2022) en la Biblioteca Digital Brasileña de Tesis y Disertaciones (BDTD) del Instituto Brasileño de Información en Ciencia y Tecnología (IBICT). A través del Análisis de Contenido utilizando las categorías epistemológicas de Ludwik Fleck (estilos de pensamiento, colectivos de pensamiento, coerción del pensamiento, circulación intra e intercolectiva de ideas y establecimiento del conocimiento), se identificaron 7 autores, citados en 8 o más estudios de investigación, establecidos en 3 categorías y 7 subcategorías, que fueron: i) EP práctico/metodológico ("Estrategia pedagógica"; "Humanización de las ciencias"; "Construcción del conocimiento"); ii) EP formativo (Formación docente); iii) EP Conceptual ("Problematización conceptual de los conceptos"; "Crítica del



crecimiento lineal del conocimiento y los estereotipos científicos”; “Análisis de los elementos históricos de la Ciencia”. Las categorías circularon en 64 Unidades de Significado, los especialistas más citados en la investigación fueron Matthews (23:29) y Martins R. de A. (21:29). Por lo tanto, el estilo de pensamiento establecido es el que articula la Historia de la Ciencia en la Educación Científica, aportando las razones por las que se debe abordar la HC para la enseñanza y el aprendizaje en general, un estilo humanizador, contextualizando las Ciencias, corroborando lo observado en estudios internacionales.

**Palabras Clave:** Historia de la Ciencia; Epistemología; Educación Básica; Fleck.

## 1. Considerações Iniciais

Esta pesquisa tem como temática a “História da Ciência (HC)<sup>1</sup> e o Ensino de Ciências (EC)” na Educação Básica (EB). Destacamos a importância da utilização da HC na EB em uma perspectiva não linear, que humaniza o Ensino de Ciências (Matthews, 1995; Martins, 2006; Martins, 2007; Pereira; Amador, 2007), aproximando-as dos interesses pessoais, éticos, políticos, econômicos e culturais da sociedade (Matthews, 1995; Pereira; Amador, 2007).

Para tanto, é fundamental compreendermos que a “HC linear”, técnica, ou até mesmo tradicional, apresenta a evolução, a descoberta, o acúmulo de descobertas, a produção ou criação do conhecimento que acontece de forma interrupta, contínua, trazendo geralmente nomes, datas e locais, esta é fortemente criticada pela promoção do apagamento histórico e a imposição da HC tradicional (Allchin, 2004; Roque, 2012). Em contrapartida, com a abordagem da “HC não linear” (Roque, 2012), que compactuamos, ao evidenciar o estudo do processo de desconstrução e reconstrução do conhecimento humano, levando em consideração múltiplos contextos e problemáticas da época, sendo uma HC que é construída de forma descontínua (Matthews, 1995; Pereira; Amador, 2007).

Desse modo, entendemos que a HC pode ser um instrumento para o ensino e a aprendizagem, ao passo que sua abordagem busca trabalhar com a desconstrução e reconstrução do conhecimento, o entendimento do contexto da criação do saber (Matthews, 1995; Martins, 2005). E a partir disso, compreender como o conhecimento foi desenvolvido, a sua finalidade, tomar e explorar os saberes envolvidos em sua constituição, além de desenvolver um olhar crítico para o contexto, a necessidade do conhecimento e suas consequências para a sociedade (Martins, 2005).

Neste estudo pretendemos aproximar dois pontos: - o educativo pela perspectiva da abordagem da HC e o EC; - o epistemológico que está referenciado em Fleck (1986; 2010), a partir das categorias epistemológicas de Estilo de Pensamento (EP) e Coletivo de Pensamento (CP), propostas por meio de um estudo de caso da doença de Sífilis. Este autor recorreu à sociologia do conhecimento para elaborar sua análise, embasando-se nos condicionantes sociais, culturais e históricos da produção do conhecimento. Ludwik Fleck (1896-1961) foi um médico Polonês, Doutor em Clínica Geral pela Universidade Jan Kazimierz de Lviv, que atuando como professor em universidades direcionou esforços no estudo da microbiologia e dirigiu laboratórios bacteriológicos em seu país (Fleck, 1986; 2010).

O estudo apresenta a análise do referencial teórico utilizado nas pesquisas de dissertações e teses brasileiras acerca da HC no EC e a EB, na produção de conhecimentos mais abrangentes, com várias

---

<sup>1</sup> Na pesquisa utilizou-se pesquisas que envolvem e aproximam História Filosofia da Ciência (HFC) e /ou História Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC). E tendo em vista o objetivo da pesquisa a análise foi no tema do ensino da História da Ciência (HC) na Educação Básica das produções.

nuances, constitutivas de estilos e coletivos de pensamento (Fleck, 1986; 2010), característicos de uma episteme sobre a HC no Ensino.

Conforme Emmel (2011), no Brasil as pesquisas que utilizam o referencial epistemológico em Fleck vêm aumentando significativamente, contemplando especialmente teses e dissertações de programas de pós-graduação em educação. Suas ideias vêm sendo utilizadas em pesquisas na área da educação ou EC: Scheid (2006), Emmel (2011), Leite (2016). Identificamos pesquisas internacionais com o referencial epistemológico de Fleck (Marques, 2012; Sánchez, 2020).

Consideramos as origens das categorias epistemológicas: o EP é definido como “um perceber dirigido com a correspondente elaboração intelectual e objetiva do percebido” (Fleck, 1986, p. 145). Caracteriza-se por problemas que dizem respeito ao coletivo, através de pareceres que o pensamento coletivo julga certo e pelos métodos que manipulam como meio de conhecimento. Além disso, ele possibilita uma imposição sobre os indivíduos, acarretando no pensar da mesma forma, logo, o CP existe quando há duas ou mais pessoas que partilham do mesmo EP. O coletivo é comunidade, mas não é um grupo fixo ou uma classe social, tendo em vista que um mesmo indivíduo consegue cooperar com mais de um CP (Fleck, 1986).

Os estilos de pensamento, conforme Lorenzetti (2007), podem ser entendidos como conhecimentos e as práticas partilhadas por integrantes da comunidade de pesquisa constituinte do CP. Neste sentido, o EP pode vir a contribuir para a análise das pesquisas sobre HC e o EC em nosso país, ao analisar como estão sendo pensadas e desenvolvidas as pesquisas acerca da HC no EC na EB, quais são as vertentes teóricas que estão sendo utilizadas nas escritas, e quais as influências na prática pedagógica e na constituição docente; tem-se uma vasta exploração das raízes do conhecimento em torno da EC e a HC.

A partir destes pressupostos, na problemática de pesquisa propomos os seguintes questionamentos: Quais eixos teóricos da HC para o Ensino estão refletidos nas pesquisas sobre EC e a EB? Que estilos e coletivos de pensamento constituem estas pesquisas? Neste sentido, averiguamos a hipótese de que o conhecimento no CP dos referenciais das pesquisas em relação à HC e a EB, pode ter raízes epistemológicas relativamente fortes na perspectiva não linear, se comparado com a perspectiva linear da HC definida por Matthews (1995) e Martins (2005).

Nesse contexto, o problema desta pesquisa foi reconhecer os EP e CP sobre HC no Ensino em pesquisas brasileiras de EC e a EB. Logo, o objetivo geral desta pesquisa foi identificar os EP e CP que caracterizam as pesquisas brasileiras de dissertações e teses, no tema o Ensino de Ciências com a utilização da HC na EB.

## **2. Metodologia**

Esta pesquisa em EC possui a abordagem qualitativa (Lüdke; André, 2001), em que foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica, a partir da revisão da literatura de trabalhos acadêmicos brasileiros, disponíveis em meio eletrônico da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), no endereço eletrônico: <http://bdtd.ibict.br/vufind/>. Então como critério de busca e delimitação do recorte de análise utilizamos os termos: -História da Ciência; -Educação Básica.

As questões de ética na pesquisa foram respeitadas, sendo analisados trabalhos acadêmicos disponíveis em sites de domínio público na Web 2.0. Para o tratamento dos dados, as publicações encontradas foram nomeadas por uma letra “P” (pesquisa) e numeradas em ordem crescente: P1, P2 até P29.

Em um segundo momento, cada pesquisa selecionada foi organizada em uma planilha da Microsoft Excel por: ano, autor, título, quantitativo de dissertações e teses acerca da HC e a EB, bem como, os autores-referenciais (identificação dos teóricos, os quais nomeamos como “autores-referenciais”) acerca

da HC citados nas publicações. Com os dados dos autores-referenciais utilizados nas publicações sobre a HC, foi realizado o garimpo de fragmentos das citações diretas nas 29 pesquisas, a partir do enfoque: História da Ciência ou História das Ciências.

Neste sentido, foram categorizados, por meio da Análise de Conteúdo (AC) (Bardin, 2011), os autores-referenciais teóricos e as suas distintas convicções acerca da HC na base de dados analisada, citadas pelo menos uma vez, considerando a totalidade de pesquisas, e organizadas em uma planilha. Procedemos com a análise de conteúdo (AC) proposta nas etapas: “1) a pré-análise; 2) a exploração do material; 3) o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação” (Bardin, 2011, p. 95) das dissertações e teses encontradas no repositório, a priori, a partir da identificação e classificação, onde também utilizamos a ferramenta filtro da Microsoft Excel para facilitar a categorização, de modo a filtrar, explorar e analisar os dados importantes a pesquisa.

Nestes fragmentos, retirados do corpo de texto, foram realizadas novas leituras para a elaboração de sínteses com as principais ideias de cada um dos autores-referenciais citados. A partir das sínteses foram retiradas 1.038 Unidades de Sentido (US) estas sendo organizadas em outra planilha do Excel, e com a ajuda da ferramenta Filtro, que possibilitou construir as categorias (Bardin, 2011) identificadas a partir de conceitos emergentes da HC no ensino, as quais caracterizavam os EP e CP (Fleck, 1986; 2010). Os autores-referenciais com maior quantitativo de Unidades de Sentido foram reorganizados em outra planilha, simbolizando a instauração de um conhecimento, com uma atmosfera comum entre os participantes do estilo de pensar.

Segundo Bardin (2011) a intenção da Análise de Conteúdo é deduzir “conhecimentos relativos às condições de produção (ou eventualmente, de recepção), inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos ou não)” (p. 38). A partir da análise das US e o embasamento teórico foi possível perceber, além do quantitativo de US, também os estilos e coletivos epistemológicos da HC predominantes nas pesquisas.

### 3. As investigações sobre HC e o EC na EB

Na Tabela 1 apresentamos o *Corpus* de análise da pesquisa, com o título, autores e os códigos que foram utilizados na AC.

**Tabela 1.**

*Corpus de análise da pesquisa*

| Título                                                                                                                                       | Autor             | C*  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----|
| Contribuições da História de vida da cientista brasileira Bertha Lutz para o EC                                                              | Cordeiro, T. L.   | P1  |
| A Inferência à Melhor Explicação como heurística para o ensino de HC na formação de professores de Física                                    | Rodrigues, R. F.  | P2* |
| A observação de animais ao longo da história da biologia: a descrição de serpentes como estudo de caso para um ensino contextual de Ciências | Carrieri, G. U.   | P3  |
| Ação docente em Ciências Naturais na Educação de Jovens e Adultos (EJA): um olhar histórico-crítico e histórico-cultural                     | Simirio, L. V. B. | P4  |
| Física Quântica e História e Filosofia da Ciência: conceitos, vida, crenças e religiosidade como motivadores na aprendizagem de Física       | Hoernig, A. F.    | P5  |
| William Harvey e a circulação sanguínea: uso de fontes primárias da HC no ensino de biologia                                                 | Nunes, L. B. X.   | P6  |
| A Vista do meu ponto: Práticas Epistêmicas, Argumentos e Explicações no Contexto de uma Sequência de Ensino por Investigação e HC            | Del-Corso, T. M.  | P7* |
| História e Filosofia da Ciência no processo de formação inicial de professores de Ciências                                                   | Faria, B. P. de   | P8  |
| História e Filosofia da Ciência na formação de professores de Biologia: educação reflexiva e a replicação de experimentos históricos         | Silva, T. T. da   | P9* |
| Desenvolvimento e validação de uma sequência didática sobre eletromagnetismo na perspectiva da HC e do ensino por investigação               | Coelho, A. O.     | P10 |

|                                                                                                                               |                     |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------|
| História das Ciências para os Anos Iniciais do Ensino Fundamental: aportes para o desenvolvimento profissional de professores | Vissicaro, S. de P. | P11* |
| O uso dos jogos e da HC no Ensino de Física                                                                                   | Vicente, V. M.      | P12  |
| A HC no contexto do EC                                                                                                        | Cararo, L. E.       | P13  |
| Uma abordagem para o ensino de modelos atômicos e radioatividade a partir da HC                                               | Silva, N. F. L. da  | P14  |
| Discurso Fenomenológico dos professores sobre o uso da HC no Ensino da queda dos corpos                                       | Selingardi, G.      | P15  |
| HC e ensino: um estudo sobre contribuições para a formação continuada de professores de Ciências                              | Barp, E.            | P16* |
| Atividades investigativas e HC: tendências em potencial para promover o pensamento crítico                                    | Santos, F. C.       | P17  |
| Descobrimos a seleção natural: uma proposta de ensino baseada na HC                                                           | Cortez; E. P. M.    | P18  |
| A experiência no tempo, nas epistemologias do sul e na docência: reflexões sobre a HC no ensino de química                    | Silva, A. N.        | P19* |
| História e Filosofia da Ciência: evolução das pesquisas em EC e análise da perspectiva docente sobre essa abordagem           | Carvalho, L. de J.  | P20  |
| HC, religião e interculturalidade no ensino de Física. Por que não?                                                           | Leal, K. P.         | P21  |
| Desenvolvimento do conhecimento de professores sobre Natureza da Ciência: contribuições da HC                                 | Lima, R. R.         | P22  |
| Uso da Filosofia e HC no ensino das 1ª e 2ª leis de OHM                                                                       | Santos, F. Q. dos   | P23  |
| Ensinando Ciência e sobre Ciência com a utilização de fontes primárias da história do vácuo e da pressão atmosférica          | Fonseca, D. dos S.  | P24  |
| Eletrostática e física de partículas sob o olhar da HC: Uma proposta para a construção de animações e vídeos no Ensino Médio  | Sampaio, J. L.      | P25  |
| Utilizando a História e a Natureza da Ciência por meio de uma atividade colaborativa como mecanismo motivador de aprendizagem | Wommer, F. G. B.    | P26  |
| Percepção de cientistas e da HC em livros didáticos de química                                                                | Engelmann, G. L.    | P27  |
| HC e epistemologia: um estudo no ensino médio brasileiro                                                                      | Aquino, G. T. M. de | P28* |
| A HC viabilizando a contextualização do ensino de Física                                                                      | Santos, R. F.       | P29  |

*Nota:* C\*: Código que será indicado nas Unidades de Contexto apresentadas no decorrer do texto, as pesquisas que contêm asterisco (\*) identificam as Teses. *Fonte:* As autoras (2026).

Na Tabela 1 estão apresentadas as 29 pesquisas (22 dissertações e 7 teses), no período dos anos de 2017 a 2022, acerca do tema em questão. Constatamos um quantitativo de 10 pesquisas no ano de 2017, este quantitativo foi reduzido, pelo menos na metade, se observarmos os próximos anos (2018, 2019 e 2020), já no último ano analisado (2022) foi encontrada somente uma pesquisa, ou seja, houve uma diminuição de nove pesquisas em relação ao primeiro ano de análise.

Entendemos, a partir dessa pesquisa, que a análise e sistematização de publicações sobre HC o EC e a EB, com base na leitura de Ludwik Fleck (1986; 2010), pode colaborar para o conhecimento da área, visto que evidenciamos o caráter epistemológico desta, possibilitando identificar, esboçar parâmetros e socializar a produção existente acerca do tema.

#### 4. Os referenciais teóricos sobre a HC na EB das pesquisas

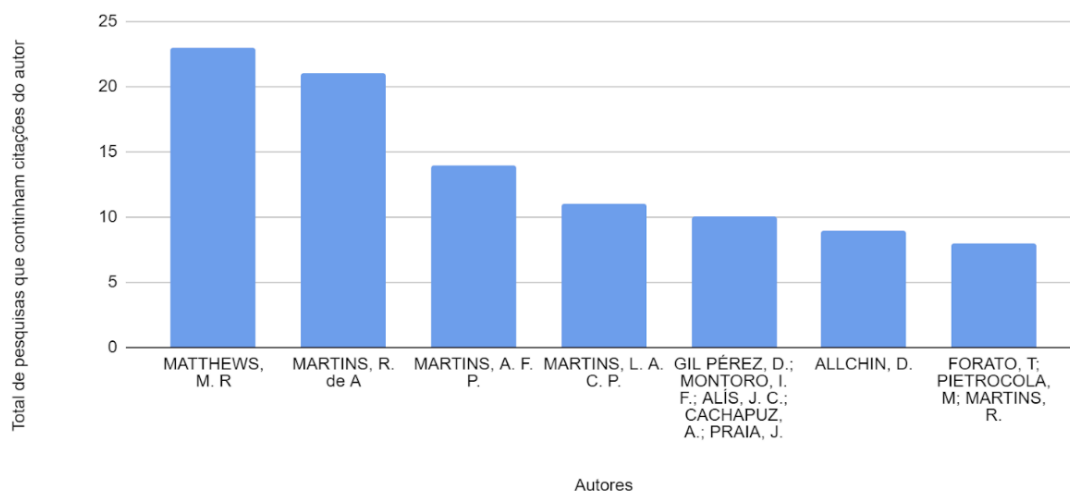
A partir da leitura e da interpretação de todas as publicações na base de dados, caracterizamos e identificamos os autores-referenciais citados nas teses e dissertações. Buscamos por elementos que caracterizassem os EP das referências que traziam os entendimentos de HC. Para tanto, os dados relevantes à pesquisa foram tabulados, tais como: Autor(es), Pesquisa, Referência, Citações e Total, sendo identificadas 219 autores-referenciais<sup>2</sup> sobre a HC, estes citados direta ou indiretamente, na totalidade das 29 pesquisas analisadas.

<sup>2</sup> Autores-referenciais: São autores diferentes e suas obras diferentes; Autores-referenciais: São autores diversos com obras diversas, sendo estes autores iguais ou não e as suas obras diversas, por exemplo: um mesmo autor pode escrever diferentes obras sobre o seu estilo de pensar.

Ressaltamos que os autores-referenciais mais citados diretamente, encontrados em duas pesquisas ou mais, foram selecionados e sistematizados, totalizando 22 autores distintos distribuídos em 103 autores-referenciais. Destes foram selecionados os autores-referenciais que estavam contidos em 8 pesquisas<sup>3</sup> ou mais acerca da HC o EC e a EB, totalizando 7 autores diferentes distribuídos em 25 autores-referenciais e ilustrados na Figura 1.

### Figura 01

*Distribuição dos autores-referenciais mais citados nas pesquisas sobre a HC na EB, 2026.*



*Nota:* Total de pesquisas que continham citações do autor. *Fonte:* As autoras (2026).

Desse modo, identificamos os cinco autores-referenciais mais utilizados nas pesquisas, o autor mais frequente foi: Matthews, M. R. (1994, 1995) contido em 23:29 pesquisas e Martins, R. de A. (1989, 1990, 2000, 2001, 2003, 2005, 2006, 2009, 2010) em 21:29 pesquisas que citam o autor. Em seguida, temos os autores-referenciais: Martins, A. F. P. (2007, 2012, 2019) contido em 14:29 pesquisas; Martins, L. A. C. P. (1998, 2005 em 11:29) presente em 11:29 pesquisas; Gil Pérez, D., Montoro, I. F., Alís, J. C., Cachapuz, A. e Praia, J. (2001) contido em 10:29 pesquisas; Allchin, D. (2003, 2004, 2004, 2011, 2013, 2014) com 9:29 pesquisas e Forato, T, Pietrocola, M. e Martins, R. (2011) em 8:29 pesquisas analisadas, conforme Figura 1.

Houve uma pesquisa (P23) que não contemplou citação referente ao tema e P4 teve menos que dois autor-referenciais. Os autores-referenciais acerca da HC, presente na Figura 1, demonstraram que um conhecimento é fruto de um processo sócio-histórico a partir de um CP em interação sócio-cultural (Fleck, 2010). Percebemos este movimento a partir de diferentes autores que contribuíram para a construção, ampliação e modificação do conhecimento entorno da abordagem da HC para o EC na EB.

A pesquisa que teve o maior quantitativo de autores-referenciais acerca da HC (P20) com pelo menos 24 autores-referenciais, se considerarmos as contidas em duas pesquisas ou mais. Ao olharmos para o recorte que tiveram citações em 7 pesquisas ou mais, P20 permanece como a pesquisa de maior destaque, contendo 9 autores-referenciais, seguida de P21 com 7 autores-referenciais.

A pesquisa P20 perpassa por todos os autores-referenciais do recorte, trazendo citações diversas em suas análises, dessa forma, entendemos que, ao longo da pesquisa, circula entre diferentes EP e CP em torno dos conhecimentos acerca da HC.

<sup>3</sup> Estabeleceu-se este quantitativo tendo em vista a instauração do conhecimento no coletivo e a circulação de ideia defendidas nele.



## 5. Análise da HC a partir dos autores-referenciais das pesquisas

A partir da leitura dos excertos foram definidos os critérios para compor os autores-referenciais da HC, selecionar e retirar os trechos das citações diretas ou indiretas, sendo incluídos os presentes em sete pesquisas ou mais. Nesse sentido, foram identificadas as características das produções na base de dados, com a busca por elementos que representassem os EP dos autores-referenciais que traziam o conceito da HC.

Os excertos destacados e retirados dos autores-referenciais citados em sete pesquisas ou mais, deram origem primeiramente a 1.038 US distintas, as quais foram reagrupadas conforme a proximidade semântica e de significado, sintetizadas em 343 US e contempladas em oito categorias iniciais. Para a análise fizemos um recorte com as US que tinham sido citadas em três pesquisas ou mais, desse modo, evidenciamos 64 US distribuídas em três categorias, elaboradas conforme a afinidade semântica e de significados das unidades.

As análises foram desenvolvidas a partir da epistemologia de Fleck (1986), que propiciaram (re) construir relações, bem como analisar os CP e EP nas categorias elaboradas, acerca da produção do conhecimento que circunda a HC e o EC.

### 5.1. Categoria 1: EP prático/metodológico

A categoria “EP prático/metodológico” vincula a HC para a prática e a metodologia no EC, contribuindo para a reconstrução de conhecimento. Para Matthews (1995) a HC reaproxima, de forma significativa, a teoria da prática, particularmente, a prática no EC pode ser enriquecida pelas problemáticas da HC, superando a dissociação da HC com o EC. Esta categoria abrange as três subcategorias: i) “Estratégia pedagógica”; ii) “Humanização das Ciências”; iii) “Construção do conhecimento”, e são organizadas em ordem decrescente de abrangência nas pesquisas.

#### 5.1.1 Subcategoria 1.1: Estratégia pedagógica

Esta subcategoria traz o EP na proposição da HC em uma perspectiva de “Estratégia pedagógica”, é fundamentada em Matthews (1995), pois propõe uma reaproximação significativa da teoria com a prática do EC, indissociada da HC.

A base de dados revelou nesta subcategoria a presença de 4:7 autores distintos e 12:25 autores-referenciais, distribuídos em 19:64 US distintas (Tabela 2) formando o coletivo e EP sobre a HC nas 29 pesquisas analisadas. Desse modo, este coletivo contribuiu para a formação do conhecimento, e, no que lhe concerne, compõem um EP, com base nas dissertações e teses analisadas.

**Tabela 02**

*Representação de Estilos e Coletivos de Pensamento sobre a HC e EC: Estratégia pedagógica nas dissertações e/ou teses.*

| P*                                                     | Excertos que mais apareceram (US)                                                  | T* |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| P3; P6; P8; P9; P12; P15; P17; P18; P20; P24; P27; P28 | Desenvolvimento do pensamento crítico                                              | 12 |
| P6; P9; P17; P18; P19; P20; P27; P28                   | Entendimento mais integral de matéria científica                                   | 8  |
| P6; P9; P15; P17; P18; P20; P27; P28                   | Tomar as aulas de Ciências mais desafiadoras e reflexivas                          | 8  |
| P6; P9; P18; P20; P21; P27; P28                        | Superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula | 7  |
| P3; P7; P12; P16; P20; P22; P26                        | Compreender os conteúdos científicos e da Natureza da Ciência (NdC)                | 7  |
| P7; P10; P12; P14; P15; P25                            | Motivar e atrair os alunos                                                         | 6  |

|                         |                                                                                                                      |   |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| P6; P9; P12; P18; P20   | Facilitar a aprendizagem dos conteúdos                                                                               | 5 |
| P13; P17; P21; P24; P26 | Compreensão dos conceitos científicos e métodos                                                                      | 5 |
| P3; P6; P13; P29        | Ferramenta para os processos de ensino e aprendizagem                                                                | 4 |
| P10; P12; P14; P15      | Compreensão mais profícua do método científico                                                                       | 4 |
| P10; P14; P15; P24      | Compreensão dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento                               | 4 |
| P12; P14; P15; P16      | Promover a compreensão melhor dos conceitos e métodos científicos                                                    | 4 |
| P2; P8; P24; P28        | Existe um abismo entre o valor atribuído à HFC e aplicação com qualidade nas salas de aula                           | 4 |
| P7; P8; P15             | Ferramenta que auxiliar o professor a refletir sobre sua prática em sala de aula                                     | 3 |
| P12; P13; P26           | Despertar a curiosidade dos alunos                                                                                   | 3 |
| P6; P14; P17            | Contribuir para um entendimento fundamentado dos conceitos científicos e aspectos da Natureza da Ciência (NdC)       | 3 |
| P13; P14; P25           | Estratégia/proposta pedagógica                                                                                       | 3 |
| P3; P20; P21            | Dispositivo/recurso didático                                                                                         | 3 |
| P12; P24; P28           | O processo pelo qual o aluno precisa passar é semelhante ao processo de desenvolvimento histórico da própria Ciência | 3 |

Nota: P\*: Código para Pesquisa selecionada; T\*: Total. Fonte: As autoras (2026).

Na Tabela 2 observamos que nesta subcategoria houveram 19 US em 24 pesquisas, destacamos as três US com maior frequência, entre as pesquisas analisadas acerca da HC, são elas: “Desenvolvimento do pensamento crítico” foi a mais frequente (12:29) entre as citações nas pesquisas; seguida de duas US com frequências iguais (8:29): “Entendimento mais integral de matéria científica” e “Tomar as aulas de Ciências mais desafiadoras e reflexivas”. A partir das US percebemos que Matthews (1995) exerce coerção interna sobre o EP particular dos demais participantes deste CP da HC.

"A coerção de pensar, o hábito de pensar, ou pelo menos uma aversão pronunciada contra qualquer pensamento alheio ao estilo de pensamento vigiam a harmonia entre a aplicação [...] e o EP. (Fleck, 2010, p. 156). As ideias de Matthews (1995) influenciam e satisfazem aos demais pesquisadores uma vez que, seu EP está frequente em 14:19 US da subcategoria emergente, intensificando-o a partir desse compartilhamento de pensamento do autor nas pesquisas.

As US mais citadas fazem parte do excerto, onde o autor traz que a História, a Filosofia e a Sociologia da Ciência;

[...] podem tomar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam [...] (Matthews, 1995, p. 165).

Em seu estudo, Matthews traz os motivos pelos quais se fundamentam a utilização da HC nas aulas de Ciências. Segundo Matthews (1995), a HC contribuiu de forma significativa para a construção dos processos de ensino e de aprendizagem. A partir disso, percebemos que o EP tem predominado, majoritariamente, em Matthews, logo, entendemos que os demais autores-referenciais (Allchin, D.; Martins, L. A. C. P.; Martins, A. F. P.; com 5:19 US) formam o CP que sofrem influência direta de Matthews. Desse modo, o EP torna-se uma “atmosfera comum”, a partir do momento em que os especialistas, que fazem parte do estilo, exercem um poder de coerção de pensamento sobre os demais participantes do coletivo, por meio da interação, a fim de firmar, de constituir o estilo de pensar e de formar o fato científico em que todos do coletivo comungam do mesmo EP (Fleck, 2010).

No CP as referências que norteiam o EP são, predominantes, utilizadas e defendidas no coletivo, gerando o que Fleck (2010) chamou de harmonia de ilusões. Para Fleck (2010) o sistema tem caráter fechado, a reciprocidade entre os envolvidos (conhecimento, objeto e os autores do conhecimento)



asseguram “a harmonia dentro do sistema, que é, ao mesmo tempo, uma harmonia das ilusões, que não se resolvem, de maneira alguma, dentro dos limites de um determinado estilo de pensamento” (Fleck, 2010, p. 81). Podemos perceber a atmosfera comum compartilhando do mesmo estilo, ao passo que se tem US mais citadas entre as pesquisas que são do mesmo autor

### 5.1.2 Subcategoria 1.2: Humanização das Ciências

A subcategoria foi elaborada a partir da relação entre as proposições da HC como potencializadoras da Humanização das Ciências, o EP de Matthews (1995, p. 165) defende que a HC pode “humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade”. As contribuições trazidas por Matthews no EC por meio da HC possuem uma extensão, após 24 anos, com os estudos de Rodrigues (2019), realizado em Portugal, acerca da formação de professores e a importância da HC, demonstrando o fato científico instaurado por Matthews no ensino, indo além do seu tempo, como um estilo de pensar fortalecido e, que paira ao continuar coagindo os demais participantes do coletivo.

Nesta subcategoria houve a frequência de 3:7 autores e 13:25 autores-referenciais, distribuídos em 7:64 US distintas (Tabela 3) formando o coletivo e EP sobre a HC nas 29 pesquisas analisadas. Desse modo, entendemos o EP que predomina com base em Matthews teve uma circulação de pensamento intracoletiva, isto é, quando a circulação do conhecimento ocorre no interior do próprio estilo, a partir do compartilhamento, que visa o fortalecimento do EP (Fleck, 2010), ao passo que muitas pesquisas contemplaram o estilo de pensar do autor-referência Matthews.

**Tabela 03**

*Representação de Estilos e Coletivos de Pensamento sobre a HC e EC: Humanização das Ciências nas dissertações e/ou teses.*

| P*                                                 | Excertos que mais apareceram (US)                                                      | T* |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| P3; P6; P9; P14; P17; P19; P20; P21; P24; P27; P28 | Humanizar as Ciências                                                                  | 11 |
| P3; P5; P6; P9; P14; P17; P19; P20; P21; P27; P28  | Aproximar dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade escolar | 11 |
| P3; P10; P12; P14; P15; P16; P25                   | Humanizar a matéria científica (disciplina)                                            | 7  |
| P6; P9; P16; P20; P26                              | Tornar a matéria científica menos abstrata e mais interessante aos alunos              | 5  |
| P3; P17; P24; P27                                  | Construção humana                                                                      | 4  |
| P3; P7; P9; P20                                    | Visão mais concreta de como a Ciência opera na realidade                               | 4  |
| P5; P24; P25                                       | Atividade humana                                                                       | 3  |

Fonte: As autoras (2026).

Analisando a subcategoria Humanização das Ciências (7 US em 19 pesquisas), destacamos as três US com maior frequência, entre as pesquisas analisadas acerca da HC, são elas: “Humanizar as Ciências” e “Aproximar dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade escolar” ambas frequentes em 11:29 pesquisas; seguida de “Humanizar a matéria científica (disciplina)” com a frequência de 7:29 pesquisas. A partir das US da Tabela 03 percebemos que Matthews exerce novamente a coerção sobre os demais participantes deste CP da HC, pois, ele possui 5:7 US na categoria, se comparado com os demais autores-referenciais (Gil Pérez et al.; Martins, R. de A. com 2:7 US), o que assegura a permanência do estilo de pensar acerca da HC para a humanização da Ciência durante às aulas.

O fortalecimento de estilo pode se dar de duas formas: - pela circulação de pensamento intercoletiva quando ocorre em coletivos de pensamento diferentes, mas que comungam de conhecimentos próximos; - na circulação de pensamento intracoletiva quando ocorre no interior do próprio estilo de pensar e agir, o que acaba por contribuir para a instauração e extensão do mesmo (Fleck, 2010). Esse movimento foi observado a partir das US “Construção humana” e “Visão mais concreta de como a Ciência opera na

realidade” quando partem da perspectiva de humanizadora das Ciências trazidas por Matthews. Para Fleck (2010) um indivíduo pertence a diferentes coletivos de pensamento (faz parte de mais de um coletivo) e atua como veículo para compartilhamento de ideias do CP, mas ele só pode participar de um EP, e coagir sujeitos a seguirem, compartilharem, defenderem o estilo de pensar.

### 5.1.3 Subcategoria 1.3: Construção do conhecimento

A subcategoria “Construção do conhecimento” foi elaborada a partir do agrupamento das US conforme os seus significados e semelhanças semânticas, convergindo para uma HC que contribui para perceber o processo da construção do conhecimento. Para Fleck (2010) o conhecimento é um ato social, logo ele só existe, pois, há o compartilhamento no coletivo de ideias, movimento essencial para a construção e instauração do EP. Na subcategoria emergente, há um esforço para representar a HC como não linear, bem como pensar nesse processo de construção do saber para facilitar o ensino e a aprendizagem.

A base de dados revelou, nessa subcategoria, a presença de 3:7 autores e 4:25 autores-referenciais distribuídos em 4:64 US distintas (Tabela 4), formando o coletivo e EP sobre a HC como estudo da construção do conhecimento científico dos referenciais analisados. A partir dos referenciais ou especialistas, percebemos a maneira própria de ver e agir do grupo sendo compartilhada entre os membros, fazendo com que ele se fortifique cada vez mais (Fleck, 2010).

**Tabela 04**

*Representação de Estilos e Coletivos de Pensamento sobre a HC e EC: Construção do conhecimento nas dissertações e/ou teses.*

| P*                         | Excertos que mais apareceram (US)                                                                         | T* |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| P6; P9; P17; P20; P27; P28 | Compreensão da estrutura das Ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas     | 6  |
| P3; P6; P8; P9; P15        | Mostrar o processo em geral lento e gradual de construção do conhecimento                                 | 5  |
| P14; P20; P25              | Discussões anteriores nas quais o personagem se baseou e se familiarizou com os termos utilizados à época | 3  |
| P2; P7; P18                | Compreender como a Ciência é produzida                                                                    | 3  |

Fonte: As autoras (2026).

Para Fleck (2010) o conhecimento é fruto de um processo socio-histórico desenvolvido por um CP em interação socio-cultural, ele nos diz que o pensamento não é do sujeito e sim do contexto em que ele está inserido. Desse modo, entendemos que o professor ao utilizar a HC para o ensino e a aprendizagem necessita deste olhar crítico para o contexto da criação do conhecimento, uma vez que o sujeito é constituído pelo meio em que vive.

Analisando a subcategoria “Construção do conhecimento” (4 US em 14 pesquisas), destacamos as duas US com maior frequência, entre as pesquisas analisadas acerca da HC, são elas: “Compreensão da estrutura das Ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas” foi a maior frequência (6:29) entre as citações das pesquisas; seguida de “Mostrar o processo em geral lento e gradual de construção do conhecimento” com a frequência de 5:29 pesquisas.

Nesta US “Mostrar o processo em geral lento e gradual de construção do conhecimento” considera os pressupostos evidenciados pela Lilian Martins acerca a HC para significar o ensino, ao passo que:

Mostrar através de episódios históricos o processo gradativo e lento de construção do conhecimento, permitindo que se tenha uma visão mais concreta da natureza real da ciência, seus métodos, suas limitações. Isso possibilitará a formação de um espírito crítico fazendo com que o conhecimento científico seja desmitificado sem, entretanto, ser destituído de valor (Martins, 1998, p. 18).

A percepção de construção gradual do conhecimento é fundamental para desmistificar estereótipos científicos, visões lineares dos saberes científicos e/ou como produto, que necessita ser problematizado em sala de aula por meio de episódios historiográficos. A partir das US da Tabela 4 observamos que Matthews exerce coerção sobre os demais autores do CP da HC, pois, seu estilo está frequente na metade das US da categoria (2:4), intensificando-o a partir da circulação de ideias entre as diferentes pesquisas que compartilharam o pensamento do autor. Entendemos que os demais autores-referenciais (Martins, L. A. C. P. A., com 1:4 US; Forato, T. C. D. M., Pietrocola, M. e Martins, R. D., com 1:4 US) formam o CP com citações nas pesquisas analisadas que utilizam as referências sobre a HC e que sofrem influência de Matthews, desse modo, intensificando seu EP.

Para Matthews (1995) a HC não possui respostas para todos os problemas da educação, mas ele traz, entre alguns aspectos, a possibilidade de ela auxiliar o professor em uma melhor compreensão da estrutura do conhecimento científico, o que repercute diretamente na sala de aula. “A tarefa da pedagogia é, então, a de produzir uma história simplificada que lance uma luz sobre a matéria, mas que não seja uma mera caricatura do processo histórico” (Matthews, 1995, p. 177). A representação errônea e simplificada da Ciência, denominada de quasi-história ou pseudo-história (Matthews, 1995; Allchin, 2004), frequente em LD, que deve ser evitada.

A relevância do processo histórico para a construção do conhecimento também é identificada nos estudos de Fleck (2010), em que a relação de construção se dá por um tripé, constituído pelo cognoscente (ser pensante), pelo objeto de estudo (HC) e pelo estado do conhecimento (relações históricas, sociais e culturais) que marcam o estilo onde o CP é permeado. Segundo Fleck (2010) o estado do conhecimento é o terceiro fator que implica diretamente na construção do conhecimento científico.

## 5.2. Categoria 2: EP formativo

### 5.2.1 Subcategoria 2.1: Formação de professores

A subcategoria “Formação de professores” foi elaborada a partir da relação entre as proposições da HC como potencializadora da formação do professor, Martins (2012) ressalta a importância da HC para a formação de professores, e Martins (2012) traz que não se tem garantias que o professor com acesso a HC, posteriormente, irá utilizar na sala de aula. O autor aponta os desafios na utilização da HC na e para a formação de professores, como “em relação ao uso didático da HC somos levados a crer que estamos superando, na prática, o “por que fazer?” e avançando nas respostas ao “como fazer?” (Martins, 2012, p. 19). Assim, há carências de cursos e formação de professores na HC para o desenvolvimento de materiais didáticos, bem como na utilização para o EC (Martins, 2012).

A partir disso, observamos que na subcategoria houve uma frequência de 2:7 autores em 5:25 autores-referenciais, distribuídos nas 6:64 US distintas da Tabela 5, formando o coletivo e EP sobre a HC e a EB nas pesquisas analisadas. Desse modo, entendemos que o EP que predomina ainda é do especialista Matthews, mas compreendemos que teve uma circulação de pensamentos intracoletiva, com o autor Martins que traz a HC de uma forma mais acentuada para a formação do professor e sua prática, nessa categoria. Assim, este estilo de pensar foi fortalecido e expandido, para além dos motivos pelos quais deve ser utilizado a HC (Fleck, 2010), ao trazer desafios observados pelos professores na sua utilização.

## Tabela 05

*Representação de Estilos e Coletivos de Pensamento sobre a HC e EC: Formação de professores nas dissertações e/ou teses.*

| P*                              | Excertos que mais apareceram (US)                       | T* |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------|----|
| P1; P8; P12; P15; P17; P21; P25 | A falta de preparo do professor                         | 7  |
| P6; P8; P9; P14; P21; P27; P28  | Melhorar a formação do professor                        | 7  |
| P1; P2; P8; P15; P17; P24       | A carência de professores com a formação adequada em HC | 6  |

|                             |                                                                  |   |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|---|
| P8; P12; P17; P24; P27; P28 | A falta de material didático adequado (textos sobre HC; livros)  | 6 |
| P1; P8; P12; P15; P25       | Resistência e desinteresse dos estudantes e dos professores      | 5 |
| P8; P9; P21                 | Não basta o oferecimento de disciplinas de HFC nas licenciaturas | 3 |

Fonte: As autoras (2026).

A partir da subcategoria Formação de professores (6 US em 14 pesquisas), destacamos as quatro US com maior frequência, entre as pesquisas analisadas acerca da HC, são elas: “A falta de preparo do professor” e “Melhorar a formação do professor” ambas frequentes em 7:29 pesquisas; seguidas da “A carência de professores com a formação adequada em HC” e da “A falta de material didático adequado (textos sobre HC; livros)” ambas com a frequência de 6:29 pesquisas em cada. As US da Tabela 5 refletem uma extensão do estilo de Matthews, e posteriormente, complementam-se aos dos especialistas Martins A. F. P (3:6 US) e Martins R. de A. (1:6 US) que compartilham de uma mesma US, ao passo que, cada um deles possui 3:6 US na subcategoria (Matthews, M. R.; Martins, A. F. P., com 6:6 US). Entendemos que houve o fortalecimento do CP, a partir da humanização das Ciências e contextualização do saber (Pereira; Amador, 2007), trazendo as dificuldades dos professores para a utilização da abordagem da HC.

A extensão do estilo pode ser observada na US “A falta de material didático adequado (textos sobre HC; livros)” em que Matthews (1995, p. 168) traz a necessidade de converter “projetos de currículos em realidade de sala de aula requer novas orientações para a prática e a avaliação, novos materiais didáticos”. Essa percepção compactua com a necessidade de inclusão da HC nos currículos da formação de professores para que “estes adquirissem conhecimentos em temas como o reconhecimento e a interpretação de episódios de evolução teórica no decurso da história, tipificando e exemplificando diversas situações.” (Pereira; Amador, 2007, p. 213).

A HC pode “melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da Ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências” (Matthews, 1995, p. 165). O autor estabelece os motivos para a utilização da HC, entendemos que o professor pode desenvolver um conhecimento maior e mais abrangente da disciplina, além de propiciar a concepção crítica acerca da construção do conhecimento (Matthews, 1995), caracterizando um processo não linear.

Para Martins (2012) que corrobora com Matthews e expande o estilo, ao reforçar que não basta criar novos materiais, pois, tem-se a necessidade de ensinar como utilizar estes materiais em sala de aula. Uma vez que, Martins (2012) faz uma análise de trabalhos que vem sendo desenvolvidos na EB e no Ensino de Física com intervenções por meio da HC, este evidencia que é preciso investimentos em formação de professores.

“Transformar o saber da HFC em saber a ser ensinado ainda é um desafio. Nessa transição (de “conteúdo” a “conteúdo-estratégia”) o debate metodológico é fundamental” (Martins, 2012, p. 19). O professor que não possui o conhecimento da HC reproduz um currículo segmentado, segundo Rodrigues (2019) em seu estudo demonstrou que não é utilizada a HC no EC, ou utiliza-se a história de modo interno, sem interferências do meio externo na Ciência (sendo ela neutra?).

A partir da análise da subcategoria entendemos que o estilo se expande pelo compartilhamento de ideias e discussões acerca da HC na e para a formação de professores (Fleck, 2010). A HC como potencializadora do ensino e da aprendizagem é um fato científico defendido por Matthews, pois;

[...] promover um ensino de melhor qualidade (mais coerente, estimulante, crítico, humano, etc.). Esse argumento vantajoso não é o único: pode-se argumentar a favor de um professor que tenha conhecimento crítico (conhecimento histórico e filosófico) de sua disciplina mesmo que esse conhecimento não seja diretamente usado em pedagogia há mais em um professor do que apenas aquilo que se pode ver em sala de aula (Matthews, 1995, p. 188).

O fato científico já foi estabelecido e ainda exerce coerção sobre os demais participantes do CP, ao passo que os dizeres de Matthews, após 30 anos, ainda satisfazem os membros do coletivo e sua referência está sendo utilizada pelos demais participantes e nas pesquisas analisadas. Desse modo, percebemos que há um esforço do coletivo para reverberar o estilo humanizador dos processos de ensino e de aprendizagem, a partir da utilização da HC nos pressupostos do especialista Matthews.

### 5.3. Categoria 3: EP conceitual

A categoria envolve os estudos de fatos científicos e conceituais, e está organizada em três subcategorias: i) “Problematização conceitual de conceitos”; ii) “Crítica ao Crescimento Linear do conhecimento e aos estereótipos científicos”; iii) “Análise dos elementos históricos da Ciência”, disposto para a análise em ordem decrescente de abrangência nas pesquisas.

#### 5.3.1 Subcategoria 3.1: Problematização contextual de conceitos

A subcategoria “Problematização contextual de conceitos” foi elaborada a partir da circulação de ideias no coletivo que tem a problematização de conceitos com a HC contextualizada. Este coletivo foi instituído a partir do EC e no treinamento de professores com uma “abordagem contextualista, isto é, uma educação em ciências, onde estas sejam ensinadas em seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico” (Matthews, 1995, p. 166), segundo o autor, com um EC em e sobre as Ciências ao explorar durante as aulas os diferentes contextos que envolveram a construção do conceito, também defendido por Pereira e Amador (2007).

Observamos que nesta subcategoria houve a frequência de 2:7 autores diferentes e 2:25 autores-referenciais distribuídos em 4:64 US distintas, na Tabela 6, formando o coletivo e o EP sobre a HC nas pesquisas analisadas, observamos que 13 pesquisas trouxeram as ideias de Matthews para a circulação intracoletiva de ideias na categoria. O estilo de pensar deste coletivo está em contextualizar a construção do conceito (Pereira; Amador, 2007), demonstrando que a Ciência sofre diferentes influências internas e externas ao conhecimento científico.

**Tabela 06**

*Representação de Estilos e Coletivos de Pensamento sobre a HC e EC: Problematização contextual de conceitos nas dissertações e/ou teses.*

| P*                              | Excertos que mais apareceram (US)                                                                                                        | T* |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| P6; P9; P17; P20; P21; P27; P28 | Compreensão mais rica e autêntica de uma epistemologia da Ciência e seu lugar no esquema intelectual e social                            | 7  |
| P10; P14; P15; P24              | O pensamento científico atual está sujeito a transformações                                                                              | 4  |
| P8; P12; P21                    | Abordagem na EB                                                                                                                          | 3  |
| P2; P9; P27                     | Os fatores extra científicos (influências e exercidas sociais, políticas, econômicas, luta pelo poder, propaganda, fatores psicológicos) | 3  |

Fonte: As autoras (2026).

Nessa subcategoria (4 US em 14 pesquisas), ressaltamos as duas US com maior frequência, entre as pesquisas acerca da HC, são elas: “Compreensão mais rica e autêntica de uma epistemologia da ciência e seu lugar no esquema intelectual e social” frequente em 7:29 pesquisas e “O pensamento científico atual está sujeito a transformações” frequente em 4:29 pesquisas. A partir das US da Tabela 6 em que Matthews possui 3:4 US e autor-referencial Martins L. A. C. P. tem 1:4 US.

Evidenciamos que na subcategoria há uma preocupação com o contexto em que circunda o conhecimento científico, e a representação do processo de construção do saber, como nas US: - “Compreensão mais rica e autêntica de uma epistemologia da Ciência e seu lugar no esquema intelectual e social”; - “O pensamento científico atual está sujeito a transformações”; - “Os fatores extra científicos



(influências e exercidas sociais, políticas, econômicas, luta pelo poder, propaganda, fatores psicológicos)". Estas discutem uma Ciência não neutra e o conhecimento científico como um processo que está em (re) construção. Desse modo, é problematizada a Ciência como verdade absoluta, visto que a abordagem da HC possibilita discussões em sala de aula acerca da mutabilidade do conhecimento. A partir das análises de diferentes episódios e suas contribuições para a construção do conhecimento, considerando a influência de diferentes contextos éticos, sociais, políticos, econômicos e religiosos (Matthews, 1995; Pereira; Amador, 2007).

### 5.3.2 Subcategoria 3.2: Crítica ao Crescimento Linear do conhecimento e aos estereótipos científicos

A subcategoria "Crítica ao Crescimento Linear do conhecimento e aos estereótipos científicos" está fundamentada nas sete concepções deformadas do trabalho científico contempladas no estudo de Gil Pérez et al. (2001), são elas: - empírico-indutivista e atórica (neutra com a observação e experimentação); - rígida em etapas mecânicas (exata e infalível); - aproblemática e ahistórica (dogmática e fechada); - exclusivamente analítica (limitadora); - acumulativa de crescimento linear; - individualista e elitista da Ciência; - imagem descontextualizada (socialmente neutra) da Ciência. Nesta pesquisa os autores trazem a reflexão emergida a partir da prática de professores em formação inicial e em formação continuada, ao analisarem as "deformações que o ensino das ciências poderia (e pode) estar a transmitir, explícita ou implicitamente, acerca da compreensão da natureza do referido trabalho científico" (Gil Pérez et al., 2001, p. 127), em que foram evidenciadas visões deformadas acerca do trabalho científico entre os docentes analisados na pesquisa (Gil Pérez et al., 2001). Estes pressupostos vão ao encontro desta subcategoria que traz uma crítica a essa perspectiva de Ciência representada de forma linear e aos estereótipos científicos. A partir disso, destacamos a frequência de 5:7 autores e 21:25 autores-referenciais na subcategoria, distribuídos em 17:64 US distintas, com estes dados entendemos que houve uma circulação de ideias intracoletiva entre diferentes autores, maior nesse coletivo se comparado com os supracitados, conforme a Tabela 7.

**Tabela 07**

*Representação de Estilos e Coletivos de Pensamento sobre a HC e EC: Crítica ao Crescimento Linear do conhecimento e aos estereótipos científicos nas dissertações e/ou teses.*

| P*                        | Excertos que mais apareceram (US)                                                                                            | T* |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| P2; P6; P8; P17; P20; P24 | Visão aproblemática e ahistórica; acumulativa de crescimento linear                                                          | 6  |
| P2; P6; P9; P15; P20      | A Ciência como infalível, única e composta por conhecimentos prontos, acabados e irrefutáveis                                | 5  |
| P10; P12; P14; P15; P24   | Demonstra que a Ciência é mutável e instável                                                                                 | 5  |
| P3; P12; P21; P22; P27    | Um processo de tentativas e erros                                                                                            | 5  |
| P1; P12; P20; P25; P27    | Produções de pessoas trabalhando de forma isolada ou por pessoas geniais                                                     | 5  |
| P9; P15; P17; P27         | Afirmar sentenças como sendo verdadeiras e inquestionáveis                                                                   | 4  |
| P9; P17; P20; P27         | (A) redução da HC a nomes, datas e anedotas                                                                                  | 4  |
| P12; P15; P21; P27        | Biografias com HC temática apresentando Ciência como sendo desenvolvida por gênios desligados da realidade                   | 4  |
| P8; P12; P15              | Os livros didáticos quase não apresentam a HC                                                                                | 3  |
| P2; P20; P28              | A pseudo-história contribui com estereótipos                                                                                 | 3  |
| P1; P11; P20              | Visões deformadas acerca da Ciência, do trabalho científico e de como se "constroem e se produzem conhecimentos científicos" | 3  |
| P8; P17; P20              | Equívocos sobre a natureza da HC e seu uso na educação                                                                       | 3  |
| P1; P2; P6                | Os conhecimentos científicos são apresentados de maneira equivocada                                                          | 3  |
| P2; P6; P20               | O método e a produção de conhecimento é mostrada como direta e linear                                                        | 3  |
| P9; P15; P17              | Uso de argumentos de autoridade (intimidação)                                                                                | 3  |
| P15; P17; P27             | A HC e a apresentação de datas e cientistas importantes                                                                      | 3  |
| P2; P20; P24              | Amenizar visões distorcidas sobre a Ciência                                                                                  | 3  |

Fonte: As autoras (2026).

Nesta subcategoria foram identificadas 17 US em 19 pesquisas, percebemos que o estilo se intensifica ao passo que tem mais pesquisas que trazem a ideia compartilhada, quando comparada com qualquer outra subcategoria supracitada. As cinco US com maior frequência foram: “Visão aproblemática e ahistórica; acumulativa de crescimento linear” frequente em 6:29 pesquisas; “A Ciência como infalível, única e composta por conhecimentos prontos, acabados e irrefutáveis”; “Demonstra que a Ciência é mutável e instável”; “Um processo de tentativas e erros” e “Produções de pessoas trabalhando de forma isolada ou por pessoas geniais”, presentes em 5:29 pesquisas cada.

Na US “Visão aproblemática e ahistórica; acumulativa de crescimento linear” representa a transmissão do conhecimento já elaborado, sem mostrar as problemáticas entorno da sua origem, sua evolução, dificuldades encontradas e limitações do conhecimento científico atual (Gil Pérez et al., 2001). Segundo os autores, estes professores analisados possuem uma percepção ingênua e afastada do processo de construção do conhecimento científico.

A partir da Tabela 7 constatamos que os autores com maior frequência entre as US foram Martins, R. de A. (6:17 US) e Gil Pérez et al. (5:17 US), mas que os demais autores estiveram presentes nas pesquisas (Matthews, M. R. em 3:17 US; Allchin, D. com 2:17 US; Martins, L. A. C. P com 1:17 US). Desse modo, observamos que em torno da constituição do pensamento, “forma-se um pequeno círculo esotérico e um círculo exotérico maior de participantes do coletivo de pensamento.” (Fleck, 2010, p. 157). O CP possui inscrito o círculo esotérico (o EP) formado por especialistas da área do conhecimento que coagem os leigos do círculo exotérico a seguirem o estilo. Nesse coletivo percebemos que a coerção é desenvolvida principalmente por Martins, R. de A. e Gil Pérez et al. ao passo que possuem maior quantitativo de pesquisas que utilizam suas obras para defender esse estilo de pensar, em que a abordagem da HC possibilita questionar as percepções de Ciência representadas de forma linear, sem erros, como produto, conforme o identificado nessa categoria.

### *5.3.3 Subcategoria 3.3: Análise dos elementos históricos da Ciência*

A subcategoria “Análise dos elementos históricos da Ciência” traz o EP com a proposição da HC na perspectiva da utilização de elementos históricos da Ciência. A abordagem de fontes primárias para o ensino de Física, por meio de episódios historiográficos, segundo Martins permite;

[...] perceber o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento, permitindo formar uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações – o que contribui para a formação de um espírito crítico e desmitificação do conhecimento científico, sem no entanto negar seu valor. A ciência não brota pronta, na cabeça de “grandes gênios”. Muitas vezes, as teorias que aceitamos hoje foram propostas de forma confusa, com muitas falhas, sem possuir uma base observacional e experimental. Apenas gradualmente as idéias vão sendo aperfeiçoadas, através de debates e críticas, que muitas vezes transformam totalmente os conceitos iniciais (Martins, 2006, p. 22).

Acreditamos que esse processo de (re) construção do conhecimento científico para as aulas de Ciências é muito significativo, possibilitando a quebra de visões de Ciência como produto, ao fomentar discussões sobre diferentes cientistas que contribuíram de várias formas para que o conhecimento fosse testado, e “validado” ou não, até o momento.

A base de dados revelou nesta subcategoria a presença de 3:7 autores e 6:25 autores-referenciais, distribuídos em 7:64 US distintas. Na Tabela 8 que traz um EP, este trata-se dos “pressupostos de pensamento sobre os quais o coletivo constrói seu edifício de saber” (Fleck, 2010, p. 16) sobre a abordagem da HC a partir de elementos históricos para o EC nas 29 pesquisas analisadas.



## Tabela 08

*Representação de Estilos e Coletivos de Pensamento sobre a HC e EC: Análise dos elementos históricos da Ciência nas dissertações e/ou teses.*

| P*                        | Excertos que mais apareceram (US)                                                    | T* |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| P2; P8; P9; P11; P12; P21 | Utilizar episódios históricos em sala de aula                                        | 6  |
| P10; P12; P14; P15; P16   | Compreender certos episódios fundamentais na HC                                      | 5  |
| P10; P12; P14; P15; P24   | Apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente                               | 5  |
| P6; P8; P9; P18           | Estudo adequado de alguns episódios históricos                                       | 4  |
| P7; P24; P28              | Examinando exemplos históricos antigos                                               | 3  |
| P10; P17; P24             | A realização de atividades investigativas relacionadas aos episódios clássicos da HC | 3  |
| P2; P8; P24               | Contextualização de discussões sobre a NdC por meio de episódios históricos          | 3  |

Fonte: As autoras (2026).

Nesta subcategoria identificamos 7 US em 16 pesquisas, destacamos as três US com mais frequência, entre as pesquisas analisadas acerca da HC, são elas: “Utilizar episódios históricos em sala de aula” com a maior frequência (6:29) entre as citações analisadas nas pesquisas; seguida do “Compreender certos episódios fundamentais na HC” e “Apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente” ambas com as frequências iguais (5:29) nas pesquisas. Para Martins a HC demonstra, por meio de episódios históricos;

[...] que ocorreu um processo lento de desenvolvimento de conceitos até se chegar às concepções aceitas atualmente. Isso pode facilitar o aprendizado do próprio conteúdo científico que estiver sendo trabalhado. O educando perceberá que suas dúvidas são perfeitamente cabíveis em relação a conceitos que levaram tanto tempo para serem estabelecidos e que foram tão difíceis de atingir (Martins, 1998, p. 18).

Por meio da HC o aluno pode perceber que aceitar ou refutar uma proposta depende de fatores que, muitas vezes, não estão intrínsecos a fundamentação, tais como: religiosos, sociais, políticos ou filosóficos (Martins, 1998).

A partir das US da Tabela 8 identificamos que Matthews exerce novamente grande coerção sobre os demais participantes deste CP da HC com elementos historiográficos. Para Matthews (1995, p. 172-173) “há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência -a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável” e desse modo, introduz a ideia de pensamento científico que pode sofrer transformações, esse EP está instaurado em 5:7 US da categoria emergente.

Existe ainda um fortalecimento do estilo com o compartilhamento de US por alguns autores (Martins, R. de A. presente em 4:7 US; Martins, L. A. C. P. em 1:7 US), além das pesquisas analisadas que contribuem para a instauração do modo de agir e pensar do coletivo ao trazer os autores-referenciais nos estudos. O que vai ao encontro da proposição de Fleck (2010) sobre o movimento de Circulação de Ideias, que este contribui ou pode contribuir para a transformação de um EP.

## 6. Considerações Finais

Nesta pesquisa identificamos teóricos, os quais nomeamos como “autores-referenciais” em dissertações e teses brasileiras que propõe discussões acerca da HC, presente nas 29 pesquisas analisadas sobre EC e a EB. Buscamos explorar o quantitativo em que estes teóricos foram citados/ou não nas publicações, e por meio da Análise de Conteúdo destas citações trazemos os entendimentos dos autores-referenciais mais citados em relação à HC o EC na EB. A partir disso, procuramos entender a existência/ou não de um predomínio de EP e CP.

Desse modo, na pesquisa foi possível identificar um EP e um CP acerca das diferentes características da HC na EB, sendo referenciada uma HC predominantemente não linear, essa constatação foi

surpreendente, pois, está em contradição a nossa hipótese. Essa perspectiva de HC sendo referenciada nas pesquisas de forma não linear, tem como destaque o autor-referencial Matthews como precursor da abordagem no Brasil, seguido pelo autor-referencial Martins R. de A. A maioria das pesquisas citaram Matthews e a partir disso, entendemos que o especialista está exercendo grande coerção de pensamento sobre os estudos e influenciando aos demais autores brasileiros que desenvolveram suas pesquisas sobre a HC e a EB, a partir da tradução do estudo do australiano referido. Portanto, o EP instaurado é o que defende a HC no EC trazendo os motivos pelos quais devem ser abordados a HC para o ensino e a aprendizagem, em geral, o estilo humanizador, contextualizador das Ciências, fato também observado em estudos internacionais.

Além disso, destacamos a relevância da utilização da abordagem da HC, como uma proposição para a formação de professores, evidenciada em algumas das pesquisas analisadas. Ademais, ressaltamos a importância da classificação, da leitura e da compreensão das pesquisas acerca da HC no EC, pois na construção da base de dados, além de entendimento maior sobre as ferramentas necessárias para organizar e filtrar informações pertinentes a pesquisa, identificamos o contexto, fizemos relações e dialogamos com as diferentes percepções dos autores-referenciais trazidos nas teses e dissertações analisadas, bem como, relacionamos com estudos internacionais que compartilham do mesmo EP.

Sendo assim, foi possível entendermos a HC no EC sobre diferentes abordagens, a partir do olhar das categorias epistemológicas de Fleck, ao passo que identificamos nas citações e pesquisas analisadas uma circulação de ideias que visa instaurar o coletivo e o EP partindo de uma HC para uma humanização das Ciências. A partir desse movimento de compartilhamento de referenciais nos coletivos instaurados observamos, por vezes, uma possível transformação do estilo do especialista Matthews, em que ele traz os motivos para se utilizar a HC em sala de aula, já abordando lacunas acerca da necessidade de formação docente, e que foram destacadas por Martins R. de A. Mas, percebemos que o viés de Martins foi mais acentuado para lacunas observadas em intervenções, como a falta de investimento para a utilização de recursos didático e na formação de professores em HC para atuarem na EB.

Além disso, observamos algumas limitações na base de dados brasileira que poderiam implicar em nossos resultados, como somente dois dos autores mais citados serem estrangeiros, o restante todos são autores que representam estudos brasileiros. Em outra perspectiva, muitas vezes, a base de dados dos trabalhos analisados são objetos de planejamento e não foram mediados na prática, mesmo sendo um discurso com base em referencial pertinente leva-nos a questionarmos até que ponto seria algo revolucionário, inovador e não o mesmo que já havia nas pesquisas anteriores?

Deste modo, ressaltamos a importância do compartilhamento de ideias para a reconstrução de conceitos, contribuindo para delinear a epistemologia da HC o EC e a EB a partir da perspectiva de Fleck, podendo transformar a formação docente com a possibilidade de melhorar o ensino e a aprendizagem em Ciências.

## **7. Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC) da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) pela Bolsa de financiamento.

## **8. Contribuições dos Autores**

As autoras Angélica Maria de Gasperi e a Rúbia Emmel realizaram juntas a conceitualização, a metodologia, a redação, o rascunho original, a pesquisa, a visualização, bem como a revisão e edição.

## 9. Declaração de Financiamento

Esta pesquisa foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por meio de uma bolsa de mestrado acadêmico do PPGEc da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Cerro Largo, RS, Brasil.

## 10. Declaração de Uso de Inteligência Artificial

As autoras declaram que não foram utilizadas, em nenhum momento, as ferramentas generativas de inteligência artificial ou tecnologias assistidas por IA durante a preparação do manuscrito.

## 11. Declaração de Conflito de Interesses

As autoras declaram que não há conflitos de interesses relacionados à publicação deste artigo.

## 12. Referências

- Allchin, D. (2004). Pseudohistory and Pseudoscience. *Science & Education*, 13, 179–195.
- Bardin, L. (2011). *Análise de Conteúdo*. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro (Trad.) São Paulo: Edições 70.
- Emmel, R. (2011). “Estado da arte” e coletivos de pensamento da pesquisa sobre o livro didático no Brasil. 2011, 101 f. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências). Ijuí: Unijuí.
- Fleck, L. (1986). *La gènesis y desarrollo de um hecho científico*. Tradução: Luis Meana. Madrid: Alianza Editorial.
- Fleck, L. (2010). *Gênese e desenvolvimento de um fato científico*. Georg Otte; Mariana Camilo de Oliveira (trad.), Belo Horizonte: Fabrefactum.
- Gil Pérez, D. et al. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125-153.
- Leite, F. A. (2016). *Desenvolvimento do coletivo de pensamento da área de ensino de ciências da natureza e suas tecnologias em processos de formação de professores*. 2016. 203 f. Tese (Doutorado em Educação nas Ciências). Ijuí: Unijuí.
- Lorenzetti, L. (2007). Educação ambiental e epistemologia em Fleck. In: 30ª Reunião anual da ANPED, 2007, Caxambu. *Anais...* Caxambu, 1-19. Recuperado de <http://30reuniao.anped.org.br/trabalhos/GT22-2843--Int.pdf>
- Lüdke, M. e André, M. E. D. A. (2001). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: Epu.
- Marques, C. A. (2012). Estilos de pensamento de professores italianos sobre a Química Verde na educação química escolar. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 11 (2), 316-340.
- Martins, R. de A. (2005). *Física e história*. São Paulo: UNICAMP.
- Martins, R. de A. (2006). Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: Silva, C. C. (Ed.) *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 17-30.
- Martins, A. F. P. (2007). História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, 24(1), 112-131.
- Martins, L. A-C. P. (2005). História da ciência: objetos, métodos e problemas. *Ciência & Educação*, Bauru, 11 (2), 305-317.
- Martins, L. A. C. P. (1998, dez.). A História da Ciência e o ensino de biologia. *Ciência e Ensino*, Campinas, 5, 18-21. Recuperado de [http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2013/ciencias\\_artigos/historia\\_ciencia.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2013/ciencias_artigos/historia_ciencia.pdf)

- Martins, A. F. P. (2012). História, filosofia, ensino de ciências e formação de professores: desafios, obstáculos e possibilidades. *Educação: Teoria e Prática*, 22(40), 05–25. Recuperado de: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/educacao/article/view/6268>.
- Matthews, M. R. (1995). História, Filosofia e Ensino de Ciências: A tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12(3), 164-214.
- Pereira, A. I. e Amador F. (2007). A História da Ciência em manuais escolares de Ciências da Natureza. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 6(1), 191-216.
- Rodrigues, I. T. (2019). A História da Ciência na formação inicial de professores de ciências. *História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces*. 20, 2-14. Recuperado de <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/44832/30813>
- Roque, T. (2012). *História da Matemática: uma visão crítica, desfazendo mitos e lendas*. Rio de Janeiro: Zahar. 511.
- Sánchez, C. G. (2020). Ludwik FLeck: la teoría de los estilos de pensamiento y de los colectivos de pensamiento. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 20 (41), 147-167.
- Scheid, N. M. J. (2006). *A contribuição da história da biologia na formação inicial de professores de Ciências Biológicas*. 2006, 215 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Florianópolis: UFSC.

## ASTRONOMIA INDÍGENA NO ENSINO DE SISTEMAS DE REFERÊNCIA A PARTIR DA TEORIA DA ATIVIDADE HISTÓRICO-CULTURAL

### INDIGENOUS ASTRONOMY IN THE TEACHING OF REFERENCE SYSTEMS FROM THE THEORY OF HISTORICAL-CULTURAL ACTIVITY

### ASTRONOMÍA INDÍGENA EN LA ENSEÑANZA DE LOS SISTEMAS DE REFERENCIA DESDE LA TEORÍA DE LA ACTIVIDAD HISTÓRICO-CULTURAL

Nairys Costa de Freitas\*<sup>ID</sup>, Heliomárzio Rodrigues Moreira\*\*<sup>ID</sup>  
Mairton Cavalcante Romeu\*\*\*<sup>ID</sup>, Maria Cleide da Silva Barroso\*\*\*\*<sup>ID</sup>

Costa de Freitas N, Rodrigues H, Cavalcante R, da Silva M. (2026). Astronomia indígena no ensino de sistemas de referência a partir da teoria da atividade histórico-cultural. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(2), e-23614 <https://doi.org/10.14483/23464712.23614>

#### Resumo

O presente trabalho configura-se como um ensaio teórico cujo objetivo é propor a articulação da Astronomia Indígena no ensino de Sistemas de Referência à luz da Teoria da Atividade Histórico-Cultural (TAHC). Busca-se responder à seguinte questão de pesquisa: como integrar os saberes astronômicos dos povos originários no ensino de Sistemas de Referência sem incorrer em reducionismos epistêmicos? Por meio de uma análise crítica que tenciona aproximações e limites entre as bases materialistas da TAHC, as estruturas simbólicas e as ontologias nativas, o estudo apresenta uma reflexão sobre a complexidade de promover um diálogo intercultural no ensino de Ciências. A partir da análise de documentos curriculares e da fundamentação teórica, propõem-se linhas de atuação pedagógica voltadas para a elaboração de materiais didáticos que valorizem as relações étnico-raciais e a educação ambiental. Utilizando os Sistemas de Referência e os saberes celestes indígenas como eixos integradores, o ensaio problematiza a incomensurabilidade cultural e defende a justiça epistêmica contra o silenciamento histórico nos currículos de Ciências. Amparada pela Lei nº 11.645/2008 e pela BNCC, a abordagem expande os princípios da mediação cultural rumo a uma práxis emancipatória, reivindicando

\* Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM/IFCE). Doutoranda em Ensino no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Brasil. [nairys.freitas07@aluno.ifce.edu.br](mailto:nairys.freitas07@aluno.ifce.edu.br) - ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0799-8489>.

\*\* Mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutorando em Ensino no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Brasil. [heliomarziom@gmail.com](mailto:heliomarziom@gmail.com) - ORCID <https://orcid.org/0009-0007-3282-1363>.

\*\*\* Doutor em Física pela Universidade Federal do Ceará. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Brasil. [mairtoncavalcante@ifce.edu.br](mailto:mairtoncavalcante@ifce.edu.br) - ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5204-9031>.

\*\*\*\* Doutora em Educação pela Universidade Federal do Ceará. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Brasil. [ccleide@ifce.edu.br](mailto:ccleide@ifce.edu.br) - ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5577-9523>.

que as vozes e a participação dos povos originários assumam centralidade permanente e ética nos espaços educativos.

**Palavras-chave:** Ensino de Astronomia; Astronomia Indígena; Teoria da Atividade Histórico-Cultural; Ensino de Ciências

### Abstract

This paper is a theoretical essay whose objective is to propose the integration of Indigenous Astronomy into the teaching of Reference Systems considering the Theory of Historical-Cultural Activity (THCA). It seeks to answer the following research question: how can the astronomical knowledge of Indigenous peoples be integrated into the teaching of Reference Systems without falling into epistemological reductionism? Through a critical analysis that examines the connections and limitations between the materialist foundations of HCT, symbolic structures, and indigenous ontologies, the study reflects on the complexity of fostering intercultural dialogue in science education. Based on an analysis of curriculum documents and theoretical foundations, the study proposes pedagogical approaches aimed at developing teaching materials that value ethnic-racial relations and environmental education. Using Reference Systems and indigenous celestial knowledge as integrating axes, the essay problematizes cultural incommensurability and advocates for epistemic justice against historical silencing in science curricula. Supported by Law No. 11,645/2008 and the BNCC, the approach expands the principles of cultural mediation toward an emancipatory praxis, asserting that the voices and participation of Indigenous peoples should assume a permanent and ethical centrality in educational spaces.

**Keywords:** Astronomy Teaching; Indigenous Astronomy; Cultural-Historical Activity Theory; Science Teaching.

### Resumen

El presente trabajo se configura como un ensayo teórico cuyo objetivo es proponer la integración de la astronomía indígena en la enseñanza de los sistemas de referencia a la luz de la Teoría de la Actividad Histórico-Cultural (TAHC). Se busca responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo integrar los conocimientos astronómicos de los pueblos originarios en la enseñanza de los sistemas de referencia sin caer en reduccionismos epistémicos? Mediante un análisis crítico que aborda las aproximaciones y los límites entre las bases materialistas de la TAHC, las estructuras simbólicas y las ontologías nativas, el estudio presenta una reflexión sobre la complejidad de promover un diálogo intercultural en la enseñanza de las ciencias. A partir del análisis de documentos curriculares y de la fundamentación teórica, se proponen líneas de actuación pedagógica orientadas a la elaboración de materiales didácticos que valoricen las relaciones étnico-raciales y la educación ambiental. Utilizando los Sistemas de Referencia y los saberes celestes indígenas como ejes integradores, el ensayo problematiza la inconmensurabilidad cultural y defiende la justicia epistémica frente al silenciamiento histórico en los currículos de Ciencias. Respaldo por la Ley n.º 11.645/2008 y por el BNCC, el enfoque amplía los principios de la mediación cultural hacia una praxis emancipatoria, reivindicando



que las voces y la participación de los pueblos originarios asuman una centralidad permanente y ética en los espacios educativos.

**Palabras-Clave:** Enseñanza de la Astronomía; Astronomía Indígena; Teoría de la Actividad Histórico-Cultural; Enseñanza de las Ciencias..

## 1. Introdução

A Astronomia Cultural é definida por Ruggles e Saunders (1993) e Iwaniszewski (1991) como o estudo responsável por investigar a forma como as diferentes culturas percebem e interpretam os fenômenos celestes. Essa área é considerada interdisciplinar, a qual considera que o céu e a Terra estão interligados, evidenciando os conhecimentos dos povos indígenas sobre o cosmos, indo além da observação do céu. Esta área de conhecimento está integrada a um sistema mais amplo de valores culturais e saberes que envolve o meio ambiente, possuindo raízes milenares, ganhando cada vez mais visibilidade ao ser disseminada por pesquisas como as de Afonso (2003), Clarke (2008), Faulhaber (2004), Fuller (2014), Garcia et al. (2016), Giménez-Benítez, López e Granada (2002), Gullberg et al. (2020), Hugh-Jones (1982), Iwaniszewski (1991), Jafelice (2010 e 2016), Leaman e Hamacher (2019), López (2009, 2011, 2013, 2017, 2021, 2022), López e Altman (2021), López e Giménez-Benítez (2008).

López (2013) afirma que os atributos ou conceitos-chave em Astronomia Indígena são: identidade, corpo, pessoa, espaço, território, cosmovisão, rituais, mitologias, lógicas da prática e oralidade. Gondim e Mól (2008, p. 5) complementam afirmando que “[...] o ser humano faz-se com base em múltiplos saberes e, dentre eles, os saberes populares, os quais estão presentes na cultura de nosso país e pouco reconhecidos em nossas escolas”. Assim, é possível compreender a partir do trabalho de Afonso et al. (2022) que um dos princípios fundamentais para compreender a cultura e os saberes dos povos indígenas é conhecer a sua cosmovisão.

A valorização dos conhecimentos que envolvem as culturas e os saberes sobre o céu é fundamental no Ensino de Ciências (Garcia et al., 2016), bem como a importância dessas epistemologias na área da Educação (Forquin, 1993), considerando a sua característica interdisciplinar (Slovinski, Alves-Brito & Massoni, 2023). Esses aspectos se fortalecem na ideia de que a Astronomia se trata de uma construção especificamente humana (Barros & Ovigli, 2014). Adicionalmente, Moura (2012, p. 57) considera que a Astronomia “[...] é parte de uma cultura maior, de um arcabouço de conhecimentos que dá significado à humanidade, que faz dela presente como elemento do mundo”.

As constelações são definidas por Oliveira-Filho e Oliveira-Saraiva (2017) como vários agrupamentos aparentes de estrelas, onde os astrônomos da antiguidade imaginaram formar figuras de pessoas, animais ou objetos, ajudando a separar o céu em partes menores. Afonso (2014) relatou que os indígenas brasileiros utilizam vários componentes celestes para atribuir os pontos cardeais e as estações do ano. Além da constelação do Cruzeiro do Sul, várias constelações, especificamente a Via Láctea (o cinturão da nossa Galáxia), assim como Joykexo (Três Marias), Colibri (Cisne), Boitatá (parte do Escorpião) e Cara da Onça (Híades). Os Tukano consideram que as constelações ou sua ‘queda’ no horizonte oeste estão relacionadas com as chuvas e enchentes (Cabalzar, 2005). Para Hugh-Jones (1982), o fato de a ascensão das estrelas parecer cessar as chuvas e sua descendência parecer trazê-las está relacionado com os conceitos associados à Via Láctea e ao sistema fechado de circulação de água no decorrer das três camadas do universo.

Os padrões culturais, sociais e científicos existentes nas ciências astronômicas dos povos indígenas são citados no trabalho de Bonatti et al. (2022), o qual discute sobre as cosmologias originárias, especificamente dos povos andinos e Kaingang, onde os conhecimentos ancestrais são utilizados como



referência para pesquisas e estudos. Em concordância, Urton (2022) realiza uma integração na cosmologia dos povos andinos, cujo enfoque principal está na civilização Inca, apresentando de forma ampla e detalhada a percepção destes povos a respeito do Universo e o seu lugar nele.

Os saberes envolvendo os elementos celestes associados aos saberes mitológicos foram considerados fundamentais pelo etnólogo Nimuendajú (1987), o qual evidencia a etnia Nandeva-Guarani/Apapocúva e os conhecimentos astronômicos destes povos ligados à biodiversidade local, como, por exemplo: Nacaniná (serpente não venenosa) que representa a chegada da estação fria, pois se trata de um elemento celeste sazonal, o qual poderia estar associado com o mesmo conjunto estelar (constelações) conhecido por outras etnias.

Freitas et al. (2024) analisam em seu trabalho os conhecimentos astronômicos dos povos originários como uma forma de reduzir as distâncias entre Ciência e Cultura e promover um diálogo a respeito das questões étnico-raciais nas Ciências, considerando a importância da valorização das diversas formas de interpretar o Universo. Nesse sentido, é importante observar que Vygotsky (1984) considera que a cultura humana é fundamental para o desenvolvimento do indivíduo, que confirma a sua identidade por meio dela.

A relação entre educação científica e cultura humana é definida pela TAHC, a qual é reconhecida em vários trabalhos em ensino de Ciências, pela sua importância na observação do céu, no contexto da Educação em Astronomia (Santiago & Mattos, 2024). Consoante a isso, a observação do céu é considerada uma prática importante por Azevedo e Mann (2017), Barclay (2003), Bretones e Compiani (2010), Kim (2017), Klein et al. (2010), Okulu e Oguz-Unver (2015), Saçkes, Smith e Trundle (2016) e Stanger (2010), principalmente no ensino de Ciências, tornando evidente a importância do contato com o céu para o entendimento dos fenômenos astronômicos.

Considerando os principais fundamentos da Astronomia Cultural e as manifestações culturais de diferentes etnias indígenas relacionadas às características celestes, este ensaio teórico tensiona conceitos e propõe reflexões a respeito da Astronomia Indígena no ensino de Sistemas de Referência, à luz da TAHC. Discute-se, ao longo do texto, o potencial dos conhecimentos dos povos originários para superar a fragmentação entre Ciência e Cultura, destacando suas contribuições para o ensino de Ciências e Astronomia. Nesse contexto, enfatiza-se a relevância dessa abordagem no ensino de Sistemas de Referência. Por fim, com base nas percepções construídas ao longo da pesquisa, são indicadas linhas de atuação voltadas à elaboração de materiais didáticos que valorizam as relações étnico-raciais no ensino de Ciências.

## **2. Teoria da Atividade Histórico-Cultural (TAHC)**

De acordo com Ferreira e Schlickmann (2022), a Teoria Histórico-Cultural surgiu a partir de estudos e pesquisas desenvolvidos por Lev Semionovich Vygotsky (1896-1934), “[...] um dos mais importantes pensadores soviéticos do campo da educação e da psicologia do século XX [...]”, em conjunto com Leontiev (1903-1979) e Luria (1902-1977), que criaram um grupo chamado Troica. Essa teoria possibilitou que a educação fosse compreendida como sinônimo de humanização (Prestes; Tunes & Nascimento, 2013, p. 58).

A influência de elementos culturais nas atividades humanas foi considerada um avanço significativo, pois, a partir disso, a unidade básica de análise superou a separação entre o indivíduo cartesiano e a estrutura social inatingível. Assim, as pessoas passaram a ser compreendidas conforme o seu contexto cultural e a sociedade passou a considerar as ações das pessoas que usam e criam elementos culturais ao seu redor (Lemos & Almeida, 2013).

Entre os princípios da TAHC está a mediação, a qual se trata da utilização de instrumentos e símbolos nas relações humanas. Para Vygotsky (1995), quando as crianças nascem, elas são linhas separadas e, por meio da mediação de signos e das ferramentas materiais, nas suas relações no grupo cultural, elas vão se entrelaçar. Em outras palavras, a criança cresce inserida na cultura, de maneira que seu desenvolvimento biológico se alinha ao seu desenvolvimento cultural. Assim, este aspecto não apenas possui ligação com o biológico, mas também o amplia (Vygotsky, 1997).

As relações externas relacionadas à cultura também se aplicam ao processo de aprendizagem, o qual é compreendido como facilitador do desenvolvimento humano, na teoria Vygotskyana (Cenci & Damiani, 2018). Logo, Vygotsky (1993) considera que a instrução (ensino-aprendizagem) geralmente se adianta ao desenvolvimento do ser humano.

Segundo Vygotsky (1995, 1997), a psique humana – o pensamento e a consciência – é desenvolvida a partir da interação com outras pessoas e com o mundo ao redor. As funções psicológicas superiores, consideradas os processos mentais mais complexos, surgem primeiro nas relações sociais (funções interpsicológicas) e depois são internamente transformadas pelos sujeitos por meio da internalização (funções intrapsicológicas). Para Vygotsky, esse processo não é somente uma cópia do que está fora, mas sim um recurso que envolve mudanças qualitativas no modo de pensar do sujeito.

Nas teorias tradicionais de aprendizagem, existe um mestre que ensina e um aprendiz que aprende conteúdos previamente definidos (Cenci & Damiani, 2018). Diferente disso, Engeström (1987) afirma que o que deve ser aprendido não está totalmente claro desde o início, pois os conhecimentos e habilidades são construídos ao longo do processo de aprendizagem. Assim, a aprendizagem expansiva diz respeito à construção coletiva de mudanças (Cenci & Damiani, 2018). Ainda para os autores, a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) diz respeito às possibilidades de aprendizagem e desenvolvimento do sujeito a partir da mediação – proposta de Vygotsky para ZDP – trata-se da possibilidade de aprendizagem expansiva por meio de um sistema de atividades a partir das ações coletivas, que produzem uma nova forma histórica daquela atividade.

Essa nova concepção de aprendizagem lançou uma nova visão a respeito do conceito de internalização, onde Engeström (1987, 1999) passou a considerar que a aprendizagem (coletiva) ocorre em ciclos expansivos que envolvem internalização e externalização (criação). Té e Alves (2023) destacam que a atividade, seja ela interrelacional, intrapsíquica, ou interior/cognitiva, de característica intracognitiva, possui uma macroestrutura instituída por necessidades, objetos, motivos, ações, cadeia de ações e operações.

Usando como contexto as atividades humanas relacionadas à Astronomia, Lago e Mattos (2021) consideram que esses conceitos são formados ao longo da atividade humana e, ao mesmo tempo, são sustentados por ela. Logo, a comunidade que participa da atividade desenvolve sistemas conceituais onde os sujeitos com diferentes níveis de consciência e vontades sustentam ações coordenadas na direção de superar alguma necessidade daquela comunidade (Lago, Ortega & Mattos, 2018).

### **3. Saberes Astronômicos dos Povos Indígenas**

Cada civilização possui um conhecimento único a respeito do céu, o qual está relacionado com a sua cosmovisão, sendo considerado fundamental para a organização da sociedade (Dias-Júnior, 2004). Pereira (2022) considera em sua pesquisa que a observação dos corpos celestes realizada pelos povos originários na paisagem possibilitou identificar as estações do ano por meio dos movimentos aparentes destes astros, bem como fazer a associação dos fenômenos da terra com os fenômenos do céu. O autor considera que essas observações podem estar associadas aos aspectos simbólicos que envolvem datas significativas, geralmente relacionadas aos mitos.

Um estudo recente de Bulhões-Martins et al. (2025) reúne registros feitos por diversos observadores do mundo inteiro sobre as supernovas históricas registradas por meio de arte rupestre dos povos originários das Américas, incluindo os povos originários do Brasil. Estes registros arqueológicos encontrados com possíveis representações astronômicas comprovam o dizer de Mariuzzo (2012), ao afirmar que o céu é considerado um guia de conhecimentos dos povos indígenas para marcar o período dos trabalhos agrícolas, da floração, frutificação, reprodução de animais e rituais de proteção e cura.

### Figura 1

*Detalhe do petróglifo do sítio arqueológico lagoa do escuro que possivelmente representa a supernova 1054, ladeando a lua crescente.*



*Nota.* Imagem retirada do trabalho de Costa (2022).

A Figura 1 apresenta os resultados do trabalho de Costa (2022) a respeito da Arte Rupestre dos Cariris Velhos, demonstrando que, na madrugada de 05 de julho de 1054, a Lua estava a 3° da Supernova no momento de sua explosão, na direção Leste-Nordeste. A pesquisa de campo ocorreu na Paraíba, no Sítio Arqueológico Lagoa do Escuro, onde foi registrada uma rocha com a face voltada para o Leste contendo gravuras em técnica de picoteamento (Brito, 2015). Além disso, por meio de levantamento bibliográfico, Leopoldi (1990) identificou diversos registros etnográficos e etnológicos sobre as mitologias dos povos originários, os quais continham elementos que iam além de simples relatos textuais sobre Astronomia.

Nesse sentido, é fundamental considerar que os mitos dos povos originários não são uma expressão que faz alusão à "fábula", "invenção", "ficção", ao contrário disso, se trata de "histórias verdadeiras" com um viés significativo, onde o narrador conta uma situação ocorrida em tempo mítico que está relacionada com a existência de algo que pode ser notado no presente. Além disso, o mito "[...] fornece os modelos para a conduta humana, conferindo, por isso mesmo, significação e valor à existência" (Eliade, 1972, p. 6).

As mitologias narradas pelos povos indígenas estão associadas aos seus conhecimentos sobre os astros e identificam os conhecimentos transmitidos dos mais velhos para os mais novos de forma oralizada (Afonso, Cremoneze & Bueno, 2016). Como exemplo disso, o mito a seguir narra a origem das estrelas.

## Figura 2

### M34 Mito bororo (origem das estrelas)

As mulheres tinham ido colher milho, mas não conseguiam uma boa colheita. Então, levaram um menino pequeno, que encontrou várias espigas. Lá mesmo, elas moeram o milho para fazer pão e bolos para os homens comerem quando eles voltassem da caçada. O menino roubou uma enorme quantidade de grãos e os escondeu dentro de bambus; levou-os para a avó, e pediu-lhe que fizesse pão de milho para ele e seus amigos. A avó atendeu o pedido e os meninos se regalaram.

Depois, para esconder o roubo, cortaram a língua da velha e a de um papagaio doméstico, e soltaram todos os pássaros que eram criados na aldeia. Temendo a reação dos pais, eles fugiram para o céu, subindo por um cipó cheio de nós, que o colibri havia concordado em prender. Entrementes, as mulheres voltaram à aldeia e procuraram os meninos. Interrogaram, em vão, a mulher e o papagaio, privados da língua. Uma delas vê o cipó e a fila de meninos subindo.

Eles fingem não ouvir as súplicas e se apressam. Desesperadas, as mães sobem atrás deles, mas o ladrão, que era o último da fila, corta o cipó assim que chega ao céu: as mulheres caem e se espatifam no chão, transformando-se em animais e feras. Como castigo pela maldade, os meninos, transformados em estrelas, contemplam toda noite a triste condição de suas mães. São os olhos que vemos brilhar.

(Colb; Albisetti, 1942).

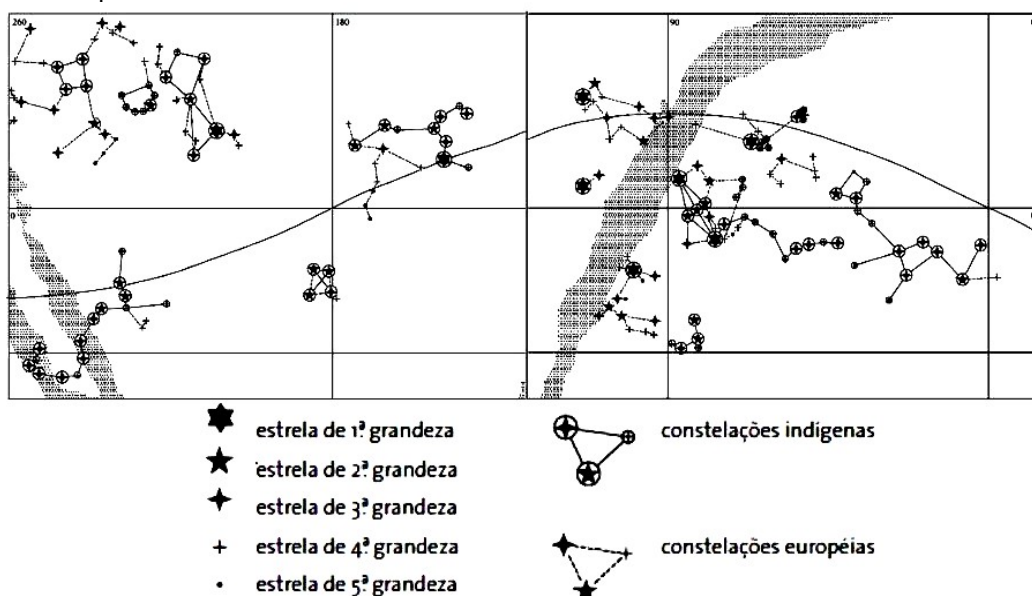
*Nota.* Elaborado pelos autores com base no M34, página 143 dos Livros Mitológicas I, O cru e o cozido de Levi Strauss e Os Boróros Orientais de Colbacchini e Albisetti (1942).

A Figura 2 apresenta o mito bororo de origem das estrelas. Além disso, esse mito possui uma relação com as Plêiades, Híadas e Cinturão de Órion, ao apresentar uma oposição entre o “povoamento do céu (pelas estrelas) e o da Terra pelas espécies animais” (Lévi-Strauss, 2021).

Assim, o mito narrado corrobora com a ideia de Afonso, Cremoneze e Bueno (2016) ao afirmarem que todo mito é uma narrativa, de modo geral considerada sagrada desde as civilizações antigas, a qual está relacionada a uma determinada cultura cujo objetivo é explicar o Universo, fenômenos da natureza, a criação do mundo, de onde surgiu a humanidade, os animais e todos os seres vivos.

## Figura 3

Vista do céu equatorial (K.G. 1905).



*Nota.* Imagem retirada do livro Antropológicas I de Lévi-Strauss (2021).



A Figura 3, representa o céu equatorial por meio de um mapa celeste, onde as estrelas são classificadas por magnitude e as constelações indígenas possuem um modelo diferente para especificar a cosmovisão de sua cultura, possuindo um caráter distinto das constelações ocidentais. Um dos exemplos é a constelação de Órion, a qual se trata de um objeto de recorte e suas estrelas estão associadas aos indivíduos, membros do corpo ou objetos na mitologia indígena (Lévi-Strauss, 2021).

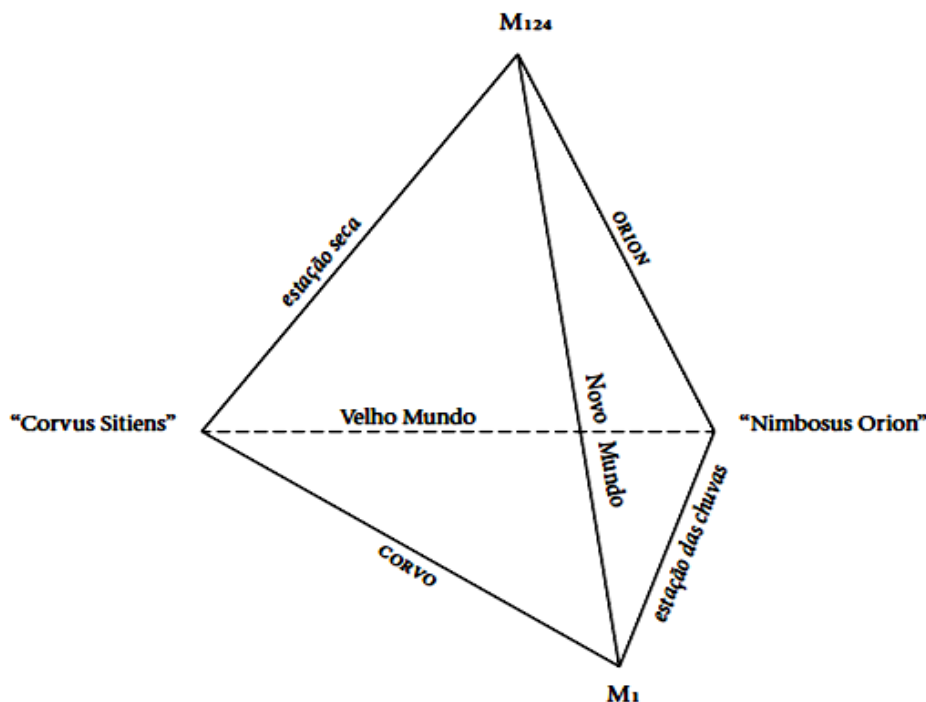
Na interpretação astronômica e mitológica das constelações conforme Lévi-Strauss (2021), por meio de diversas representações culturais, cuja influência está na mistura das visões ocidentais e culturais dos povos indígenas, Hércules está associada ao “pacu” (um peixe amazônico); Boieiro está associada à “piranha”; Coroa Boreal é chamada de “tatu”; Escorpião representa uma “cobra grande”; Corvo é como a “garça voadora”; Leão é comparada a um “caranguejo”; e Erídano é interpretada como “o machado de dança”.

Além das constelações citadas, é importante considerar que as Híadas e as Plêiades são chamadas de “os meninos” ou “o enxame de vespas” e Baleia é representada pelo “jaguar”. Nessa mesma figura, a Via Láctea é representada como uma linha pontilhada no céu, principalmente no centro e à direita, onde os mitos indígenas possuem um maior destaque.

No transcorrer do ano, os povos indígenas brasileiros relacionam a posição aparente tanto do Sol, como da Lua e de suas constelações com o período das chuvas e estiagem (região Norte) ou de calor e frio (região Sul). Essas correlações possibilitam que os povos indígenas construam seus próprios calendários, os quais auxiliam na determinação do período dos trabalhos agrícolas, floração, frutificação, reprodução de peixes e animais, festividades, surgimento de doenças e rituais de proteção realizados pelos pajés (Afonso, 2014).

#### Figura 4

Posição respectiva de Orion e do Corvo nos mitos do Velho e do Novo Mundo.



Nota. Figura retirada do livro Antropológicas I de Lévi-Strauss (2021).

Ao analisar a obra de Claude Lévi-Strauss em *O Cru e o Cozido*, Pecker (2009) assevera que o autor faz uma análise minuciosa a respeito dos conhecimentos astronômicos envolvendo as relações triangulares homem-Terra-céu. A associação dos mitos M1 e M124 versa que, se o Corvo está associado à água celeste, a associação de Orion com a água deverá passar por ajustes com o oposto da água celeste, sendo proveniente de baixo da Terra. Isso acontece pelo fato de Lévi-Strauss (2021) considerar que, se Orion possui relação com a estação da seca, o corvo poderá ser a estação das chuvas.

Nessa perspectiva, a Figura 4 apresenta a posição respectiva de Orion e do Corvo nos mitos do Velho e do Novo Mundo, os quais refletem um ao outro, conforme postulado por Claude Lévi-Strauss. Ainda em relação às estações do ano e os fenômenos naturais, um dos aspectos fundamentais a ser considerado é o fato de que as Plêiades são conhecidas por todos os indígenas do Brasil (Lévi-Strauss, 2021).

Em seu trabalho, Afonso (2013) registra que o francês D'Abbeville registrou que os indígenas conhecem muito bem a “Poussinière” (Plêiades), as quais também são chamadas de Seichu. No dizer de Afonso, Cremoneze e Bueno (2016), uma quantidade significativa dos povos indígenas marcava o início do ano em um dia em que era visível o surgimento de uma estrela específica ou constelação novamente no lado leste, antes do nascer helíaco. Para os autores, este sistema de observação dos astros influencia o monitoramento da estação agrícola.

Para compreender os fenômenos sazonais, o povo Ticuna observava o movimento aparente do Sol, da Lua e das estrelas. Logo, esses conhecimentos são transmitidos por meio de relatos míticos, dramatizando a chegada da chuva, da ventania, das enchentes e da bonança a partir da meteorologia, das mudanças climáticas e ambientais (Faulhaber, 2004). Além disso, a autora afirma que:

O movimento das constelações Ticuna na cuia celeste — que coincide com a representação do céu na astronomia convencional — corresponde a uma interpretação da sazonalidade das chuvas. Não se almeja neste trabalho chegar a uma precisão matemática dos cálculos astrométricos, mas pensar como os Ticuna representam o movimento dos corpos celestes de acordo com a sazonalidade do calendário agrícola e extrativo. A observação das estrelas se dá, sobretudo, no início da noite, em um período entre 18h00 e 20h00, mas também se registram eventos ocorridos ao final da noite e início do amanhecer (Faulhaber, 2004, p. 412).

Além disso, a autora relata que, na visão Ticuna, a simbologia do movimento aparente das estrelas está relacionada com a fertilidade das mulheres e da terra, representada como uma energia vital que possui forte relação com os caules, com as folhas e com os frutos de palmeiras, como buriti, malva e babaçu, amplamente utilizados em diversos rituais de puberdade (Faulhaber, 2004).

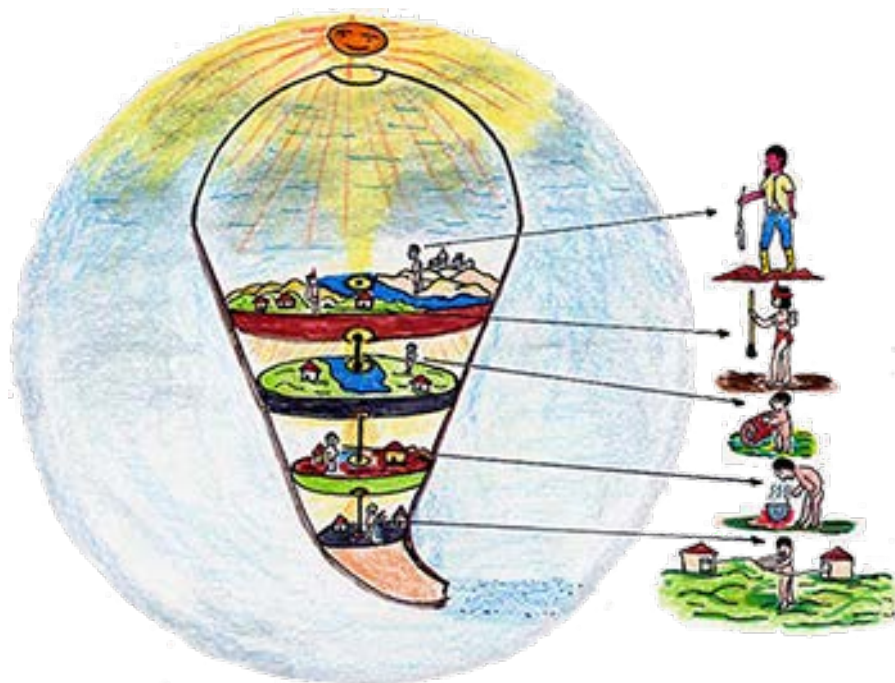
A leitura cósmica do corpo na visão do povo Ticuna é feita da seguinte forma: o Teto do Universo (Coluna Vertebral); os Mundos Flutuantes (Cabeça); a Cuia Celeste (Mundo dos Condokes); o Mundo em que vivemos

(Mortais); o Mundo da gente Metchita (Anões); o Mundo da gente Ngeruta (Sem Olhos); o Mundo da gente Nçetute (Sem Ânus) e o Mar Primigênio (Museu de Astronomia e Ciências Afins, S.D.), conforme a Figura 5.

De acordo com os sistemas de classificação indígena, a relação com a natureza e as mudanças climáticas possui influência das forças e dos seres desconhecidos e pela intervenção de nativos experientes, xamãs ou pajés, responsáveis pelas técnicas e saberes adquiridos pela experiência direta e transmitidos oralmente de geração a geração. Esses saberes e técnicas são configurados em sistemas de pensamento, cosmovisão, que fazem parte das dimensões sociais e culturais, conforme a visão de mundo de cada povo etnicamente distinto (Faulhaber, 2004).

**Figura 5**

*Cosmovisão e Universo Ticuna.*



Nota. Figura retirada do site do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST/ON)

#### 4. TAHC no Ensino de Sistema de Referência e Astronomia Indígena

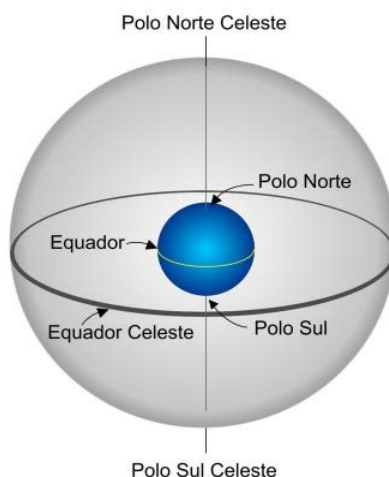
Sistema de Referências é um conjunto de convenções utilizado para definir a posição dos astros, bem como permite localizá-los e compreender seus movimentos aparentes (Oliveira-Filho & Oliveira-Saraiva, 2017; Rocha, 2000). Os conceitos-chave envolvidos no ensino de Sistema de Referências ao longo deste trabalho são movimento aparente dos astros, constelações, orientação espacial, ponto de vista do observador e localização geográfica, os quais são objetos de estudos nas habilidades e competências da BNCC (Brasil, 2018) para o Ensino Fundamental e Ensino Médio.

Para compreender os principais conceitos envolvendo os Sistemas de Referência na Astronomia, é crucial compreender que, na percepção do observador, o céu é uma esfera coberta de estrelas. Essa ideia surgiu desde a época dos antigos gregos, pois não conseguiam determinar uma distância às estrelas (Oliveira-Filho & Oliveira Saraiva, 2017). Na concepção de Bedaque e Bretones (2016), quando observamos o céu, temos a impressão de que estamos exatamente no centro de uma esfera, e que em seu interior estariam inseridos os planetas, as estrelas, a Lua, o Sol e todos os astros conhecidos. Desta forma, os autores consideram que essa sensação é apenas uma ilusão, pois as estrelas estão a diferentes distâncias e não estão na parede interior da esfera, isso também serve para os planetas, a Lua, o Sol etc.

A Figura 6 mostra um modelo imaginário de esfera celeste, onde os astros se movimentam, nascendo a leste e se pondo a oeste, dando a impressão de que a esfera está se movendo de leste a oeste ao redor de um eixo imaginário que intercepta a esfera exclusivamente em dois pontos, os quais são os polos celestes. Contudo, esse movimento é conhecido como movimento diurno dos astros, pois se trata de um reflexo do movimento de rotação da Terra do oeste para leste (Costa & Maroja, 2018; Oliveira-Filho & Oliveira-Saraiva, 2017).



**Figura 6**  
*Esfera Celeste.*



*Nota.* Imagem retirada do livro de Oliveira-Filho e Oliveira-Saraiva (2017).

A Figura 6 mostra um modelo imaginário de esfera celeste, onde os astros se movimentam, nascendo a leste e se pondo a oeste, dando a impressão de que a esfera está se movendo de leste a oeste ao redor de um eixo imaginário que intercepta a esfera exclusivamente em dois pontos, os quais são os polos celestes. Contudo, esse movimento é conhecido como movimento diurno dos astros, pois se trata de um reflexo do movimento de rotação da Terra do oeste para leste (Costa & Maroja, 2018; Oliveira-Filho & Oliveira-Saraiva, 2017).

Para definir nossa posição na Terra, é necessário utilizarmos um sistema de coordenadas composto por dois ângulos, sendo eles a latitude, a distância em graus medida a partir do Equador terrestre na direção norte-sul, e a longitude, o ângulo no polo entre os meridianos de Greenwich (na Inglaterra) e do ponto considerado (Trogello, Donhoni-Neves & Da Silva, 2014).

Para definir as posições (direções) dos corpos (estrelas e planetas) na esfera celeste, utilizamos dois ângulos de posição, um medido sobre um plano fundamental e outro medido perpendicularmente a ele. Para isso, é fundamental compreender como funciona o sistema de coordenadas geográficas, as quais medem a posição a partir da superfície da Terra — são elas Latitude e Longitude (Boczko, 1984; Oliveira-Filho & Oliveira-Saraiva, 2017).

Em relação ao ensino desta temática à luz da BNCC (Brasil, 2018), nota-se que os conteúdos de Astronomia iniciam no Ensino Fundamental, os quais seus objetos de conhecimento contemplam o ensino de Sistema de Referências, possibilitando a utilização de abordagens interculturais e epistemologias indígenas. A Tabela 1 mostra os objetos de conhecimento do eixo “Terra e Universo” que correspondem a cada ano do Ensino Fundamental.

**Tabela 1**  
*Objetos de conhecimento do eixo “Terra e Universo” de cada ano do Ensino Fundamental*

| Ano | Objetos de Conhecimento                                            |
|-----|--------------------------------------------------------------------|
| 1º  | Escalas de tempo                                                   |
| 2º  | Movimento aparente do Sol no céu; O Sol como fonte de luz e calor. |
| 3º  | Características da Terra; Observação do céu; Usos do solo.         |

|    |                                                                                                                                                                     |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4º | Pontos cardeais; Calendários, fenômenos cíclicos e cultura.                                                                                                         |
| 5º | Constelações e mapas celestes; Movimento de rotação da Terra; Periodicidade das fases da Lua; Instrumentos ópticos                                                  |
| 6º | Forma estrutura e movimentos da Terra.                                                                                                                              |
| 7º | Composição do ar; Efeito Estufa; Camada de Ozônio; Fenômenos naturais (vulcões, terremotos e tsunamis); Placas tectônicas e derivas continentais.                   |
| 8º | Sistema Sol, Terra e Lua; Clima.                                                                                                                                    |
| 9º | Composição, estrutura e localização do Sistema Solar no Universo; Astronomia e cultura; Vida humana fora da Terra; Ordem de grandeza astronômica; Evolução estelar. |

*Nota.* De acordo com Carvalho e Ramos (2020) e BNCC (Brasil, 2018).

No Ensino Médio, são identificadas somente três habilidades relacionadas à Astronomia na competência 2 (uma única competência) que corresponde à Unidade Temática “Vida, Terra e Cosmos” – são elas: EM13CNT201, EM13CNT204 e EM13CNT209 (Brasil, 2018, p. 557). Slovinski et al. (2023) asseveram que os estudantes saem de 21 habilidades, divididas em 17 objetos de conhecimento ao longo de nove anos do Ensino Fundamental, para somente uma competência específica e três habilidades relacionadas com a Astronomia, em três anos de Ensino Médio, conforme apresentadas na Tabela 2, a seguir.

**Tabela 2**

*A competência e as habilidades que mencionam conteúdos de Astronomia na área de Ciências da Natureza, na BNCC do Ensino Médio.*

| Competência                                                                                                                                                                                                                                                              | Habilidades                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Competência 2: Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• (EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.</li> <li>• (EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).</li> <li>• (EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).</li> </ul> |

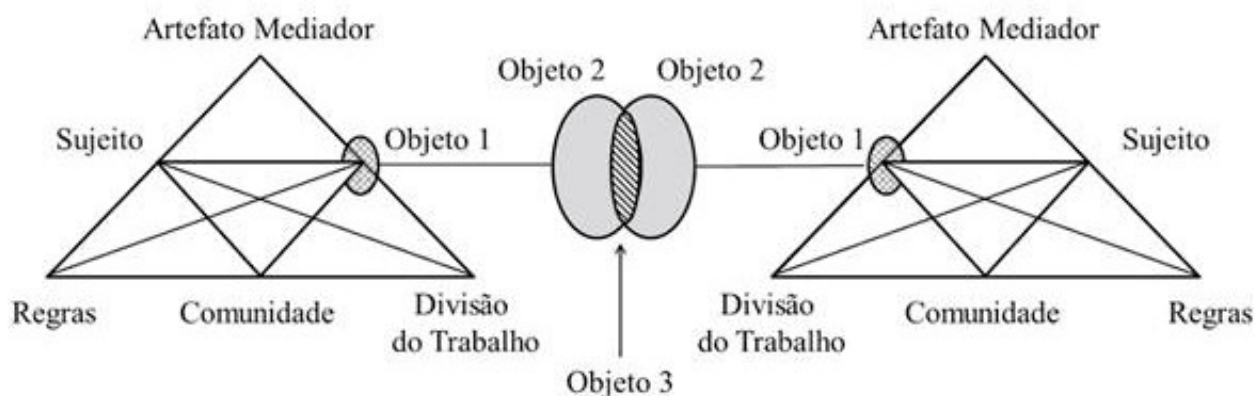
*Nota.* Elaboração de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018)

De acordo com o exposto no Quadro 3, os conteúdos de Astronomia para o Ensino Médio foram reduzidos, mas ainda assim é possível abordar Sistemas de Referências em conformidade com a habilidade EM13CNT204, bem como associar à habilidade EM13CNT201, no que diz respeito à diversidade cultural.

Para propor linhas de atuação voltadas para a elaboração de materiais didáticos que valorizam as relações étnico-raciais no ensino de Ciências, foi considerada a definição de Sistema de Atividade, Atividade universal para o entendimento das concepções defendidas por Engeström (2013). Logo, o autor o define da seguinte forma: “[...] um sistema de atividade refere-se à formação relativamente estável de um grupo de pessoas inseridas em um sistema que possua seus próprios instrumentos, regras e divisão de trabalho, tendo como objetivo dar forma a um objeto compartilhado” (Engeström, 2013, p. 242).

**Figura 7**

*Modelo mínimo da terceira geração da Teoria da Atividade.*



Nota. Interação entre dois sistemas de atividade. Fonte: Engeström (2002, p. 38).

A representação exposta na Figura 7 é considerada um modelo mínimo, pois, de acordo com Engeström (2002), as atividades humanas frequentemente possuem vários sistemas de atividade interagindo — não somente dois. Assim, tendo como base Engeström (2002, p. 37–38), o modelo adaptado para o ensino de Sistema de Referências funcionará da seguinte forma: o objeto move-se de um estado inicial de não-reflexão, “matéria bruta” situada em um determinado local (objeto 1; por exemplo, o entendimento científico a respeito dos Sistemas de Referência astronômicos), para um objeto com significado coletivo construído pelo sistema de atividade (objeto 2, por exemplo, a compreensão das constelações e o uso das estrelas para orientar o plantio, a pesca e os ritos de acordo com os saberes dos povos indígenas) e para um objeto potencialmente compartilhado ou conjuntamente construído (objeto 3; por exemplo, a construção intercultural destes conhecimentos, promovendo um diálogo entre os dois sistemas). O objeto da atividade é um alvo em movimento, não-reduzível a um propósito consciente a curto prazo.

**Tabela 3**

*Contribuições da TAHC para o ensino de Sistemas de Referência a partir das constelações Indígenas brasileiras.*

| Elemento TAHC  | Conhecimento Científico Ocidental (sistema 1) | Conhecimento dos Povos Indígenas (sistema 2)   | Objeto Comum (objeto 3)                                                                                     |
|----------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sujeito</b> | Professor de Ciências e alunos                | Líder Indígena, anciãos e estudantes indígenas | Sujeitos em relação dialógica compreendendo Sistemas de Referência, reconhecendo a autoridade epistêmica de |

|                            |                                                                 |                                                                                                        |                                                                                                                                                   |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |                                                                 |                                                                                                        | líderes e anciãos na mediação pedagógica.                                                                                                         |
| <b>Objeto</b>              | Sistema de coordenadas celestes e movimento aparente dos astros | Constelações indígenas e sua relação com os ciclos naturais e orientação                               | Tensionamento crítico e conceitual a respeito da abstração geométrica ocidental e os conhecimentos dos povos indígenas sobre a relação céu-terra. |
| <b>Artefato Mediador</b>   | Mapas celestes, Software de simulação e                         | Mitos, narrativas orais, representações visuais e observação direta do céu                             | Articulação entre Ciência ocidental e saberes indígenas                                                                                           |
| <b>Regras</b>              | BNCC e conhecimento científico,                                 | Tradições orais, ética e ancestralidade indígena                                                       | Respeito mútuo e diálogo intercultural                                                                                                            |
| <b>Comunidade</b>          | Escolas, universidades e famílias                               | Comunidades indígenas, escolas diferenciadas, famílias                                                 | Parcerias entre escolas, universidades e comunidades indígenas                                                                                    |
| <b>Divisão do Trabalho</b> | Professor mediador e alunos protagonistas do conhecimento       | Trocos velhos (anciãos) como narradores e jovens como protetores e aprendizes dos saberes tradicionais | Colaboração entre diferentes papéis e saberes no processo de ensino e aprendizagem                                                                |

Nota. Elaborado pelos autores com base em Engeström (2002).

A partir desse pressuposto, a análise dos sistemas de interação favorece a compreensão dos diálogos, dos conflitos e das mudanças nos sistemas de atividade. Assim, para Daniels (2011), a terceira geração da Teoria da Atividade permite que todos os sistemas de atividades façam parte de uma rede, a qual constitui a sociedade humana.

## 5. Delineamento Metodológico

O presente trabalho configura-se como um ensaio teórico de natureza qualitativa e de caráter analítico-propositivo, cujo foco está na articulação conceitual e na proposição pedagógica da inserção da Astronomia Indígena no ensino de Sistemas de Referência por meio da Teoria da TAHC. Conforme Gil (2010), o exame da literatura científica possibilita um sistema de seleção, interpretação e análise de conteúdos já publicados sobre o tema de interesse, fornecendo subsídios para tensionar o estado da arte e edificar novas contribuições teóricas. Para tanto, a delimitação do corpus reflexivo não se restringiu a um recorte temporal fixo, adotando um critério de relevância epistemológica e intencionalidade teórica em consonância com a necessidade de aprofundamento das temáticas abordadas (Rother, 2007).

Nessa perspectiva, o percurso analítico deste ensaio foi conduzido a partir de dois eixos principais:

1. *Aproximação teórica sobre Astronomia Indígena no ensino de Ciências*: Compreendeu a análise de artigos, livros, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e documentos oficiais que abordam os conhecimentos astronômicos dos povos originários brasileiros e da América do Sul, bem como suas implicações para a prática pedagógica e o ensino de conteúdos científicos correlatos.
2. *Fundamentação e articulação da TAHC no ensino de Astronomia Indígena*: Objetivou-se compreender os pressupostos da TAHC, especificamente a partir das contribuições de Engeström (1987, 2001), examinando sua aplicabilidade no campo da Astronomia Cultural. Os trabalhos selecionados subsidiaram a discussão sobre os processos de mediação cultural, a aprendizagem coletiva e a construção de objetos de ensino.

Articulando ambos os eixos, o estudo tomou como referência normativa a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), a fim de identificar e problematizar as habilidades e competências que mencionam a Astronomia e os Sistemas de Referência no Ensino Fundamental e no Ensino Médio.

As buscas foram realizadas nas bases de dados SciELO, Google Scholar, Periódicos CAPES e Scopus, utilizando os descritores “Astronomia Indígena”, “Etnoastronomia”, “Constelações Indígenas”, “Cosmologias Racializadas” e “Educação Intercultural”. A análise do material resgatado foi conduzida sob uma perspectiva temática-crítica, investigando a existência de recorrências, lacunas e convergências entre os campos da Astronomia Indígena, da TAHC e das orientações curriculares nacionais. Essa triangulação conceitual permitiu elaborar uma estrutura fundamentada no modelo de sistemas de atividade de Engeström (2001), adaptada para a proposição de linhas de atuação voltadas para a elaboração de materiais didáticos que valorizem as relações étnico-raciais, a educação ambiental e a interculturalidade no ensino de Sistemas de Referência.

## 6. Discussão

O presente trabalho aponta para a urgência de repensar o ensino de Ciências a partir de uma perspectiva que promova a justiça epistêmica (Fricker, 2007) e a inclusão de vozes historicamente silenciadas no ambiente acadêmico e no currículo escolar (Alves-Brito & Alho, 2022). Freitas et al. (2024) consideram que, quando os saberes indígenas são incorporados na educação científica de forma crítica e respeitosa, o ensino de conceitos de Astronomia pode contribuir para uma educação mais equitativa, plural e emancipatória.

Um exemplo fundamental para discutir a importância do ensino de Sistemas de Referências nesta perspectiva é a concepção de Campos (2006), ao apresentar a forma de orientação corporal do povo Kayapó, fundamentada no movimento nascente-poente do Sol, descrito da seguinte forma: ao se deitarem com as costas apoiadas sobre o solo, os pés devem apontar para o “início do céu” (nascente) e a cabeça, direcionada para o “fim do céu” (poente). Além disso, a posição do umbigo significaria a direção do centro da aldeia, onde sua projeção para cima corresponde ao “alto do céu”.

Para Rodrigues e Leite (2020), a orientação espacial dos Kayapó indica o quanto esse povo é observador assíduo da natureza, promovendo significados específicos por meio de sua cultura e uso de práticas e conhecimentos sobre o céu. Assim, a Astronomia, enquanto produto da cultura ocidental, passa a ser pensada nesta perspectiva de forma válida e relevante, bem como o sentido da sua organização acerca destes conhecimentos.

Freitas, Romeu e Barroso (2025), apresentam a importância dos registros astronômicos dos povos indígenas para o ensino de Ciências da Natureza. Neste caso, a TAHC possibilita a criação de situações didáticas em que os estudantes possam desenvolver uma consciência crítica (Engeström, 2001; Vygotsky, 2001), comparar diferentes tipos de cosmologias e refletir sobre os seus fundamentos, bem como os contextos históricos e culturais que influenciam na interpretação dos fenômenos celestes (Santiago & Matos, 2024). Além disso, abordagens interculturais no ensino de Ciências que articulam o conhecimento científico ocidental e a realidade vivida pelos estudantes de diversas culturas, possibilita o resgate de tradições, bem como uma aprendizagem mais significativa (Aikenhead, 2001).

## 7. Considerações Finais

A pesquisa bibliográfica exposta possibilitou tornar evidente a importância dos saberes astronômicos dos povos indígenas, assim como mostrar a ausência da valorização desses saberes nos currículos de ensino de Ciências. A integração desses conhecimentos nessa área de ensino por meio da TAHC propõe-se linhas de atuação voltadas para as relações étnico-raciais e interculturalidade no ensino de Sistemas de

Referências, a fim de que alunos e professores construam coletivamente objetos de aprendizagem intercultural, rompendo com a visão fragmentada e eurocêntrica da Ciência. Essas percepções respondem à pergunta central e abrangem o foco do objetivo deste trabalho.

O estudo das produções teóricas e documentais revelou que a ciência astronômica dos povos indígenas não apenas contribui para os referenciais epistemológicos no ensino, mas também favorece a construção de materiais didáticos ancorados na mediação cultural, na coletividade e na transformação de condicionamentos da prática docente — centros da TAHC. A relação entre os elementos do sistema de atividade (sujeito, objeto, instrumentos, regras, comunidade e divisão do trabalho) possibilitou a construção de um modelo teórico importante na organização de linhas de atuação que respeitem e integrem as culturas, as cosmovisões e a ancestralidade dos povos originários.

A inserção da Astronomia Indígena no ensino de Ciências, quando orientada por uma perspectiva histórico-cultural, possibilita construir sentidos mais amplos para a emancipação da educação. Esta proposta concorda com as diretrizes da BNCC e da Lei nº. 11.645/2008 que apontam para a valorização da diversidade cultural, o diálogo com outras formas de saber e o ensino de História Afro-Brasileira e Indígena no currículo escolar.

A partir da presente pesquisa, reconhece-se a urgência de ampliar um diálogo com os próprios autores dos saberes celestes citados ao longo do texto, garantindo que suas vozes não sejam apenas transitórias nos espaços educativos, mas que sejam efetivas e respeitadas. Além disso, recomenda-se a utilização destes conhecimentos na elaboração de livros didáticos, atividades e metodologias de ensino.

## **8. Contribuição dos autores**

Autor 1: elaboração do texto, estrutura do artigo, pesquisa, conceituação, revisão e metodologia. Autor 2: auxílio na redação – rascunho original. Autor 3: orientação do projeto, pesquisa e revisão. Autor 4: auxílio na orientação do projeto, pesquisa e revisão. Todos os autores: revisão e edição.

## **9. Declaração das fontes de financiamento**

Este trabalho possui apoio financeiro da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP).

## **10. Declaração de uso de Inteligência Artificial**

Utilizou-se o ChatGPT (OpenAI, modelo GPT-4. 1) exclusivamente como ferramenta de apoio acadêmico e técnico em atividades relacionadas à assistência na estrutura do texto e revisão gramatical. Todas as informações geradas por meio de inteligência artificial foram revisadas, comparadas, corrigidas e validadas criticamente pelos pesquisadores antes de sua inclusão ao documento final. Declaramos que não foram inseridos dados pessoais sensíveis nem informações confidenciais na plataforma, assumindo-se total responsabilidade pelo seu conteúdo.

## **11. Declaração de conflito de interesses**

Os autores declaram que não existem nenhum conflito de interesse em relação a publicação deste trabalho.

## **12. Referencias**

Afonso, G. B. (2003). Contribuições nativas para o conhecimento contribuições da Astronomia indígena brasileira para o conhecimento. In: Simpósio Brasileiro de Banco de Dados. *Anais da 55ª Reunião Anual da SBPC*. Recife. Recuperado de: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/sbpc/2003/textos/Germano%20Afonso.htm>.

Afonso, G. B. (2013). Constelações indígenas brasileiras. *Telescópios na Escola*. Recuperado de: <https://www.pindorama.art.br/file/constelacoesindigenasguarani.pdf>.



- Afonso, G. (2014). O céu dos índios do Brasil. *Anais da 66ª Reunião Anual da SBPC*, Rio Branco, Ac, 1 (1), 1-4.
- Afonso, G. B., Cremonese, C., & Bueno, L. (2016). *Ensino de história e cultura indígena*. Intersaberes.
- Afonso, G. B., Silva, P. S. da, & Afonso, Y. B. (2022). Astronomia na cultura indígena para a educação. *Interfaces da Educação*, 13(37). <https://doi.org/10.26514/inter.v13i37.4937>.
- Aikenhead, G. (2001). Integrating Western and Aboriginal sciences: Cross-cultural science teaching. *Research in Science Education*, 31(3), 337–355. <https://doi.org/10.1023/A:1013151709605>.
- Alves-Brito, A., & Alho, KR. (2022). Educação Para as Relações Étnico-Raciais: Um Ensaio Sobre Alteridades Subalternizadas Nas Ciências Físicas. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 24, e37363. <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240122>.
- Azevedo, F. S., & Mann, M. J. (2017). Vendo no Escuro: Cognição Incorporada na Prática da Astronomia Amadora. *Journal of the Learning Sciences*, 27 (1), 89–136. <https://doi.org/10.1080/10508406.2017.1336439>.
- Barclay, C. (2003). Back to basics: Naked-eye astronomical observation. *Physics Education*, 38(5), 423–428. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/38/5/307>.
- Barros, V. P., & Ovigli, D. F. B. (2014). As diferentes culturas na educação em astronomia e seus significados em sala de aula. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (18), 103–118. Recuperado de: <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/203>.
- Bedaque, P., & Bretones, PS. (2016). Variação da posição de nascimento do Sol em função da latitude. *Revista Brasileira De Ensino De Física*, 38 (3), e3307. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2015-0023>.
- Boczek, R. (1984). *Conceitos de astronomia* (429 p.). Edgard Blucher.
- Bonatti, J., Paim, E. A., & Huáman, M. M. (2022). A cosmologia andina e dos Povos Kaingang: pensando a educação do campo. *Roteiro*, 47, e28196. <https://doi.org/10.18593/r.v47.28196>.
- Brasil. (2008). *Lei nº 11.645, de 10 de março de 2008*. Inclui no currículo oficial da rede de ensino a obrigatoriedade da temática "História e Cultura Afro-Brasileira e Indígena". *Diário Oficial da União*, Brasília, 11 de março de 2008. Recuperado de: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/lei/l11645.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11645.htm).
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. <http://www.bncc.mec.gov.br/>.
- Bretones, P. S. & Compiani, M. (2010). A Observação do Céu Como Ponto de Partida e Eixo central em um Curso de Formação Continuada de Professores. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 12 (2), 173–188. <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120211>.
- Brito, V. de. (2015). *A Pedra de Ingá*. (7ª ed.). Erik MF Brito Editor.
- Bulhões Martins, B., Horvath, J. E., Costa, F. S. M., & Jafelice, L. C. (2025). Arqueoastronomia de supernovas. *Cadernos de Astronomia*, 6 (1), 126–140. <https://doi.org/10.47456/Cad.Astro.v6n1.47464>.
- Cabalar, Aloísio (ed.). (2005). *Peixe e Gente no Alto Rio Tiquié: conhecimentos tukano e tuyuka, ictiologia, etnologia*. São Paulo: Instituto Socioambiental.
- Campos, M. D. (2006). A cosmologia dos Caiapós. *Scientific American Brasil*, (14), 62–71.
- Carvalho, T. F. G. de, & Ramos, J. E. F. (2020). A Base Nacional Comum Curricular e o ensino de astronomia: o que muda nas salas de aula e na formação de professores. *Revista Currículo & Docência*, 2 (2). <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/CD/article/view/249561>.
- Cenci, A., & Damiani, M. F. (2018). Desenvolvimento da Teoria Histórico-Cultural da Atividade em três gerações: Vygotsky, Leontiev e Engeström. *Roteiro*, 43(3), 919–948. <https://doi.org/10.18593/r.v43i3.16594>.
- Clarke, P. A. (2008). An overview of Australian Aboriginal ethnoastronomy. *Archaeoastronomy*, 21, 39–58.
- Colbacchini, A., & Albisetti, C. (1942). *Os Bororos Orientais*. Companhia Editora Nacional.
- Costa, I. F. da., & Maroja, A. de M. (2018). Astronomia diurna: medida da abertura angular do Sol e da latitude local. *Revista Brasileira De Ensino De Física*, 40 (1). <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0301>.
- Costa, M. F. S. (2022). Interpretações Arqueoastrômicas da Supernova 1054 no Sítio Arqueológico Lagoa do Escuro e na Toca dos Astros. *REVISTA TARAIRIÚ*, 1(19), 44–58. Recuperado de <https://revista.uepb.edu.br/REVELAP/article/view/593>.
- Daniels, H. (2011). *Vygotsky e a pesquisa*. Edições Loyola.
- Dias-Júnior, O. F. (2004). Uma arqueoastronomia. In C. Jalles & M. Imazio (Orgs.), *Olhando o céu da pré-história: Registros arqueoastrômicos no Brasil* (Catálogo de exposição). Museu de Astronomia e Ciências Afins.
- Eliade, M. (1972). *Mito e realidade*. Editora Perspectiva.
- Engeström, Y. (1987). *Aprendizagem por expansão: Uma abordagem teórica da atividade para a pesquisa do desenvolvimento*. Orienta-Konsultit.



- Engeström, Y. (1999). Teoria da atividade e transformação individual e social. In: Engeström, Y. R. Miettinen e R.-L. Punamäki (Orgs.), *Perspectivas sobre a teoria da atividade*. Imprensa da Universidade de Cambridge.
- Engeström, Y. (2001). Expansive Learning at Work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133–156. <https://doi.org/10.1080/13639080020028747>.
- Engeström, Y. (2002). Aprendizagem por expansão na prática: Em busca de uma reconceitualização a partir da teoria da atividade (D. Vilas Boas & M. Damiani, Trans.). *Cadernos de Educação*. Pelotas: Editora UFPel.
- Engeström, Y. (2013). A teoria da atividade histórico-cultural e suas contribuições à educação, saúde e comunicação: Entrevista concedida a M. Lemos, MA Pereira-Queiroz & IM Almeida. *Interface: Comunicação, Saúde, Educação*, 17 (47).
- Faulhaber, P. (2004). "As estrelas eram terrenas": antropologia do clima, da iconografia e das constelações Ticuna. *Revista De Antropologia*, 47(2), 379–426. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/S0034-77012004000200002>.
- Ferreira, T. C. de S.; Schlickmann, M. S. P. A Teoria histórico-Cultural E a educação Escolar Numa Perspectiva Humanizadora. *Rev. Ibe. Est. Ed.* 2022, 17, 0643-0660.
- Forquin, J. C. (1993). *Escola e cultura: As bases sociais e epistemológicas do conhecimento escolar*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Freitas, N. C. de, Romeu, M. C., Souza, V. F. M., & Barroso, M. C. da S. (2024). Ciência e Diversidade: a Astronomia Indígena Como Meio de Combater O Racismo na Educação. *Cenas Educacionais*, 7, e21965. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14564034>.
- Freitas, N. C., Romeu, M. C., & Barroso, M. C. da S. (2024). A valorização dos registros astronômicos utilizados por diferentes culturas indígenas: Implicações para o ensino de astronomia. *Revista Scientia Tec*, 9 (1), 1–20. <https://doi.org/10.35819/jh39qf37>.
- Fricker, M. (2007). *Injustiça epistêmica: Poder e a ética do conhecimento*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198237907.001.0001>.
- Fuller, R. S., Anderson, M. G., Norris, R. P., & Trudgett, M. (2014). The Emu sky knowledge of the Kamilaroi and Euahlayi peoples. *Journal of Astronomical History and Heritage*, 17(2), 171–179.
- Garcia, C. da S., Costa, S., Pascolai, S., & Campos, M. Z. (2016). "As coisas do céu": Etnoastronomia de uma comunidade indígena como subsídio para a proposta de um material paradidático. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (21), 7–30. Recuperado de <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/231>.
- Gil, A. C. (2010). *Como elaborar projetos de pesquisa* (5ª ed.). Atlas.
- Giménez Benítez, S., López, A. M., & Granada, A. (2002). Astronomía aborigen del Chaco: Mocovíes I: La noción de *nayic* (camino) como eje estructurador. *Scripta Ethnológica*, 23, 39–48.
- Gondim, A. S. C., & Mól, GS (2008). Saberes populares e ensino de Ciências: Possibilidades para um trabalho interdisciplinar. *Química Nova na Escola*, (30).
- Gullberg, S. R., Hamacher, D. W., Lopez, A. M., Mejuto, J., Munro, A. M., & Orchiston, W. (2020). A cultural comparison of the 'dark constellations' in the Milky Way. *Journal of Astronomical History and Heritage*, 23(2), 390–404. [online]. Accessed December 2024. <http://old.narit.or.th/en/files/2020/AHHvol23/2020/AHH...23..390G.pdf>.
- Hugh-Jones, S. (1982). The Pleiades and Scorpius in Barasana cosmology. In A. Aveni & G. Urton (Eds.), *Ethnoastronomy and archaeoastronomy in the American tropics* (pp. 183–201). *Annals of the New York Academy of Sciences*, 385. New York: New York Academy of Sciences. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1982.tb34265.x>.
- Iwaniszewski, S. (1991) Astronomia como sistema cultural. *Interdisciplinari Izsledvaniya*.18:282–288.
- Jafelice, L. C., et al. (Orgs.). (2010). *Astronomia, educação e cultura: Abordagens transdisciplinares para vários níveis de ensino*. Natal: EDUFERN.
- Jafelice, L. C. (2016). O ensino de astronomia cultural: Por quem, para quem, como e para quê? In P. Faulhaber & LC Borges (Orgs.), *Perspectivas etnográficas e históricas sobre as astronomias*. Rio de Janeiro: MAST.
- Kim, M. S. (2017). Atividades de Modelagem Multimodal com Alunos com Necessidades Especiais em um Contexto de Aprendizagem Informal: Vygotsky Revisitado. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13 (6), 2133-2154. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01218a>.

- Klein, A. E., Arruda, S. de M., Passos, M. M., & Zapparoli, F. V. D. (2010). OS SENTIDOS DA OBSERVAÇÃO ASTRONÔMICA: UMA ANÁLISE COM BASE NA RELAÇÃO COM O SABER. *Revista Latino-Americana De Educação Em Astronomia*, (10), 37–54. Recuperado de <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/151>.
- Lago, L., & Mattos, C. R. (2021). Bridging concept and activity: A dialectical synthesis proposal. *Cultural-Historical Psychology*, 17(2), 29–36. <https://doi.org/10.17759/chp.2021170203>.
- Lago, L., Ortega, J. L., & Mattos, C. (2018). A LUA NA MÃO: MEDIAÇÃO E CONCEITOS COMPLEXOS NO ENSINO DE ASTRONOMIA. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 20, e10388. <https://doi.org/10.1590/1983-211720182001020>.
- Leaman, T. M., & Hamacher, D. W. (2019). Baiami and the Emu chase: An astronomical interpretation of a Wiradjuri Dreaming associated with the Burbung. *Journal of Astronomical History and Heritage*, 22(2), 225–237.
- Lemos, M., Pereira-Querol, M. A., & Almeida, I. M. de. (2013). A Teoria da Atividade Histórico-Cultural e suas contribuições à Educação, Saúde e Comunicação: entrevista com Yrjö Engeström. *Interface - Comunicação, Saúde, Educação*, 17(46), 715–727. <https://doi.org/10.1590/S1414-32832013000300018>.
- Leopoldi, J. S. (1990). Elementos de etnoastronomia indígena do Brasil. BIB - Revista Brasileira De Informação Bibliográfica Em Ciências Sociais, (30), 3–18. Retrieved from <https://bibanpocs.emnuvens.com.br/revista/article/view/105>.
- Lévi-Strauss, C. (2021). *O cru e o cozido (Mitológica I)*. Rio de Janeiro: Zahar.
- López, A. M. (2009). *La Virgen, el Árbol y la Serpiente: Cielos e identidades en comunidades mocovíes del Chaco*. (PhD Thesis). Institute of Anthropological Sciences, University of Buenos Aires, Argentina.
- López, A. M. (2011). Ethnoastronomy as an academic field: a framework for a South American program. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 7(S278), 38–49. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1743921311012452>
- López, M. A. (2013). *Cielos, identidade e poder no Chaco argentino [Transparências]*. Minicurso: Astronomia Cultural, LAPEFA/UFRN, Natal, 6 de novembro de 2013.
- López, A. M. (2017). Encuentros cercanos: Historias de las relaciones de los moqoit con una poderosa del cielo. *Anthropológicas*, 28(1), 41–72. Recuperado de: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistaanthropologicas/article/view/24001/25539>.
- López, A. M. (2021). Cultural Astronomy: A scientific frame to understand academic astronomy as part of the Social World. *Proceedings of the International Astronomical Union*. 15.235-244.10.1017/S1743921321001046.
- López, A. M. (2022). "Milky Way Astronomies": Proposing a Framework for Cultural Comparison. *Journal of Skyscape Archaeology*. 8. 131-134. 10.1558/jsa.23699. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/362533051\\_Milky\\_Way\\_Astronomies\\_Proposing\\_a\\_Framework\\_for\\_Cultural\\_Comparison](https://www.researchgate.net/publication/362533051_Milky_Way_Astronomies_Proposing_a_Framework_for_Cultural_Comparison).
- López, A. M., & Altman, A. (2021). Cosmo-logics in contemporary lowland South America. *Journal of Skyscape Archaeology*, 7(2), 269–297. <https://doi.org/10.1558/jsa.22275>.
- López, A. M., & Giménez-Benítez, S. (2008). The Milky Way and its structuring functions in the worldview of the Mocoví of Gran Chaco. *Archaeologia Baltica*, 10, 21–24.
- Mariuzzo, P. (2012). O céu como guia de conhecimentos e rituais indígenas. *Ciência e Cultura*, 64 (4).
- Moura, B. A. (2012). *Formação crítica-transformadora de professores de Física: uma proposta a partir da História da Ciência*. Faculdade de Educação/Instituto de Física/Instituto de Química/Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Museu de Astronomia e Ciências Afins. (nd). *Leitura Cósmica do Corpo: Céu Ticuna*. Recuperado de: [http://site.mast.br/hotsite\\_ceu\\_ticuna/ficha\\_tecnica.html](http://site.mast.br/hotsite_ceu_ticuna/ficha_tecnica.html).
- Nimuendajú, C. (1987). *As lendas da criação e destruição do mundo como fundamentos da religião dos Apapocúva-Guaraní*. Editora Hucitec.
- Okulu, H. Z., & Oguz-Unver, A. (2015). Consecutive course modules developed with simple materials to facilitate the learning of basic concepts in astronomy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 10(2), 145–167.
- Oliveira-Filho, K. de S., & Oliveira-Saraiva, M. de F. (2017). *Astronomia e Astrofísica*. Departamento de Astronomia – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>.
- Pecker, J. C. (2009). O céu estrelado de Claude Lévi-Strauss. *Estudos Avançados*, 23(67), 173–182. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142009000300021>.

- Pereira, M. M. A. (2022). *Sítio Petróglifos de Mara Rosa-Goiás, Brasil: Uma análise das representações rupestres na paisagem* (Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharelado em Arqueologia). Pontifícia Universidade Católica de Goiás.
- Prestes, Z., Tunes, E., & Nascimento, R. (2013). Ensino desenvolvimental: Vida e obra dos principais representantes russos.
- Rocha, C. P. d. (2000). Obtenção e análise de azimutes por astronomia clássica e pelo sistema de posicionamento global (Dissertação de Mestrado). Universidade de São Paulo. [https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP\\_30c38af466068bb27c9b4fe5636c64b5](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP_30c38af466068bb27c9b4fe5636c64b5).
- Rodrigues, M. D. S., & Leite, C. (2020). Astronomia Cultural: Análise de Materiais e Caminhos para a Diversidade nas Aulas de Ciências da Natureza. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (belo Horizonte)*, 22, e15812. <https://doi.org/10.1590/1983-21172020210112>.
- Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática X revisão narrativa. *Acta Paulista De Enfermagem*, 20(2), v–vi. <https://doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001>.
- Ruggles, C. Y., Saunders, N. (1993). O estudo da astronomia cultural. Pp. 1–31 em: Ruggles, C. Y., Saunders, N. (eds). *Astronomias e culturas*. Imprensa da Universidade do Colorado, Niwot.
- Sağs, M., Smith, M. M., & Trundle, K. C. (2016). US and Turkish preschoolers' observational knowledge of astronomy. *International Journal of Science Education*, 38(1), 116–129. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1132858>.
- Santiago, A., & Mattos, C. (2024). A resignificação de conceitos astronômicos por meio da observação astronômica. *Ciência & Educação (Bauru)*, 30, e24060. <https://doi.org/10.1590/1516-731320240060>.
- Slovinski, L., Alves-Brito, A., & Massoni, N. T. (2023). Um diagnóstico da formação inicial de professores da área de ciências da natureza na perspectiva do ensino de astronomia. *Revista Brasileira De Ensino De Física*, 45, e20230110. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0110>.
- Stanger, J. J. (2010). School-based extracurricular astronomy. *Teaching Science*, 56(2), 41–45.
- Téo, C. R. P. A., & Alves, S. M. (2023). Por uma Teoria Histórico-Cultural da Atividade para as Metodologias Ativas. *Educação & Realidade*, 48, e124403. <https://doi.org/10.1590/2175-6236124403vs01>.
- Trogello, A. G., Danhoni Neves, M. C., & Da Silva, S. de C. R. (2014). O ensino de Astronomia: recriando uma esfera celeste didática. *Caderno Brasileiro De Ensino De Física*, 32(1), 223–245. <https://doi.org/10.5007/21757941.2015v32n1p223>.
- Urton, G. (2022). *O cosmos andino*. Edições El Lector.
- Vygotsky, L. S. (1984). *A formação social da mente*. Martins Fontes.
- Vygotsky, L. S. (1993). *Obras escogidas – Tomo II: Pensamiento y lenguaje*. Visor.
- Vygotsky, L. S. (1995). *Obras escogidas – Tomo III: Problemas del desarrollo de la psique*. Visor.
- Vygotsky, L. S. (1997). *Obras escogidas – Tomo V: Fundamentos de defectología*. Visor.
- Vygotsky, L. S. (2001). *A formação social da mente*. Martins Fontes.

## UNA SECUENCIA DIDÁCTICA EN EL AULA DE FÍSICA UTILIZANDO LABORATORIOS LÚDICOS

### A TEACHING SEQUENCE IN THE PHYSICS CLASSROOM USING PLAYFUL LABORATORIES

### UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NA SALA DE AULA DE FÍSICA UTILIZANDO LABORATÓRIOS LÚDICOS

Marcelo Fabián Araoz\*, Maria Valeria Olguin\*\*

Araoz M, Olguin M. (2026). Una secuencia didáctica en el aula de física utilizando laboratorios lúdicos. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(2), e-22663 <https://doi.org/10.14483/23464712.22663>

#### Resumen

En la presente investigación se parte de la premisa de que los laboratorios lúdicos pueden favorecer tanto la motivación como la comprensión. Se ha diseñado una secuencia didáctica centrada en el estudiante que incluye laboratorios lúdicos. Se parte de un modelo intuitivo del conocimiento hasta lograr un modelo teórico. En este artículo se describe una experiencia de aula donde una docente puso a prueba la secuencia didáctica que se ha diseñado con el objetivo de observar los resultados sobre las variables motivación y comprensión en el tema Hidrostática. Con el fin de comparar resultados, en otro grupo de estudiantes y al mismo tiempo la misma docente llevó a cabo una secuencia didáctica expositiva (habitual en la escuela media). Para medir la variable motivación se utilizaron encuestas con escalamiento tipo Likert y para medir la variable comprensión se utilizó una rúbrica de conocimiento. Ambos instrumentos se utilizaron en el inicio y fin de las secuencias didácticas. Los valores fueron codificados con el fin de realizar un análisis estadístico descriptivo e inferencial. Con los resultados obtenidos puede afirmarse que hubo un crecimiento cognitivo y un aumento de la motivación mayor para el grupo de interés respecto del grupo de enseñanza expositiva. Las conclusiones dan cuenta que el modelo de experiencias lúdico dentro de una secuencia didáctica puede favorecer la motivación y la comprensión. Estas conclusiones alientan a continuar investigando en la temática, ofreciendo a otros docentes la oportunidad de llevar adelante experiencias similares.

**Palabras Clave:** Laboratorio; Juego; Comprensión; Motivación; Didáctica.

\* Doctor en Enseñanza de las Ciencias, Universidad Nacional del Comahue: Neuquén, Argentina, [marcelo.araoz@fain.uncoma.edu.ar](mailto:marcelo.araoz@fain.uncoma.edu.ar), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6263-6379>.

\*\* Doctora en Psicología. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. [mariavaleriaolguin@gmail.com](mailto:mariavaleriaolguin@gmail.com) - ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1512-3081>

### **Abstract**

This research is based on the premise that playful learning labs can foster both motivation and comprehension. A student-centered learning sequence incorporating playful learning labs was designed. The process begins with an intuitive model of knowledge and progresses to a theoretical model. This article describes a classroom experience in which a teacher tested the designed learning sequence to observe the results regarding motivation and comprehension in the subject of Hydrostatics. To compare results, the same teacher conducted a traditional lecture sequence (common in secondary school) with another group of students. Likert-scale surveys were used to measure motivation, and a knowledge rubric was used to measure comprehension. Both instruments were administered at the beginning and end of the learning sequences. The data were coded for descriptive and inferential statistical analysis. The results obtained indicate that there was greater cognitive growth and increased motivation in the interest group compared to the group receiving expository instruction. The findings suggest that a playful learning model within a didactic sequence can foster motivation and comprehension. These conclusions encourage further research on this topic, offering other teachers the opportunity to implement similar experiences.

**Keywords:** Experiences; Game; Understanding; Motivation; Didactics.

### **Resumo**

Esta pesquisa parte da premissa de que laboratórios de aprendizagem lúdica podem fomentar tanto a motivação quanto a compreensão. Uma sequência de aprendizagem centrada no aluno, incorporando laboratórios de aprendizagem lúdica, foi desenvolvida. O processo inicia-se com um modelo intuitivo de conhecimento e progride para um modelo teórico. Este artigo descreve uma experiência em sala de aula na qual um professor testou a sequência de aprendizagem desenvolvida para observar os resultados relativos à motivação e à compreensão na disciplina de Hidrostática. Para comparar os resultados, o mesmo professor conduziu uma sequência de aulas expositivas tradicionais (comuns no ensino médio) com outro grupo de alunos. Questionários com escala Likert foram utilizados para medir a motivação e uma rubrica de conhecimento para medir a compreensão. Ambos os instrumentos foram aplicados no início e no final das sequências de aprendizagem. Os dados foram codificados para análise estatística descritiva e inferencial. Os resultados obtidos indicam que houve maior crescimento cognitivo e aumento da motivação no grupo de interesse em comparação com o grupo que recebeu instrução expositiva. As descobertas sugerem que um modelo de aprendizagem lúdica dentro de uma sequência didática pode fomentar a motivação e a compreensão. Essas conclusões incentivam pesquisas adicionais sobre o tema, oferecendo a outros professores a oportunidade de implementar experiências semelhantes.

**Palavras-Chave:** Experiências; Jogo; Compreensão; Motivação; Didática.



## 1. Introducción

Los docentes que enseñan Física suelen tener una preocupación habitual: lograr que los estudiantes se encuentren motivados y puedan comprender los fenómenos que estudian. Existen múltiples motivos que obstaculizan la tarea docente, entre ellos la distancia entre lo que el estudiante vive y lo que la escuela ofrece. A gran velocidad se abre una brecha entre los intereses de los estudiantes y las intenciones docentes. Una vida digital, que facilita el día a día, que realiza tareas de manera rápida y sencilla, que “piensa”, cautiva las mentes curiosas de los jóvenes y los separa del docente que presenta fórmulas y problemas en el pizarrón. Fórmulas y problemas que no siempre conectan con lo que ellos viven cotidianamente.

Tal como se expone, el problema es complejo: lograr que los jóvenes estén motivados y comprendan requiere de otras estrategias educativas novedosas. En este sentido, existen una cantidad importante de investigaciones en el campo educativo que tratan el tema desde diversos ángulos. Existen dos líneas de investigación que resultan interesantes: el aprendizaje basado en experiencias de laboratorio y el uso de juegos o enseñanza lúdica (Araoz y Olguín, 2021). Este trabajo propone implementar en el aula un modelo sistemático de enseñanza de la Física que combina estas dos últimas ideas mediante el uso de experiencias lúdicas.

Con los fines ya expuestos, se diseñó una secuencia didáctica que incluye laboratorios lúdicos y se puso a prueba la eficiencia de dicho método en el aula de Física. En este artículo se muestran los resultados de una experiencia llevada a cabo por una docente de una escuela media de Neuquén, Argentina. Se instruyó a la docente sobre la temática de las experiencias lúdicas y se le presentó una secuencia didáctica para la enseñanza de la Hidrostática. En coordinación con la profesora se establecieron los criterios de medición de las variables motivación y comprensión. La docente llevó a cabo la secuencia con un grupo de estudiantes de quinto año (grupo de experiencia lúdica) mientras que en otro grupo realizó una serie de clases expositivas con problemas y laboratorios, siguiendo la línea habitual de enseñanza de Física (grupo de enseñanza tradicional). Para ambos grupos tomó mediciones de la motivación y la comprensión en el inicio y fin de las secuencias. Los datos recogidos se codificaron para su análisis estadístico y posterior comparación.

Los resultados sobre ambas variables son favorables a la secuencia experimental lúdica respecto de la clase tradicional expositiva. Esto incentiva a seguir investigando el impacto de los laboratorios lúdicos en el aula de Física.

## 2. Marco teórico

La plataforma teórica para el uso de los laboratorios lúdicos se basa en el constructivismo, las experiencias de laboratorio y la enseñanza por juegos. Según el constructivismo el conocimiento es justamente construido por el sujeto cognoscitivo desde una posición activa. Este aspecto fundamental describe a un estudiante que es partícipe activo de su aprendizaje. En el trabajo de laboratorio el estudiante interviene en su propio proceso, toma decisiones, resuelve problemas y aprende. Por ello, a esta herramienta pedagógica se la considera fundamental en la enseñanza de las ciencias (Crespo Madera et al., 2002). Por otra parte, el juego es en sí mismo una actividad. No existe manera de jugar de forma pasiva, por lo tanto, el acto de jugar es una experiencia que puede ser aprovechada en la enseñanza (Aizencang, 2010).

El constructivismo, las experiencias de laboratorio y el juego encuentran puntos en común que pueden ser valorados en la enseñanza de las ciencias. La conjunción de estos tres fundamentos teóricos requiere de una estructura de enseñanza pensada y reflexiva respecto de lo que se desea enseñar y el contexto en que se realiza. Una secuencia didáctica para desarrollar estas ideas debe partir de los esquemas y pensamientos previos del estudiante para construir sobre ellos nuevos conocimientos, mediante el uso de

experiencias lúdicas y el trabajo teórico práctico. Así, de un modelo intuitivo se puede llegar a un modelo teórico siguiendo pasos progresivos de construcción del conocimiento.

En este sentido, en la secuencia diseñada reúne aportes provenientes de varios autores. En primer lugar, se contempla la importancia del conocimiento previo o intuitivo.

Massa (2015) describe el modelo Heurístico desde una visión del estudiante como una persona en actitud de descubrir. Esta actitud solo se logra si hay una motivación intrínseca en el individuo. Pero, si tal motivación no está presente, surge una barrera que debe ser sorteada. Para fomentar la motivación extrínseca, es aconsejable generar un conflicto cognitivo entre lo que el estudiante sabe o cree saber y las respuestas a los problemas que nos da la ciencia. Tal como señalan Bulte et al. (2006) aquellas respuestas que no pueda responder lo incentivan a querer saber más de ciencia.

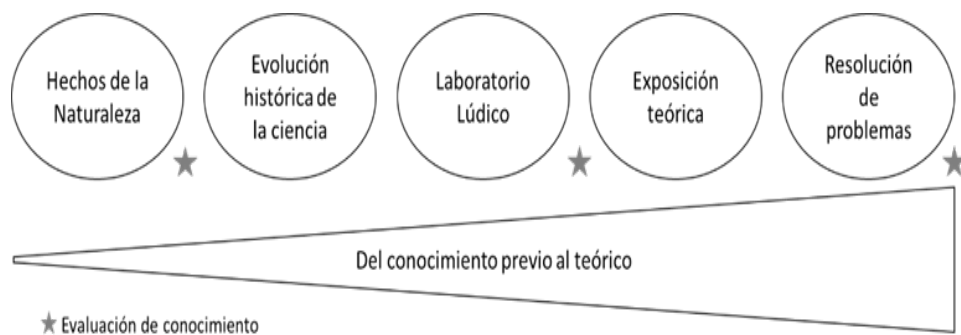
En segundo lugar, es importante considerar la enseñanza centrada en el proceso histórico del conocimiento científico. Sobre este concepto Matthews (2017) sostiene que la enseñanza de la ciencia no debería ser únicamente una educación teórica-práctica, sino que también debería ser sobre su historia y filosofía. Esta visión puede humanizar las ciencias y relacionarlas a los intereses personales, culturales y éticos. Así, las clases se vuelven más atractivas para muchos estudiantes, sobre todo aquellos que no se sienten atraídos a estudiar ciencias.

En tercer lugar, se incorporaron elementos provenientes del modelo de enseñanza por descubrimiento (Massa, 2015), en el cual el estudiante que aprende lo hace experimentando, es decir, haciendo ciencia como un científico. Además del potencial que tiene la ciencia experimental, este enfoque favorece la reflexión de los estudiantes y evita una enseñanza dogmática de la ciencia. En este sentido, los laboratorios lúdicos favorecen la creatividad e imaginación, estimulan la motivación y el aprendizaje significativo (Araoz y Olguín, 2021).

Finalmente se incluye la teoría y resolución de problemas. De esta manera, se ha diseñado una secuencia didáctica que incluye laboratorios lúdicos, el esquema de trabajo puede observarse en la Figura 1.

**Figura 1.**

*Secuencia didáctica que incluye laboratorios lúdicos*



*Fuente: Los Autores*

La secuencia didáctica diseñada comienza con una clase en la cual se analizan los hechos de la naturaleza que se relacionan con el tema a tratar, y que se presentan con frecuencia en las vidas de las personas. El objetivo de este inicio es lograr que los estudiantes reflexionen respondiendo a una simple pregunta: ¿por qué ocurren las cosas que observamos de la naturaleza? Las respuestas se obtendrán de



aquello que los estudiantes conocen, han vivido o experimentado personalmente (Campbell y Lubben, 2000).

La secuencia continúa con una revisión histórica del tema a tratar. Este momento propone que el estudiante se apropie de los contenidos científicos supradisciplinarios, es decir, aprender cómo se ha generado, organizado y evolucionado el conocimiento científico, y cuáles fueron los valores y las actitudes de las personas alrededor de la ciencia (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009). Se busca cotejar si el conocimiento previo o intuitivo utilizado en la primera clase coincide con algún aspecto de lo vivido por los grandes científicos de la historia. Esto permite a los estudiantes reconocerse en los personajes, comprender las dificultades que tuvieron que afrontar y apreciar qué papel jugaron sus experimentos, las matemáticas y los compromisos ideológicos, religiosos y/o filosóficos.

El tercer paso consiste en una clase de laboratorio en la cual se realizan experiencias lúdicas. Cabe advertir que se espera que los estudiantes lleguen a esta clase sin haber visto ninguna ley o teoría relativa al tema a tratar. En dicha clase se diseña una serie de experiencias en la que los estudiantes deben cumplir el rol de científico, realizar pruebas y observaciones, tomar medidas y registros. Todo ello se desarrolla en el marco de una clase orientada pero no dirigida, es decir, partiendo de pautas y procedimientos de trabajo, pero liberando al grupo al uso creativo de su imaginación, a la apertura de pruebas y errores. Kortland (2007) las define como prácticas auténticas: aquellas cuyo propósito es resolver un problema específico relacionado con la ciencia y la tecnología, aplicando un procedimiento y poniendo en juego habilidades y actitudes. En este caso, el juego o lo lúdico funciona como el canal utilizado para liberar la creatividad y motivación de los estudiantes. Se proponen experiencias de laboratorio no convencionales, evitando la “receta a completar” y utilizando elementos comunes y simples de conseguir. Se brindan pautas iniciales para luego permitir el descubrimiento y liberar la curiosidad. Se espera que el estudiante llegue a conclusiones a partir de las experiencias y que pueda contrastar con las argumentaciones utilizadas en la primera clase (Hechos de la naturaleza), verificando si se validan o no las posibles explicaciones o interpretaciones.

El cuarto paso es la clase teórica, en la cual se exponen las teorías y leyes de la Física mediante una metodología expositiva. En este punto se contrastan los conocimientos previos, los resultados de las experiencias y la teoría. Si hay coincidencia entre ambas ideas, entonces el saber es reforzado. Si no hay coincidencia, se produce un conflicto. Por un lado, hubo un análisis previo que partió del conocimiento intuitivo y que se ha encontrado con dificultades para resolver o explicar los fenómenos de la naturaleza. En contrapartida, el docente ofrece un conocimiento científico aceptado, más sólido. En los términos de Pozo et al. (1998), se produce un cambio conceptual cuando los modelos permiten interpretar la realidad desde visiones alternativas.

Al final de la secuencia didáctica se propone la resolución de problemas abiertos o cerrados, numéricos o conceptuales, en los cuáles el estudiante puede regular su conocimiento con el desafío de resolver problemas típicos de la ciencia.

Como puede observarse, y a modo de síntesis, en el presente trabajo se pone a prueba una secuencia didáctica novedosa para la enseñanza de la Física en la escuela media. Por un lado, se parte de situaciones familiares o habituales en nuestras vidas y de las ideas que tenemos de ellas, avanzando hacia el conocimiento científico. Es decir, se trabaja cognitivamente desde lo particular hacia lo general. Tal como sugiere Couso (2013), los esquemas mentales del conocimiento previo pueden evolucionar hacia modelos teóricos de la ciencia a partir de utilizar las ideas, evaluarlas, revisar la coherencia, estructurar los esquemas, y aplicarlas en situaciones de complejidad que se incrementa. Por otro lado, se busca promover un incremento de la motivación. En este sentido, y tal como sugieren Campbell y Lubben (2000), la motivación surge cuando los estudiantes advierten el disfrute que produce entender, predecir y explicar

los fenómenos de la naturaleza; y cuando observan que las ideas aprendidas son útiles para explicar hechos muy diversos.

### 3. Objetivos de la experiencia

La experiencia que se describe a continuación tiene por objetivo poner a prueba el diseño de la secuencia didáctica que incluye laboratorios lúdicos para medir la eficiencia de esta estrategia en la enseñanza de la Física. Más específicamente, se busca conocer los efectos de la secuencia didáctica sobre la comprensión y la motivación de los estudiantes.

### 4. Contenidos trabajados

Tal como se anticipó, se diseñó una secuencia didáctica sobre el tema Hidrostática. Esta secuencia fue presentada a la docente a cargo, quién opinó al respecto y propuso sugerencias. Los descriptores de esta unidad son: *la diferencia entre presión y fuerza, el principio de Pascal, el concepto de presión hidrostática, el principio de Arquímedes y el concepto de Peso Específico*. Para el grupo experimental lúdico se utilizó la secuencia de cinco pasos en el siguiente orden: los hechos de la naturaleza, la historia de la ciencia, el laboratorio lúdico, clases teóricas y resolución de problemas. Para el grupo de enseñanza tradicional se ofreció una clase expositiva habitual que consistía en el marco teórico, resolución de problemas y finalmente un laboratorio.

#### 4.1. Clase hechos de la naturaleza

La secuencia comenzó con la clase de hechos de la naturaleza. En ella se puso a prueba el conocimiento previo o intuitivo de los estudiantes. Se los dividió en grupo y se los invitó a responder una serie de preguntas que se pueden observar en la vida cotidiana relacionadas con los temas a tratar. Las respuestas de cada grupo se anotaron en el pizarrón y se registraron para ver la evolución del pensamiento en el transcurrir de las clases. *Por ejemplo: a) ¿pueden pisar el agua de la pileta y pararse en ella sin hundirse? ¿Qué sucede si se suben a una tabla sobre la superficie del agua?, ¿se hunden? ¿Cuál es la diferencia? Lo mismo en la nieve. Cuando hay mucha nieve ¿pueden caminar en ella? ¿Y si usan raquetas? ¿por qué? b) ¿conocen esos gatos hidráulicos para levantar el auto que se usan en las gomerías? Tiene una base redonda y una palanca que hay que mover. Mientras movemos la palanca sube la base y eleva el auto. ¿Qué piensan? ¿Cómo es posible que una base tan chica pueda levantar semejante peso del auto? c) ¿Alguno de ustedes ha bajado a más de dos metros de profundidad en la pileta o en el río? ¿Qué sienten a esa profundidad? ¿Cambia lo que sienten si ustedes se mueven o cambian de posición (boca arriba, de costado)? d) Cuando están en la pileta ¿intentaron levantar un amigo? ¿pesa lo mismo que en la superficie? ¿por qué? e) ¿Es más fácil flotar en el mar o en el lago? En el lago el agua es dulce, es decir, no tiene sal, mientras que en el mar hay un 2% de sal en el agua. Pero veamos que ocurre en el Mar Muerto, en Asia. Ese mar tiene un 27% de sal en el agua y los nadadores no pueden hundirse ¡siempre flotan! Otro punto: si tiro una piedra al agua se hunde, sin embargo, el submarino se hunde hasta una profundidad y allí se mantiene ¿por qué un submarino no se hunde hasta el fondo?*

El objetivo de esta clase fue desafiar a los estudiantes a pensar en situaciones que probablemente hayan vivido, pero nunca se hayan preguntado por qué ocurren. El debate entre compañeros y entre grupos permiten que surjan diferentes visiones sobre un mismo punto. Es importante el registro de todas las respuestas para cotejar en el avance de las clases si éstas son correctas o entran en conflicto con las de la ciencia teórica. En ningún momento la docente debe dar pistas sobre lo que está bien y lo que está equivocado. Esta clase no contiene ningún aspecto teórico.

Al finalizar la clase la docente presentó una encuesta anónima con escala de Likert de cinco niveles para medir el interés y la motivación. También realizó una evaluación de diagnóstico a partir de las respuestas de los grupos con el fin de registrar el nivel de comprensión que tienen de cada descriptor del tema Hidrostática. Se utilizó una rúbrica de conocimiento en la cual cada descriptor fue evaluado en cuatro niveles: no conoce, básico, avanzado y experto. Los ítems correspondientes a cada nivel fueron consensuados con la docente en base a los requerimientos que ella utilizaba habitualmente en su aula.

#### 4.2. Clase Historia de la ciencia

La clase siguiente trató sobre la historia de la ciencia relacionada con la Hidrostática. Se presentaron historias más o menos conocidas y se las ordenó cronológicamente. Dichas historias no solo referían a lo resuelto por los científicos frente a sus problemas de investigación, sino que también abarcaban su entorno, otros problemas que enfrentaron y aspectos de sus vidas que no se relacionan estrictamente con la ciencia. Se buscó mostrar la relación humana del científico con el mundo que lo rodeaba.

Por cuestiones de espacio, se presentan dos historias que formaron parte de la clase. Pedroza Gonzalez (2018) nos relata sobre la vida de Arquímedes: físico, matemático, inventor, ingeniero militar. Esta es la historia de Arquímedes y el problema del rey Hieron II, quién había hecho construir una corona y sospechaba que no estaba realizada totalmente en oro. Hieron le entrega la corona a Arquímedes para que resuelva el problema bajo la amenaza que, si no cumplía ¡le cortaría la cabeza! Arquímedes pensaba todo el tiempo en el tema, incluso cuando se bañaba. Justamente, al tomar un baño observó que a medida que se sumergía en la tina, el agua lo empujaba hacia arriba y también se desbordaba. En ese momento tuvo un chispazo de genialidad y salió corriendo por las calles gritando ¡Eureka! ¡Eureka! que significa “lo encontré”. El detalle de la historia es que salió corriendo desnudo...

Arquímedes relaciona dos fenómenos: el agua realiza un empuje hacia arriba igual al peso de la corona y, si la tina está llena de agua, al sumergirla se desbordará un volumen de agua igual al de la corona. Conociendo el peso y volumen podía conseguir una cantidad de oro igual y compararlo con el de la corona y así saber si había sido hecha completamente en oro o con aleaciones de otros materiales. A partir de esta historia, se puede retomar preguntas de la clase anterior y responder a la pregunta ¿por qué flotan los barcos?, o ¿por qué los amigos “pesan menos” en el agua de la pileta?

La segunda historia trata sobre el primer submarino. Hubo muchos intentos de hacer naves que naveguen bajo el agua. Hasta 1775 no se realizaría un submarino tan parecido a lo que hoy conocemos. David Bushnell inventó un sumergible que se dirigía con dos hélices. Lo llamó Turtle (tortuga) porque tenía forma de dos caparazones unidos. Para hundirse inundaba la base del submarino con agua hasta lograr la profundidad deseada. Para emerger utilizaba una bomba manual para quitar el agua. Las hélices las controlaba mediante una manivela y un pedal que le permitía ir hacia arriba y abajo, adelante y atrás. Podía viajar solo una persona y tenía una escotilla en la parte superior por la cual se podía ver y unos tubos que salían a la superficie para respirar (Milkofsky, 2022).

Esta pequeña embarcación fue utilizada en la guerra de la independencia de Estados Unidos para atacar a barcos ingleses. La intención de Bushnell era ubicarse debajo de un barco enemigo, realizar un agujero con un taladro y colocar una carga explosiva. Cuando la nave estuvo terminada intentaron realizar el ataque sobre el buque inglés Eagle en la bahía de Nueva York. Pero Bushnell no pudo tripular la tortuga porque cayó enfermo. En su lugar el sargento Ezra Lee hizo el intento. De noche lo remolcaron con un barco de pesca lo más cerca que pudieron del Eagle. Lee tuvo que trabajar duro para avanzar en contra de la marea. Al colocarse debajo del buque inglés no pudo perforar su estructura para colocar la carga porque el barco contaba con una malla de cobre que lo protegía. Después de unas horas de intentarlo

empezaba a amanecer. Comenzó a faltar el aire y tuvo que alejarse del buque antes que lo descubrieran. Lee fue agotando sus fuerzas, y en su intento por resistir a la marea, arrojó la carga explosiva para aligerar el peso. Ésta explotó en el agua causando un gran revuelo en la armada inglesa, que por resguardo decidieron retirarse a aguas más alejadas. Finalmente, no tuvo éxito con el ataque, aunque eso no quita la importancia de la tortuga de Bushnell, el primer submarino de la historia, hermético y se inundaba con agua para lograr profundidad.

Luego de relatar las historias, la docente mostró nuevamente el cuadro realizado en la clase anterior y se les dio oportunidad a los grupos a escribir los cambios que considerasen pertinentes a partir de lo que se escuchó en la clase de historia de la ciencia.

#### 4.3. Clase Laboratorios lúdicos

La tercera clase fue el laboratorio lúdico, en la cual los estudiantes realizaron experiencias siguiendo unas pautas básicas con la libertad para ser creativos. Para esta clase se diseñaron cinco experiencias, en las cuales se señaló la importancia de tomar medidas, registrar observaciones, elaborar gráficos y obtener conclusiones. Además de los elementos específicos de cada experiencia (ejemplo un globo), se les permitió utilizar los teléfonos celulares para registrar fotos y videos.

En la Experiencia 1 llamada Presión sobre superficie, se ofreció a los estudiantes cepillos y peines. Las preguntas disparadoras fueron: si tienen un clavo y presionaran de punta contra la mano ¿qué sentirían? ¿Qué sucedería en la piel? Si cada punta del peine o del cepillo es igual a la de un clavo, al presionarlo contra la piel ¿por qué no se lastiman? Prueben, experimenten ¿la fuerza que usan es la misma? ¿la fuerza que siente la mano es la misma? ¿Cuál es la diferencia? ¿por qué un faquir se puede acostar en una cama de clavos?

En la Experiencia 2 sobre el Principio de Pascal se solicitó a los estudiantes que llenen un globo con agua y lo aten en la punta. Toman el globo con las palmas de la mano abiertas. Jueguen presionando el globo de diferentes formas, ¿cómo se deforma el globo? ¿lo hace en un solo sentido o lo hace en muchos sentidos? ¿por qué? Prueben con diferentes posiciones.

Apoyan el globo en la mesa y colocan un peso encima (un libro o lo que tengan disponible). Desde los laterales del globo, ¿pueden presionar y subir el libro? ¿encuentran alguna relación entre la fuerza que hacen y el peso del libro? ¿y entre la distancia que hunden las manos o los dedos en el globo y lo que elevan el libro? Se solicitó que relacionen las longitudes de movimiento de los dedos y del peso con las fuerzas que sienten que están haciendo.

En la Experiencia 3 se trabajó sobre el tema Presión hidrostática. Para ello se pidió a los estudiantes que llenen una fuente de vidrio con agua. Luego, que tomen una botella de plástico y le corten la base. A continuación, que giren la botella con el pico hacia abajo. En el pico debían colocar otra tapa que sea de mayor diámetro que el pico de la botella (de manera que quede suelta). Ahora hundan la botella haciendo fuerza sobre la tapa en el agua y que observen lo que sucede con la tapa. Jueguen con diferentes posiciones de la botella y observen.

¿qué sucede si vuelcan agua dentro de la botella (por la base que quedó abierta)? Observen y registren. Si es posible ver por la fuente de vidrio sería interesante medir la cantidad de agua que vuelcan dentro de la botella.

En la Experiencia 4 se trabajó sobre el Principio de Arquímedes. Vamos a armar una balanza con un resorte. Tomen un resorte liviano y midan su longitud. Luego, que aten con un hilo largo un peso conocido

a la punta del resorte, sujetan el resorte de la otra punta y dejan colgar el peso. Si miden la distancia que se estira el resorte, logran una proporción del peso. Más peso, más longitud.

Ahora prueben lo que le sucedió a Arquímedes. Hundan el peso en una fuente o recipiente con agua. Jueguen con diferentes pesos, pueden inclinar la fuente, moverla ¿da lo mismo hundir todo el peso o solo una parte? Pueden medir siempre cuánto se estira el resorte dentro y fuera del agua. Finalmente, se les sugiere que armen una tabla con las medidas del resorte y de los pesos e intenten dibujar en un gráfico de coordenadas los pares de puntos para pensar si encuentran alguna relación o idea.

En la Experiencia 5 se trabajó sobre Peso específico. Se pide a los estudiantes que coloquen agua en una fuente pequeña, intentando medir la cantidad de agua que se coloca. Luego introducen un huevo y observen si se hunde o no.

Ahora agreguen sal en el agua midiendo la cantidad de cucharas y revuelvan la solución. ¿qué pasa con el huevo? Prueben seguir agregando más sal...

En esta experiencia se invitó a los estudiantes a que tomen nota de las medidas de agua, sal y de la profundidad a la que se hunde el huevo. Luego, que dibujen un gráfico e intenten explicar lo sucedido. A la vez, se los instó a hipotetizar cuánta sal habrá que agregar para que no se hunda otro material distinto del huevo.

En todos los casos se indicó a los estudiantes que debían realizar un informe escrito sobre las experiencias realizadas adjuntando los registros fotográficos y videos. Asimismo, se les informó que, si tenían dudas o lo deseaban, podían repetir las experiencias en sus casas.

Para cerrar la clase de laboratorios lúdicos se expuso nuevamente el cuadro que contenía las respuestas de los estudiantes en las clases anteriores (Hechos de la naturaleza e Historia de la ciencia) y a partir de lo experimentado y analizado, se dio la oportunidad a los grupos de revisar lo registrado y de ser necesario reescribir o modificarlo.

#### 4.4. Clases Teoría y Problemas

Las siguientes clases se utilizaron para exponer la teoría y resolver problemas numéricos abiertos y cerrados. La razón por la cual se realizó la clase expositiva a continuación de un proceso inicial intuitivo fue establecer relaciones entre los conocimientos previos y el conocimiento científico teórico. De esta manera, contribuir a un pensamiento jerárquico donde se unen el modelo intuitivo con el modelo científico. Así, los esquemas mentales de los estudiantes pueden evolucionar hacia los modelos teóricos de la ciencia actual, a partir de usar las ideas previas y las nuevas, evaluarlas, revisar su coherencia, estructurarlas y aplicarlas en espirales de niveles de complejidad creciente (Couso, 2013).

La exposición de la teoría se alternó con momentos de resolución de problemas. En este punto se esperaba que los estudiantes pudieran usar los modelos teóricos aprendidos en nuevos contextos, es decir, transferir las relaciones para resolver nuevos problemas. De esta manera, lograr la representación de formas más complejas aplicadas a distintas situaciones. Los estudiantes se encontrarán más motivados al ser capaces de entender y explicar distintos fenómenos de la naturaleza. Incluso, tal como señalan Campbell y Lubben (2000) aflora una motivación intrínseca a partir del disfrute que significa comprender el mundo que los rodea. Si las ideas aprendidas son potentes y generales serán útiles para responder a los problemas que se les presenten.

La construcción de los problemas presentados se hizo buscando que guardaran relación con los hechos de la naturaleza que se analizaron en la primera clase. Los problemas de cálculos y uso de fórmulas debían utilizar magnitudes reales.

Por último, se volvió a revisar el registro de respuestas dadas por los estudiantes en las clases anteriores. Se solicitó a los estudiantes que intenten formular las respuestas en base a lo aprendido y que de ser necesario reescriban las mismas utilizando un lenguaje adecuado a los modelos teóricos.

Para finalizar la docente realizó la evaluación de comprensión con la rúbrica original y aplicó la misma encuesta anónima de la primera clase que tenía como fin conocer la motivación.

## 5. Metodología

Es conveniente para la metodología de la investigación que sea realizada por un docente ajeno al diseño y estudio de la temática de experiencias lúdicas. De esta manera los resultados incluyen las visiones e impronta de otro docente, llevando adelante una propuesta realista aplicada directamente en el aula.

En el ámbito de una escuela media de Neuquén, la docente a cargo de dos divisiones de estudiantes implementó en uno de ellos la secuencia lúdica diseñada para el tema Hidrostática (grupo de experiencia lúdica) y en la otra una secuencia didáctica habitual del tipo expositiva (grupos de enseñanza tradicional). Se trata de una escuela secundaria privada de gestión religiosa, concurrida por hijos de familias de clase media, con estudiantes de quinto año de diferentes orientaciones.

Se trabajó con dos grupos de comparación, uno en el cual se aplicó el enfoque lúdico y otro en el cual se utilizó el método tradicional de enseñanza.

Se establecieron dos momentos de evaluación para la variable comprensión y motivación: al finalizar la clase de diagnóstico basada en el conocimiento previo y al finalizar ambas secuencias.

La herramienta utilizada para medir la comprensión fue una rúbrica con los cinco descriptores y con cuatro niveles de comprensión. Por cuestiones de espacio y definición no se muestra la tabla completa. Sin embargo, se describe, a modo de ejemplo, el criterio utilizado para el primer descriptor: Diferencia entre Presión y Fuerza.

Nivel No conoce: No asocian que son conceptos diferentes.

Nivel Básico: Comprende que la presión es diferente si la superficie es mayor.

Nivel Avanzado: Comprende que la fuerza se distribuye entre toda la superficie.

Nivel Experto: Comprende que la presión es la fuerza por superficie

Para evaluar el nivel de motivación se realiza una encuesta anónima basada en dos preguntas:

¿Cuánto te interesa saber por qué ocurren estos efectos?

Nada - Muy poco – Poco – Algo – Mucho

Sobre los temas que estamos viendo ¿te motiva estudiarlos para conocer más Física?

Nada - Muy poco - Poco - Algo – Mucho

Luego de que los estudiantes fueran evaluados mediante estos instrumentos, se realizó una codificación de las respuestas a fin de poder ejecutar un análisis estadístico mediante el uso del software Jamovi. Una vez realizados los estadísticos descriptivos correspondientes, se llevó adelante el análisis inferencial para comparar los resultados de ambos grupos.



## 6. Resultados y discusión

### 6.1. Resultados de la variable comprensión

A continuación, se describen los resultados obtenidos sobre la medición de la variable comprensión. La docente utilizó la rúbrica diseñada para evaluar a los dos grupos en el inicio (pretest) y fin (postest) de ambas secuencias didácticas. El resultado se muestra en la Tabla 1 (pretest) y Tabla 2 (postest). Los valores de la tabla indican la cantidad de estudiantes agrupados por nivel.

**Tabla 1.**

*Cantidad de estudiantes según el nivel de comprensión en el momento pretest, para ambos grupos.*

| Grupo       | Descriptor   | No conoce | Básico | Avanzado | Experto |
|-------------|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| Lúdico      | Dif. P. y F. | 7         | 7      | 11       |         |
|             | Pascal       | 25        |        |          |         |
|             | P. Hidro.    | 8         | 10     | 7        |         |
|             | Arquímedes   | 4         |        | 21       |         |
|             | P. especif.  |           | 25     |          |         |
| Tradicional | Dif. P. y F. | 12        | 4      | 8        |         |
|             | Pascal       | 20        | 4      |          |         |
|             | P. Hidro.    |           | 20     | 4        |         |
|             | Arquímedes   |           |        | 20       | 4       |
|             | P. especif.  | 13        | 11     |          |         |

*Nota:* Resultados de la medición de la variable comprensión al inicio de la secuencia *Fuente:* Los Autores.

**Tabla 2.**

*Cantidad de estudiantes según el nivel de comprensión en el momento postest, para ambos grupos.*

| Grupo       | Descriptor   | No conoce | Básico | Avanzado | Experto |
|-------------|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| Lúdico      | Dif. P. y F. |           | 7      | 10       | 10      |
|             | Pascal       | 3         | 4      | 6        | 14      |
|             | P. Hidro.    |           | 3      | 16       | 8       |
|             | Arquímedes   |           | 1      | 6        | 20      |
|             | P. especif.  | 2         | 8      | 11       | 6       |
| Tradicional | Dif. P. y F. |           | 4      | 13       | 7       |
|             | Pascal       |           | 4      | 12       | 8       |
|             | P. Hidro.    |           | 2      | 14       | 8       |
|             | Arquímedes   |           |        | 11       | 13      |
|             | P. especif.  |           | 9      | 5        | 10      |

*Nota:* Resultados de la medición de la variable comprensión al fin de la secuencia. *Fuente:* Los Autores

Se observan diferencias entre la cantidad de estudiantes iniciales y finales para el grupo experimental. Los valores no coincidentes fueron considerados perdidos.

Para realizar un análisis estadístico se codificaron los datos, asignando al nivel No conoce el peso 1, Básico 2, Avanzado 3 y Experto 4. Luego se realizó un análisis estadístico descriptivo con el software Jamovi®. Se incluyó una prueba de normalidad de Shapiro Wilk y en todos los casos arrojó que la distribución no era normal.

En la Tabla 3 se muestran los resultados de los valores de media y mediana para el pretest y postest.

**Tabla 3.**

*Resultado del análisis estadístico descriptivo.*

| Grupo       | Descriptor   | Pretest |         | Postest |         |
|-------------|--------------|---------|---------|---------|---------|
|             |              | Media   | Mediana | Media   | Mediana |
| Lúdico      | Dif. P. y F. | 2.16    | 2       | 3.20    | 3       |
|             | Pascal       | 1.00    | 1       | 3.32    | 4       |
|             | P. Hidro.    | 1.96    | 2       | 3.28    | 3       |
|             | Arquímedes   | 2.68    | 3       | 3.80    | 4       |
|             | P. especif.  | 2.00    | 2       | 2.92    | 3       |
| Tradicional | Dif. P. y F. | 1.83    | 1.50    | 3.13    | 3.00    |
|             | Pascal       | 1.17    | 1.00    | 3.17    | 3.00    |
|             | P. Hidro.    | 2.17    | 2.00    | 3.25    | 3.00    |
|             | Arquímedes   | 3.17    | 3.00    | 3.54    | 4.00    |
|             | P. especif.  | 1.46    | 1.00    | 3.04    | 3.00    |

*Nota:* Análisis estadístico descriptivo de la variable comprensión. *Fuente:* Los Autores.

Observando los valores de media y mediana entre el pretest y postest se destaca el hecho que ambos grupos tuvieron un crecimiento cognitivo en los cinco descriptores. El grupo experimental lúdico logró valores finales de media superiores a los del grupo de enseñanza tradicional en los primeros cuatro descriptores. En el caso de las medianas, el grupo experimental lúdico alcanzó un resultado mejor en el descriptor Principio de Pascal, mientras que en resto de los descriptores ambos grupos alcanzaron los mismos valores de mediana.

Luego se procedió a realizar un análisis estadístico inferencial con el fin de comparar ambos grupos en el estado pretest y en el postest. Para este análisis se utilizó la herramienta ANOVA no paramétrico (Kruskal Wallis). La Tabla 4 muestra el resultado de este análisis.

**Tabla 4.**

*Resultado del análisis estadístico inferencial.*

| Dif.                    | Descriptor   | Pretest |        | Postest |       |
|-------------------------|--------------|---------|--------|---------|-------|
|                         |              | W       | p      | W       | p     |
| Lúdico -<br>Tradicional | Dif. P. y F. | -1.82   | 0.199  | -0.614  | 0.664 |
|                         | Pascal       | 2.98    | 0.035  | -1.47   | 0.300 |
|                         | P. Hidro.    | 1.50    | 0.290  | -0.165  | 0.907 |
|                         | Arquímedes   | 3.96    | 0.005  | -2.70   | 0.056 |
|                         | P. especif.  | -6.01   | < .001 | 0.705   | 0.618 |

*Nota:* Análisis estadístico inferencial de la variable comprensión. *Fuente:* Los Autores

El análisis del valor significancia p muestra que en dos conceptos (Diferencia entre Presión y Fuerza, y Presión Hidrostática) los dos grupos parten de un nivel cognitivo idéntico, mientras que en los otros tres casos hay diferencias significativas (pretest). Para la situación postest, no hay diferencias significativas entre grupos en ningún concepto. Es decir, los dos grupos parten de situaciones diferentes, pero alcanzan un resultado similar.

Con estos resultados se interpreta que para ambos grupos en todos los casos hubo crecimiento cognitivo. Del análisis estadístico descriptivo se observa que el grupo experimental lúdico tuvo un crecimiento significativamente mayor en el concepto Principio de Pascal. En este aspecto el grupo lúdico

tuvo un crecimiento de mediana de tres niveles mientras que el grupo enseñanza tradicional lo hizo en dos niveles. Y la mediana del grupo experimental lúdico es cuatro, superior a la del grupo tradicional que finaliza en tres.

Para cuatro de los cinco descriptores el grupo experimental lúdico finaliza con un valor de media más alto que su par tradicional.

## 6.2. Resultados de la variable motivación

Para la variable motivación se utilizó la herramienta encuesta al finalizar la clase de diagnóstico (pretest) y al finalizar ambas secuencias (postest). En las Tablas 5 y 6 se muestran los resultados de las encuestas sobre el interés y la motivación de estudiar Física, divididos entre grupo experiencia lúdica y enseñanza tradicional, para el valor pretest y postest. Los valores de la tabla indican la cantidad de estudiantes agrupados por nivel.

**Tabla 5.**

*Cantidad de estudiantes según el nivel de interés en aprender Física.*

| Grupo                 | Momento | Nada | Muy poco | Poco | Algo | Mucho |
|-----------------------|---------|------|----------|------|------|-------|
| Experiencia lúdica    | Pretest | 2    | 6        | 9    | 6    | 2     |
|                       | Postest | 2    | 6        | 7    | 11   | 1     |
| Enseñanza tradicional | Pretest | 7    | 1        | 6    | 7    | 2     |
|                       | Postest | 2    | 2        | 7    | 9    | 0     |

*Nota:* Resultados de la encuesta interés por estudiar Física. *Fuente:* Los Autores

**Tabla 6.**

*Cantidad de estudiantes según el nivel de motivación en aprender Física.*

| Grupo                 | Momento | Nada | Muy poco | Poco | Algo | Mucho |
|-----------------------|---------|------|----------|------|------|-------|
| Experiencia lúdica    | Pretest | 7    | 10       | 5    | 3    | 0     |
|                       | Postest | 3    | 3        | 6    | 13   | 2     |
| Enseñanza tradicional | Pretest | 11   | 8        | 3    | 1    | 0     |
|                       | Postest | 3    | 4        | 6    | 6    | 1     |

*Nota:* Resultados de la encuesta motivación por estudiar Física. *Fuente:* Los Autores

Se observan diferencias entre la cantidad de estudiantes que completaron las dos respuestas de ambas encuestas. Se debe a que no todos los estudiantes devolvieron la encuesta escrita y a la diferencia de estudiantes entre la primera clase y la última. Para el análisis estadístico se han considerado valores perdidos a aquellos que no respondieron ambas preguntas.

Para realizar un análisis estadístico se codificaron los datos, asignando al nivel Nada el peso 1, Muy poco 2, Poco 3, Algo 4 y Mucho 5. Luego se realizó un análisis estadístico descriptivo con el software Jamovi®. Se incluyó una prueba de normalidad de Shapiro Wilk y en todos los casos arrojó que la distribución no era normal, excepto en el caso del Interés Pretest para la clase de enseñanza tradicional.

En la Tabla 7 se muestran los resultados de los valores de media y mediana para el pretest y postest.

**Tabla 7.**

*Resultado del análisis estadístico descriptivo para la variable Interés y Motivación.*

| Grupo       | Descriptor | Prestest<br>Media | Mediana | Postest<br>Media | Mediana |
|-------------|------------|-------------------|---------|------------------|---------|
| Lúdico      | Interés    | 2.83              | 3       | 3.15             | 3       |
|             | Motivación | 1.58              | 1       | 2.90             | 3       |
| Tradicional | Interés    | 3.08              | 3       | 3.07             | 3       |
|             | Motivación | 2.23              | 2       | 3.30             | 4       |

*Nota:* Análisis estadístico descriptivo de la variable interés y motivación. *Fuente:* Los Autores.

Analizando los valores se puede interpretar que en el caso del concepto Interés, si bien las medianas se han mantenido en el valor 3 (nivel de interés Poco), el grupo experimental lúdico aumentó su media de 2,83 a 3,15 mientras que el grupo tradicional tuvo un mínimo descenso de 3,08 a 3,07. En el análisis de las respuestas sobre motivación se observa que ambos grupos aumentaron su valor de mediana en el mismo índice (un aumento de 2 niveles para ambos). Pero, cuando se analiza la media, el grupo experimental lúdico tuvo un crecimiento mayor respecto al grupo enseñanza tradicional. En el grupo lúdico inicia con un nivel de 1,58 y alcanza 2,90 (aumento de 1,32 niveles) mientras que el grupo expositivo inicia con un nivel de 2,23 y alcanza los 3,30 (aumento de 1,07).

Es interesante destacar que el grupo enseñanza tradicional ha concluido la secuencia didáctica con un laboratorio. De esto se interpreta que este grupo mantuvo el Interés y concluyó con una motivación alta, justamente, atribuible a finalizar con una clase donde el estudiante es partícipe activo y, por lo tanto, se estimula su motivación. Mientras que el grupo experimental lúdico tuvo su clase de laboratorio en la mitad de la secuencia y finaliza con teoría y problemas y, sin embargo, ha tenido un crecimiento en el Interés y la Motivación.

Finalmente, se relatan las valoraciones que ha expresado la docente que llevó adelante la experiencia, en una entrevista posterior a la puesta a prueba de la secuencia didáctica. La misma describe el contexto en el que se encontraban los estudiantes: al regreso a clases después de 2 años de pandemia era necesario rearmar vínculos, hábitos de estudio y una readaptación. Algunos estudiantes padecían depresión y ataques de pánico (controlados con atención psiquiátrica). Acentúa la diferencia entre el grupo de experiencias lúdicas y el grupo de enseñanza tradicional. El grupo lúdico estuvo atento a las clases, con estudiantes que habían cambiado su actitud negativa. Esto sorprendió a la docente porque en la primera parte del año y durante el año anterior no habían tenido esa postura. Por su parte, el grupo de enseñanza tradicional no tuvo una buena respuesta, costaba que presten atención. Cuatro estudiantes directamente no trabajaron durante el proceso.

Sobre la secuencia didáctica diseñada, la docente destaca la importancia de dedicar un espacio a la historia de la ciencia porque permite a los estudiantes dimensionar el tiempo que ha llevado construir el conocimiento. Para su clase elaboró una presentación con una línea de tiempo donde volcó los principales hitos históricos de la evolución de la ciencia. La docente también aprovechó la oportunidad para poner en valor el trabajo de mujeres científicas.

Sobre el uso de la secuencia didáctica lúdica observa que la dinámica de la clase se potencia e incentiva a los estudiantes a tratar de responder a los hechos de la naturaleza que les ha planteado. Resalta la importancia de diseñar correctamente la rúbrica de conocimiento. Prevé volver a realizar una secuencia similar con más tiempo para elaborar las clases y pensar en un proceso más minucioso.

## 7. Conclusiones

El objetivo de esta experiencia fue poner a prueba un modelo de enseñanza de la Física mediante el uso de experiencias lúdicas para promover la comprensión y motivación de estudiantes de Nivel Medio.

En el marco teórico se describió una secuencia didáctica que incluye laboratorios lúdicos. Se trata de una propuesta que parte del conocimiento previo e intuitivo del estudiante y evoluciona hacia un modelo teórico. Este modo de trabajo en el aula se centra más en el estudiante que en el docente especialista que expone una clase. En los tres primeros pasos de la secuencia, todo lo que el estudiante sabe, cree conocer, intuye o ha experimentado previamente, se pone en disputa para resolver problemas cotidianos. La revisión histórica sobre cómo la ciencia sabe lo que sabe acerca del tema que se estudia ofrece al estudiante una visión diferente de la ciencia, muestra a los científicos en situaciones humanas y permite que los estudiantes puedan relacionar sus ideas con las que tuvieron los primeros científicos. Las experiencias lúdicas lo sitúan como un protagonista activo de su propio aprendizaje, permitiendo que la creatividad aflore por medio del juego y la libertad de acción en una clase diferente a la tradicional exposición del docente. Luego, las clases teóricas y de problemas confirman el conocimiento aprendido o lo ponen en conflicto cognitivo permitiendo llegar a un modelo teórico más sólido. El desarrollo de esta secuencia didáctica da lugar a que diferentes estudiantes puedan encontrar un punto de interés con el estudio de la Física: desde plantear situaciones comunes de nuestra vida, lo abstracto, lo histórico, la filosofía, el debate, la manipulación de elementos, toma de datos y conversión en tablas y gráficos, el juego y su creatividad, la resolución de nuevos problemas.

En la experiencia realizada, estudiantes de quinto año estudiaron el tema Hidrostática. En la variable comprensión se evaluaron cinco descriptores. Hubo crecimiento cognitivo en los dos grupos. Sin embargo, el grupo experimental lúdico arrojó resultados significativamente mayores en un descriptor (Principio de Pascal), moderadamente mejor en tres descriptores (Diferencia entre Presión y Fuerza, Presión Hidrostática y Principio de Arquímedes) y similares al grupo enseñanza tradicional en el último (Peso Específico). En promedio el grupo experimental lúdico ha tenido mejor resultado que el grupo enseñanza tradicional y en los cinco descriptores alcanzó un nivel de comprensión elevado.

En la medición de motivación ambos grupos aumentaron su nivel, aunque conservaron el ítem Interés. Las diferencias de medias favorecen al grupo experimental lúdico en ambas mediciones.

En síntesis, el trabajo tuvo como objetivo conocer el impacto de unas secuencias didácticas que incluyen laboratorios lúdicos. La experiencia responde favorablemente al objetivo de promover la comprensión y la motivación en estudiantes secundarios en las clases de Física. Para ello, se comparó este tipo de secuencias con la enseñanza tradicional. Se podría afirmar que el uso de secuencias didácticas con experiencias lúdicas muestra conclusiones alentadoras tanto para la motivación como para la comprensión. Si bien no se trata de resultados cerrados o definitivos, este trabajo aporta a la problemática de la enseñanza en el aula de Física. En adelante se espera llevar adelante nuevas experiencias y difundir esta propuesta a otros docentes para seguir profundizando en esta perspectiva.

Consideramos que los resultados alientan a la difusión de la herramienta didáctica para que otros docentes la puedan poner a prueba y a seguir investigando el impacto de los laboratorios lúdicos en el aula de Física.

## 8. Contribución de autores

Autor Marcelo Araoz: investigación y metodología, Autor Valeria Olguin: conceptualización y supervisión.

## 9. Declaración de fuentes de financiación

Esta investigación formó parte del proyecto de la Universidad Nacional del Comahue I263 denominado *Enseñanza de la física y química mediante el uso de experiencias lúdicas*. La financiación de la investigación proviene de este proyecto.

## 10. Declaración de uso de inteligencia artificial

Durante la preparación de este trabajo, los autores no utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa o tecnologías asistidas por IA.

## 11. Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses relacionado con la publicación de este artículo.

## 12. Referencias

- Adúriz-Bravo, A. y Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación En Educación En Ciencias*, 4(1), 40-49.
- Aizencang, N. (2010). *Jugar, aprender y enseñar*. Manantial.
- Araoz, M. y Olguín, V. (2021) Una revisión sistemática sobre las experiencias lúdicas para la enseñanza de la Física y la Química en la escuela media. *Revista Enseñanza de la Física*, 33 (3) pp 39-49.
- Bulte, A. M. W., Westbroek, H. B., de Jong, O. y Pilot, A. (2006). A Research Approach to Designing Chemistry Education using Authentic Practices as Contexts. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1063-1086
- Campbell, B. y Lubben, F. (2000). Learning science through contexts: Helping pupils make sense of everyday situations. *International Journal of Science Education*, 22(3), 239-252
- Couso, D. (2013). *La elaboración de unidades didácticas competenciales*. Alambique, 74, 12-24.
- Crespo Madera, E. J., Álvarez Vizoso, T., Cruz Díaz Aguilar, E. & Villegas, J. L. (2002). Las prácticas de Laboratorio en la enseñanza de la física. *Pinar del Río: Laboratorio Docente*.
- Kortland, J. (2007). Context-based science curricula: Exploring the didactical friction between context and science content. *In Paper presented at the ESERA 2007 Conference Malmö, Sweden*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, M.P. (2014) *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill
- Massa, M. (2017) *La enseñanza de las Ciencias Naturales en la Escuela Media*. Fundamentos y desafíos. Homo Sapiens Ediciones.
- Matthews, M. (2017) *La enseñanza de la ciencia. Un enfoque desde la historia y la filosofía de la ciencia*. Fondo de cultura económica.
- Milkofsky, B, (17 de octubre de 2022) *David Bushnell and his Revolutionary Submarine*. Connecticut History Org. <https://connecticuthistory.org/david-bushnell-and-his-revolutionary-submarine/>
- Pedroza Gonzalez, E. (2018) *Hidráulica básica: historia, conceptos previos y ecuaciones*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Pozo, J.L. y Gómez Crespo, M.A. (1998) *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Morata.

## REPRESENTACIÓN FÍSICA Y DIGITAL DEL VOLUMEN DE SÓLIDOS: SECUENCIA DIDÁCTICA DESDE EL MODELO BARRISO

### PHYSICAL AND DIGITAL REPRESENTATION OF SOLID VOLUME: DIDACTIC SEQUENCE FROM THE BARRISO MODEL

### REPRESENTAÇÃO FÍSICA E DIGITAL DO VOLUME DE SÓLIDOS: SEQUÊNCIA DIDÁTICA A PARTIR DO MODELO BARRISO

Luis Barrios Soto\*<sup>ID</sup>, Xiomara Arrieta\*\*<sup>ID</sup>  
Iván Padilla Escorcía\*\*\*<sup>ID</sup>

Barrios Soto, L., Arrieta, X. & Padilla Escorcía, I. (2026). Representación física y digital del volumen de sólidos: secuencia didáctica desde el modelo BARRISO. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(2), e-24052. <https://doi.org/10.14483/23464712.24052>

#### Resumen

La enseñanza de la geometría espacial enfrenta diversas dificultades, tales como su aislamiento del resto de las matemáticas, el enfoque limitado a figuras planas, el uso preponderante del libro de texto y la carencia de recursos y estrategias didácticas adecuadas en el aula. Frente a esta problemática, el presente estudio tiene como propósito analizar una secuencia didáctica orientada a la representación física y digital del volumen de sólidos desde la perspectiva del modelo pedagógico BARRISO, para el fortalecimiento del pensamiento espacial en estudiantes de educación media. Se adoptó un enfoque cualitativo, con un diseño de investigación-acción de tipo descriptivo. La muestra estuvo conformada por 27 estudiantes de grado undécimo, organizados en grupos de trabajo colaborativo. La recolección de información se realizó mediante observación participante, registro en video y análisis de las producciones estudiantiles, complementados con un análisis de contenido basado en categorías emergentes y procesos de triangulación de datos. Los hallazgos permitieron identificar evidencias relacionadas con la visualización y comprensión estructural de los sólidos geométricos, la apropiación del concepto de volumen, el desarrollo de habilidades tecnológicas mediante el uso de GeoGebra 3D y realidad aumentada, y el fortalecimiento del trabajo colaborativo y la argumentación matemática. Asimismo, los registros analizados sugieren que la articulación entre la construcción física de modelos geométricos y su representación digital favorece

\* Doctor en Ciencias Humanas. IED La Salle. Colombia. [lmbs19@hotmail.com](mailto:lmbs19@hotmail.com) – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5148-2017>

\*\* Postdoctorado en Ciencias Humanas. Universidad del Zulia. Venezuela. [xarrieta2410@yahoo.com](mailto:xarrieta2410@yahoo.com) – ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2250-3376>

\*\*\* Doctor en ciencias en el área de matemática educativa. Universidad del Atlántico. Colombia. [ivanandrespadillaescorcía@hotmail.com](mailto:ivanandrespadillaescorcía@hotmail.com) - ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1210-3712>



experiencias de aprendizaje más activas y contextualizadas. Se concluye que la integración de recursos físicos y digitales, en coherencia con las Acciones Pedagógicas en la Enseñanza de la Geometría (APEG) del modelo BARRISO, constituye una alternativa pedagógica pertinente para promover el pensamiento espacial y enriquecer la enseñanza de la geometría en educación media.

**Palabras Clave:** pensamiento espacial; geometría tridimensional; secuencia didáctica; representación digital; educación matemática; modelo BARRISO

### Abstract

The teaching of spatial geometry faces several challenges, including its isolation from the rest of mathematics, the limited focus on plane figures, the predominant use of textbooks, and the lack of appropriate resources and teaching strategies in the classroom. In response to this issue, the purpose of this study is to analyze a didactic sequence focused on the physical and digital representation of the volume of solids from the perspective of the BARRISO pedagogical model, aiming to strengthen spatial thinking in secondary education students. A qualitative approach was adopted, using a descriptive action-research design. The sample consisted of 27 eleventh-grade students organized into collaborative work groups. Data were collected through participant observation, video recordings, and the analysis of students' productions, complemented by content analysis based on emerging categories and data triangulation procedures. The findings provided evidence related to the visualization and structural understanding of geometric solids, the appropriation of the concept of volume, the development of technological skills through the use of GeoGebra 3D and augmented reality, and the strengthening of collaborative work and mathematical argumentation. Furthermore, the analyzed records suggest that the integration of physical model construction and digital representation promotes more active and contextualized learning experiences. It is concluded that the integration of physical and digital resources, aligned with the Pedagogical Approaches to Geometry Teaching (APEG) within the BARRISO model, constitutes a relevant pedagogical alternative for fostering spatial thinking and enriching geometry teaching in secondary education.

**Keywords:** spatial thinking; three-dimensional geometry; didactic sequence; digital representation; mathematics education; BARRISO model

### Resumo

O ensino da geometria espacial enfrenta diversos desafios, tais como seu isolamento em relação às demais áreas da matemática, o foco limitado em figuras planas, o uso predominante do livro didático e a carência de recursos e estratégias pedagógicas adequadas em sala de aula. Diante dessa problemática, este estudo tem como objetivo analisar uma sequência didática voltada para a representação física e digital do volume de sólidos a partir da perspectiva do modelo pedagógico BARRISO, com vistas ao fortalecimento do pensamento espacial em estudantes do ensino médio. Adotou-se uma abordagem qualitativa, com delineamento de pesquisa-ação de caráter descritivo. A amostra foi composta por 27 estudantes do último ano do ensino médio, organizados em grupos de trabalho colaborativo. A coleta de dados foi

realizada por meio de observação participante, registros em vídeo e análise das produções dos estudantes, complementadas por análise de conteúdo fundamentada em categorias emergentes e procedimentos de triangulação de dados. Os resultados permitiram identificar evidências relacionadas à visualização e compreensão estrutural dos sólidos geométricos, à apropriação do conceito de volume, ao desenvolvimento de habilidades tecnológicas mediante o uso do GeoGebra 3D e da realidade aumentada, bem como ao fortalecimento do trabalho colaborativo e da argumentação matemática. Além disso, os registros analisados sugerem que a articulação entre a construção física de modelos geométricos e sua representação digital favorece experiências de aprendizagem mais ativas e contextualizadas. Conclui-se que a integração de recursos físicos e digitais, em consonância com as Ações Pedagógicas no Ensino da Geometria (APEG) do modelo BARRISO, constitui uma alternativa pedagógica relevante para promover o pensamento espacial e enriquecer o ensino da geometria no ensino médio.

**Palavras-Chave:** pensamento espacial; geometria tridimensional; sequência didática; representação digital; educação matemática; modelo BARRISO

## 1. Introducción

La enseñanza de la geometría en los distintos niveles escolares enfrenta múltiples desafíos que obstaculizan el desarrollo integral del pensamiento espacial en los estudiantes. Un problema recurrente es su abordaje de manera aislada respecto al resto de las matemáticas, lo que limita la construcción de una visión integrada y funcional del conocimiento. En esta misma línea, Fuertes et al. (2024) señalan que las principales dificultades se relacionan con la comprensión de las relaciones espaciales entre los objetos, la clasificación de las figuras y el escaso dominio de los conceptos geométricos. A ello se suma lo planteado por Da Silva (2021), quien advierte que los docentes encuentran importantes retos en la planificación de su enseñanza, la cual no solo debe contemplar los contenidos curriculares, sino también incorporar estrategias educativas innovadoras y el uso pertinente de tecnologías digitales.

Otro aspecto crítico en la enseñanza de la geometría es la marcada concentración en el estudio de las figuras planas, lo que deja en un segundo plano la exploración y comprensión de los sólidos geométricos. Esta situación coincide con lo señalado por Porras (2024), quien sostiene que la predominancia de métodos tradicionales basados en lápiz y papel dificulta la apropiación de la geometría tridimensional, al otorgar prioridad a la geometría plana. A esta limitación se suma la falta de herramientas dinámicas y de claridad didáctica por parte de algunos docentes para explicar los cuerpos sólidos, lo que restringe la posibilidad de promover un aprendizaje significativo en la educación secundaria. Como consecuencia, se reducen notablemente las oportunidades de los estudiantes para desarrollar habilidades espaciales esenciales, tales como la visualización tridimensional, la rotación mental de objetos y la estimación de volúmenes. Esto se debe, en gran medida, a que los recursos empleados en el aula suelen ser limitados y no incorporan materiales físicos ni tecnologías digitales que podrían enriquecer el aprendizaje (Rodríguez-López et al., 2023; Barrios et al., 2022).

La falta de recursos físicos y digitales en muchas aulas limita el desarrollo del pensamiento espacial, al impedir que los alumnos manipulen, construyan o modelen objetos tridimensionales, actividades fundamentales para lograr una comprensión significativa de la geometría espacial. A ello se suma la escasez de estrategias pedagógicas efectivas para abordar estos contenidos, situación que agrava la limitada disposición de tiempo en el currículo y, en algunos casos, por la falta de formación específica del

docente en la enseñanza de la geometría y el uso de recursos tecnológicos (Reyes & Arnaud, 2024; Briones & Herrera, 2024).

Frente a este panorama, esta investigación tiene como propósito analizar una secuencia didáctica orientada a la representación física y digital del volumen de sólidos desde la perspectiva del modelo pedagógico BARRISO, para el fortalecimiento del pensamiento espacial en estudiantes de educación media. Se busca así favorecer la apropiación significativa de conceptos relacionados con la geometría tridimensional y contribuir a una transformación didáctica en la enseñanza de las matemáticas escolares, promoviendo prácticas contextualizadas, activas y vinculadas con herramientas físicas y digitales.

## **2. Fundamentación teórica**

### *2.1. Pensamiento espacial*

El pensamiento espacial constituye una capacidad cognitiva fundamental para el aprendizaje de la geometría, ya que permite a los estudiantes interpretar, representar y manipular objetos en tres dimensiones. Este proceso mental implica habilidades como la visualización, la orientación en el espacio, la rotación mental y la percepción de relaciones entre formas (Rojas, 2024; Calle & Vargas, 2022). De acuerdo con la teoría de Van Hiele (1999) y los aportes de Gardner (2015), el pensamiento espacial potencia la construcción de representaciones mentales y la comprensión de las relaciones geométricas, constituyéndose en una competencia esencial para el aprendizaje de las matemáticas, las ciencias y la ingeniería. Su desarrollo es crucial para una comprensión profunda de los conceptos geométricos y su aplicación tanto en contextos reales como abstractos. No obstante, su fortalecimiento en el aula se ha visto limitado por la prevalencia de enfoques centrados en la memorización de fórmulas y la escasez de experiencias didácticas que promuevan la manipulación activa y significativa de la geometría (Pérez et al., 2025).

### *2.2. Enseñanza del volumen de sólidos*

El volumen, al ser una propiedad tridimensional de los cuerpos, ofrece una valiosa oportunidad para fomentar el pensamiento espacial. Su enseñanza trasciende la mera aplicación mecánica de fórmulas, ya que requiere comprender cómo se estructuran y relacionan los cuerpos geométricos, cómo pueden constituirse, transformarse o representarse en diversos contextos (Sánchez & Peña, 2023; Ovalle & Vásquez, 2020). Desde la perspectiva de Roperio y Zubieta (2023), las actividades de modelación física y digital favorecen una comprensión más profunda del volumen al permitir que los estudiantes sean capaces de establecer relaciones entre medidas lineales, áreas y capacidad espacial. Sin embargo, en muchos entornos escolares, este concepto se aborda principalmente mediante ejercicios de cálculo y con frecuencia, no se incorporan procesos de exploración, estimación o comparación, lo que dificulta que el estudiantado construya una comprensión profunda y significativa. A ello se suma la escasa atención que suele recibir la geometría sólida frente a la plana, lo que agrava aún más esta limitación formativa (Porrás, 2024).

### *2.3. Secuencia didáctica en matemáticas*

Una secuencia didáctica en matemáticas se entiende como una organización estructurada y progresiva de actividades de enseñanza y aprendizaje, diseñadas con el propósito de guiar a los estudiantes en la construcción de conocimientos matemáticos. Esta secuencia no se limita a la presentación lineal de

contenidos, sino que articula situaciones problemáticas, recursos y estrategias pedagógicas que permiten avanzar desde los saberes previos hacia nuevos niveles de comprensión. En este sentido, la secuencia didáctica busca promover la interacción entre docente y estudiantes, el uso de diferentes representaciones matemáticas y la aplicación de los conceptos en contextos variados, favoreciendo así un aprendizaje significativo, reflexivo y contextualizado (Bermúdez et al, 2024; Dellepiane, 2024). Además, según Guerrero et al. (2025), las secuencias didácticas constituyen una estrategia de planificación que organiza experiencias de aprendizaje articuladas con objetivos, actividades y procesos de evaluación, permitiendo una construcción progresiva del conocimiento, destacándose por su potencial para integrar recursos tecnológicos y situaciones contextualizadas en la enseñanza de las matemáticas.

#### 2.4. Representación física y digital

La representación física y digital de los objetos tridimensionales constituye una estrategia que busca articular la teoría con la práctica mediante el uso de recursos manipulativos y herramientas tecnológicas interactivas (Barrios et al., 2022). La construcción física se basa en la elaboración de formas con materiales como plastilina, papel, cartón, bloques o recursos geométricos didácticos, mientras que la simulación digital emplea software de geometría dinámica, aplicaciones tridimensionales o simuladores virtuales que permiten visualizar y manipular sólidos en entornos digitales. Diversas investigaciones han demostrado que la integración de ambos tipos de representación potencia la visualización, la comprensión de las estructuras espaciales y la transferencia entre diferentes registros de representación, lo que a su vez fortalece el pensamiento espacial y la capacidad de construir sólidos geométricos (Ovalle & Vásquez, 2020; Gaona & Guerrero, 2022). Esta complementariedad entre experiencias concretas y entornos virtuales favorece procesos de abstracción progresiva, permitiendo que los estudiantes transiten de la manipulación física hacia representaciones más complejas de carácter geométrico y matemático.

#### 2.5. Modelo pedagógico BARRISO

BARRISO es un modelo pedagógico que propone una reorientación de la práctica docente en matemáticas a través de la aplicación de las acciones pedagógicas en la enseñanza de la geometría (APEG), vinculando recursos físicos y digitales. Este modelo se centra en la conexión entre los contenidos y los factores socio-histórico-culturales para promover situaciones significativas de aprendizaje en los estudiantes. Desde esta perspectiva, el aprendizaje de la geometría no se concibe como una actividad aislada, sino como una construcción conjunta que integra también el trabajo colaborativo y la evaluación formativa (Barrios & Delgado, 2025). Además, según Macias y Arrieta (2025), el modelo promueve la contextualización de los contenidos geométricos, la resolución de problemas y la producción de evidencias de aprendizaje mediante recursos físicos y tecnológicos, favoreciendo experiencias didácticas dinámicas e inclusivas. Aplicado al estudio del volumen de sólidos, el modelo BARRISO permite diseñar experiencias didácticas donde los estudiantes representan, comparan y analizan cuerpos geométricos, tanto de manera tangible como digital, lo cual propicia el desarrollo del pensamiento espacial desde una práctica activa e interesante.

Asimismo, el modelo otorga un papel central a la integración de recursos físicos y digitales como mediadores del aprendizaje, favoreciendo la transición entre representaciones concretas, gráficas y abstractas mediante materiales manipulativos, software de geometría dinámica y herramientas de realidad aumentada. De igual forma, asume la evaluación formativa como un proceso continuo de reflexión y argumentación que permite a los estudiantes comprender conceptos geométricos complejos, fortalecer el

pensamiento espacial, desarrollar competencias comunicativas, justificar resultados y participar activamente en experiencias colaborativas de aprendizaje (Barrios et al., 2026).

### **3. Metodología**

Esta investigación se enmarca en un enfoque cualitativo, ya que busca comprender e interpretar fenómenos educativos desde la perspectiva de los actores involucrados y en su contexto natural. Según Valderrama y Pease (2024), Finol y Arrieta (2021) y Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el enfoque cualitativo se orienta al estudio de significados, procesos y prácticas, permitiendo una mirada profunda sobre la experiencia educativa y los sentidos construidos en ella. Se emplea un diseño de investigación-acción, orientado a examinar y comprender las propias prácticas con el propósito de impulsar transformaciones que favorezcan su mejora. Este diseño busca promover cambios positivos tanto en el ámbito individual como en el colectivo, particularmente dentro de escenarios educativos. Su solidez metodológica se basa en un ciclo continuo que integra cuatro fases esenciales: planificación, ejecución, observación y reflexión (Niño, 2019; Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

En la fase de planificación se diseñó la secuencia didáctica sustentada en las Acciones Pedagógicas en la Enseñanza de la Geometría (APEG) del modelo BARRISO, definiendo los objetivos de aprendizaje, los recursos físicos y digitales, las actividades y los criterios de observación. La fase de ejecución correspondió a la implementación de la secuencia didáctica con los estudiantes de grado undécimo. Durante la fase de observación se registraron sistemáticamente las interacciones, producciones y actuaciones de los participantes mediante observación participante y grabaciones en video. Finalmente, en la fase de reflexión se analizaron los datos obtenidos con el propósito de valorar los alcances de la experiencia pedagógica e identificar elementos relevantes para la comprensión del desarrollo del pensamiento espacial en el contexto estudiado.

El tipo de estudio es descriptivo, dado que se centra en caracterizar las dinámicas de aula, los recursos utilizados, las interacciones entre docente y estudiantes, y las manifestaciones del pensamiento espacial evidenciadas durante la implementación de la estrategia. Sambrano (2020) y Niño (2019), señalan que el propósito de los estudios descriptivos es detallar cómo se presentan los fenómenos, sin manipular variables ni establecer relaciones causales, lo que resulta adecuado para el análisis pedagógico que aquí se propone.

Se utilizó la observación participante como técnica de recolección de información durante los tiempos de clase en las que se implementó la secuencia didáctica, permitiendo al investigador integrarse al aula y registrar directamente comportamientos, expresiones y procesos cognitivos de los estudiantes. Según Olaz (2023), esta técnica brinda acceso a los significados culturales que los actores construyen en situaciones específicas, siendo especialmente valiosa para captar matices que podrían pasar inadvertidos con otros métodos. Se empleó el registro en video como herramienta de documentación de las interacciones en el aula, las manipulaciones de las representaciones físicas y digitales, así como las producciones realizadas por los estudiantes. Al respecto, Sánchez et al. (2021) señalan que este tipo de registros permite capturar secuencias del entorno real, facilitando el análisis detallado de movimientos y acciones, y ofreciendo la posibilidad de revisión repetida. Estos recursos audiovisuales resultaron esenciales para contrastar, ampliar y profundizar la información obtenida mediante la observación directa.

Para el procesamiento de la información se usó el análisis de contenido, entendido como un conjunto de procedimientos sistemáticos para categorizar, codificar e interpretar datos cualitativos (Sánchez et al., 2021; Kriger, 2021). Esta técnica permitió identificar categorías emergentes en los registros de observación



y video, garantizando la rigurosidad del análisis. El proceso de análisis se desarrolló mediante una codificación progresiva de la información. Inicialmente se realizó una lectura exhaustiva de los registros de observación, los videos y las producciones estudiantiles para identificar unidades de significado relacionadas con el propósito de la investigación. Posteriormente, dichas unidades fueron agrupadas en códigos preliminares y organizadas en categorías emergentes mediante un proceso de comparación constante, lo que permitió consolidar las categorías finales de análisis.

Basado en lo anterior, se elaboró una matriz de categorías que orientó el proceso de codificación e interpretación de la información obtenida mediante la observación participante, los registros audiovisuales y las producciones estudiantiles. Las categorías emergentes identificadas fueron: (a) mejora en la visualización y comprensión estructural de los sólidos, entendida como la capacidad de reconocer, describir y analizar las características espaciales de los cuerpos geométricos; (b) apropiación significativa del concepto de volumen de sólidos, relacionada con la comprensión de las dimensiones, medidas y procedimientos asociados al cálculo e interpretación del volumen; (c) desarrollo de habilidades tecnológicas y representación digital, referida al uso de herramientas digitales para modelar, visualizar y verificar propiedades de los sólidos geométricos; y (d) fortalecimiento del trabajo colaborativo y la argumentación, asociada a la interacción entre pares, la toma de decisiones conjuntas y la justificación de procedimientos y resultados matemáticos.

Asimismo, se implementó una estrategia de triangulación metodológica mediante la integración de diferentes fuentes de información: registros de observación participante, grabaciones en video, productos elaborados por los estudiantes (modelos físicos, cálculos de volumen y representaciones digitales) y una guía de evaluación formativa orientada a valorar la visualización espacial, la comprensión del volumen, el uso de herramientas tecnológicas y la argumentación matemática. La triangulación permitió contrastar evidencias provenientes de distintas fuentes y fortalecer la credibilidad, consistencia e interpretación de los hallazgos obtenidos en cada una de las categorías de análisis.

### 3.1. Muestra

La muestra de estudio estuvo conformada por 27 estudiantes del grado undécimo de educación media, pertenecientes a la Institución Educativa Distrital La Salle, de carácter oficial, en Barranquilla, Colombia. Se organizaron 9 grupos de trabajo colaborativo, cada uno con 3 integrantes. La selección de los participantes se realizó de manera intencionada, atendiendo al enfoque cualitativo del estudio, que privilegia la profundidad en la comprensión de las experiencias antes que la representatividad estadística (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Para garantizar el rigor ético de la investigación, se contó con el consentimiento informado de los estudiantes y de sus acudientes, quienes fueron previamente notificados sobre los objetivos, procedimientos y alcances del estudio.

Asimismo, se aseguró la confidencialidad de la información mediante la anonimización de los datos y la protección de la identidad de los participantes en todos los registros y reportes. La investigación contó con la autorización institucional para su desarrollo y con la aprobación de los procedimientos éticos correspondientes. Los registros audiovisuales fueron almacenados en medios digitales protegidos mediante acceso restringido y utilizados exclusivamente con fines académicos e investigativos. Del mismo modo, se estableció un plan de manejo de datos que contempló la custodia, anonimización y conservación segura de la información recopilada durante el estudio.

Cabe señalar que, dado que el investigador también desempeñaba funciones docentes en el contexto del estudio, se tuvieron en cuenta las implicaciones éticas del rol dual docente-investigador, procurando establecer una clara distinción entre las actividades pedagógicas habituales y las acciones propias de la

recolección de información. Esta muestra permitió observar en detalle cómo se desarrolló el pensamiento espacial a través de la representación física y digital del volumen de sólidos, dentro del marco del modelo pedagógico BARRISO; el trabajo en pequeños grupos fue una decisión pedagógica intencional, orientada a favorecer la interacción, el diálogo matemático, la cooperación y la toma de decisiones conjuntas.

### 3.2. Secuencia didáctica basada en el modelo BARRISO

La implementación de la secuencia didáctica, orientada a la representación física y digital del volumen de sólidos y sustentada en el modelo pedagógico BARRISO, se organiza a partir de las Acciones Pedagógicas para la Enseñanza de la Geometría (APEG), definidas en coherencia con las estrategias educativas de dicho modelo (Barrios & Delgado, 2025). Estas acciones están dirigidas a propiciar una experiencia de aprendizaje activa, colaborativa y significativa en torno al estudio de los sólidos geométricos, mediante la integración de recursos físicos, herramientas digitales y situaciones de análisis. A continuación, se describen las APEG que conforman la secuencia didáctica:

*Exploración de elementos y figuras geométricas:* los estudiantes, a través de una guía de trabajo estructurada, realizaron una exploración inicial de diversos sólidos geométricos, centrada en los poliedros regulares, prismas y pirámides. Identificaron y describieron sus características más significativas, tales como el número de caras, vértices, aristas, tipos de polígonos que los conforman y su disposición espacial.

*Diseño de modelo geométrico:* como parte de la experiencia en el aula, los educandos construyen físicamente los sólidos utilizando materiales convencionales, lo cual favorece la visualización y comprensión estructural de los cuerpos geométricos. Una vez construidas las figuras tridimensionales, los equipos utilizan un kit geométrico escolar (reglas, escuadras y transportadores) para tomar las medidas representativas de cada sólido (altura, base, apotema, anchura, etc.); a partir de estas mediciones, proceden al cálculo estimado del volumen mediante las fórmulas correspondientes, fomentando la vinculación entre la geometría concreta y el razonamiento matemático formal. Luego de calcular el volumen de forma manual, el estudiantado emplea herramientas digitales de modelado tridimensional (como GeoGebra 3D y Realidad Aumentada) para representar digitalmente los cuerpos construidos.

Posteriormente, se les permitió a los educandos contrastar sus resultados previos (obtenidos de forma manual), visualizar las figuras tridimensionales desde diferentes ángulos, modificar dimensiones y validar sus procesos de medición y cálculo. Para cerrar la experiencia en el aula, los grupos organizaron sus productos (físicos y digitales) y los utilizaron como soporte para justificar y socializar sus resultados frente a sus compañeros y al docente. Esto último tiene el fin de evaluar formativamente las habilidades comunicativas, argumentativas y metacognitivas, al tener que explicar los procedimientos seguidos, las decisiones tomadas en equipo y los aprendizajes obtenidos.

La secuencia didáctica fue desarrollada durante cuatro sesiones de clase de 50 minutos cada una. Para su implementación se emplearon materiales físicos como cartulina, papel, tijeras, reglas, escuadras y transportadores, así como recursos digitales basados en GeoGebra 3D y aplicaciones de realidad aumentada para la visualización de sólidos geométricos. Las actividades fueron organizadas mediante una guía docente estructurada que incluyó objetivos, consignas, tiempos de ejecución, recursos requeridos y criterios de evaluación.

## 4. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos a partir de la implementación de la secuencia didáctica para la representación física y digital del volumen, fundamentada en el modelo BARRISO, permiten identificar evidencias relacionadas con el desarrollo del pensamiento espacial de los estudiantes, así como cambios observados en su forma de abordar la geometría. A partir del análisis de los registros recolectados en la guía de



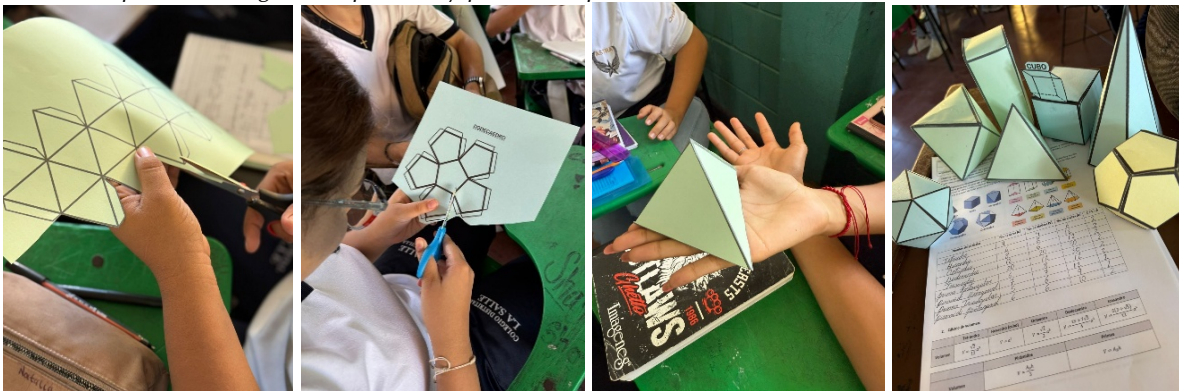
observación participante y de los videos obtenidos durante la sesión de clase, se identificaron las siguientes categorías emergentes:

#### 4.1. Mejora en la visualización y comprensión estructural de los sólidos

Los registros de observación permitieron identificar evidencias asociadas a una mayor comprensión de los elementos constitutivos de los sólidos geométricos. El armado físico de prismas, pirámides y poliedros regulares les permitió comprender de forma concreta las relaciones entre caras, aristas y vértices (ecuación de Euler), favoreciendo la visualización tridimensional. Algunos educandos expresaron verbalmente que, por primera vez, “entendían cómo se formaban estas figuras sólidas”, lo que evidencia un tránsito de lo abstracto a lo tangible. En la Figura 1, se muestra el proceso de armado físico de algunos poliedros durante la clase y la guía de trabajo.

**Figura 1.**

*Construcción de poliedros regulares, prismas y pirámides por los estudiantes.*



**Fuente:** Los Autores.

Esta experiencia responde de manera concreta al problema de una enseñanza centrada exclusivamente en la geometría plana. Como señalan Sánchez y Peña (2023), el desarrollo del pensamiento espacial exige actividades que impliquen la manipulación y observación directa de objetos tridimensionales. La construcción física de sólidos generó oportunidades para la estructuración espacial, permitiendo observar cómo los estudiantes inferían propiedades, identificaban relaciones entre sus componentes y analizaban sus elementos desde diferentes perspectivas. A partir de las observaciones realizadas, se identificaron indicios de que la manipulación de modelos físicos favoreció procesos de exploración y análisis espacial durante las actividades desarrolladas. En la misma línea, Barrios y Delgado (2025) afirman que este tipo de experiencias “abre el espacio para la observación y discusión sobre los elementos y características de las figuras geométricas” (p. 17), enriqueciendo así la comprensión y el análisis de los conceptos involucrados.

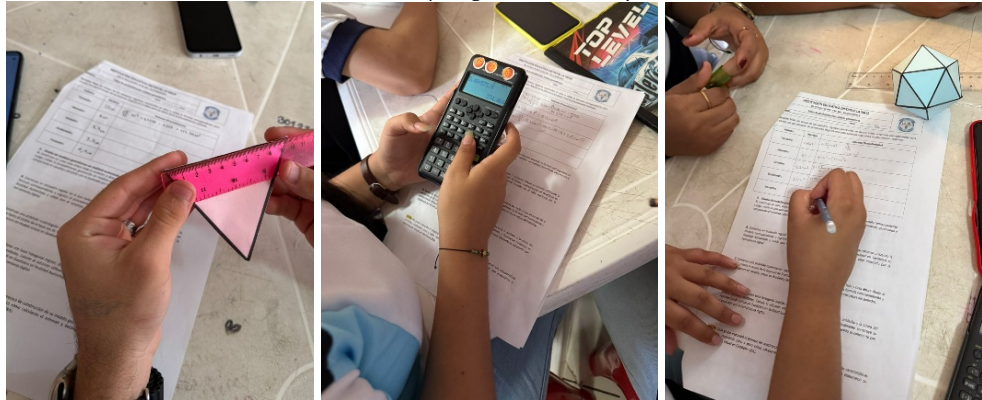
#### 4.2. Apropriación significativa del concepto de volumen de sólidos

Durante el proceso de medición y cálculo, los estudiantes trabajaron con construcciones físicas de poliedros, a partir de las cuales realizaron mediciones reales con una regla graduada y aplicaron las fórmulas correspondientes para estimar el volumen de cada sólido. Esta conexión directa entre las figuras tridimensionales y su representación matemática mostró evidencias de favorecer una comprensión más profunda del concepto geométrico. Asimismo, cada grupo de participantes empleó la guía de trabajo para documentar sus procedimientos, lo que permitió registrar y contrastar los resultados obtenidos. Se evidenció una elevada participación a lo largo de la actividad, caracterizada por el diálogo colaborativo y las correcciones entre pares, aspectos que potenciaron el aprendizaje colectivo y la reflexión compartida

sobre los procesos desarrollados. La Figura 2 ilustra distintos momentos de la sesión en los que se observa la toma de medidas, el cálculo de volúmenes y el registro de procedimientos por parte de los diferentes grupos de trabajo.

**Figura 2.**

*Alumnos tomando medidas, calculando volúmenes y registrando sus procedimientos.*



**Fuente:** Los Autores.

El aprendizaje significativo en matemáticas se fortalece cuando los estudiantes logran establecer conexiones entre representaciones concretas y simbólicas. Asimismo, valorar los procedimientos que emplean y las estrategias utilizadas para calcular el volumen de un cuerpo ofrece al docente mejores herramientas para evaluar el desarrollo del pensamiento matemático (Vanegas et al., 2022). Esta información resulta clave para diseñar tareas escolares que promuevan habilidades como la explicación, la descripción, la identificación de relaciones y la argumentación.

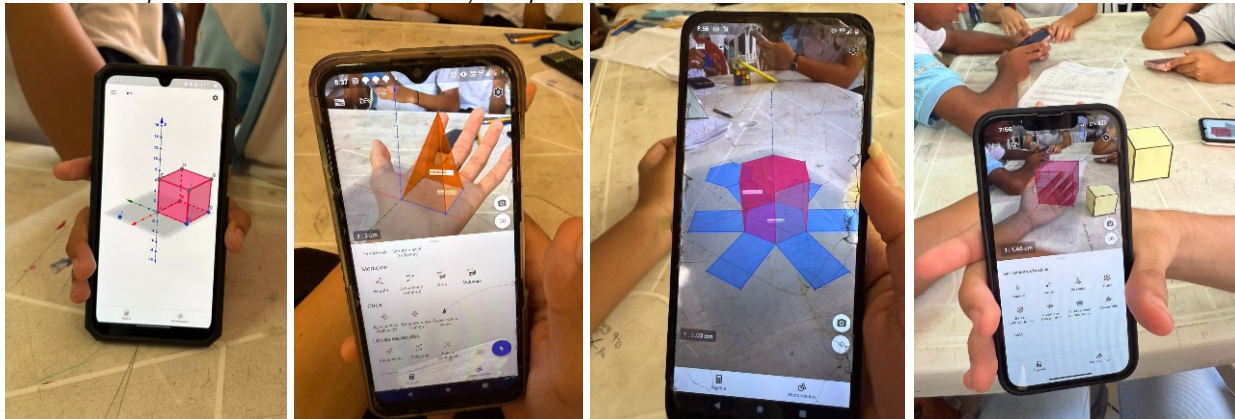
La experiencia descrita mostró evidencias relacionadas con la construcción de significados en torno al concepto de volumen de sólidos geométricos, al hacerlo surgir a partir de una situación real que involucró acciones concretas como medir, calcular y justificar. La representación física funcionó, además, como un recurso de retroalimentación visual y conceptual, según lo observado en los registros analizados. En este sentido, Barrios y Delgado (2025) sostienen que los ejercicios prácticos deben permitir la aplicación de conceptos geométricos en contextos sociohistóricos y culturales. Esta integración no solo potencia el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas, sino que también permite a los educandos comprender el papel de las matemáticas en situaciones del mundo real y en el ámbito científico, acorde con los postulados de Van Hiele (1999) y Gardner (2014).

#### *4.3. Desarrollo de habilidades tecnológicas y representación digital*

Durante la sesión de clase en la que los estudiantes emplearon GeoGebra 3D para construir poliedros regulares, prismas y pirámides, se observó un marcado interés y participación durante las actividades propuestas. Resultó particularmente significativo observar cómo lograban dominar la herramienta tecnológica de forma casi intuitiva, lo que les permitió concentrarse en la exploración geométrica sin mayores dificultades técnicas. Además, la posibilidad de visualizar los sólidos en realidad aumentada a través de sus dispositivos móviles generó entusiasmo adicional, reforzando la conexión entre la simulación digital y la percepción espacial de los objetos construidos. La Figura 3 muestra distintos momentos del proceso de construcción de sólidos geométricos por parte de los estudiantes, utilizando GeoGebra 3D y realidad aumentada (RA) en sus dispositivos móviles. Los registros obtenidos sugieren que estas herramientas favorecieron la visualización de las figuras tridimensionales y la contrastación de los volúmenes calculados previamente.

**Figura 3.**

*Construcción de poliedros en GeoGebra 3D y RA para validar volúmenes.*



**Fuente:** Los Autores.

La incorporación de herramientas educativas innovadoras en la enseñanza de la geometría representa un recurso clave para potenciar el rendimiento académico de los alumnos, al mismo tiempo que estimula su motivación y fomenta una participación activa en el proceso de aprendizaje. Además, las herramientas tecnológicas deben ser incorporadas de forma intencionada, no como accesorio, sino como medio para pensar matemáticamente (Fuentes et al., 2024; Barrios et al., 2022; Roperio & Zubietta, 2023). La posibilidad de rotar, descomponer y transformar sólidos en entornos digitales ofreció oportunidades para la exploración espacial de las figuras tridimensionales, al permitirles interactuar activamente con ellas. Estas acciones no solo facilitaron la exploración y confirmación de conceptos geométricos, sino que también promovieron una visión del error como oportunidad de aprendizaje dentro del proceso formativo (Macías & Arrieta, 2025).

#### *4.4. Fortalecimiento del trabajo colaborativo y la argumentación*

El trabajo en equipos favoreció la discusión entre pares, la distribución equitativa de tareas y la toma de decisiones conjuntas, lo que generó un ambiente de aprendizaje activo y participativo. Durante las actividades de construcción, medición y digitalización de sólidos geométricos, se observaron evidencias de implicación y participación por parte de los estudiantes. En la fase de socialización de la clase, argumentaron con claridad los procedimientos empleados, utilizando los modelos geométricos como apoyo visual para justificar sus resultados, lo que permitió identificar manifestaciones relacionadas con habilidades comunicativas y metacognitivas. La Figura 4 presenta momentos de trabajo en grupo, así como una escena en la que un estudiante argumenta su procedimiento para construir un sólido en realidad aumentada, explicando con detalle sus características y el proceso seguido para su elaboración.

Desde la perspectiva del modelo BARRISO, el diálogo y la argumentación constituyen pilares fundamentales para el desarrollo del pensamiento matemático, al tiempo que el trabajo colaborativo responde a la necesidad de generar entornos donde los estudiantes aprendan unos con otros, compartan responsabilidades y desarrollen autonomía. Diversos estudios destacan que el trabajo colaborativo favorece la construcción compartida del conocimiento, la comunicación matemática y el desarrollo de habilidades reflexivas durante los procesos de aprendizaje (Asero & Palomino, 2023; Fresneda, 2021). Los hallazgos obtenidos en esta investigación son consistentes con dichos planteamientos, al evidenciar espacios de discusión, argumentación y toma de decisiones conjuntas entre los estudiantes. En concordancia con estos resultados, el modelo BARRISO reconoce el diálogo y la argumentación como elementos fundamentales para el desarrollo del pensamiento matemático (Barrios et al., 2026).



**Figura 4.**

Trabajo en equipo y argumentación sobre la construcción de un poliedro en RA.

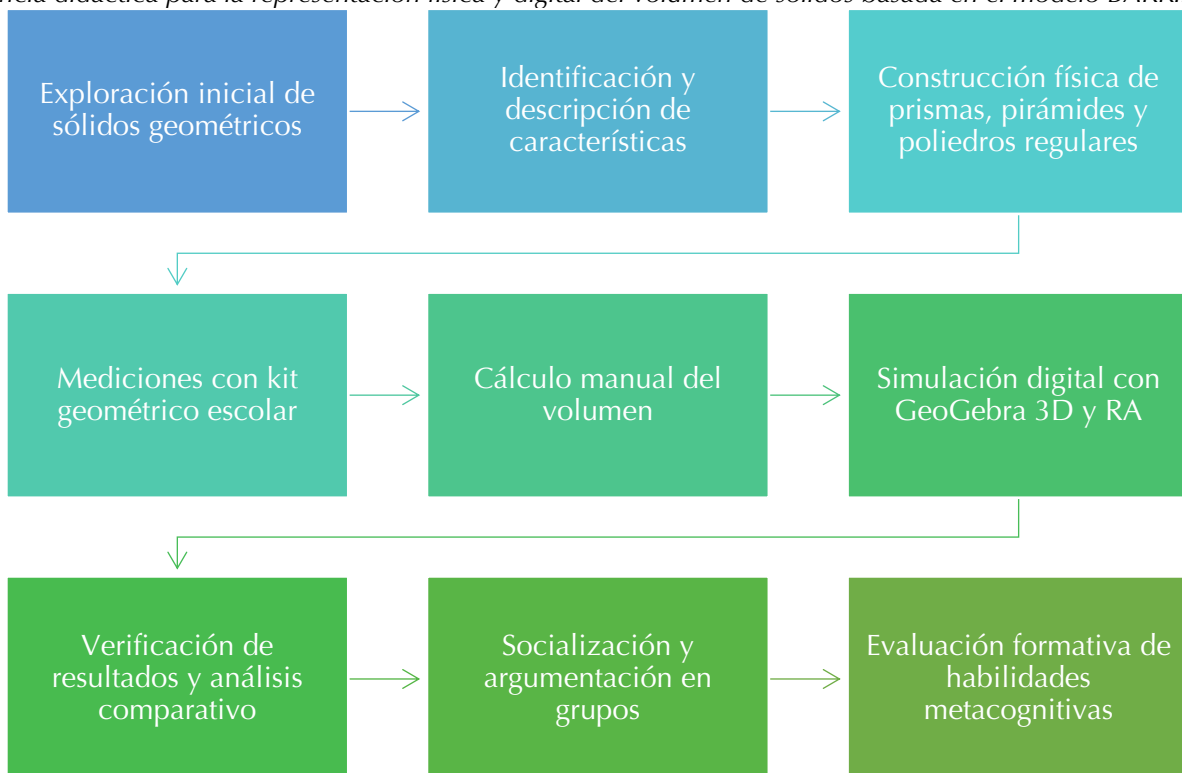


**Fuente:** Los Autores.

Durante la implementación de la secuencia didáctica sustentada en las APEG del modelo BARRISO, se identificaron evidencias sobre la relevancia de la enseñanza de la geometría orientada a la representación física y digital del volumen de sólidos, a partir de las experiencias y producciones desarrolladas por los estudiantes. La Figura 5 sintetiza las etapas del proceso, que incluyen la exploración inicial de los sólidos, su construcción física, la medición, simulación digital y verificación de resultados, hasta llegar a la socialización de resultados y la evaluación formativa.

**Figura 5.**

Secuencia didáctica para la representación física y digital del volumen de sólidos basada en el modelo BARRISO



**Fuente:** Los Autores.

## 5. Conclusiones y recomendaciones

La presente investigación permite identificar evidencias de que la estrategia de representación física y digital del volumen de sólidos, fundamentada en el modelo BARRISO, constituye una alternativa pedagógica pertinente para favorecer el desarrollo del pensamiento espacial en estudiantes de educación media. El trabajo con cuerpos geométricos, desde su construcción física hasta su simulación digital, ofreció oportunidades para abordar la geometría desde experiencias concretas y contextualizadas, superando algunas de las limitaciones tradicionalmente asociadas a su enseñanza, tales como el predominio de enfoques bidimensionales y la dependencia exclusiva del libro de texto.

Los hallazgos obtenidos permitieron identificar manifestaciones relacionadas con la visualización tridimensional, la comprensión y cálculo del volumen, así como con el desarrollo de habilidades tecnológicas y argumentativas. Asimismo, los registros analizados sugieren que el trabajo colaborativo favorece el aprendizaje significativo, promueve la reflexión y fomenta la comunicación matemática entre pares. La experiencia en el aula pone de manifiesto la relevancia de diseñar y aplicar estrategias pedagógicas contextualizadas y flexibles que integren recursos físicos y digitales, enmarcadas en enfoques pedagógicos claros, contribuyendo así a una transformación didáctica que conecte la geometría escolar con las realidades cognitivas, tecnológicas y culturales del siglo XXI.

Se recomienda a los docentes de matemáticas incorporar secuencias didácticas que integren la representación física y digital de los sólidos geométricos, privilegiando el trabajo colaborativo y la reflexión argumentativa. Asimismo, es fundamental fomentar el uso consciente y creativo de diversos recursos (más allá del libro de texto) y promover espacios donde los estudiantes puedan explorar, representar y verificar sus ideas desde diferentes perspectivas, con el fin de fortalecer el pensamiento espacial y la comprensión matemática en contextos reales y significativos. Si bien las evidencias obtenidas aportaron elementos relevantes para la comprensión del fenómeno estudiado, el estudio se realizó con una muestra intencionada y en un contexto específico, por lo que futuras investigaciones podrían ampliar su alcance y duración. Además, se recomienda desarrollar estudios que incorporen diseños mixtos o evaluaciones longitudinales, con el propósito de profundizar en la comprensión de los procesos de aprendizaje asociados a la representación física y digital de los sólidos geométricos.

## 6. Contribución de autores

Luis Barrios Soto: Conceptualización, metodología, análisis formal, supervisión y redacción del borrador original. Xiomara Arrieta: Investigación, validación, redacción del borrador original. Iván Padilla Escorcía: Investigación, análisis formal y apoyo metodológico. Todos los autores: Revisión crítica del contenido, edición del manuscrito, aprobación de la versión final y aceptación de la responsabilidad sobre el contenido publicado.

## 7. Declaración de uso de inteligencia artificial

Durante la preparación de este manuscrito, los autores utilizaron ChatGPT (OpenAI) únicamente como herramienta de apoyo para la revisión de aspectos de redacción y estilo del texto. Todas las decisiones relacionadas con el diseño de la investigación, el análisis de los resultados, la interpretación de los hallazgos y la elaboración del contenido científico fueron realizadas exclusivamente por los autores. Los autores revisaron y validaron la versión final del manuscrito, asumiendo la total responsabilidad por la originalidad, precisión e integridad de su contenido.

## 8. Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses, ya sea de carácter financiero, personal, profesional o institucional, que haya influido o pudiera interpretarse como una influencia en el diseño, desarrollo, análisis, interpretación de los resultados o publicación de este estudio.

## 9. Referencias

- Asero, S. M., & Palomino, C. G. (2023). Trabajo colaborativo apoyado en las herramientas digitales para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Dominio de las Ciencias*, 9(3), 415-444. <https://www.dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3450>
- Barrios, L. M., Padilla, I., Delgado, M., & Arrieta, X. (2026). Pensar geoméricamente, actuar didácticamente: el modelo BARRISO como estrategia educativa. *Revista Digital: Matemática, Educación e Internet*, 26(2). <https://doi.org/10.18845/rdmei.v26i2.8273>
- Barrios, L., & Delgado, M. (2025). Modelo pedagógico BARRISO para el desarrollo del pensamiento geométrico espacial. *Encuentro Educacional*, 32(1), 10-27. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15665563>
- Barrios, L., Maradey, J., & Delgado, M. (2022). Realidad aumentada para el desarrollo del pensamiento geométrico variacional. *Revista Científica UISRAEL*, 9(3), 11-28. <https://doi.org/10.35290/rcui.v9n3.2022.599>
- Bermúdez, M., Mendez, B. A., & Sornoza, D. (2024). Secuencia didáctica matemática fundamentada en la aplicación del aula invertida: secuencia didáctica en matemáticas: aula invertida. *REFCaE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*, 12(3), 81-96. <https://doi.org/10.56124/refcale.v12i3.005>
- Briones, Y., & Herrera, C. (2024). Desafíos en la enseñanza de la geometría a nivel superior mediante enfoque por competencias. *Revista del Caribe Nicaragüense*, 81(18), 1-18. <http://repositorio.bicu.edu.ni/1411/>
- Da Silva, D. (2021). Problemática do ensino de geometria: desafios, possibilidades e experiências. *Caminhos da Educação Matemática em Revista*, 11(3), 242-263. <https://funes.uniandes.edu.co/funes-documentos/problematica-do-ensino-de-geometria-desafios-possibilidades-e-experiencias/>
- Dellepiane, P. A. (2024). Matemática y juego: secuencia didáctica en formación docente. *Cuadernos del Centro De Estudios De Diseño y Comunicación*, (215), 21-28. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi215.11016>
- Finol, M., & Arrieta, X. (2021). Métodos de investigación cualitativa. Un análisis documental. *Encuentro Educacional*, 28(1), 9-28. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8169472>
- Fresneda, E. P. (2021). Cambiando de roles en la clase de matemáticas: posibilidades desde la educación matemática crítica. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 16(2). <https://doi.org/10.14483/23464712.15025>
- Fuertes, M., Guerra, H., Vázquez, A., & Ortiz, W. (2024). Guía didáctica para la enseñanza de la geometría mediante GeoGebra, destinada a estudiantes de educación básica. *Sinergia Académica*, 7(3), 413-440. <http://sinergiaacademica.com/index.php/sa/article/view/256>
- Gaona, S., & Guerrero, S. (2022). GeoGebra para el aprendizaje de modelación matemática en ingeniería: estudio de caso (modalidad en línea). *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(24), e364. <https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1228>
- Gardner, H. (2015). *Inteligencias múltiples. La teoría en la práctica*. Paidós Educación.
- Guerrero, R. A., Urbina, O. M., Jiménez, J. C., Ebla, C. A., & Cuenca, G. (2025). Factorización paso a paso: Secuencia didáctica con Symbolab en décimo año de EGB. *Revista Tecnológica ESPOL*, 37(2), 36-48. <https://doi.org/10.37815/rte.v37n2.1345>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas*. McGrawHill.
- Kruger, P. (2021). El análisis de contenido en textos normativos: propuestas prácticas en ciencias sociales. *Revista De Investigación Interdisciplinaria En Métodos Experimentales*, 1(10), 9-33. [https://doi.org/10.56503/metodosexperimentales/Vol.1/Nro.10\(2021\)p.9-33](https://doi.org/10.56503/metodosexperimentales/Vol.1/Nro.10(2021)p.9-33)
- Macias, D., & Arrieta, C. (2025). Representación trigonométrica de un problema: una experiencia contextual mediante un modelo pedagógico innovador. *Encuentro Educacional*, 32(2), 521-535. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17925914>
- Niño, V. (2019). *Metodología de la investigación* (2ª edición). Ediciones de la U.
- Olaz, A. (2023). *Observación participante: El invisible arte de investigar*. Ediciones Díaz de Santos.
- Ovalle, S., & Vázquez, J. (2020). Realidad aumentada, una herramienta para la motivación en el aprendizaje de la geometría. *Revista Conrado*, 16(75), 56-60. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/1385>

- Pérez Almache, M. J., Vera Soriano, T. D. J., Fernández Rodríguez, K. L., & Abad Peña, G. (2025). Propuesta de actividades didácticas lúdicas para la identificación de conceptos geométricos en estudiantes de tercer grado de EGB. *Revista Científica Multidisciplinar G-Nerando*, 6(1), 1600-1624. <https://doi.org/10.60100/rcmg.v6i1.485>
- Porras, L. (2024). *Implementación de una secuencia didáctica mediada por realidad aumentada para el desarrollo el pensamiento espacial a través del estudio de poliedros regulares con estudiantes de grado octavo del Colegio República Federal de Alemania IED* [Tesis de maestría]. Universidad Cooperativa de Colombia. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/55634>
- Reyes, K., & Arnaud, L. (2024). Uso de la tecnología en la enseñanza de la geometría en el nivel secundario. *Revista Científica Horizontes Multidisciplinarios*, 1(2), 59-67. <https://funtedcol.com.co/revista/index.php/Rhomu/article/view/11>
- Rodríguez-López, A. M., Hernández-Molina, A. E., & Merchán-Merchán, M. A. (2023). Estrategia didáctica de diseño artístico para el desarrollo del pensamiento geométrico espacial. *I+D Revista De Investigaciones*, 18(1), 61-78. <https://doi.org/10.33304/revinv.v18n1-2023004>
- Rojas, C. (2024). Efecto de la construcción de sólidos sobre la rotación 3D en un grupo de estudiantes. *Zona Próxima*, 41, 110-128. <https://doi.org/10.14482/zp.41.964.852>
- Ropero, D., & Zubieta, G. (2023). Definiendo Familias de Poliedros: un Estudio con Estudiantes de Secundaria. *Bolema*, 37(76), 823-848. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v37n76a21>
- Sambrano, J. (2020). *Métodos de investigación* (1ª edición). Alpha Editorial.
- Sánchez, Y., & Peña, L. (2023). Tipos de actividad cognitiva y grado de pensamiento espacial en estudiantes de grado noveno al representar poliedros. *Praxis*, 19(1). <https://doi.org/10.21676/23897856.3868>
- Valderrama, I., & Pease, M. E. (2024). Educación e investigación cualitativa: aproximaciones a la práctica educativa como objeto de investigación. *Desde el Sur*, 16(1), e0016. <https://doi.org/10.21142/DES-1601-2024-0016>
- Van Hiele, P. (1999). Developing ge-ometric thinking through activities that begin with play. *Teaching Children Mathematics*, (6), 310-316. [https://math.buffalostate.edu/~jcushman/MED308/Readings/TCM\\_van\\_Hiele.pdf](https://math.buffalostate.edu/~jcushman/MED308/Readings/TCM_van_Hiele.pdf)
- Vanegas, Y., Prat, M., & Edo, M. (2022). Representaciones matemáticas de niños y niñas de 5-6 años cuando resuelven un problema abierto. *ALTERIDAD. Revista de Educación*, 17(2), 180-193. <https://doi.org/10.17163/alt.v17n2.2022.02>



## ACTITUD HACIA LAS MATEMÁTICAS DEL ALUMNADO DEL GRADO EN ADMINISTRACIÓN

### ATTITUDE TOWARDS MATHEMATICS OF THE STUDENTS IN THE BACHELOR'S DEGREE IN BUSINESS ADMINISTRATION

### ATITUDE EM RELAÇÃO À MATEMÁTICA DOS ESTUDANTES DA LICENCIATURA EM ADMINISTRAÇÃO

Laia Tugores\*, Manuela Raposo-Rivas\*\*

Tugores, L., Raposo-Rivas, M. (2026). Actitud hacia las matemáticas del alumnado del grado en administración. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(2), e-23365. <https://doi.org/10.14483/23464712.23365>

#### Resumen

La actitud del alumnado hacia las matemáticas condiciona directamente su aprendizaje. El objetivo de este trabajo es conocer cómo las perciben los estudiantes del Grado en Administración y Dirección de Empresas. Para ello se analizan sus experiencias, estereotipos y creencias, se recaba su opinión sobre el rol de los docentes, y se evalúan sus niveles en cuatro dimensiones de la actitud: ansiedad, confianza, agrado y utilidad. Se consideran las variables discriminatorias: género, estudios cursados previamente, calificaciones en la asignatura y posible ayuda recibida para superarla. La metodología es descriptiva y mixta. El instrumento que se utiliza para obtener información es un cuestionario de elaboración propia, con 32 ítems y 4 preguntas de respuesta abierta. La población objeto de estudio son los 126 estudiantes de primer curso del Grado de la Universidad de Vigo en Ourense. La muestra está formada por 90 estudiantes que contestan al cuestionario impreso voluntaria y anónimamente. Los valores  $\alpha$  de Cronbach son: .768 en ansiedad, .622 en confianza, .763 en agrado y .736 en utilidad. La variable "haber suspendido o no Matemáticas alguna vez" es la que más diferencias significativas produce. Los hombres creen más que las mujeres que "las matemáticas son solo para personas inteligentes" y que "por lo general, los hombres tienen mayor inteligencia matemática que las mujeres", mientras que los exámenes provocan mayor ansiedad en las mujeres. Se concluye que existen coincidencias y discrepancias notorias, respecto a otras investigaciones sobre la actitud del estudiantado hacia las matemáticas.

**Palabras Clave:** percepción; escala de actitud; aprendizaje; enseñanza superior; didáctica.

---

\* Doctora en Equidad e Innovación en Educación. Universidade de Vigo. España. [laia.francina.tugores@uvigo.gal](mailto:laia.francina.tugores@uvigo.gal) - ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7679-7683>

\*\* Doctora en Psicopedagogía. Universidade de Vigo. España. [mraposo@uvigo.gal](mailto:mraposo@uvigo.gal) - ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7781-7818>

## Abstract

Students' attitudes toward mathematics directly influence their learning. The aim of this study is to examine how mathematics is perceived by students enrolled in the Bachelor's Degree in Business Administration and Management. To this end, their experiences, stereotypes, and beliefs are analyzed; their views on the role of teachers are collected; and their levels are assessed across four attitudinal dimensions: anxiety, confidence, enjoyment, and perceived usefulness. The study also considers discriminating variables such as gender, prior educational background, grades in the subject, and any support received to overcome difficulties. The research methodology is both descriptive and mixed. The data collection instrument is a self-developed questionnaire, consisting of 32 items and 4 open-ended questions. The study population consists of 126 first-year students enrolled in the Bachelor's program at the University of Vigo in Ourense. The sample comprises 90 students who voluntarily and anonymously completed the printed questionnaire. The Cronbach's alpha values are: .768 for anxiety, .622 for confidence, .763 for enjoyment, and .736 for usefulness. The variable of whether or not a student has ever failed Mathematics produces the most significant differences. Men are more likely than women to believe that "mathematics is only for intelligent people" and that "men generally have greater mathematical intelligence than women," whereas exams provoke greater anxiety in women. It is concluded that there are notable similarities and discrepancies compared to other studies on students' attitudes toward mathematics.

**Keywords:** perception; attitude scale; learning; higher education; didactics.

## Resumo

A atitude dos estudantes em relação à matemática condiciona diretamente a sua aprendizagem. O objetivo deste estudo é analisar como a matemática é percebida pelos estudantes da Licenciatura em Administração e Gestão de Empresas. Para tal, analisam-se as suas experiências, estereótipos e crenças; recolhem-se as suas opiniões sobre o papel dos docentes; e avaliam-se os seus níveis em quatro dimensões da atitude: ansiedade, confiança, agrado e utilidade. Consideram-se as variáveis discriminatórias: gênero, formação prévia, notas na disciplina e apoio recebido para superar as dificuldades. A metodologia é descritiva e mista. O instrumento utilizado para a coleta de dados é um questionário de elaboração própria, composto por 32 itens e 4 perguntas abertas. A população alvo do estudo é composta por 126 estudantes do primeiro ano do curso de Licenciatura da Universidade de Vigo, em Ourense. A amostra é formada por 90 estudantes que responderam ao questionário impresso de forma voluntária e anônima. Os valores de  $\alpha$  de Cronbach são: .768 para ansiedade, .622 para confiança, .763 para prazer e .736 para utilidade. A variável de ter ou não reprovado em Matemática alguma vez é a que apresenta as diferenças mais significativas. Os homens acreditam mais do que as mulheres que "matemática é apenas para pessoas inteligentes" e que "geralmente os homens têm maior inteligência matemática que as mulheres", enquanto que os exames geram maior ansiedade nas mulheres. Conclui-se que existem semelhanças e discrepâncias notáveis em relação a outras pesquisas sobre a atitude dos estudantes em relação à matemática.

**Palavras-Chave:** percepção; escala de atitude; aprendizagem; ensino superior; didática.

## 1. Introducción

En una reciente revisión sistemática sobre los factores que intervienen en la enseñanza de las matemáticas, López y Pérez (2024) identifican, en relación con el estudiante: la manera de actuar y sentir respecto a ellas, la motivación e interés por la asignatura, la importancia que le otorga y las expectativas sobre su rendimiento, con determinadas barreras vinculadas a la actitud, la didáctica propuesta por los docentes y la utilidad de los contenidos. En particular, el gusto/desagrado por las matemáticas se ha asimilado al “promedio de un conjunto de variables de naturaleza emocional, tales como el autoconcepto matemático, la percepción de dificultad o las emociones asociadas más frecuentemente con esta materia (diversión o aburrimiento, por ejemplo)” (Hidalgo et al., 2005, p. 111).

La primera aportación para medir la actitud de los estudiantes hacia las matemáticas fue realizada por Aiken y Dreger (1961). Estos autores elaboraron un cuestionario para el alumnado del primer curso de estudios superiores de Matemáticas, con las dimensiones *agrado* y *miedo* y estructurado en 20 afirmaciones. Dichos autores concluyeron que las experiencias con el estudio de las matemáticas afectan a las actitudes y que estas son predictoras del logro académico para las mujeres, pero no para los hombres, aunque Gairín (1990) precisa que “conductas, creencias y sentimientos no siempre se ajustan cuando consideramos que reflejan una actitud singular [...]. Las actitudes son, en todo caso, variables hipotéticas y no determinísticas del comportamiento” (p. 17). Este primer cuestionario fue adaptado y validado por Brito (1998) con una muestra de más de dos mil estudiantes entre 10 y 20 años. El citado autor eliminó y reformuló ítems e incluyó dimensiones como la percepción de utilidad, la autoconfianza y la relación de las matemáticas y el desempeño académico, con el fin de aumentar su claridad y relevancia.

Auzmendi (1992) construye una de las escalas de la actitud que han sido más utilizadas, con cinco dimensiones: *agrado*, *ansiedad*, *utilidad*, *motivación* y *confianza*. Consta de 25 ítems y presenta una consistencia interna avalada por un  $\alpha$  de Cronbach de .885 para un grupo de 2052 estudiantes del País Vasco que cursan la asignatura de Estadística en el nivel universitario. Bazán y Sotero (1998) desarrollan otra escala con 31 ítems distribuidos entre cuatro dimensiones: *agrado o desagrado*, *valoración del curso*, *confianza en la propia habilidad matemática* y *ansiedad*, obteniendo  $\alpha = .906$  en una muestra de 256 nuevos alumnos de una universidad peruana. Posteriormente, Mato (2006) diseña y valida un cuestionario sobre la *ansiedad* ante las Matemáticas (24 ítems,  $\alpha = .950$ ) y otro sobre las demás actitudes hacia ellas (19 ítems,  $\alpha = .971$ ), con una muestra de 1220 estudiantes de centros de Educación Secundaria de A Coruña. Por otra parte, dicha autora contabiliza un total de 12 dimensiones de la actitud en las escalas desarrolladas hasta entonces: *afectividad-agrado*, *ansiedad-miedo*, *valor-utilidad*, *motivación*, *seguridad-confianza*, *percepción del estudiante de las características del profesor*, *percepción de la actitud del profesor*, *actitud del alumno hacia su éxito*, *género*, *las matemáticas y uno mismo*, *las matemáticas como disciplina* y *las matemáticas como proceso*. Palacios et al. (2014) confeccionan un cuestionario sobre la actitud y, con una muestra de 4807 estudiantes de todos los niveles no universitarios de Castilla y León, realizan un análisis factorial que identifica cuatro dimensiones (32 ítems,  $\alpha = .933$ ): *percepción de la incompetencia matemática*, *gusto por las matemáticas*, *percepción de utilidad* y *autoconcepto matemático*.

En relación con los estudios en Administración, Peñaloza et al. (2009) aplican la escala de Brito (1998) a 150 estudiantes de Matemática Financiera, obteniendo que el género, la edad y estar cursando o no la asignatura no explicarían cualquier actitud negativa hacia las matemáticas, pero sí lo hace, en cambio, el

área de conocimiento preferida antes de entrar en la universidad. Por otra parte, la escala de Auzmendi (1992) es aplicada por Petriz *et al.* (2010) a 124 estudiantes de una universidad mexicana, concluyendo que la motivación, el agrado o un bajo nivel de ansiedad hacia las matemáticas contribuyen a un mayor grado de desempeño. También Cardoso *et al.* (2012) aplican dicha escala a 107 estudiantes que inician sus estudios en tres posgrados del ámbito administrativo, resultando que tienen una actitud negativa hacia las Matemáticas, las cuales perciben útiles, pero difíciles, por lo que desconfían de sí mismos y sienten ansiedad cuando han de manejarlas.

En otras disciplinas, la escala de Brito (1998) es empleada por Silva *et al.* (2002) para medir la actitud hacia las matemáticas y la estadística de 330 estudiantes de biología y ciencias de la salud, matemáticas y humanidades de una universidad brasileña, con porcentajes del 49.3%, 52.2% y 62.8% de actitudes positivas, respectivamente, y sin diferencias por razón de género. Bazán y Sotero (1998) utilizan su propia escala en una muestra de 256 estudiantes de primer curso de estudios relacionados con la naturaleza, economía y estadística de una universidad peruana, concluyendo que no existe distinción por género, pero sí la hay por especialidades en la dimensión *aplicabilidad* y por edad en las dimensiones *afectividad* y *habilidad*. El cuestionario de Auzmendi (1992) es aplicado por García-Manrubia *et al.* (2022) a 81 estudiantes del Grado en Educación Primaria de una universidad española, mostrando valores medio-bajos para *agrado* y *ansiedad*, medios para *utilidad* y adecuados para *confianza* y *motivación*. Dicho cuestionario también es aplicado por Flores y Auzmendi (2018) a 876 estudiantes universitarios nicaragüenses (sin especificar qué estudios cursan), obteniendo que todas las dimensiones están correlacionadas entre sí ( $p < .001$ ), sin diferencia significativa por género, pero sí por etnias (cada una tiene su peculiar forma de aprender matemáticas). Con todo, Villamizar *et al.* (2020) aplican la escala de Fennema y Sherman (1976), que mide el nivel de ansiedad ante las matemáticas (validada con  $\alpha = .880$ ), a 127 estudiantes de una escuela colombiana de enseñanza secundaria, concluyendo que es mayor en las alumnas y, además, está inversamente correlacionado con el rendimiento académico.

Con respecto a las capacidades matemáticas, un concluyente estudio a nivel mundial, realizado por Kane y Mertz (2012), determinó que no existe ninguna diferencia por género.

En relación con el autoconcepto matemático, Eccles y Wigfield (2002) afirman que es predictor del rendimiento. Sin embargo, Hidalgo *et al.* (2004) advierten de que la dificultad intrínseca de las Matemáticas puede provocar tanto una disminución progresiva del autoconcepto, que genere desgan y aburrimiento, como una mejora del mismo, que promueva retos asociados al éxito.

Los citados autores señalan que la baja capacidad no está relacionada con el bajo autoconcepto, que el gusto y el desagrado por las Matemáticas están determinados por cómo se vive su aprendizaje (los estudiantes a quienes les gustan las matemáticas son los que tienen mejores destrezas), que la asignatura no causa más rechazo que otras, que su utilidad es reconocida por el alumnado y familias y que los estudiantes que aborrecen las Matemáticas a la edad de 14-15 años son prácticamente los únicos que culpan a los docentes de su desafección hacia la asignatura. La relevancia del autoconcepto es puesta de manifiesto por Blázquez *et al.* (2009), quienes prueban que es el factor más determinante a la hora de decidirse por unos estudios u otros, por delante de las influencias que puedan ejercer el profesorado y el entorno familiar.

## 2. Metodología

La metodología es descriptiva y mixta, cualitativa por la recopilación de opiniones y experiencias, y cuantitativa por la inferencia estadística que se utiliza. El interés de este trabajo radica, por una parte, en que las matemáticas son indispensables a la hora de tomar muchas decisiones empresariales y son la base

en que se cimientan todas las teorías económicas, por otra, en que tienen una amplia presencia en el perfil profesional de los estudiantes de Administración y Dirección de Empresas (ADE).

### 2.1. Contexto

En la presente investigación se analizan diversas dimensiones actitudinales hacia las matemáticas del alumnado del Grado en ADE de la Universidad de Vigo. Es una titulación multidisciplinar, estructurada en 4 años, con 9 asignaturas de formación básica (entre ellas, Matemáticas), 19 obligatorias, 6 optativas y un trabajo fin de grado. Las Matemáticas se imparten en primer curso, tienen asignados 9 créditos ECTS y sus contenidos son tanto algebraicos como analíticos.

Se trata de conocer determinadas creencias que posee este alumnado sobre las matemáticas, así como su valoración de la formación matemática recibida; analizar sus dimensiones actitudinales —*ansiedad, confianza, agrado y utilidad*—; examinar la influencia atribuida a la labor docente; y explorar sus opiniones abiertas sobre la dificultad, el gusto y el concepto de matemáticas. En concreto, se consideran el neuromito de que, por causas biológicas, la inteligencia matemática es mayor en los hombres que en las mujeres, además de las ideas de que las matemáticas son solo para personas inteligentes y de que las personas a las que les gustan son “raras”.

### 2.2. Instrumento

Se crea un cuestionario, como instrumento exploratorio y de medición, por ser la forma óptima de acceder a lo que piensan, sienten o hacen un gran número de estudiantes (Ruiz-Bueno, 2021). Siguiendo a Hunziker y Blankenagel (2021), el cuestionario es explicativo (establece relaciones causales), transversal (recoge información en un único momento específico) y retrospectivo (se centra en experiencias pasadas que pueden influir en actitudes presentes).

Además de los datos personales de contexto, el cuestionario está conformado por 32 ítems. Estos se organizan en tres bloques: percepción de las matemáticas (5 ítems), opinión acerca de la influencia ejercida por los docentes (6 ítems) y experiencia personal durante el aprendizaje (21 ítems). En este último bloque se analizan cuatro dimensiones: *ansiedad* (4 ítems), *confianza* (3), *agrado* (10) y *utilidad* (4). Se adaptan algunos ítems del cuestionario de Auzmendi (1992) a fin de comparar con otras investigaciones. Los ítems están enunciados en forma afirmativa, para reducir errores interpretativos, y los que atañen a la actitud no se agrupan por dimensiones, evitando así valoraciones concatenadas. Se utiliza la escala tipo Likert con niveles de 1 a 5, siendo 1 = nada, 2 = poco, 3 = indiferente (respuesta neutra), 4 = bastante y 5 = mucho. El cuestionario también contiene cuatro preguntas en las que el alumnado puede detallar abiertamente su opinión: por qué cree que suspende Matemáticas, por qué le gustan o desagradan, por qué cursaría o no esta asignatura (en caso de poder escoger) y, por último, se le pide que dé “su definición” de matemáticas, ya que esta conceptualización está ligada estrechamente a la actitud y puede reflejar emociones o creencias subyacentes.

El cuestionario es validado por tres docentes universitarios, expertos en la temática, tras examinar la redacción de los ítems, corroborar que pertenecen a la dimensión en que se han ubicado y juzgar previsible la fiabilidad de las dimensiones que se han considerado. Todos los valores del coeficiente  $\alpha$  de Cronbach, utilizado para medir la fiabilidad, son aceptables:  $\alpha = .768$  para la dimensión *ansiedad*,  $\alpha = .622$  para *confianza*,  $\alpha = .763$  para *agrado* y  $\alpha = .736$  para *utilidad*.

### 2.3. Participantes

La población objeto de estudio son los 126 estudiantes matriculados en la asignatura Matemáticas del Grado en ADE, que se imparte en el Campus de Ourense, los cuales proceden, mayoritariamente, de



Educación Secundaria (itinerarios social y científico) y Formación Profesional. Este alumnado ha cursado Matemáticas con diferentes enfoques, por lo que es susceptible de aportar diversidad.

La muestra está formada por los 90 estudiantes (el 71.4%) que, el primer día de clase, contestan al cuestionario impreso de forma voluntaria y anónima (5 de ellos repiten la asignatura). Son 39 mujeres y 51 hombres, con una edad modal de 18 años. La media de las calificaciones en la última asignatura de Matemáticas que han cursado es de 6.87. El 72.7% de los estudiantes dice haber recibido refuerzo para aprobar la asignatura; de ellos, el 59.4% acudieron a una academia, el 35.9% tuvo un/a profesor/a particular, el 15.6% fue ayudado por un/a amigo/a y el 12.5%, por la familia.

#### 2.4. Análisis de datos

Todos los valores se trasladan a la escala de 0 a 10. Para describir los ítems cuantificados, se utilizan las puntuaciones medias (se denotan por  $M$ ). Se toma el nivel de significación .05. Se señalan las diferencias existentes por razón de género y las correlaciones con  $p < .001$  para el coeficiente tau-b de Kendall ( $\tau$ ).

Las respuestas abiertas se agruparon por temas recurrentes, atendiendo a las razones dadas sobre dificultad, gusto o desagrado, elección de la asignatura y definición de las matemáticas.

### 3. Resultados

Se analizan los resultados relativos a determinadas creencias sobre las matemáticas, la valoración de la formación matemática recibida, la influencia ejercida por los docentes, las dimensiones actitudinales consideradas y las respuestas abiertas del alumnado. En las tablas que siguen, aparecen agrupados los ítems que no presentan diferencia significativa entre sus medias.

#### 3.1. Creencias sobre las matemáticas y valoración de la formación matemática recibida

Este apartado tiene cinco ítems, de los cuales se destaca la siguiente información significativa. Se constata diferencia por género en el ítem 9 “Las matemáticas son solo para personas inteligentes” ( $p = .014$ ,  $M = 3.48$  para hombres y  $M = 2.18$  para mujeres) y el 10 “Por lo general, los hombres tienen mayor inteligencia matemática que las mujeres” ( $p = .013$ ,  $M = 3.04$  para hombres y  $M = 1.41$  para mujeres). Sin embargo, no hay diferencia de medias entre este ítem 10 y el 12 “Por lo general, las mujeres tienen mayor inteligencia matemática que los hombres” ( $M = 2.36$  y  $M = 2.47$ , respectivamente), aunque sí correlación. Por otra parte, el ítem 8 “Las personas a las que les gustan las matemáticas son raras” solo alcanza una media de 2.08, en tanto que el 13 “La formación recibida en matemáticas al superar la Educación Secundaria es suficiente para desenvolverse en la sociedad actual” obtiene  $M = 6.31$ .

#### 3.2. Influencia ejercida por los docentes

Este apartado consta de seis ítems acerca de diferentes opiniones sobre la generalidad de los docentes de Matemáticas. Sus medias están recogidas en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Opinión sobre los docentes*

| Ítem                                                                                             | $M$  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 30 Se preocupan por el aprendizaje del alumnado.                                                 | 5.90 |
| 32 La actitud del estudiantado hacia las Matemáticas depende principalmente de ellos.            | 5.81 |
| 28 Sobrestiman la capacidad de los estudiantes a la hora de explicar la asignatura.              | 5.25 |
| 29 El nivel de los exámenes es superior al de las explicaciones recibidas en clase.              | 5.25 |
| 27 Utilizan métodos de enseñanza desactualizados.                                                | 4.24 |
| 31 Son los principales responsables del fracaso o del éxito de los estudiantes en la asignatura. | 4.14 |



En el ítem de la sobrestimación de la capacidad de los estudiantes, se produce diferencia de medias entre quienes han suspendido Matemáticas alguna vez y quienes no ( $p < .001$ ), siendo mayor en los primeros. Este ítem está correlacionado con la preocupación del docente por el aprendizaje y el uso de métodos desactualizados.

El análisis factorial de componentes principales determina dos factores que explican el 52.6% de la varianza, uno referido a la relación del profesorado con los estudiantes en las actividades de aula (ítems 1, 2 y 4) y otro concerniente a la influencia que los docentes ejercen en el alumnado (ítems 5 y 6).

### 3.3. Dimensiones actitudinales hacia las matemáticas

Los resultados relativos a la ansiedad, la confianza, el agrado y la utilidad percibida permiten conocer el perfil actitudinal de los participantes hacia las matemáticas.

#### 3.3.1. Ansiedad

**Tabla 2**

*Dimensión ansiedad*

| Ítem |                                                                                                              | M    |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 15   | <i>Cuando intentaba resolver un problema matemático, me sentía incapaz de pensar con claridad.</i>           | 4.55 |
| 24   | <i>Los exámenes de Matemáticas me provocaban ansiedad.</i>                                                   | 4.06 |
| 25   | <i>Los exámenes de Matemáticas me producían más sentimientos negativos que los del resto de asignaturas.</i> | 3.64 |
| 23   | <i>Mis calificaciones de Matemáticas generaban enfado en mi familia.</i>                                     | 2.80 |

*Nota:* La Tabla 2 muestra las medias de los ítems de la dimensión *ansiedad*.

Hay diferencia de medias por razón de género en la ansiedad provocada por los exámenes ( $p = .009$ ), siendo mayor en mujeres ( $M = 5.13$ ) que en hombres ( $M = 3.24$ ). También se observan diferencias por razón de haber suspendido o no Matemáticas en todos los ítems ( $p = .005$  en 1,  $p = .007$  en 2,  $p = .001$  en 3 y  $p < .001$  en 4). La mayor negatividad en los exámenes de Matemáticas, con respecto a las demás asignaturas, está correlacionada con el resto de ítems. A su vez, la incapacidad de pensar con claridad está correlacionada con la ansiedad.

#### 3.3.2. Confianza

**Tabla 3**

*Dimensión confianza*

| Ítem |                                                                                         | M    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 14   | <i>Tenía confianza en mí mismo/a cuando me enfrentaba a un problema de matemáticas.</i> | 5.00 |
| 20   | <i>Resolvía, de manera autónoma, las dudas que me surgían en clase.</i>                 | 5.00 |
| 18   | <i>Me sentía capaz de resolver los problemas de matemáticas con facilidad.</i>          | 4.58 |

*Nota:* La Tabla 3 recoge los ítems de la dimensión *confianza*.

Hay diferencia de medias por razón de haber suspendido o no Matemáticas en la confianza en uno mismo y en el sentimiento de capacidad ( $p < .001$  en ambos), que están correlacionados.

## 3.3.3. Agrado

**Tabla 4***Dimensión agrado*

| Ítem                                                                                                | M    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 16 <i>Sentía satisfacción cuando resolvía un problema de matemáticas.</i>                           | 8.26 |
| 26 <i>Estudiaba con tesón para mejorar mis calificaciones de matemáticas.</i>                       | 7.36 |
| 19 <i>Aunque en un primer momento no fuera capaz de resolver un problema, lo seguía intentando.</i> | 6.69 |
| 2 <i>Si pudiera escoger entre tener clases de Matemáticas y no, cursaría esta asignatura.</i>       | 6.44 |
| 4 <i>Me gustaría utilizar las matemáticas en mi vida profesional.</i>                               | 5.73 |
| 1 <i>Me gustan las matemáticas.</i>                                                                 | 5.61 |
| 21 <i>Hacía, diariamente, los deberes de Matemáticas.</i>                                           | 5.39 |
| 17 <i>Me gustaban los días en los que había clase de Matemáticas.</i>                               | 4.71 |
| 5 <i>Si pudiera, cursaría más asignaturas de Matemáticas de las que son obligatorias.</i>           | 3.82 |
| 22 <i>Aunque no tuviera deberes, repasaba matemáticas.</i>                                          | 2.61 |

Nota: La Tabla 4 muestra los ítems de la dimensión agrado.

Hay diferencia de medias por razón de género en los ítems de satisfacción, perseverancia y estudiar sin exigencia ( $p = .012$ ,  $p = .037$  y  $p = .029$ , respectivamente), siendo mayores en mujeres. También se observan diferencias por razón de haber suspendido o no Matemáticas en los ítems referidos a su uso en la futura profesión, el gusto por las clases y el deseo de intensificar los conocimientos matemáticos ( $p = .032$ ,  $p = .005$  y  $p < .001$ , respectivamente). El gusto por las matemáticas también está correlacionado con todos los ítems de la dimensión *ansiedad*.

El análisis factorial de componentes principales determina dos factores que explican el 59.79% de la varianza, uno referido a lo que le gusta, gustaba o gustaría al alumnado (ítems 4, 5, 6, 8 y 9, correlacionados entre sí), y otro que afecta a su quehacer diario con la asignatura (ítems 2, 7 y 10).

## 3.3.4. Utilidad

**Tabla 5***Dimensión utilidad*

| Ítem                                                                                              | M    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 12 <i>La asignatura de Matemáticas debe formar parte del plan de estudios del presente Grado.</i> | 8.00 |
| 3 <i>Con una buena formación en matemáticas, aumentan mis oportunidades laborales.</i>            | 7.58 |
| 6 <i>Las matemáticas son útiles para la vida diaria.</i>                                          | 7.42 |
| 7 <i>Las matemáticas son necesarias para la vida diaria.</i>                                      | 6.83 |

Nota: En la Tabla 5 se recogen los ítems de la dimensión utilidad.

El alumnado considera que las matemáticas son más útiles que necesarias ( $p = .002$ ), con una alta correlación ( $\tau = .701$ ). También hay correlación de la utilidad y necesidad con la opinión de que la asignatura debe estar en el plan de estudios. Hay diferencia de medias por razón de haber suspendido o no Matemáticas en la opinión de que deben estar en el plan de estudios y en la utilidad ( $p = .001$  y  $p = .037$ , respectivamente).

En cuanto a las demás variables de contexto, el “itinerario de estudios cursado antes de llegar a la universidad” solo produce diferencia de medias en el ítem “*Mis calificaciones de Matemáticas generaban enfado en mi familia*” ( $p = .004$ ) y la variable “haber recibido refuerzo”, en el ítem “*Resolvía de manera autónoma, las dudas que me surgían en clase*” ( $p = .004$ ,  $M = 4.36$  para haber recibido y  $M = 6.30$  para no).

### 3.4. Dificultad de las Matemáticas

Se considera la pregunta *¿Por qué motivo/s consideras que suspendiste Matemáticas?* El 44.4% de los estudiantes lo atribuye a la falta de estudio (en general, por no preparar suficientemente los exámenes o por no llevar al día la asignatura), citando la pereza y el desinterés como causas. El 25.9% escribe que las Matemáticas le cuestan, en particular: por tener mala base, por su complejidad, por haber estudiado en un país con menor nivel o, literalmente, “porque soy un negado para los números” (estudiante 84). Además, un 13% echa la culpa al profesorado, un 5.6% a la COVID-19 y un 3.7% dice, simplemente, no entenderlas. También se aducen razones personales, enfermedades padecidas, no saber cosas concretas y hasta hay quien duda: “nunca les pillé el sentido o me enseñaron mal” (estudiante 44).

### 3.5. Gusto por las Matemáticas

Se formulan las siguientes preguntas:

- *¿Por qué te/no te gustan las matemáticas?*

Para quienes les gustan nada o poco (18 estudiantes), la respuesta mayoritaria (41.2%) es porque les cuesta entenderlas, seguida por: no las considero interesantes, no las entiendo, el profesorado tiene la culpa, son difíciles, me dan miedo y, con cierta pesadumbre, “no le pongo ganas para intentar superarlas y llega un punto en el que me desesperan” (estudiante 9). Para quienes les gustan bastante o mucho (35 estudiantes), la respuesta más repetida es porque son entretenidas (26.1%), seguida de: son interesantes, son útiles, se me dan bien, son mecánicas, no hay que memorizar, hay que resolver problemas, son prácticas, hay que pensar y son fáciles.

- *Si pudiera escoger entre tener clases de Matemáticas y no, cursaría esta asignatura.*

Quienes están poco o nada de acuerdo (19 estudiantes) aluden, principalmente, a su dificultad y a que prefieren otras asignaturas (ambas con un 21.1%); también dicen, por este orden: que no les gustan, que les cuestan y que no tienen atractivo. Se esgrime la excesiva exigencia del profesorado, “para evitar un suspenso” (estudiante 32) y hay quien se ha cansado de ellas: “las llevo dando muchos años” (estudiante 15). Los 46 estudiantes que están bastante o mucho de acuerdo afirman que les gustan (29.4%), son útiles en general o para la vida laboral (17.6%), se les dan bien (11.8%), son primordiales para el Grado (9.8%) y las prefieren a otras asignaturas (5.9%); también asignan características a las Matemáticas (claves, entretenidas, interesantes, asequibles, amenas, prácticas y esenciales) y, resignadamente, “estoy acostumbrado a darlas” (estudiante 33).

### 3.6. Concepto de las matemáticas

Se plantea la pregunta *¿Cómo definirías “matemáticas”?* Muchas respuestas son calificativas: claves y útiles para la vida diaria, omnipresentes, dificultad máxima, fundamentales, prácticas, interesantes, importantes y necesarias para el futuro laboral, muy importantes para todo, complicadas, curiosas, metódicas, difíciles de procesar, increíbles, esenciales, exactas, rudimentarias, meticulosas, duras, constantes, exigentes e incluso se precisa “indispensables para el día a día, las básicas, y menos aplicables a problemas reales, las más avanzadas” (estudiante 61).

La definición más extendida es que se trata de una ciencia/asignatura que estudia los números/cálculos/problemas (58.6%). Otras respuestas son: disciplina que permite comprender el mundo que nos rodea; ciencia que abarca muchos ámbitos; la base de toda ciencia; lenguaje universal que utiliza el ser humano para progresar. También aparecen descritas como una ciencia que utiliza unos principios básicos a partir de los que puedes resolver problemas; una ciencia que explica las cosas mediante números, letras y signos; una ciencia formal que estudia la relación entre elementos abstractos. Algunos

estudiantes las conciben como una herramienta para solucionar problemas en la vida; un mundo numérico que resulta muy útil en el día a día de los ámbitos científicos y administrativos; una disciplina abstracta que usa la lógica; una forma de vida; una forma de pensar, de desarrollar y procesar información. Un par de estudiantes escriben que no sabrían cómo definir las.

Estas respuestas permiten observar que el alumnado no asocia las matemáticas únicamente con contenidos académicos, sino también con experiencias previas de aprendizaje y con la utilidad que les atribuye. Algunas definiciones remiten a su presencia en la vida cotidiana, otras a su aplicación profesional y otras a su contribución al razonamiento o a la comprensión de la realidad. Esta variedad muestra que el concepto de matemáticas que maneja el alumnado es heterogéneo y combina elementos escolares, prácticos y personales.

#### 4. Discusión y conclusiones

En contraposición a que hombres y mujeres tienen la misma capacidad matemática, probada experimentalmente por Kane y Mertz (2012), los estudiantes masculinos de ADE creen que el hombre tiene más inteligencia matemática que la mujer. Según Peñaloza *et al.* (2009), el género no explica, de forma general, la actitud positiva/negativa hacia las matemáticas de los estudiantes de Administración. Sin embargo, en el presente trabajo, se ha constatado diferencia significativa en relación con la ansiedad en los exámenes, la perseverancia en resolver un problema, la satisfacción tras haberlo conseguido y el estudio de la asignatura cuando no se está exigiendo (valores mayores en las mujeres). Así, se llega a la misma conclusión que la obtenida por Villamizar *et al.* (2020) en Educación Secundaria acerca de que las mujeres tienen un mayor nivel de ansiedad matemática.

Por otra parte, Fennema y Shermann (1978) evidenciaron que los hombres mostraban más confianza en sí mismos que las mujeres, pero esta diferencia por género no se ha constatado en ninguno de los ítems que se han incluido en la correspondiente dimensión. Tampoco se ha deducido que a los hombres les gusten más las matemáticas que a las mujeres, tal como señalan los estudios de Brandell y Staberg (2008), puesto que tres de los diez ítems de la dimensión agrado proporcionan mayores valores para ellas.

Las puntuaciones medias de las dimensiones *ansiedad* (3.8) y *confianza* (4.9) se sitúan por debajo de las obtenidas por Flores y Auzmendi (2018) y García-Manrubia *et al.* (2022); sin embargo, las de *agrado* (5.7) y *utilidad* (7.5), por encima. Esta disparidad pone en evidencia que los estudios que se cursan son determinantes en las actitudes del alumnado. Si acudimos a los ítems, “*Me gustan las matemáticas*”, por ejemplo, no llega al “aprobado” en Flores y Auzmendi (2018), cuando aquí lo sobrepasa; posiblemente, porque la muestra de estos autores es muy variada y en el Grado en Administración, Matemáticas es una asignatura básica.

Al contrastar los datos obtenidos por Cardoso *et al.* (2012) para el alumnado que comienza posgrados en Administración con los aquí aportados para quienes empiezan el Grado en ADE, se obtienen puntuaciones cercanas en dos aspectos. El primero es la valoración de la necesidad de que las matemáticas formen parte del plan de estudios (8.69 en posgrados y 8.00 en Grado). El segundo es la de la utilidad de las matemáticas para la vida diaria (7.90 en posgrados y 7.42 en Grado). También son similares el porcentaje del 82.3% de estudiantes de posgrados y el 87.8% de Grado que creen que, con una buena formación en matemáticas, aumentan sus oportunidades laborales.

Sin embargo, el factor *ansiedad* tiene una media en posgrados sensiblemente menor que la del ítem sobre la ansiedad en los exámenes de Matemáticas de los estudiantes de Grado (3.17 y 4.06, respectivamente), lo que podría indicar un cierto afianzamiento favorecido por la “veteranía”. Llamamos la atención las diferentes puntuaciones para el ítem “*Me sentía capaz de resolver los problemas de*

*matemáticas con facilidad*” (2.00 en posgrados y 4.58 en Grado), posiblemente achacable a su dificultad, y que gusten las matemáticas al 38.9% del alumnado de Grado y solo al 15.7% de posgrados, tal vez porque al acabar el Grado, muchos egresados asimilan la etapa de formación generalista a su “pasado académico”.

En un estudio con una muestra de 639 estudiantes de primer curso de los Grados de Educación de dos universidades españolas, realizado por Díaz-García *et al.* (2023), un 71.2% señala que el rendimiento académico depende del esfuerzo. Este resultado está en consonancia con la puntuación 7.36 aquí obtenida para el ítem “*Estudiaba con tesón para mejorar mis calificaciones de matemáticas*”. Además, un 66.4% del alumnado del estudio de dichos autores pide ayuda a otro/a compañero/a al no entender algo. En el presente trabajo, ese porcentaje se reduce al 15.6% cuando la ayuda se recibe de forma acordada.

Por otra parte, un 19.4% del alumnado de la muestra de los citados autores afirma que no se estresa en situaciones propensas a ello, en contraste con la puntuación 4.06 del ítem sobre la ansiedad producida en los exámenes de Matemáticas, achacable posiblemente a la especial idiosincrasia de esta materia, y un 20.9% de los estudiantes de dicha muestra lleva al día el estudio de las asignaturas, en línea con la puntuación de 2.61 del ítem “*Aunque no tuviera deberes, repasaba matemáticas*” de la presente investigación.

En conjunto, las respuestas abiertas permiten matizar los resultados cuantitativos y muestran una imagen ambivalente de las matemáticas. Para una parte del alumnado aparecen asociadas a dificultad, falta de base, miedo, percepción de incapacidad o experiencias docentes poco satisfactorias; para otra, a utilidad, entretenimiento, carácter práctico, resolución de problemas, razonamiento y desarrollo profesional. Además, las definiciones aportadas oscilan entre una visión escolar —centrada en números, cálculos y problemas— y otra más amplia, que entiende las matemáticas como herramienta para comprender el mundo, lenguaje universal o forma de pensar. Esta diversidad ayuda a explicar que muchos estudiantes reconozcan su utilidad, aunque no siempre manifiesten confianza ni una experiencia emocional positiva con la asignatura.

Conocer las actitudes hacia las matemáticas del alumnado de ADE permitirá elaborar intervenciones que minimicen el escaso éxito de muchos estudiantes en una materia propedéutica dentro del plan de estudios, sin cuyo dominio no se puede seguir avanzando en la titulación. Por otro lado, el desarrollo profesional de algunos de estos estudiantes va a estar vinculado a las matemáticas, por lo que las medidas correctoras que ahora se tomen mejorarán las actitudes para entonces.

La limitación de este estudio estriba en que la muestra se circunscribe a un único centro universitario, por lo que las peculiaridades poblacionales podrían tener un mayor peso en los resultados.

En relación con la prospectiva, dado que el orden entre las puntuaciones de las dimensiones en Flores y Auzmendi (2018) es distinto al de García-Manrubia *et al.* (2022) y el orden del presente trabajo no coincide ni con uno ni con otro, podría ser interesante establecer correspondencias entre dimensiones y perfiles de alumnado, que vayan más allá de las habituales comparaciones entre ítems. También se podrían determinar vínculos entre dimensiones y logro, contrastándolos con los hallados por Petriz *et al.* (2010), y ratificar (o no) el resultado de Aiken y Dreger (1961) para estudiantes de Matemáticas, en cuanto a que el factor género influye en que las actitudes sean predictoras del éxito académico.

## 5. Contribución de autores

Tugores, L.: conceptualización, metodología, análisis formal. Raposo-Rivas, M.: supervisión, curación de datos, validación. Ambas autoras: investigación, redacción – borrador original, revisión y edición.

## 6. Declaración de fuentes de financiación

Este estudio no recibió apoyo financiero de ninguna institución ni agencia de financiación.

## 7. Declaración de uso de inteligencia artificial

Las autoras declaran que no utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa ni tecnologías asistidas por IA durante la elaboración del manuscrito.

## 8. Declaración de conflicto de intereses

Las autoras declaran que no existe ningún conflicto de intereses relacionado con la publicación de este artículo.

## 9. Referencias

- Aiken, L. R. y Dreger, R. M. (1961). The effect of attitudes on performance in mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 52(1), 19-24. <https://doi.org/10.1037/h0041309>
- Auzmendi, E. (1992). *Las actitudes hacia la matemática-estadística en las enseñanzas medias y universitaria*. Bilbao: Mensajero.
- Bazán, J. L. y Sotero, H. (1998). Una aplicación al estudio de actitudes hacia la matemática en la UNALM. *Anales Científicos UNALM*, 36, 60-72. [http://argos.pucp.edu.pe/~jlbazan/download/1998\\_62.pdf](http://argos.pucp.edu.pe/~jlbazan/download/1998_62.pdf)
- Blázquez, C., Álvarez, P., Bronfman, N., y Espinosa, J. F. (2009). Factores que influyen la motivación de escolares por las áreas tecnológicas e ingeniería. *Calidad en la Educación*, 31, 46-64. <https://doi.org/10.31619/caledu.n31.162>
- Brandell, G. y Staberg, E. (2008). Mathematics: A female, male or gender-neutral domain? A study of attitudes among students at secondary level. *Gender and Education*, 20, 495-509. <https://doi.org/10.1080/09540250701805771>
- Brito, M. R. (1998). Adaptação e validação de uma escala de atitudes em relação à matemática. *Zetetiké*, 6(9), 109-162. <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/zetetike/article/view/8646811>
- Cardoso, E., Vanegas, E. y Cerecedo, T. (2012). Diagnóstico sobre las actitudes hacia las Matemáticas del estudiantado que inicia sus estudios en tres posgrados en Administración de Empresas. *Educare*, 16(2), 237-253. <https://doi.org/10.15359/ree.16-2.15>
- Díaz-García, A., Garcés-Delgado, Y. y Feliciano-García, L. (2023). Estrategias de enseñanza y rendimiento académico en el alumnado universitario. *Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación*, 10(1), 15-37. <https://doi.org/10.17979/reipe.2023.10.1.9499>
- Eccles, J. S. y Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual Review of Psychology*, 53, 109-132. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153>
- Fennema, E. y Sherman, J. A. (1976). Fennema-Sherman mathematics attitudes scales: Instruments designed to measure attitudes toward the learning of mathematics by females and males. *Journal for research in Mathematics Education*, 7(5), 324-326.
- Fennema, E. y Sherman, J. (1978). Sex-related differences in mathematics achievement and related factors: A further study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 9, 189-203. <https://doi.org/10.2307/748997>
- Flores, W. O. y Auzmendi, E. (2018). Actitudes hacia las matemáticas en la enseñanza universitaria y su relación con las variables género y etnia. *Profesorado*, 22(3), 231-251. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v22i3.8000>
- Gairín, J. (1991). *Las actitudes en educación: un estudio sobre educación matemática*. Barcelona: Boixareu Universitaria, D. L.
- García-Manrubia, B., Méndez, I. y García-Montalbán, J. (2022). Evolución de las actitudes hacia las matemáticas en estudiantes universitarios. *European Journal of Child Development, Education and Psychopathology*, 10(1), 1-10. <https://doi.org/10.32457/ejpad.v10i1.2069>
- Hidalgo, S., Maroto, A. y Palacios, A. (2004). ¿Por qué se rechazan las matemáticas? Análisis evolutivo y multivariante de actitudes relevantes hacia las matemáticas. *Revista de Educación*, 334, 75-95.



<https://www.educacionfpydeportes.gob.es/dam/jcr:56e3c722-7a7c-4b55-b6e0-13038b7aa41f/re33406-pdf.pdf>

- Hidalgo, S., Maroto, A. y Palacios, A. (2005). El perfil emocional matemático como predictor de rechazo escolar: relación con las destrezas y los conocimientos desde una perspectiva educativa. *Educación Matemática*, 17(2), 89-116. <https://doi.org/10.24844/EM1702.04>
- Hunziker, S. y Blankenagel, M. (2021). Cross-sectional research design. En S. Hunziker y Blankenagel (Eds.), *Research Design in Business and Management* (pp. 187-199). Springer Gabler. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-34357-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-658-34357-6_10)
- Kane, J. M. y Mertz, J. E. (2012). Debunking myths about gender and mathematics performance. *Notices of the AMS*, 59(1), 10-21. <https://www.ams.org/journals/notices/201201/rtx120100010p.pdf>
- López, N. A. y Pérez, E. A. (2024). Factores que intervienen en la enseñanza de las matemáticas mediada con tecnología: revisión sistemática. *Transdigital*, 5(10), 1-17. <https://doi.org/10.56162/transdigital234>
- Mato, D. (2006). *Diseño y validación de dos cuestionarios para evaluar las actitudes y la ansiedad hacia las Matemáticas en alumnos de Educación Secundaria Obligatoria* [tesis de doctorado]. Universidade da Coruña. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/12688>
- Palacios, A., Arias, V. y Arias, B. (2014). Attitudes Towards Mathematics: Construction and Validation of a Measurement Instrument. *Revista de Psicodidáctica*, 19(1), 67-91. <https://doi.org/10.1387/RevPsicodidact.8961>
- Peñaloza, V. L., Lima, R. y De Sousa, D. (2009). Atitudes em relação à matemática em estudantes de Administração. *Psicologia Escolar e Educacional*, 13(1), 133-141. <https://doi.org/10.1590/S1413-85572009000100015>
- Petriz, M. A., Barona, C., López, R. M. y Quiroz, J. (2010). Niveles de desempeño y actitudes hacia las Matemáticas en estudiantes de la licenciatura en Administración en una universidad estatal mexicana. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 15(47), 1223-1249. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14015564012>
- Ruiz-Bueno, A. (2021). *Reflexividad y Representaciones sociales en estudiantes de educación superior* [tesis de doctorado]. Universidad de Barcelona. <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/184131>
- Silva, C. B., Brito, M. R., Cazorla, I. M. y Vendramini, C. M. (2002). Atitudes em relação à estatística e à matemática. *Psico-USF*, 7(2), 219-228. <https://doi.org/10.1590/S1413-82712002000200011>
- Villamizar, G., Araujo, T. Y. y Trujillo, W. J. (2020). Relación entre ansiedad matemática y rendimiento académico en matemáticas en estudiantes de secundaria. *Ciencias Psicológicas*, 14(1), 1-13. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7444293>

## CONTRIBUCIONES DE LA INTERDISCIPLINARIEDAD Y LAS MATEMÁTICAS EN CONTEXTOS EDUCATIVOS

### CONTRIBUTIONS OF INTERDISCIPLINARITY AND MATHEMATICS IN EDUCATIONAL CONTEXTS

### CONTRIBUIÇÕES DA INTERDISCIPLINARIDADE E DA MATEMÁTICA EM CONTEXTOS EDUCACIONAIS

Francisca Dolores Matlalcuatzi\*, Stefany Nava\*\*

Carmen Patricia Rosas\*\*\*, Andrés Fraguela\*\*\*\*

Matlalcuatzi, F; Nava, S; Rosas, C; Fraguela, A. (2026). Contribuciones de la interdisciplinariedad y las matemáticas en contextos educativos. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(2), e-24329  
<https://doi.org/10.14483/23464712.24329>

#### Resumen

El presente trabajo ofrece una reflexión documentada basada en una revisión y análisis crítico de la literatura sobre la enseñanza de las matemáticas con enfoques interdisciplinarios. La problemática radica en la persistente fragmentación entre las matemáticas y otras disciplinas, lo que limita el desarrollo de competencias integrales y la transferencia de conocimiento a contextos reales. El objetivo fue identificar fundamentos teóricos y experiencias que sustentan la enseñanza interdisciplinaria de las matemáticas, comparar la eficacia de las estrategias como el aprendizaje basado en problemas y en proyectos, y analizar los principales desafíos para su implementación. La metodología consistió en un análisis documental sistemático de revistas indexadas, informes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y documentos de la Nueva Escuela Mexicana. Los hallazgos muestran un alto nivel de efectividad (76%) de los enfoques interdisciplinarios, especialmente en el desarrollo de competencias como la creatividad, la resolución de problemas y la colaboración. Asimismo, se identificaron desafíos relacionados con la formación docente (50%), la falta de infraestructura tecnológica (44%) y la resistencia institucional (29%). En conjunto, los resultados revelan que la

\* Doctora en Ciencias Matemáticas, Estancia posdoctoral en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. frandmr@gmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7774-549X>

\*\* Maestra en Educación Matemática, Universidad Autónoma de Guerrero, México, stefanynavanl@gmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6105-1587>

\*\*\* Doctora en Ciencias, Estancia posdoctoral en la en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. cproasc2012ny@gmail.com

\*\*\*\* Doctor en Ciencias de segundo nivel en Física Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), México. fraguela@fcfm.buap.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5273-8777>

interdisciplinariedad convierte a la matemática en un lenguaje integrador, capaz de articular saberes diversos, fomentar la investigación y apoyar la adquisición del aprendizaje. Finalmente, se proponen reflexiones orientadas a fortalecer la formación docente, la reducción de las brechas tecnológicas, y la consolidación de instrumentos que no sólo valoren el aprendizaje conceptual, sino también el impacto del pensamiento crítico, la creatividad y la colaboración.

**Palabras Clave:** Interdisciplinariedad; Enseñanza de matemáticas; Resolución de problemas; Pensamiento crítico; Formación docente.

### **Abstract**

This paper presents a document-based reflection based on a critical review of the literature on mathematics education through interdisciplinary approaches. The problem addressed is the persistent fragmentation between mathematics and other disciplines, which limits the development of comprehensive competencies and the transfer of knowledge to real-world contexts. The aim of this study was to identify the theoretical foundations and educational experiences that support interdisciplinary mathematics education, compare the effectiveness of strategies such as Problem-Based Learning (PBL) and Project-Based Learning (PjBL), and analyze the main challenges associated with their implementation. The methodology consisted of a systematic documentary analysis of articles published in indexed journals, reports from the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), and policy documents related to the New Mexican School. The findings reveal a high level of effectiveness (76%) of interdisciplinary approaches, particularly in fostering creativity, problem-solving, and collaboration. Likewise, challenges were identified regarding teacher education (50%), inadequate technological infrastructure (44%), and institutional resistance (29%). Overall, the results show that interdisciplinarity transforms mathematics into an integrative language capable of connecting diverse fields of knowledge, promoting inquiry, and fostering meaningful learning. Finally, the study offers reflections aimed at strengthening teacher education, reducing technological gaps, and consolidating assessment instruments that evaluate not only conceptual learning but also the development of critical thinking, creativity, and collaboration.

**Keywords:** Interdisciplinary Learning; Mathematics Instruction; Problem Solving; Critical Thinking; Teacher Training.

### **Resumo**

O presente trabalho apresenta uma reflexão documental fundamentada em uma revisão e análise crítica da literatura sobre o ensino da Matemática sob enfoques interdisciplinares. A problemática abordada reside na persistente fragmentação entre a Matemática e outras disciplinas, o que limita o desenvolvimento de competências integrais e a transferência do conhecimento para contextos reais. O objetivo foi identificar os fundamentos teóricos e as experiências que sustentam o ensino interdisciplinar da Matemática, comparar a eficácia de estratégias como a Aprendizagem Baseada em Problemas e a Aprendizagem Baseada em Projetos, bem

como analizar los principales desafíos para su implementación. A metodología consistió en una análisis documental sistemática de artículos publicados en periódicos indexados, relatórios da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e documentos da Nova Escola Mexicana. Os resultados evidenciam um elevado nível de efetividade (76%) das abordagens interdisciplinares, especialmente no desenvolvimento da criatividade, da resolução de problemas e da colaboração. Da mesma forma, foram identificados desafios relacionados à formação de professores (50%), à insuficiência de infraestrutura tecnológica (44%) e à resistência institucional (29%). Em conjunto, as evidências demonstram que a interdisciplinaridade transforma a Matemática em uma linguagem integradora, capaz de articular diferentes campos do conhecimento, promover a investigação e favorecer a aprendizagem significativa. Por fim, apresentam-se reflexões voltadas ao fortalecimento da formação docente, à redução das desigualdades tecnológicas e à consolidação de estratégias e instrumentos de avaliação que valorizem não apenas a aprendizagem conceitual, mas também o desenvolvimento do pensamento crítico, da criatividade e da colaboração.

**Palavras-Chave:** Interdisciplinaridade; Ensino de matemática; Resolução de problemas; Pensamento crítico; Formação de professores.

## 1. Introducción

La investigación sobre la enseñanza de las matemáticas se ha convertido en un área de oportunidad para implementar enfoques interdisciplinarios en el currículo escolar con el fin de preparar a los estudiantes con habilidades del siglo XXI, debido a su potencial para contribuir a la mejora de los procesos y resultados de aprendizaje, así como a las habilidades de resolución de problemas, análisis y reflexión; pensamiento crítico, creatividad científica y trabajo colaborativo. La evolución de los enfoques interdisciplinarios en la educación se ha caracterizado por el paso de la enseñanza tradicional basada en materias a enfoques de aprendizaje basado en proyectos o en problemas, aprendizaje adaptativo, gamificación, integración de tecnología, proyectos comunitarios o incluso hasta modelos integrados de STEM y STEAM que enfatizan la interconexión de las disciplinas (Hebebcı, Usta, 2022; Nugraha, Kidman, Tan, 2024). Este cambio responde a la creciente demanda social de estudiantes capaces de adquirir conocimiento y desarrollar habilidades prácticas para reforzar su desarrollo cognitivo y emocional en un contexto de rápido avance tecnológico, así como para enfrentar el entorno profesional competitivo (Dighliya, 2025).

Sin embargo, a pesar del creciente interés, persiste un problema específico para comprender cómo la interdisciplinariedad, en particular en lo que respecta a las matemáticas, impacta de manera concreta en el pensamiento crítico y la resolución de problemas en la educación básica. Las investigaciones actuales revelan un escenario diverso en el que la integración de las matemáticas con otras disciplinas varía ampliamente en cuanto a diseño y eficacia (Kreijkes, Greatorex, 2024; Nurhikmayati, Kusumah, Darhim, 2024). La formación continua del profesorado es otro desafío para el desarrollo de habilidades cognitivas avanzadas en los estudiantes. Gradini et al. (2024) resalta la importancia de mejorar el conocimiento, las habilidades y el compromiso de los profesores hacia la enseñanza de matemáticas orientadas a mejorar las habilidades de orden superior.

Por otra parte, las escuelas públicas enfrentan dificultades por las limitaciones de recursos y la falta de capacitación docente adecuada por parte de los educadores para implementar estrategias

interdisciplinarias provenientes del currículo (Nurgaby, Satkulov, Kagazbayeva, 2023; Oliveira, Souza, Paixão, 2021).

La interdisciplinariedad supone la integración activa de saberes, métodos y valores con el propósito de construir aprendizajes más holísticos y contextualizados. En este sentido, Didham, Fujii y Torkar (2024, p. 5) afirman que “la interdisciplinariedad tiene como objetivo integrar conocimientos y métodos de diferentes disciplinas para crear una verdadera síntesis de enfoques”, subrayando que, en el ámbito educativo, no solo se busca articular contenidos, sino también favorecer el desarrollo integral del estudiante mediante un aprendizaje aplicado y significativo.

De acuerdo con De la Tejera Chillón et al. (2019, p. 58), la noción de interdisciplinariedad, cuyo origen se atribuye al sociólogo Louis Wirtz y que fue oficializada en 1937, se entiende como la cualidad de integrar varias disciplinas en una práctica común. Asimismo, estos autores destacan que “la interdisciplinariedad se refiere a la habilidad para combinar varias disciplinas, es decir, para interconectarlas y ampliar de este modo las ventajas que cada una ofrece”. Desde esta perspectiva, la interdisciplinariedad se concibe como la capacidad de articular diferentes campos del conocimiento para favorecer procesos educativos más integrales, promoviendo un aprendizaje que supera la fragmentación del saber y facilita la vinculación de conceptos en experiencias significativas.

El debate sobre la interdisciplinariedad en el ámbito universitario tiene raíces históricas que se remontan al siglo XIX, cuando la creciente especialización del conocimiento generó la fragmentación de los saberes. Villa y Mendoza (2019, p. 170) señalan que “los esfuerzos institucionales para enfrentar la fragmentación del conocimiento datan del siglo XIX en Europa y Estados Unidos, cuando, en el contexto de la revolución industrial, se registró un proceso de especialización con los avances de la ciencia y la tecnología”. Esta fragmentación dio origen a nuevas disciplinas, pero también a propuestas educativas como la de Wilhelm von Humboldt en la Universidad de Berlín, orientadas a promover una formación integral capaz de sostener en los estudiantes una conciencia crítica.

En el caso de la educación básica, la interdisciplinariedad se plantea como un recurso para superar la fragmentación del conocimiento y favorecer aprendizajes vinculados a la vida cotidiana. Por ejemplo, Casado y Checa (2023) evidencian que la implementación de proyectos STEAM en primaria potencia la creatividad, el pensamiento crítico-reflexivo y las competencias para el trabajo en equipo.

Este trabajo propone una reflexión documentada que explora la realidad interdisciplinaria en la educación básica y media superior. Se parte reconociendo que las matemáticas no son un cuerpo aislado, sino una herramienta cognitiva y social que cobra sentido cuando se aplica a contextos auténticos. En este sentido, retomamos el planteamiento de uno de los coautores de este documento, Fraguera, A., quien señala que la matemática desempeña tres roles fundamentales en la actualidad: como ciencia pura generadora de conocimiento, como disciplina formativa del pensamiento crítico y como instrumento para la modelación de sistemas complejos. La presente reflexión se enmarca en estas dos últimas funciones: la formación del pensamiento crítico y la modelación de sistemas complejos, y la manera en que ambas se articulan a través de la interdisciplina. La modelación matemática de sistemas complejos (fenómenos climáticos, epidemiológicos, económicos o sociales) constituye, en sí misma, una expresión de la interdisciplinariedad, es decir, requiere herramientas matemáticas (estadística, álgebra, cálculo, teoría de grafos) pero también el aporte interpretativo de las Ciencias Sociales y las Humanidades para comprender las dimensiones humanas, históricas y éticas que ningún modelo cuantitativo puede capturar por sí solo. Como advirtió Edgar Morin (1999), el pensamiento complejo reconoce que los fenómenos sociales son multidimensionales e irreducibles a una sola disciplina: la complejidad emerge precisamente de la interacción de factores que ninguna ciencia por sí sola puede abarcar. En esta misma línea, Rolando García

(2006) precisó que un sistema complejo no es simplemente complicado, sino que posee propiedades emergentes que resultan de la interacción de sus componentes y que solo pueden abordarse desde enfoques interdisciplinarios rigurosos. Para la educación básica y media superior, esto implica que la enseñanza de las matemáticas no puede reducirse a procedimientos abstractos desvinculados de la realidad: debe abrirse a la modelación de situaciones auténticas y complejas, reconociendo los alcances y los límites del lenguaje matemático, y promoviendo el diálogo con otras disciplinas como condición indispensable para una comprensión integral de los fenómenos.

Esta revisión sintetiza la investigación actual sobre el impacto de la interdisciplinariedad y la integración de las matemáticas en la educación básica en los resultados del pensamiento crítico y la resolución de problemas de los estudiantes, identifica los desafíos de su implementación, informa las brechas identificadas transculturales y contextuales y detecta orientaciones para la investigación y prácticas futuras.

A partir de la revisión entre fuentes teóricas, investigaciones y aportes de la didáctica de la matemática, se argumenta que la interdisciplinariedad constituye una vía poderosa para transformar la enseñanza de las matemáticas y articular con los desafíos educativos, sociales y científicos contemporáneos.

## **2. Metodología de selección de literatura**

Este trabajo se inscribe en la tipología de reflexión documentada. Se realizó una revisión y análisis crítico de literatura científica especializada en interdisciplinariedad y didáctica de las matemáticas que incluyó búsquedas sistemáticas y análisis cualitativos del contenido de los estudios revisados por pares publicados en las últimas décadas. Las fuentes incluyen artículos de revistas indexadas y documentos de organismos internacionales. Se seleccionaron aquellos trabajos que ofrecieron tanto fundamentos teóricos como aplicaciones prácticas en entornos escolares. Esta doble condición responde a una decisión metodológica deliberada: incluir únicamente estudios con sustento conceptual sólido lo cual permitió garantizar la coherencia epistemológica del análisis y evitar la acumulación de experiencias aisladas carentes de marco interpretativo; al mismo tiempo, exigir que dichos estudios contaran con aplicaciones en contextos escolares reales, permitió articular la reflexión teórica con la evidencia empírica, otorgando al análisis un carácter situado y pertinente para los niveles de educación básica y media superior. Se privilegiaron, además, aquellos trabajos que analizaban contextos educativos comparables en términos de nivel de escolaridad, enfoques pedagógicos y desafíos estructurales, con el fin de facilitar la transferibilidad de los hallazgos. Esta estrategia de selección es consistente con los criterios utilizados en revisiones sistemáticas de alta calidad en el campo de la didáctica de las matemáticas (Kreijkes y Greateorex, 2024; Nurhikmayati, Kusumah y Darhim, 2024), y responde al propósito de ofrecer no solo un mapeo de la producción académica, sino una síntesis interpretativa orientada a fortalecer la práctica educativa. La información se organizó en categorías temáticas: 1) fundamentos epistémicos y cognitivos de la interdisciplinar, 2) el papel del enfoque interdisciplinario en la construcción de pensamiento crítico, resolución de problemas y creatividad, entre otros; 3) implicaciones para la formación docente 4) estrategias educativas para su implementación 5) desafíos y oportunidades.

### **2.1 Objetivos**

Identificar los modelos de enseñanza interdisciplinaria que integran las matemáticas con otras disciplinas en la educación básica.

Comparar la eficacia de varias estrategias pedagógicas, como el aprendizaje basado en problemas, el basado en proyectos, enfoque STEM y STEAM, para mejorar los resultados cognitivos y emocionales.



Identificar y sintetizar los desafíos y factores que facilitan la implementación de planes de estudio matemáticos interdisciplinarios en la educación básica.

## 2.2 *Cómo se realizó la consulta*

A partir de la pregunta, ¿Cuáles son las contribuciones de la interdisciplinariedad y las matemáticas en la educación básica?, y para poder obtener respuesta a esta pregunta la ampliamos a varias frases de búsqueda más específicas. Al ampliar sistemáticamente una pregunta de investigación nos aseguramos de que la búsqueda sea exhaustiva y manejable (cada búsqueda arrojó un conjunto de artículos estrechamente alineados con una faceta particular de su tema).

A continuación, se muestran las consultas transformadas que formamos a partir de la pregunta original:

La interdisciplinariedad y las matemáticas en la educación básica repercuten en el desarrollo del pensamiento crítico y las habilidades para resolver problemas.

Exploración de metodologías de enseñanza innovadoras en la educación matemática que mejoren el aprendizaje interdisciplinario y el desarrollo cognitivo y emocional.

## 2.3 *Selección de artículos*

Después de realizar las búsquedas antes mencionadas se obtuvieron 95 artículos de nuestro interés. Para cada uno de estos artículos principales, examinamos su lista de referencias para encontrar estudios anteriores en los que se basaba. Los revisamos para garantizar que no se pase por alto algún trabajo fundamental. Por otro lado, también identificamos artículos más recientes que han citado cada artículo principal e hicimos un seguimiento de cómo se han basado en estos resultados. Esto revela los estudios sobre replicación y los avances metodológicos recientes. Durante este proceso se encontró un total de 105 artículos adicionales. Tomamos el conjunto total de 200 trabajos candidatos (95 procedentes de consulta y 105 procedentes de cadenas de citas). Impusimos una clasificación por relevancia para que los estudios más pertinentes ocupen los primeros puestos. Encontramos que 34 fueron muy relevantes para la investigación.

## 2.4 *Fundamentos epistémicos del aprendizaje interdisciplinario en la educación básica*

El aprendizaje interdisciplinario en educación básica se sustenta en la concepción de que el conocimiento es una red interconectada (Morin, 1999; Vygotsky, 1978) y que los estudiantes aprenden mejor cuando los contenidos se vinculan con sus experiencias de vida o se resuelven problematizaciones de la realidad (Ausubel, 1968; SEP, 2022).

A su vez, resultados de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2023) en el marco de PISA han demostrado que la capacidad de aplicar matemáticas en situaciones de la vida cotidiana está estrechamente relacionada con el desarrollo de pensamiento crítico, creativo y reflexivo, competencias fundamentales para la ciudadanía del siglo XXI.

La OCDE (2019) subraya que el conocimiento interdisciplinario es cada vez más importante para comprender y resolver problemas complejos. En el marco del proyecto Futuro de la Educación y las Competencias 2030, la OCDE (2019) plantea que el aprendizaje interdisciplinario favorece la capacidad de los estudiantes para transferir conocimientos entre contextos y disciplinas, lo cual implica una comprensión profunda del conocimiento epistémico, entendido como la habilidad de “saber cómo pensar y actuar como un profesional” y de encontrar relevancia y propósito en el aprendizaje. Estas perspectivas reconocidas por la OCDE (2019) evidencian que la interdisciplinariedad no es solo un enfoque pedagógico, sino un fundamento epistémico del aprendizaje: permite conectar el saber con el hacer y con

el ser, formando aprendices capaces de transferir, reflexionar y aplicar su conocimiento para transformar su realidad.

Por su parte, en sintonía con los planteamientos de la OCDE, el Plan de Estudio 2022 de la Secretaría de Educación Pública (SEP) de México refuerza la necesidad de avanzar hacia una integración curricular que supere la fragmentación tradicional del conocimiento. En los Programas Sintéticos se reconoce que trabajar con Campos formativos implica desplazar el modelo de enseñanza basado en asignaturas hacia uno que propicie la interacción de saberes provenientes de diversas disciplinas, con el fin de articular los aprendizajes que niñas, niños y adolescentes desarrollan a lo largo de su trayecto educativo (SEP, 2022). Esta perspectiva coloca la integración de conocimientos como un proceso continuo en el que estudiantes y docentes aprenden, resignifican e integran los saberes en función de los contextos y desafíos que enfrentan, más que como la obtención de productos finales. De este modo, la SEP coincide con la OCDE en que la educación básica debe propiciar experiencias de aprendizaje que conecten los contenidos con situaciones reales, fomentando la construcción de significados, la reflexión y la acción transformadora mediante la interdisciplinariedad.

En este sentido, el aprendizaje interdisciplinario implica procesos de metacognición: el estudiante no solo resuelve un problema, sino que reflexiona sobre los métodos, supuestos y marcos conceptuales empleados, comparando cómo diferentes disciplinas modelizan un mismo fenómeno (Bruner, 1964).

En el plano cognitivo, la modelación implica activar habilidades de pensamiento complejo como la abstracción, la formulación y la verificación de ideas, promoviendo la reflexión sobre el propio aprendizaje y fortaleciendo la autonomía intelectual. Más que una técnica escolar, representa un enfoque educativo integral que articula lo epistemológico, lo cognitivo y lo pedagógico, convirtiendo a las matemáticas en un medio para comprender y transformar la realidad.

Ejemplos de modelación interdisciplinaria en educación básica incluyen:

- Aprendizaje Basado en Proyectos integrado con Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) (Wiratman, Bungawati, Rahmadani, 2023).
- Matemáticas y arte: estudiar simetrías y proporciones en figuras geométricas presentes en pinturas o artesanías locales (Rogora, Tortoriello, 2021).
- Matemáticas con disciplinas de la escuela secundaria como Ciencias de la Computación, Biología, Geografía y Física (Kuznetsova et al., 2022).
- Enseñanza de las matemáticas en la integración de problemas del mundo real en el aprendizaje (Amalia, Makmuri, Hakim, 2024).

Este tipo de tareas responden al enfoque del Nuevo Marco Curricular Mexicano (SEP, 2022), que impulsa el aprendizaje situado y el trabajo por proyectos comunitarios, y están alineadas con las competencias descritas por evaluaciones internacionales como PISA (OCDE, 2019) y los resultados internacionales en matemáticas y ciencias (por sus siglas en inglés TIMSS, 2023) que destacan la necesidad de que los estudiantes sean capaces de formular, aplicar e interpretar modelos en situaciones reales desde edades tempranas.

En conclusión, los fundamentos epistémicos y cognitivos del aprendizaje interdisciplinario en educación básica reconocen que la modelación matemática no persigue sofisticación formal, sino sembrar las bases del pensamiento lógico, crítico y situado, favoreciendo la conexión entre las matemáticas y los problemas reales que los estudiantes enfrentan en su vida escolar y comunitaria.

## 2.5 Revisión temática de la literatura

Con el objetivo de identificar tendencias, resultados y desafíos, se analizaron los 34 estudios que resultaron muy relevantes para la investigación sobre la incorporación de modelos como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), la Educación Matemática Realista (RME), los enfoques STEM/STEAM y las prácticas interdisciplinarias en diversos niveles educativos. Cada registro identifica el autor, tipo de estudio, impacto reportado, nivel de efectividad y desafíos identificados, permitiendo reconocer tendencias, resultados y vacíos en la investigación contemporánea. En conjunto, la tabla evidencia que la mayoría de los estudios se orientan al desarrollo del pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y la formación docente, así como a la búsqueda de una enseñanza de las matemáticas más significativa, contextualizada e interdisciplinaria.

Esta síntesis constituye la base empírica del análisis posterior, donde se examinan los patrones temáticos y porcentuales derivados de los 34 estudios, con el propósito de discutir su relevancia, implicaciones didácticas y proyecciones para el fortalecimiento de la educación matemática.

**Tabla 1.**

*Síntesis de 34 estudios internacionales sobre enfoques interdisciplinarios e innovadores en la enseñanza de las matemáticas: tipo de estudio, impacto reportado, nivel de efectividad y desafíos identificados (educación básica y superior, 2001–2024).*

| Autor                                       | En qué consiste el estudio                                            | Tipo de impacto generado                                                               | Efectividad          | Desafíos                                                                                  |                                                               |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Aba-Oli, Z., Koyas, K., y Husen, A. (2024). | Revisión sobre ABP en matemáticas en secundaria.                      | Pensamiento matemático, resolución de problemas y habilidades de pensamiento creativo. | crítico la de las de | La implementación no logró obtener resultados concretos.                                  | Requiere adaptación de estudiantes y docentes al entorno ABP. |
| Amalia, L., Makmuri, M., y Hakim, L. (2024) | ABP con integración STEM en primaria.                                 | Pensamiento resolución problemas aprendizaje interdisciplinario.                       | crítico, de y        | Efectividad alta en motivación y análisis.                                                | Requiere evaluación auténtica y relevancia cultural.          |
| Amir, Firdaus, Pada (2024).                 | Implementación de la Educación Matemática Realista (RME) en primaria. | Pensamiento resolución problemas.                                                      | crítico y de         | Mejora significativa, se redujo la idea de que las matemáticas son difíciles y aburridas. | Necesidad de formación docente y fidelidad metodológica.      |
| Cahyaningsih, Nahdi (2021)                  | RME en escenarios escolares con tareas contextualizadas en primaria.  | Pensamiento Resolución problemas.                                                      | crítico y de         | Mejoran significativamente sus habilidades de pensamiento crítico.                        | Escasez de recursos y capacitación docente.                   |
| Dighliya (2024)                             | Métodos innovadores (proyectos, gamificación, entornos híbridos).     | Pensamiento creatividad colaboración.                                                  | crítico, y           | Alta, según revisión de estudios.                                                         | Brecha tecnológica y formación desigual.                      |
| Elliott et al. (2001)                       | Curso “Álgebra para las Ciencias” en universidad.                     | Pensamiento actitudes positivas hacia matemáticas.                                     | crítico y            | Efectividad moderada.                                                                     | Pocas mejoras en resolución de problemas.                     |

|                                 |                                                                                                  |                                                                              |                                                                                             |                                                                                 |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Everett (2015)                  | Estudios interdisciplinarios en matemáticas y ciencias (curso universitario).                    | Habilidades cognitivas y sociales y personales                               | Alta efectividad sostenida.                                                                 | Limitada generalización por diversidad de contextos.                            |
| Fitriyah et al. (2024)          | Meta análisis del “enfoque abierto” en educación matemática.                                     | Pensamiento crítico.                                                         | Alta: impacto positivo consistente.                                                         | Dificultad para diseñar problemas significativos en distintos contextos.        |
| Goos, Carreira, Namukasa (2023) | Revisión global sobre matemáticas en STEM.                                                       | Razonamiento crítico, resolución de problemas y resultados afectivos.        | Moderada, más en aspectos afectivos.<br>Efectividad comprobada en tareas aplicadas.         | Ver a la matemática como un componente central y no como una herramienta.       |
| Gorev, Masalimova (2017)        | Competencias meta-asignatura en enseñanza interdisciplinaria (matemáticas y ciencias naturales). | Pensamiento crítico, creatividad y resolución de problemas.                  | Mejora en el rendimiento académico, incremento en el interés y creatividad.                 | Capacitación docente y adaptación tecnológica. Falta de integración curricular. |
| Gradini et al. (2024)           | Programa comunitario para capacitar docentes en HOTs.                                            | Mejora en pensamiento crítico y diseño de lecciones.                         | Muy efectiva (92% compromiso docente).                                                      | Resolución de problemas sigue siendo un reto.                                   |
| Hasan (2024)                    | Aprendizaje basado en problemas (ABP) en contextos reales de matemáticas aplicadas.              | Resolución de problemas por parte de los estudiantes de forma independiente. | Impacto positivo en desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, creativo y analítico. | Diseño de problemas contextualizados.                                           |
| Hastuti et al. (2024)           | ABP con instrucción diferenciada en universidad.                                                 | Desarrollo de pensamiento crítico según estilos de aprendizaje.              | Alta: N-Gain 77% experimental vs. 42% control.                                              | Requiere personalización constante.                                             |
| Hebebe, Usta (2022)             | STEM en ciencias de octavo grado con diseño cuasi-experimental.                                  | Mejora en resolución de problemas, creatividad y pensamiento crítico.        | Alta: diferencias claras entre grupos.                                                      | Duración limitada y uso de software.                                            |
| Ichsan et al. (2024)            | STEAM en matemáticas para pensamiento crítico.                                                   | Mejora de colaboración, motivación y habilidades sociales.                   | Consistente en diversos estudios.                                                           | Infraestructura y capacitación insuficiente.                                    |
| Karademir (2024)                | Actividades interdisciplinarias en formación docente.                                            | Habilidades científicas, tecnológicas, lingüísticas.                         | Moderada: fortalece creatividad y trabajo en equipo.                                        | Débil integración en matemáticas y ciencias básicas.                            |
| Kreijkes, Greateorex (2024)     | Umbrella review sobre currículo disciplinar vs. integrado.                                       | Resultados variables, impacto positivo en ciencias/STEM.                     | Moderada: depende de contexto y calidad de implementación.                                  | Complejidad y recursos necesarios.                                              |
| Kurino et al. (2024)            | Comparación Discovery Learning vs. Flipped Classroom en primaria.                                | Desarrollo de resiliencia y resolución de problemas.                         | Discovery Learning más efectivo.                                                            | Menor impacto en estudiantes con baja resiliencia.                              |
| Kuznetsova et al. (2022)        | Conexiones entre matemáticas y ciencias naturales en secundaria.                                 | Desarrollo de alfabetización funcional y metahabilidades.                    | Alta en problemas prácticos interdisciplinarios.                                            | Recursos limitados.                                                             |

|                                      |                                                                               |                                                                           |                                                                                                                           |                                                                    |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| McCashin, McFeetors, Kim (2022)      | Propuesta de "razonamiento STEM" unificado.                                   | Pensamiento reflexivo y crítico, resalta la importancia del razonamiento. | Aporta fundamentos sólidos que recomienda combinar el pensamiento lógico de las matemáticas con la indagación científica. | Superar barreras disciplinarias.                                   |
| Mudrika, Syaifuddin, Azmi (2024)     | ABP asistido por Wordwall en secundaria.                                      | Mejora en pensamiento crítico y resolución de problemas.                  | Impacto positivo, los estudiantes lograron comprender el contexto, reflexionar el problema e incluso crear modelos.       | Creatividad dependiente del uso de medios. Fidelidad metodológica. |
| Mustafa, Ilmi, Suliati (2024)        | Integración de PBL y Teaching at the Right Level (TaRL) en secundaria.        | Mejora en comprensión matemática y motivación.                            | Alta, con +11 puntos en postest.                                                                                          | Diseño de problemas adecuados y personalización.                   |
| Nugraha, Kidman, Tan (2024)          | Implementación de STEM interdisciplinario en secundaria.                      | Pensamiento interdisciplinario                                            | Resultados positivos en el desarrollo del pensamiento.                                                                    | Implementar STEAM en contextos globales.                           |
| Nurhikmayati, Kusumah, Darhim (2024) | Revisión sistemática STEM/STEAM y pensamiento crítico en matemáticas.         | Promueve habilidades del siglo XXI.                                       | Alta, con predominio del ABP.                                                                                             | Concentración en pocos países, falta de diversidad.                |
| Oliveira, Souza, Paixão (2021)       | Interdisciplinariedad en secundaria (Brasil) con ejemplos prácticos.          | Motivación estudiantil y aprendizaje significativo.                       | Alta en participación activa.                                                                                             | Escasez de recursos y formación docente.                           |
| Roberts et al. (2022)                | Integración de prácticas STEM en secundaria con tareas colaborativas.         | Pensamiento crítico, creativo y resolución de problemas.                  | Alto: mejoras en razonamiento crítico y creatividad.                                                                      | Riesgo de inequidad y falta de preparación docente.                |
| Rogora (2021)                        | Laboratorios Globalmente Interdisciplinarios (Italia).                        | Colaboración entre disciplinas, pensamiento crítico.                      | Alta en motivación y creatividad.                                                                                         | Coordinación docente, resistencia institucional.                   |
| Sultan et al. (2023)                 | Meta-análisis sobre pensamiento crítico y logros en ciencias y matemáticas.   | Correlación positiva alta ( $r = 0.89$ ).                                 | Muy efectiva según revisión.                                                                                              | Poca diversidad de contextos.                                      |
| Tumangger, Khalil, Prahmana (2024)   | Hojas de trabajo con enfoque RME en secundaria.                               | Mejora en resolución de problemas matemáticos.                            | Alta: 85% alcanzaron logro mínimo.                                                                                        | Necesidad de apoyo docente sostenido.                              |
| Ulya (2024)                          | Meta-análisis sobre intervenciones innovadoras en matemáticas.                | Impacto positivo global en habilidades matemáticas.                       | Excelente (efecto 74.9).                                                                                                  | Alta heterogeneidad de contextos.                                  |
| Wang, Abdullah (2024)                | Revisión sistemática sobre pensamiento crítico en matemáticas universitarias. | Mejora en CT con estrategias activas.                                     | Alta en estudios revisados.                                                                                               | Medición heterogénea, falta de estudios locales.                   |

|                                       |                                                            |                                                               |                                                               |                                                            |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Wawan, Retnawati, Setyaningrum (2023) | Modelo integrador: proyectos etnomatemáticas tecnología.   | Mejora en colaboración, motivación y resolución de problemas. | Alta, con validez y confiabilidad comprobadas.                | Dependencia de tecnología y recursos culturales limitados. |
| Wiratman, Bungawati, Rahmadani (2023) | ABP-STEM en primaria (5° grado).                           | Aumento en pensamiento crítico y resolución de problemas.     | Alta efectividad al analizar, argumentar y resolver problemas | Formación docente para diseñar y realizar experimentos.    |
| Yulianto, Umami, Mony (2024)          | Comparación CTL, ABP e instrucción directa en matemáticas. | Mejora de pensamiento crítico y autoeficacia.                 | Alta: CTL más efectivo.                                       | Diferencias en autoeficacia de estudiantes.                |

*Nota:* Se presenta una sistematización de 34 investigaciones internacionales que abordan enfoques innovadores e interdisciplinarios (ABP, RME, STEM/STEAM) en la enseñanza de las matemáticas, indicando autor, características del estudio, tipo de impacto, nivel de efectividad y desafíos reportados. **Fuente:** Los Autores.

La Tabla 1 sistematiza 34 investigaciones internacionales que abarcan desde revisiones sistemáticas y meta-análisis hasta estudios cuasi-experimentales aplicados en distintos niveles educativos, con especial énfasis en la educación básica y media superior. Una primera lectura del conjunto revela que la gran mayoría de los estudios comparte un eje temático transversal: el desarrollo del pensamiento crítico y la resolución de problemas como resultados esperados de la enseñanza interdisciplinaria de las matemáticas. Esta coincidencia, lejos de ser casual, refleja un consenso creciente en la didáctica de las matemáticas acerca del valor de los enfoques activos y contextualizados. En cuanto a los niveles de efectividad reportados, la mayoría de las investigaciones señalan impactos altos o muy altos: estudios como el de Gradini et al. (2024), que reporta un 92% de compromiso docente sostenido, o el de Tumangger, Khalil y Prahmana (2024), que indica que el 85% de los estudiantes alcanzó el nivel mínimo esperado, sugieren que las intervenciones bien diseñadas producen mejoras significativas tanto en desempeño como en actitudes hacia las matemáticas. Sin embargo, cabe destacar que un número relevante de estudios, como los de Elliott et al. (2001) y Karademir (2024), reportan efectividades moderadas, lo que advierte que los resultados dependen críticamente del contexto, del nivel de formación docente y de la coherencia entre el diseño pedagógico y las condiciones institucionales. Los desafíos identificados a lo largo de la tabla son consistentes: la formación insuficiente del profesorado, la escasez de recursos tecnológicos y la resistencia institucional al cambio emergen como los principales obstáculos para la consolidación de los enfoques interdisciplinarios en la práctica cotidiana del aula, tanto en educación básica como en media superior.

Avanzar hacia una educación matemática transformadora implica articular el conocimiento disciplinar con la creatividad, la metacognición y la acción reflexiva. Solo así se consolidará una práctica educativa capaz de responder a los desafíos cognitivos, tecnológicos y éticos del siglo XXI, en consonancia con los referentes internacionales (OCDE, PISA, TIMSS) y los principios de la Nueva Escuela Mexicana.

## 2.6 Papel del enfoque interdisciplinario

El análisis comparativo que se presenta a continuación se orienta a responder preguntas clave en torno a la eficacia de la educación matemática interdisciplinaria, considerando no solo los desafíos que implica su implementación, sino también el papel que desempeña en la construcción de competencias esenciales como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad. Asimismo, se examinan las implicaciones que este enfoque tiene para la formación y actualización docente, las estrategias educativas que favorecen su aplicación en contextos diversos y, finalmente, los desafíos y oportunidades que se abren para consolidar una enseñanza de las matemáticas más significativa, integral y transformadora.



**Tabla 2.**

*Frecuencia y porcentaje de los 34 artículos seleccionados distribuidos en seis categorías temáticas de la educación matemática interdisciplinaria: del predominio del pensamiento crítico y el ABP hasta las competencias meta-asignatura.*

| Categoría temática                                               | Número de artículos<br>(Total 34) | Porcentaje |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------|
| Pensamiento crítico y resolución de problemas                    | 30                                | 88 %       |
| Aprendizaje Basado en Problemas/Proyectos (PBL/ABP)              | 23                                | 68 %       |
| Modelos STEM/STEAM                                               | 18                                | 53 %       |
| Preparación docente y recursos didácticos                        | 17                                | 50 %       |
| Estrategias innovadoras e integración didácticos                 | 14                                | 41 %       |
| Competencias meta-asignatura (HOTS, metacognición, razonamiento) | 10                                | 29 %       |

*Nota:* Frecuencia y porcentaje con que cada categoría temática es abordada en los 34 estudios seleccionados, lo que permite identificar las prioridades y vacíos de la investigación sobre educación matemática interdisciplinaria.

**Fuente:** Los Autores.

La Tabla 2 ofrece una visión panorámica de la distribución temática de los 34 estudios analizados y permite identificar tendencias, jerarquías y equilibrios en la investigación sobre educación matemática interdisciplinaria. Desde una perspectiva interpretativa, los datos de la tabla revelan con claridad cuáles son las preocupaciones centrales del campo y cuáles permanecen aun relativamente subrepresentadas. Las categorías más presentes, el pensamiento crítico y la resolución de problemas (88%), confirman que existe un consenso amplio en torno al valor formativo de las matemáticas más allá de la memorización procedimental: la mayoría de las investigaciones comparten la convicción de que aprender matemáticas significa, ante todo, aprender a pensar de manera rigurosa y creativa ante situaciones complejas. El hecho de que el Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos ocupe el segundo lugar (68%) es coherente con ese propósito: el ABP es la estrategia pedagógica que materializa de manera más directa la vinculación entre contenidos matemáticos y situaciones auténticas. La presencia significativa de los modelos STEM/STEAM (53%) refleja la consolidación de un enfoque curricular que trasciende las fronteras disciplinares, aunque su implementación plantea exigencias particulares en cuanto a formación docente y recursos. Precisamente, la categoría de preparación docente (50%) señala un área crítica de intervención: la mitad de los estudios reconoce que la innovación pedagógica fracasa cuando no se acompaña de desarrollo profesional sólido y sostenido. Las estrategias innovadoras con integración tecnológica (41%) evidencian un campo en expansión, aunque condicionado por la disponibilidad de infraestructura. Finalmente, la categoría de competencias meta-asignatura, HOTS (Higher Order Thinking Skills), metacognición, razonamiento (29%), es la menos representada, lo cual no minimiza su importancia. Esto nos sugiere que el campo aún no ha dado suficiente atención sistemática a las habilidades de aprendizaje de orden superior como objeto de estudio específico, lo que constituye una oportunidad de investigación

futura especialmente relevante para los niveles de educación básica y media superior. En conjunto, la tabla evidencia un campo dinámico y en expansión, orientado por el propósito de convertir las matemáticas en una disciplina formativa, contextualizada e interdisciplinaria. La revisión sistemática permitió clasificar los 34 artículos seleccionados en seis categorías temáticas, lo que evidencia la diversidad de aproximaciones con las que se ha abordado la educación matemática interdisciplinaria.

El análisis de los 34 estudios sistematizados en la Tabla 1 muestran una tendencia clara hacia la consolidación del pensamiento crítico y la resolución de problemas como núcleo del aprendizaje matemático actual. Esta categoría aparece en el 88% de los estudios, reflejando que la mayoría de las investigaciones conciben el aprendizaje matemático como un proceso cognitivo complejo orientado a la comprensión, la reflexión y la toma de decisiones fundamentadas.

El Aprendizaje Basado en Problemas o Proyectos (ABP/PBL) se identifica en el 68% de los artículos, lo que confirma la relevancia de esta estrategia para fomentar la resolución de problemas auténticos, el trabajo colaborativo y el pensamiento de orden superior. Su predominio sugiere que el campo ha encontrado en el ABP un eje metodológico privilegiado para articular la interdisciplinariedad. En efecto, diversas investigaciones (como las de Hasan, 2024; Mudrika et al., 2024; y Amalia et al., 2024) coinciden en que el ABP potencia la autonomía, la colaboración y la transferencia de conocimientos, promoviendo aprendizajes significativos y contextualizados. Este hallazgo se alinea con los planteamientos de la Nueva Escuela Mexicana (NEM, 2022) y con las recomendaciones de la OCDE a través de PISA y Educación 2030, donde se destaca la resolución de problemas como una competencia global esencial.

Los modelos STEM/STEAM (53 %) ocupan un espacio central en la literatura, reflejando la consolidación de un enfoque curricular que combina ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas para promover aprendizajes contextualizados, creativos e integradores. Sin embargo, autores como Ichsan et al. (2024) y Goos et al. (2023) advierten que su implementación requiere coherencia curricular, recursos tecnológicos adecuados y un replanteamiento del rol docente como mediador de experiencias.

Por su parte, la preparación docente y el uso de recursos didácticos se destacan como un tema recurrente, presente en el 50% de los trabajos revisados. Los estudios de Gradini et al. (2024) y Gorev & Masalimova (2017) subrayan que las innovaciones pedagógicas solo son sostenibles cuando se acompañan de programas sólidos de formación docente, espacios de experimentación profesional y comunidades de práctica colaborativas. Esta evidencia muestra la necesidad de políticas educativas que fortalezcan el desarrollo profesional continuo y la alfabetización tecnológica del profesorado confirmando que la preparación del profesorado es un factor determinante para garantizar la efectividad de los enfoques interdisciplinarios.

Ante esta necesidad, dos de los coautores de este trabajo han propuesto un modelo denominado PIFMA-Matemáticas el cual establece pilares conceptuales y metodológicos sólidos que orientan de forma sistemática la formación docente en el ámbito de las matemáticas (Fraguela, Rosas, 2022 p.324). Este modelo parte de la convicción de que el fortalecimiento del pensamiento lógico-matemático en los docentes de educación básica y media superior constituye una condición esencial para el desarrollo cognitivo del estudiantado. Desde su planteamiento, la formación del profesorado debe ir más allá del dominio operativo de algoritmos o de la repetición de esquemas, promoviendo la comprensión conceptual, la argumentación y la justificación fundamentada de los procesos matemáticos.

Fraguela y Rosas (2022) sostienen que el problema central de la enseñanza de las matemáticas en México radica en una práctica centrada en la memorización y el cálculo mecánico, lo que limita la imaginación y la creatividad, capacidades imprescindibles para la sociedad del conocimiento. En

consecuencia, subrayan la urgencia de una formación docente rigurosa que equilibre precisión conceptual y flexibilidad creativa, evitando tanto el formalismo extremo como la superficialidad procedimental. Desde esta perspectiva, el PIFMA-Matemáticas enfatiza el rigor como un componente indispensable del pensamiento lógico-matemático, no solo como una norma técnica, sino como un principio de unidad y justificación de los métodos de resolución, esencial para articular el dominio cognitivo del modelo y fomentar la creatividad matemática (Fraguela, Rosas, 2022 p.343-344).

El 41 % de los estudios se orienta hacia estrategias innovadoras y uso de tecnología, incluyendo aulas invertidas, módulos digitales, educación matemática realista (RME) y gamificación. Estas prácticas favorecen la autonomía intelectual y la comprensión profunda, aunque su impacto depende del contexto institucional y de la fidelidad metodológica con que se aplican. Estas estrategias abren nuevas posibilidades metodológicas, pero también plantean retos en cuanto a capacitación y validación empírica.

Por último, las competencias meta-asignatura, presentes en el 29% de los estudios, integran el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior (HOTS), la metacognición y el razonamiento lógico. Estas competencias implican que los estudiantes no solo realizan procedimientos, sino que comprenden cómo piensan y por qué eligen determinadas estrategias para resolver problemas. Este enfoque, respaldado por la Enseñanza para la Comprensión (Perkins, 2009) y la Neuroeducación, promueve la autorregulación y el aprendizaje autónomo, componentes esenciales para la formación científica del siglo XXI. Aunque minoritaria, esta categoría resulta clave porque aporta fundamentos epistémicos y cognitivos que sostienen la pertinencia del enfoque interdisciplinario.

Estos porcentajes evidencian una orientación clara: las matemáticas no se estudian únicamente como un cuerpo abstracto de conocimientos, sino como una disciplina que fomenta habilidades transversales para la vida y la ciudadanía global.

El análisis de las dimensiones transversales de los 34 estudios (creatividad, colaboración, efectividad y limitaciones estructurales) complementa los hallazgos ya sistematizados en las categorías temáticas de la Tabla 2, y permite profundizar en los patrones que caracterizan la investigación sobre educación matemática interdisciplinar.

En resumen, el 56% de los estudios revisados reportan un impacto positivo en el desarrollo de la creatividad, la colaboración y las habilidades sociales. Estos resultados son consistentes con la perspectiva interdisciplinaria de los modelos STEM/STEAM y ABP, que propician ambientes de aprendizaje donde los estudiantes asumen un papel activo, trabajan en equipo y generan soluciones originales a problemas auténticos.

Autores como Ichsan et al. (2024) y Wawan et al. (2023) destacan que las experiencias colaborativas favorecen la comunicación científica y la empatía cognitiva, competencias fundamentales para el pensamiento crítico y la innovación. Asimismo, la creatividad emerge no solo como resultado del aprendizaje matemático, sino como una condición necesaria para la resolución de problemas en contextos diversos.

En cuanto a efectividad, el 76% de los estudios evidencian alta o muy alta efectividad en el logro de aprendizajes significativos, tanto en habilidades matemáticas como en actitudes hacia la disciplina. Esta consistencia confirma que las estrategias innovadoras, como el Aprendizaje Basado en Problemas, la Educación Matemática Realista y los modelos interdisciplinarios, tienen un impacto comprobable en el rendimiento académico, la motivación y la comprensión conceptual.

Por ejemplo, investigaciones como las de Gradini et al. (2024) y Hasan (2024) reportan incrementos de entre 11 y 30 puntos porcentuales en las pruebas de desempeño y mejoras evidentes en la capacidad de análisis y argumentación de los estudiantes. Estos hallazgos coinciden con los lineamientos de la OCDE (2019) y PISA (2018), que señalan la efectividad de las metodologías activas en la promoción de la competencia matemática y científica. Un 21 % (7 estudios) señala una efectividad moderada, dependiente del contexto y de la calidad de implementación, mientras que solo un 3 % (1 estudio) reporta resultados ambiguos o poco concluyentes.

No obstante, los estudios también coinciden en señalar desafíos importantes. El 50% de los estudios identifica limitaciones estructurales o pedagógicas que dificultan la consolidación de las innovaciones. Entre los principales obstáculos se encuentran la formación docente insuficiente, la falta de acompañamiento institucional, la escasez de materiales didácticos y la limitada integración tecnológica.

Estos obstáculos se expresan con particular intensidad en los contextos de educación básica y media superior, donde el cambio metodológico exige no solo capacitación puntual sino la construcción de culturas institucionales orientadas al desarrollo profesional colaborativo y sostenido. Esta dimensión sistémica distingue la innovación pedagógica genuina de la adopción superficial de nuevas estrategias.

Mientras que la escasez de recursos materiales y tecnológicos es mencionada en el 44% de los estudios, especialmente en aquellos que analizan la implementación de STEM/STEAM y PBL en contextos de vulnerabilidad. Esta brecha limita la equidad educativa y reduce el potencial de las experiencias experimentales y digitales.

Autores como Ichsan et al. (2024) y Oliveira et al. (2021) subrayan que la falta de acceso a infraestructura tecnológica básica impide el desarrollo de proyectos interdisciplinarios sostenidos. En consecuencia, la efectividad de las metodologías innovadoras depende en gran medida de los recursos disponibles y del apoyo institucional.

Se identificó que el 32% de las investigaciones aborda la necesidad de adaptar las estrategias a los contextos locales y de fortalecer el compromiso docente como factor determinante del éxito pedagógico. La investigación de Gradini et al. (2024) muestra que el 92% de los docentes participantes mantuvo un compromiso sostenido con la innovación tras recibir formación específica, lo que demuestra la relación directa entre desarrollo profesional y mejora educativa.

Este dato confirma que el cambio metodológico no puede imponerse verticalmente; requiere de convicción profesional, acompañamiento reflexivo y reconocimiento institucional. La cultura de colaboración entre docentes y la construcción de comunidades de práctica se perfilan como condiciones indispensables para consolidar la interdisciplinariedad y el pensamiento crítico en la enseñanza de las matemáticas.

Por último, un 29 % hace referencia a la complejidad de implementación y a la resistencia institucional, y el 21% advierte sobre la heterogeneidad en la medición de resultados y la escasez de estudios en contextos locales.

## *2.7 Fundamentos epistémicos, formación docente, estrategias y desafíos: dimensiones complementarias del enfoque interdisciplinario*

El análisis de los 34 estudios revisados no se agota en la centralidad del pensamiento crítico y el ABP. Para comprender el campo en toda su amplitud es necesario considerar cuatro dimensiones que, si bien son menos dominantes en términos cuantitativos, resultan indispensables para una lectura integral de la interdisciplinariedad matemática en la educación básica y media superior.

En cuanto a los fundamentos epistémicos y cognitivos de la interdisciplinariedad (categoría 1), la literatura revisada muestra que la base conceptual de la enseñanza interdisciplinar de las matemáticas hunde sus raíces en tradiciones epistemológicas diversas que, sin embargo, convergen en un punto esencial: el reconocimiento de que el conocimiento es una red interconectada y que su fragmentación en asignaturas aisladas responde a convenciones institucionales más que a la naturaleza del saber. Esta perspectiva, anticipada por Morin (1999) y profundizada por García (2006) en su teoría de los sistemas complejos, se traduce pedagógicamente en la apuesta por aprendizajes que conecten los contenidos matemáticos con problemas reales, con otras disciplinas y con el contexto cultural y social de los estudiantes. Varios estudios de la muestra, como los de Kuznetsova et al. (2022), McCashin, McFeetors y Kim (2022), y Nugraha, Kidman y Tan (2024), ofrecen marcos conceptuales que permiten pensar la interdisciplinariedad no como una simple yuxtaposición de contenidos, sino como un proceso de construcción conjunta de significados en el que las matemáticas aportan el rigor del lenguaje formal y la potencia de la modelación, mientras que las Ciencias Sociales, la Biología, la Geografía o las Humanidades aportan el espesor interpretativo necesario para comprender los fenómenos en su complejidad. Esta tensión entre formalismo matemático y apertura interdisciplinar es, desde el punto de vista epistemológico, una de las dimensiones más fecundas y más desafiantes del campo.

En lo que respecta a las implicaciones para la formación docente (categoría 3), la evidencia acumulada en los estudios es especialmente contundente: no existe innovación pedagógica sostenible sin docentes que comprendan y crean en el enfoque que implementan. La investigación de Gradini et al. (2024) demuestra que el 92% de los docentes que recibieron formación específica en HOTs mantuvieron su compromiso con la innovación a lo largo del tiempo, lo que sugiere que el desarrollo profesional no es un complemento opcional sino una condición estructural del cambio. En el contexto mexicano, el modelo PIFMA-Matemáticas (Fraguela y Rosas, 2022) constituye una propuesta específica orientada a fortalecer la formación docente en matemáticas para la educación básica y media superior, articulando rigor conceptual con apertura creativa e interdisciplinar. Más allá de los modelos específicos, los estudios coinciden en señalar que la formación docente para la interdisciplinariedad debe contemplar al menos tres dimensiones: el dominio profundo del contenido matemático, la competencia didáctica para diseñar situaciones de aprendizaje integradoras, y la disposición epistemológica para trabajar en colaboración con docentes de otras disciplinas. Esta tercera dimensión, la colaboración interdisciplinar entre profesores, es la más escasamente atendida por los programas de formación actuales y, sin embargo, es la que determina en mayor medida la posibilidad de implementar proyectos genuinamente integrados en la escuela básica y media superior.

En cuanto a las estrategias educativas para la implementación de la interdisciplinariedad (categoría 4), la literatura muestra un abanico amplio y diversificado de opciones metodológicas. Además del ABP y los modelos STEM/STEAM ya analizados, emergen con fuerza la Educación Matemática Realista (RME), que parte de problemas contextualizados para construir conceptos matemáticos de manera progresiva (Amir, Firdaus y Pada, 2024; Tumangger, Khalil y Prahmana, 2024); la etnomatemática, que recupera los saberes y prácticas matemáticas de las comunidades locales como punto de partida para el aprendizaje (Wawan, Retnawati y Setyaningrum, 2023); y las estrategias de aula invertida y gamificación, que reorganizan los tiempos y espacios del aprendizaje para potenciar la autonomía del estudiante (Dighliya, 2025; Kurino et al., 2024). La elección entre estas estrategias no puede ser arbitraria: depende del nivel educativo (las estrategias más efectivas en primaria no son necesariamente las mismas que en secundaria o bachillerato), del contexto sociocultural del aula, de los recursos disponibles y de las competencias del docente. Una aportación relevante de la revisión es que las estrategias más efectivas no son las tecnológicamente más sofisticadas, sino las que más coherentemente vinculan los contenidos con situaciones auténticas y

promueven la participación activa del estudiante, independientemente del nivel de sofisticación de los recursos utilizados.

Finalmente, los desafíos y oportunidades de la interdisciplinariedad (categoría 5) merecen una atención diferenciada. Los obstáculos más frecuentemente identificados como formación docente insuficiente, escasez de recursos tecnológicos y resistencia institucional, son ya conocidos, pero la revisión pone de relieve al menos tres desafíos adicionales que merecen mayor atención en la investigación futura. Primero, la dificultad de construir instrumentos de evaluación que capten de manera fidedigna los aprendizajes integrados, el pensamiento crítico y las competencias socioemocionales generados por los enfoques interdisciplinarios: la mayoría de los instrumentos disponibles siguen estando diseñados para medir aprendizajes disciplinares acotados. Segundo, la inequidad en el acceso a condiciones favorables para la innovación: los estudios que reportan los resultados más positivos provienen con frecuencia de contextos con mayor disponibilidad de recursos, lo que genera una brecha preocupante con las escuelas públicas de contextos vulnerables donde la interdisciplinariedad sería, paradójicamente, más necesaria. Tercero, la resistencia epistemológica: romper con la lógica disciplinar implica no solo cambiar estrategias didácticas, sino transformar la cultura institucional y la identidad profesional de los docentes, lo que requiere procesos de cambio lentos, participativos y sostenidos en el tiempo. Frente a estos desafíos, las oportunidades son igualmente significativas: el creciente interés de las políticas educativas por las competencias del siglo XXI, el auge de los marcos curriculares por campos formativos (como el Plan de Estudio 2022 de la SEP en México) y la disponibilidad de recursos digitales abiertos abren condiciones favorables para consolidar la interdisciplinariedad como principio organizador de la educación matemática en la escuela básica y media superior.

Un desafío adicional, quizá el más profundo y el menos debatido en la literatura especializada, es el que plantea la relación entre la formación disciplinar rigurosa y el objetivo interdisciplinar. La pregunta no es menor: ¿puede hablarse de aprendizaje interdisciplinario genuino cuando el estudiante aún no domina las herramientas conceptuales propias de cada disciplina? ¿Tiene sentido promover la integración de saberes en la educación básica antes de que esos saberes estén mínimamente consolidados? La experiencia de ciertos modelos curriculares que han intentado implementar la interdisciplinariedad de manera apresurada ofrece una advertencia elocuente: cuando la integración se reduce a yuxtaponer contenidos de diversas áreas en torno a temas generales, sin profundidad conceptual en ninguna de ellas, el resultado no es interdisciplinariedad sino superficialidad generalizada. El estudiante termina sabiendo poco de mucho, sin comprender con rigor nada. Este riesgo no invalida la apuesta interdisciplinar, pero obliga a precisar sus condiciones de posibilidad.

En este sentido, la posición que emerge de la evidencia revisada y que los autores de este trabajo sostienen es que la formación conceptual rigurosa no es el obstáculo de la interdisciplinariedad, sino su condición. No puede haber integración auténtica de saberes sin saberes que integrar. En el caso específico de las matemáticas, esto significa que la enseñanza en la educación básica debe garantizar, ante todo, el desarrollo del razonamiento lógico, la comprensión profunda de los conceptos fundamentales: número, función, espacio, medida, probabilidad, y la capacidad de argumentar y resolver problemas con rigor. Renunciar a esta formación en nombre de la interdisciplinariedad es un error de fondo: equivale a pedir al estudiante que integre herramientas que aún no tiene. Lo que sí resulta posible y deseable desde la educación básica es algo de alcance más preciso y epistemológicamente más honesto: mostrar, con situaciones auténticas y progresivamente complejas, cómo las herramientas y la forma de pensar que ofrece la matemática permiten modelar fenómenos reales: demográficos, climáticos, económicos, de salud pública, y generar respuestas que pueden orientar decisiones. Este ejercicio no requiere que el estudiante domine la teoría de sistemas complejos ni el análisis multivariado; requiere que comprenda que las



matemáticas son un lenguaje poderoso para describir, predecir e interpretar el mundo, y que ese lenguaje tiene alcances y también límites.

Precisamente aquí emerge la dimensión humanista como componente indispensable de una educación matemática que aspire a ser genuinamente interdisciplinar. Si bien los modelos matemáticos pueden describir tendencias y proyectar escenarios, no pueden por sí solos determinar qué decisiones son justas, éticamente deseables o socialmente pertinentes. Un modelo epidemiológico puede calcular tasas de mortalidad bajo distintos escenarios de intervención, pero no puede decidir a quién vacunar primero ni cómo distribuir recursos escasos en condiciones de inequidad. Un modelo económico puede proyectar el crecimiento del PIB bajo distintas políticas fiscales, pero no puede ponderar el costo humano de la desigualdad ni el valor de los bienes que el mercado no cotiza. Es en este punto donde las Ciencias Sociales, las Humanidades, la ética y la filosofía resultan imprescindibles, como lo advirtió Morin (1999), no como complemento decorativo de las matemáticas, sino como condición para que el conocimiento cuantitativo se traduzca en comprensión integral y en acción responsable. Introducir esta perspectiva desde la educación básica no exige sacrificar el rigor matemático: exige, más bien, que el docente diseñe situaciones en las que los estudiantes calculen, interpreten y también deliberen. Que aprendan a preguntar no solo “¿qué dice el modelo?” sino también “¿qué no dice?”, “¿qué valores están detrás de esta decisión?” y “¿quiénes se ven afectados?”. Esta capacidad de articular el razonamiento formal con el juicio ético es, en última instancia, la forma más ambiciosa y más necesaria de interdisciplinariedad en la escuela básica y media superior.

## *2.8 Análisis comparativo de artículos que hacen revisiones de literatura en educación matemática e interdisciplinar*

Las revisiones de literatura recopiladas en esta investigación analizan distintos enfoques pedagógicos que buscan integrar la matemática con otras disciplinas o potenciar habilidades cognitivas de orden superior en educación básica y superior. En total, se identificaron 12 revisiones o meta-análisis (Ichsan et al., 2024; Nurhikmayati, Kusumah, Darhim, 2024; Kreijkes, Greatorex, 2024; Aba-Oli, Koyas, Husen, 2024; Hasan, 2024; Ulya, 2024; Fitriyah et al., 2024; Wang, Abdullah, 2024; Goos, Carreira, Namukasa, 2023; Sultan et al., 2023; McCashin, McFeetors, Kim, 2022; Dighliya, 2025), cuyos resultados ofrecen un panorama amplio de las tendencias actuales en investigación interdisciplinaria y didáctica de la matemática.

Un hallazgo común es la coincidencia en la importancia del pensamiento crítico y la resolución de problemas como ejes transversales de la enseñanza. Tanto en STEM/STEAM (Ichsan et al., 2024; Nurhikmayati, Kusumah, Darhim, 2024; Goos, Carreira, Namukasa, 2023) como en enfoques contextualizados o basados en problemas (Aba-Oli, Koyas, Husen, 2024; Hasan, 2024; Fitriyah et al., 2024), la literatura muestra que las intervenciones que conectan los contenidos matemáticos con problemas reales favorecen no solo el aprendizaje conceptual, sino también la motivación y el compromiso estudiantil.

Otra similitud relevante es la preocupación por la formación docente. Revisiones como las de Goos, Carreira, Namukasa (2023) y Kreijkes, Greatorex (2024) destacan que la falta de preparación pedagógica y disciplinar específica dificulta la implementación de enfoques integrados. De manera paralela, Dighliya (2024) y Wang, Abdullah (2024) coinciden en que las innovaciones metodológicas, como el aprendizaje híbrido o las estrategias activas, requieren capacitación sólida y continua para asegurar su efectividad.

Asimismo, varias revisiones convergen en señalar que los enfoques interdisciplinarios o innovadores tienden a generar efectos positivos moderados en el rendimiento matemático, pero efectos más

consistentes en variables afectivas, como el interés y la actitud hacia la disciplina (Goos, Carreira, Namukasa, 2023; Ulya, 2024).

Aunque los enfoques convergen en propósitos, existen diferencias notables:

Mientras algunas revisiones se centran en educación básica (McCashin, McFeetors, Kim, 2022; Fitriyah et al., 2024), otras se focalizan en la educación superior (Wang, Abdullah, 2024). Esto influye en la naturaleza de las habilidades analizadas: en primaria predominan razonamiento y motivación, mientras que en universidad se prioriza pensamiento crítico y metacognición.

Los enfoques identificados difieren en las estrategias estudiadas. El ABP aparece con fuerza en Hasan (2024) y Aba-Oli, Koyas, Husen (2024), mientras que el enfoque abierto se examina en Fitriyah et al. (2024) y la Educación Matemática Realista en revisiones como Ulya (2024). Por otro lado, Goos, Carreira, Namukasa (2023) analiza directamente el papel de las matemáticas en STEM, y Sultan et al. (2023) ofrece un meta-análisis centrado en la relación entre pensamiento crítico y resultados en ciencias y matemáticas.

Algunos trabajos adoptan un carácter sistemático y cuantitativo, como Ulya (2024) o Sultan et al. (2023) que ofrecen tamaños de efecto y correlaciones precisas. En contraste, otros tienen un carácter más narrativo o conceptual, como Dighliya (2024) o McCashin, McFeetors, Kim (2022), que priorizan la reflexión sobre tendencias.

En lo que se refiere a tendencias observadas, las revisiones sugieren que:

El pensamiento crítico es un eje central, ya sea en STEM, en ABP o en enfoques abiertos, y se asocia directamente con la mejora en la resolución de problemas matemáticos.

La interdisciplinariedad refuerza la motivación y la relevancia del aprendizaje, aunque sus efectos en el rendimiento cognitivo son más heterogéneos y requieren evaluaciones más finas.

La implementación efectiva depende en gran medida de la preparación docente y del acceso a recursos, lo cual se repite como una constante en casi todas las revisiones.

El impacto reportado es mayor en dimensiones actitudinales y socioemocionales (interés, motivación, colaboración) que en resultados estrictamente académicos.

Finalmente, las revisiones de literatura analizadas ofrecen un panorama de consensos y divergencias en torno a la educación matemática interdisciplinaria. Todas coinciden en que las metodologías innovadoras favorecen el pensamiento crítico y la motivación, pero difieren en los enfoques revisados (ABP, STEM, RME, aprendizaje abierto) y en los niveles educativos de aplicación. La evidencia empírica más robusta proviene de meta-análisis cuantitativos (Ulya, 2024; Sultan et al., 2023), mientras que las revisiones narrativas aportan marcos conceptuales útiles (McCashin, McFeetors, Kim, 2022; Dighliya, 2025).

En suma, los hallazgos refuerzan la necesidad de un equilibrio entre innovación pedagógica y preparación docente, así como de más estudios longitudinales que permitan medir los efectos de la interdisciplinariedad en el aprendizaje matemático a lo largo del tiempo.

### **3. Conclusiones**

El análisis de las 34 investigaciones internacionales en el que se incluyen las 12 revisiones de literatura permiten trazar un panorama convergente sobre los enfoques innovadores en la enseñanza de las matemáticas. En particular, en este apartado vamos a confrontar los hallazgos obtenidos tanto en el apartado 2.6 Papel del enfoque interdisciplinario y los obtenidos en el 2.8 Análisis comparativo de

artículos que hacen revisiones de literatura en educación matemática e interdisciplinar. Ambos cuerpos de evidencia confirman que el pensamiento crítico y la resolución de problemas constituyen el eje prioritario en la investigación actual (87 % de los estudios empíricos y la totalidad de las revisiones), alineándose con las demandas de evaluaciones internacionales como PISA y TIMSS. Esta coincidencia subraya que las matemáticas han dejado de concebirse como un saber exclusivamente abstracto para asumirse como una disciplina capaz de promover habilidades transversales y de preparar a los estudiantes para contextos diversos y complejos.

Una segunda convergencia significativa se observa en la dimensión afectiva y social del aprendizaje matemático. Mientras que el 56 % de los estudios empíricos reporta mejoras en creatividad y motivación, varias revisiones (Ichsan et al., 2024; Goos, Carreira, Namukasa, 2023; Ulya, 2024) destacan que los enfoques interdisciplinarios, particularmente en STEM/STEAM y ABP, producen efectos más consistentes en el ámbito socioemocional que en los resultados estrictamente cognitivos. En esta línea, tanto los estudios empíricos (35 %) como las revisiones coinciden en resaltar la importancia de la colaboración y las habilidades sociales, aunque reconocen que su medición sigue siendo un desafío metodológico pendiente.

En términos de efectividad, los resultados son contundentes: el 76 % de los estudios empíricos reporta efectos altamente positivos, mientras que los meta-análisis cuantitativos (Sultan et al., 2023; Ulya, 2024; Fitriyah et al., 2024) confirman tamaños de efecto elevados, lo que refuerza la validez de las metodologías innovadoras cuando se aplican con fidelidad metodológica. No obstante, tanto en la evidencia empírica como en las revisiones se advierte que la efectividad depende de las condiciones de implementación, lo que introduce un matiz de variabilidad contextual.

En cuanto a los desafíos, los hallazgos son consistentes: la falta de formación docente aparece como el obstáculo más recurrente. A ello se suma la carencia de recursos tecnológicos (44 %) y la resistencia institucional (29 %), lo que evidencia que el éxito de las metodologías innovadoras depende tanto de las condiciones sistémicas como del compromiso pedagógico.

En consecuencia, se pueden formular cuatro recomendaciones principales:

- Formación docente, que combine didáctica de las matemáticas, metodologías activas e integración tecnológica, orientada a la preparación necesaria para implementar enfoques interdisciplinarios con rigor.
- Políticas de infraestructura y equidad, orientadas a proveer tecnologías, software y materiales que respalden experiencias de RME, ABP y STEM, con especial atención a contextos vulnerables.
- Evaluación contextualizada y sostenida: desarrollar instrumentos de medición adaptados a los contextos locales, que permitan valorar no solo el aprendizaje conceptual, sino también el impacto en pensamiento crítico, creatividad y colaboración.
- Rigor disciplinar como condición de la interdisciplinariedad: garantizar que los enfoques interdisciplinarios en la educación básica y media superior no se implementen a expensas de la formación conceptual profunda en cada disciplina, sino a partir de ella. La evidencia revisada, junto con la experiencia de modelos curriculares que han intentado integrar contenidos sin asegurar su dominio previo, advierte que la yuxtaposición superficial de temas de distintas áreas no produce interdisciplinariedad sino fragmentación del conocimiento. En el caso de las matemáticas, esto implica priorizar el desarrollo del razonamiento lógico y la comprensión sólida de los conceptos fundamentales: número, función, espacio, medida, probabilidad, etc., como base

irrenunciable, desde la cual es posible y deseable mostrar, con situaciones progresivamente complejas, cómo el pensamiento matemático permite modelar fenómenos reales y generar respuestas que orientan decisiones. Esta aproximación debe acompañarse del cultivo del criterio humanista: los modelos matemáticos describen y proyectan, pero no determinan por sí solos qué es justo o éticamente pertinente. Enseñar a los estudiantes a preguntar no solo “¿qué dice el modelo?” sino también “¿qué no dice?” y “¿quiénes se ven afectados?” es la forma más rigurosa y más necesaria de interdisciplinariedad en la escuela: aquella que articula el razonamiento formal con el juicio ético y la responsabilidad social, sin sacrificar ninguno de los dos.

Finalmente, se identifican varias áreas de futuras investigaciones: la necesidad de estudios longitudinales que analicen los efectos de la interdisciplinariedad en trayectorias académicas amplias; investigaciones en contextos locales y diversos que enriquezcan la comprensión global; el desarrollo de marcos metodológicos más consistentes para medir las dimensiones socioemocionales del aprendizaje matemático. Agenda de investigación sobre rigor disciplinar e interdisciplinariedad: identificar las condiciones pedagógicas y curriculares que permiten articular, sin sacrificar ninguno, el dominio conceptual disciplinar y la apertura interdisciplinar en la educación básica y media superior, indagando en qué condiciones de competencia previa, diseño didáctico y contexto institucional, la integración produce aprendizaje genuino y no mera yuxtaposición de contenidos; y examinando de qué manera la incorporación explícita del juicio ético y humanista en situaciones de modelación matemática afecta tanto la comprensión conceptual como la capacidad deliberativa de los estudiantes. Se trata de un campo escasamente explorado que resulta especialmente urgente en contextos donde las reformas curriculares han adoptado la interdisciplinariedad como principio organizador sin contar todavía con evidencia suficiente sobre sus condiciones de éxito.

En suma, los resultados confirman que la innovación en la enseñanza de las matemáticas no es solo viable, sino necesaria. Sin embargo, su éxito depende menos de la novedad metodológica y más de las condiciones estructurales, de la capacidad docente y de la voluntad institucional de transformar la enseñanza hacia una matemática interdisciplinaria, crítica, creativa y socialmente relevante.

#### 4. Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la *Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti)* por el apoyo otorgado a Francisca Dolores Matlalcuatzi Rugerio y Carmen Patricia Rosas Colín mediante los Programas de Estancias Posdoctorales, cuyo respaldo favoreció el desarrollo de las actividades de investigación que dieron origen al presente estudio. Asimismo, agradecen a la *Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (FCFM-BUAP)* por el acompañamiento institucional, el respaldo brindado al grupo de investigación y las facilidades otorgadas para el desarrollo de este trabajo.

#### 5. Contribución de autores

De acuerdo con la taxonomía CRediT, las contribuciones de los autores fueron las siguientes:

- Francisca Dolores Matlalcuatzi Rugerio: Conceptualización, Investigación, Metodología, Redacción del borrador original, Análisis e interpretación de la información y Revisión del manuscrito.
- Stefany Nava Lobato: Investigación, Metodología, Curación de datos y Análisis formal.
- Carmen Patricia Rosas Colín: Conceptualización, Validación y Redacción – revisión y edición.
- Andrés Fraguera Collar: Supervisión, Metodología, Validación y Redacción – revisión y edición.

## 6. Declaración de fuentes de financiación

Los autores declaran que el presente estudio contó con el apoyo de la *Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti)* mediante el financiamiento otorgado a Francisca Dolores Matlalcuatzi Rugerio y Carmen Patricia Rosas Colín. Francisca Dolores Matlalcuatzi Rugerio desarrolló sus actividades de investigación en el marco de la Convocatoria de Estancias Posdoctorales por México EPM(1)-2024, asociada al proyecto “*Diseño y desarrollo de metodologías activas para favorecer el aprendizaje autónomo de las matemáticas en estudiantes de Educación Básica, desde un enfoque integral e interdisciplinario con base en nuevas herramientas tecnológicas educativas*”. Por su parte, Carmen Patricia Rosas Colín recibió financiamiento mediante la Convocatoria Estancias Posdoctorales por México 2023(1) vinculada al proyecto “*Aplicación y validación de un modelo académico integral para la formación continua del profesorado de matemáticas de educación básica y media superior*” (2024-2027).

La entidad financiadora no participó en el diseño del estudio, la recopilación y el análisis de la información, la interpretación de los resultados, la preparación del manuscrito ni en la decisión de someterlo para su publicación.

## 7. Declaración de uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que, durante la preparación del presente manuscrito, utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa como apoyo en la búsqueda de bibliografía especializada, así como en la revisión de la redacción y mejora de la claridad expositiva de algunas secciones del texto. Todo el contenido generado con dicho apoyo fue posteriormente revisado, verificado y editado por los autores, quienes asumen la responsabilidad plena sobre el contenido final del manuscrito.

## 8. Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses, financiero, institucional o personal, que pueda haber influido en el desarrollo, los resultados o la publicación del presente estudio.

## 9. Referencias

- Aba-Oli, Z., Koyas, K., y Husen, A. (2024). Higher-order thinking skills-oriented problem-based learning interventions in mathematics: A systematic literature review. *School Science and Mathematics*. <https://doi.org/10.1111/ssm.12676>
- Amalia, L., Makmuri, M., y Hakim, L. (2024). Learning design: To improve mathematical problem-solving skills using a contextual approach. *JlIP (Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan)*, 7(3), 2353-2366. <https://doi.org/10.54371/jiip.v7i3.3455>
- Amir, F., Firdaus, M., y Pada, A. (2024). How does realistic mathematics learning shape learners' problem solving and critical thinking skills? *Al-Ishlah*, 16(3). <https://doi.org/10.35445/alishlah.v16i3.5101>
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston.
- Bruner, J. S. (1964). The course of cognitive growth. *American Psychologist*, 19(5), 1–15. Harvard University Press.
- Cahyaningsih, U., y Nahdi, D. S. (2021). The effect of realistic mathematics education on elementary students' critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1764(1), 012127. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012127>
- Casado, F. R., & Checa, R. M. (2023). Creatividad, pensamiento crítico y trabajo en equipo en educación primaria: Un enfoque interdisciplinar a través de proyectos STEAM. *Revista Complutense de Educación*, 34(3), 629–640. <https://doi.org/10.5209/rced.79861>

- De la Tejera, N., Cortés, C., Viñet, L. M., Pavón, I., & De la Tejera Chillón, A. (2019). La interdisciplinariedad en el contexto universitario. *Panorama. Cuba y Salud*, 14(1, Especial), 58–61.
- Didham, R. J., Fujii, H., Torkar, G. (2024). Exploring interdisciplinary approaches to education for sustainable development. *Nordic Journal of Comparative and International Education (NJCIE)*, 8(2). <https://doi.org/10.7577/njcie.5877>
- Dighliya, B. (2025). Innovative Teaching Methods for Skill Development. In M. Kayyali & B. Christiansen (Eds.), *Insights Into International Higher Education Leadership and the Skills Gap* (pp. 229-250). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3443-0.ch009>.
- Elliott, B., Oty, K., McArthur, J., & Clark, B. (2001). The effect of an interdisciplinary algebra/science course on students' problem solving skills, critical thinking skills and attitudes towards mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 32(6), 811–816. <https://doi.org/10.1080/00207390110053784>
- Everett, M. C. (2015). Interdisciplinary studies: A site for bridging the skills divide. *The Journal of Effective Teaching*, 16(2), 20-31.
- Fitriyah, Y., Wahyudin, W., Suhendra, S., Nurhayati, H., y Febrianti, T. S. (2024). Open-ended approach for critical thinking skills in mathematics education: A meta-analysis. *EduMatSains : Jurnal Pendidikan, Matematika Dan Sains*, 9(1), 156–174. <https://doi.org/10.33541/edumatsains.v9i1.5975>.
- Fraguera, C. A., Rosas, C. P. (2022). *Formación docente y calidad educativa: Un modelo alternativo con especificaciones operativas para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas*. Gedisa.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos: conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa.
- Goos, M., Carreira, S., y Namukasa, I. K. (2023). Mathematics and interdisciplinary STEM education: Recent developments and future directions. *ZDM Mathematics Education* 55, 1199–1217. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01533-z>
- Gorev, P. M., y Masalimova, A. R. (2017). Development of meta-subject competencies of the 7-9 grades basic school students through the implementation of interdisciplinary mathematical courses. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3919-3933. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00764a>
- Gradini, E., Umar, A., Firmansyah, F., Effendi, Y., y Winardi, W. (2024). Fostering higher order thinking skills in mathematics learning: A scoping review of teacher development initiatives. *Unram Journal of Community Service*, 5(1), 9–14. <https://doi.org/10.29303/ujcs.v5i1.570>
- Hasan, A. (2024). Problem-based math learning strategies to improve students' problem-solving skills. *The Journal of Academic Science*, 1(1), 22–26. <https://doi.org/10.59613/rm65x686>
- Hastuti, K. P., Arisanty, D., Basuki, S., Dharmono, D., y Rachman, A. (2024). Developing Students' Critical Thinking Skills Through Differentiated Problem-Based Learning. *Pedagogika*, 155(3), 174–194. <https://doi.org/10.15823/p.2024.155.9>
- Hebebcı, M. T., y Usta, E. (2022). The effects of integrated STEM education practices on problem solving skills, scientific creativity, and critical thinking dispositions. *Participatory Educational Research*, 9(6), 358-379. <https://doi.org/10.17275/per.22.143.9.6>
- Ichsan, I., Mulyati, M., Duma, S. Y., y Nirfayanti, N. (2024). The effectiveness of mathematics learning with the STEAM approach in improving students' critical thinking skills. *Aksioma Education Journal*, 1(3), 1–16. <https://doi.org/10.62872/kdepgn33>
- Krademir, E. (2024). Examining the skill development of pre-service primary school teachers through interdisciplinary approach. *International Journal of Instruction*, 9(1), 169–182. <https://doi.org/10.29333/aje.2024.9112a>



- Kreijkes, P., y Greateorex, J. (2024). Differential effects of subject-based and integrated curriculum approaches on students' learning outcomes: A review of reviews. *Review of Education*, 12(e3465). <https://doi.org/10.1002/rev3.3465>
- Kurino, Y. D., Herman, T., Turmudi, T., Yonanda, D. A., y Haryanti, Y. D. (2024). Enhancing mathematical problem-solving skills through flipped classrooms and discovery learning: A resilience-based approach for elementary students. *Al-Ishlah*, 16(4), 5621–5630. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v16i4.6243>
- Kuznetsova, I. V., Burakova, G. Y., Troshina, T. L., & Gollai, A. V. (2022). Interdisciplinary integration in teaching mathematics as a means of forming pupils' mathematical literacy. *Vestnik of Kostroma State University. Series: Pedagogy. Psychology. Sociokinetics*, 28(3), 45–50. <https://doi.org/10.34216/2073-1426-2022-28-3-45-50>
- McCashin, L. Q., McFeeters, P. J., y Kim, M. (2022). Reasoning at the intersection of science and mathematics in elementary school: A systematic literature review. *Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, 26(3), 57–85. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1366255>
- Morin, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. UNESCO. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000117740\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000117740_spa)
- Mudrika, P. A., Syaifuddin, M., y Azmi, R. D. (2024). HOTS critical thinking and math problem-solving skills on Wordwall-assisted problem-based learning model. *European Journal of Education and Pedagogy*, 5(3), 44-50. <https://doi.org/10.24018/ejedu.2024.5.3.835>
- Mustafa, S., Ilmi, N., y Suliati, S. (2024). Innovative strategies in math education: The impact of PBL and TARL on concept mastery and classroom dynamics. *Jurnal Varidika*, 36(1), 50-63. <https://doi.org/10.23917/varidika.v36i1.5150>
- Nugraha, M. G., Kidman, G., y Tan, H. (2024). Interdisciplinary STEM education foundational concepts: Implementation for knowledge creation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(10), em2523. <https://doi.org/10.29333/ejmste/15471>
- Nurgabyl, D., Satkulov, B., y Kagazbayeva, A. (2023). Formation and development of mathematical literacy in the context of evaluative study tasks of PISA. *Journal on Mathematics Education*, 14(4), 701–722. <https://doi.org/10.22342/jme.v14i4.pp701-722>
- Nurhikmayati, I., Kusumah, Y. S., y Darhim, D. (2024). Mathematical critical thinking skills through STEM/STEAM approaches: A systematic literature review. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences*, 35, 145-160. <https://doi.org/10.55549/epess.810>
- OECD. (2019). *OECD Future of Education and Skills 2030: OECD Learning Compass 2030 – A series of concept notes*. OECD Publishing. [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/education-2040/1-1-learning-compass/OECD\\_Learning\\_Compass\\_2030\\_Concept\\_Note\\_Series.pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/education-2040/1-1-learning-compass/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf)
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What students know and can do*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Oliveira, O. M., Souza, K. C. O., & Paixão, L. L. da. (2021). A interdisciplinaridade no ensino de Matemática nas séries finais do Ensino Fundamental: uma perspectiva sob a visão do licenciando. *REMAT: Revista Eletrônica Da Matemática*, 7(2), e2005. <https://doi.org/10.35819/remat2021v7i2id4774>
- Perkins, D. N. (2009). *Making learning whole: How seven principles of teaching can transform education*. Jossey-Bass.
- Roberts, T., Maiorca, C., Jackson, C., y Mohr-Schroeder, M. J. (2022). Integrated STEM as problem-solving practices. *Investigations in Mathematics Learning*, 14(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/19477503.2021.2024721>

- Rogora, E., y Tortoriello, F. S. (2021). Interdisciplinarity for learning and teaching mathematics. *Bolema*, 35(70), 1086-1106. <https://doi.org/10.1590/1980-4415V35N70A25>
- Secretaría de Educación Pública (2022). *Anexo del Acuerdo número 14/08/22 por el que se establece el Plan de Estudio para la educación preescolar, primaria y secundaria. Diario Oficial de la Federación.* [http://www.dof.gob.mx/2022/SEP/ANEXO\\_DEL\\_ACUERDO\\_14\\_08\\_22.pdf](http://www.dof.gob.mx/2022/SEP/ANEXO_DEL_ACUERDO_14_08_22.pdf)
- Sultan, J., Suyanto, S., y Ibrahim, Z. S. (2023). Relationship between critical thinking and learning outcomes in science and mathematics subjects reviewed from meta-analysis. *JPPIPA (Jurnal Penelitian Pendidikan IPA)*, 9(8):493-498. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.3862>
- Tumangger, W. R., Khalil, I. A., y Prahmana, R. C. I. (2024). The impact of realistic mathematics education-based student worksheet for improving students' mathematical problem-solving skills. *IndoMath*, 7(2). <https://doi.org/10.30738/indomath.v7i2.122>
- Ulya, H. (2024). The meta-analysis of innovative mathematics learning toward the mathematics ability in various countries. *Al-Ishlah*, 16(4), 4899-4914. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v16i4.5854>
- Villa, J. C., Mendoza, R. M. (2020). Criterios para definir el carácter interdisciplinario de diseños curriculares universitarios. *INTER DISCIPLINA*, 8(20), 169-189. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2020.20.71977>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner y E. Souberman, Eds.). Harvard University Press.
- Wang, Q., y Abdullah, A. H. (2024). Enhancing students' critical thinking through mathematics in higher education: A systemic review. *SAGE Open*, 14(3). <https://doi.org/10.1177/21582440241275651>
- Wawan, W., Retnawati, H., y Setyaningrum, W. (2023). An Integrative Learning Model to Improve Problem-Solving and Creative Thinking Abilities, Collaboration, and Motivation. *Islamic Guidance and Counseling Journal*, 6(2). <https://doi.org/10.25217/0020236402400>
- Wiratman, A., Bungawati, B., y Rahmadani, E. (2023). Project-based learning integrated with science, technology, engineering, and mathematics (STEM) to the critical thinking skills of students in elementary school. *SITTAH: Journal of Primary Education*, 4(2), 167-180. <https://doi.org/10.30762/sittah.v4i2.1828>
- Yulianto, D., Umami, M. R., y Mony, R. S. (2024). Fostering critical thinking and self-efficacy in mathematics students. Exploring the impact of contextual learning and problem-based learning as well as direct instruction. *Union: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 12(1), 116-133. <https://doi.org/10.30738/union.v12i1.16900>

## CIENCIA, GÉNERO Y TÍTERES. PROPUESTA PARA LA FORMACIÓN INICIAL DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN PRIMARIA

## SCIENCE, GENDER AND PUPPETS. PROPOSAL FOR THE INITIAL TRAINING OF PRIMARY EDUCATION TEACHERS

## CIÊNCIA, GÊNERO E FANTOCHES. PROPOSTA DE FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DO ENSINO BÁSICO

Adrián Galfrascoli\* 

Galfrascoli, A. (2026). Ciencia, género y títeres. Propuesta para la formación inicial del profesorado de educación primaria. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(2), e-23065.  
<https://doi.org/10.14483/23464712.23065>

### Resumen

El artículo tiene como objetivo comunicar una experiencia pedagógica desarrollada en la formación de maestras y maestros en una institución de Educación Superior de Argentina. En la cátedra de Ciencias Naturales y su Didáctica I, identificamos que el estudiantado sostenía concepciones epistemológicas ingenuas a pesar de que ya habíamos propuesto lecturas clásicas para aproximarlos a la concepción sostenida por la nueva filosofía de la ciencia. Observamos que, en las representaciones de ciencia del colectivo de estudiantes, estaban casi ausentes las científicas y que el alumnado tenía escasos conocimientos del papel de las mujeres en la historia de producción de conocimientos científicos. Con el propósito de crear un espacio alternativo para la reflexión y el aprendizaje de tópicos metadisciplinarios, desarrollamos una secuencia de actividades que incluyó clases dialógicas, la producción de títeres y la elaboración de biografías de científicas. La sistematización de la experiencia arroja que la propuesta permitió a las y los futuros docentes revisar sus concepciones epistemológicas y ampliar su campo de reflexión a otros ámbitos socioculturales. Esta experiencia se inscribe en un proyecto de investigación-acción desarrollado por el autor de este trabajo.

**Palabras Clave:** Concepciones de ciencia. Género. Títeres. Formación del profesorado de educación primaria.

### Abstract

This paper aims to share a pedagogical experience developed in teacher training at a higher education institution in Argentina. In the Natural Sciences and its Didactics I course, we identified that students held naive epistemological conceptions, despite having already assigned classic readings to introduce them to the conception held by

---

\* Magíster en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Instituto Superior de Profesorado N° 4, Argentina, [adriang@trcnet.com.ar](mailto:adriang@trcnet.com.ar), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9979-4047>

the new philosophy of science. We observed that female scientists were almost entirely absent from the students' representations of science and that they had limited knowledge of the role of women in the history of scientific knowledge production. With the aim of creating an alternative space for reflection and learning about metadisciplinary topics, we developed a sequence of activities that included dialogic classes, puppet making, and the writing of biographies of female scientists. The systematization of the experience reveals that the proposal allowed future teachers to revise their epistemological conceptions and broaden their field of reflection to other sociocultural contexts. This experience is part of an action research project developed by the author of this work.

**Keywords:** Concepts of science. Gender. Puppets. Primary education teacher training.

### Resumo

Este artigo tem como objetivo compartilhar uma experiência pedagógica desenvolvida na formação de professores em uma instituição de ensino superior na Argentina. Na disciplina de Ciências Naturais e Didática I, identificamos que os alunos possuíam concepções epistemológicas ingênuas, apesar de já terem sido atribuídas leituras clássicas para introduzi-los à concepção da nova filosofia da ciência. Observamos que as cientistas mulheres estavam quase totalmente ausentes das representações da ciência feitas pelos alunos e que eles tinham conhecimento limitado sobre o papel das mulheres na história da produção do conhecimento científico. Com o objetivo de criar um espaço alternativo para reflexão e aprendizagem sobre temas metadisciplinares, desenvolvemos uma sequência de atividades que incluiu aulas dialógicas, confecção de fantoches e escrita de biografias de cientistas mulheres. A sistematização da experiência revela que a proposta permitiu que os futuros professores revisassem suas concepções epistemológicas e ampliassem seu campo de reflexão para outros contextos socioculturais. Esta experiência faz parte de um projeto de pesquisa-ação desenvolvido pela autora deste trabalho.

**Palavras-Chave:** Concepções de ciência. Gênero. Marionetas. Formação de professores do ensino primário.

## 1. Introducción

Este artículo tiene como propósito comunicar una experiencia que puso en relación tres dimensiones: ciencia, género y arte con títeres en la formación inicial de futuros docentes de un Instituto de Educación Superior de Argentina, con la intención de generar oportunidades para que las y los estudiantes puedan reflexionar sobre sus propias concepciones de ciencia y las que circulan más frecuentemente en la sociedad.

La serie de actividades propuesta, se desarrolló en el marco de un proyecto de investigación acción implementado en Didáctica de las Ciencias Naturales I (cátedra que se dicta en segundo año del Profesorado de Educación Primaria), que buscó explorar e identificar los principales inconvenientes que se presentan en la formación inicial de las y los alumnos de esta carrera incorporando sus propias voces e implementar acciones que les ayuden a superarlos satisfactoriamente.

Las reflexiones que intentamos compartir se vinculan con las problemáticas relacionadas con el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias naturales, específicamente, las concepciones implícitas sobre la ciencia, los prejuicios sociales hacia las mujeres y el desconocimiento del papel que han desempeñado en la historia de producción del conocimiento científico. Estos aspectos resultan relevantes puesto que a pesar de los avances que en materia de género se han dado en los últimos años, en la sociedad actual siguen manifestándose expresiones sexistas y en las instituciones educativas continúan reproduciéndose prácticas discriminatorias que impregnan el currículo oculto. Si el objeto de la educación es promover el desarrollo integral de todos los sujetos, resulta indispensable que los futuros maestros y maestras puedan reflexionar sobre las concepciones ingenuas que han construido en el transcurso de su vida y desarticular aquellas representaciones sociales o prejuicios que portan en torno a las capacidades de las niñas y las mujeres en relación con el conocimiento científico. Tengamos presente que las representaciones sociales que se difunden en los medios de comunicación y se manifiestan en los materiales curriculares influyen sobre las decisiones de la docencia y que las maestras y maestros son portadores de concepciones ingenuas sobre distintos aspectos de la vida escolar que pueden provocar (aunque inintencionalmente) discriminación para con las niñas.

En relación con esto queremos resaltar que “en cualquier intervención didáctica existe un conjunto de concepciones implícitas que forman parte del currículo oculto, entre las que se encuentra el modelo de ciencia del profesorado y el que se presenta en los libros de texto” (Álvarez et al., 2003, p. 19). Sabemos que las concepciones ingenuas suelen permanecer veladas a la conciencia y que también suelen ser resistentes al cambio por lo que las propuestas formativas deben redoblar el esfuerzo para ponerlas en evidencia y transformarlas. Sabemos, también, que los materiales curriculares no son neutrales, sino que constituyen dispositivos de reproducción ideológica, por lo que el desarrollo de habilidades que permitan su lectura crítica resulta singularmente relevante tanto en la formación docente como para las y los niños del nivel primario. En este sentido, con la experiencia que desarrollamos pretendimos poner en tensión “la aparente neutralidad del sistema educativo que sobrevalora la participación masculina en la historia de la ciencia e infravalora la femenina” (Solsona, 2012, p. 1).

Estamos convencidos de que los espacios de formación como el presente posibilitan a las y los estudiantes poner en tensión las representaciones ingenuas sobre la ciencia, favorecen una lectura más crítica del contexto y empoderan a las estudiantes aportándoles herramientas para posicionarse de manera más segura frente a las potenciales vulneraciones de sus derechos en los lugares donde se desenvuelven.

### ***Compromisos teóricos***

#### ***Sobre ciencia***

No caben dudas de que la ciencia y sus productos impregnan todos los ámbitos de las sociedades del siglo XXI, más aún, nuestra propia vida cotidiana no escapa a sus influjos. Desde los aspectos más insignificantes hasta los desarrollos científicos y tecnológicos más sofisticados se encuentran vinculados a ella (Guerci, 2018). Un simple ejercicio de imaginación que nos lleve a eliminar mágicamente los componentes científicos de nuestro mundo actual puede evidenciar el grado con que la ciencia y sus aplicaciones comprometen nuestra vida tal como la conocemos (Díaz y Heler, 1989). Por ello no resulta banal que el ciudadano común se pregunte por la naturaleza de la ciencia. Más aún, no resulta irrelevante esa pregunta en labios de un docente que enseña ciencia en la educación primaria.

El término ciencia no resulta sencillo de definir por al menos dos cuestiones: la primera es que se encuentra en la encrucijada de distintas corrientes de pensamiento que la han caracterizado de manera diferente, incluso opuesta y, la segunda, es que la ciencia tiene un largo pasado y “cada época histórica posee una concepción del saber basada en los criterios que ésta supone de lo que es conocimiento en sentido estricto” (Pardo, 2000, p. 38) por tal motivo se ha dicho que se trata de un concepto epocal. En

otras palabras “qué es la ciencia es una pregunta cuya respuesta varía históricamente, porque la comunidad científica de cada época -de acuerdo con las prácticas sociales y con el modo como esa comunidad comprender la realidad- forja un sentido determinado de ‘ciencia’” (Pardo, 2000, p. 43).

Se la ha entendido como una actividad racional productora de un tipo particular de conocimientos, pero también, como los productos elaborados por dicha actividad. Sin embargo, este primer acercamiento al concepto puede llevarnos a un equívoco: aceptar la idea de que existe un único tipo de racionalidad, la científica. Díaz y Heler (1989) plantean que por influencia positivista “la racionalidad científica se identifica con la racionalidad en general: es ‘racional’ sólo aquello que cumple con las características de la ciencia o con su metodología” (p. 12).

Reflexiones de este tipo exigen un análisis meticuloso que no suele ser desarrollado por el pensamiento cotidiano, ni siquiera por el pensamiento de los propios miembros de la comunidad científica. Se requiere un tipo de análisis que produzca conocimiento sobre el conocimiento, esto es, una reflexión de tipo epistemológica. La ciencia produce conocimientos sobre el mundo, pero la epistemología lo hace sobre el conocimiento producido. En palabras de Díaz (2007) “el científico produce teorías y prácticas científicas, el epistemólogo reflexiona sobre ellas. La epistemología construye conceptos sobre el conocimiento...” (p. 18). Se trata de un metasaber (saber sobre el saber), es decir, un saber de segundo orden (Amador, Ospina y Adúriz Bravo, 2018) que, junto a otras metadisciplinas como la historia o la sociología de la ciencia, se ocupa de problematizar las imágenes distorsionadas de la ciencia (Fraiman, 2020).

Simplificando al máximo las múltiples y heterogéneas escuelas epistemológicas podemos señalar que mientras la concepción tradicional de ciencia la plantea como una actividad racional, objetiva, neutra y ahistórica que produce verdades absolutas (explica cómo es y funciona el mundo) siguiendo rigurosamente los pasos de un único método científico, la concepción epistemológica actual la concibe como una actividad cognitiva, social, colectiva, no neutra, imbricada en un contexto histórico, que produce interpretaciones consensuadas sobre los fenómenos naturales (esto es, modelos que se aproximan a la realidad con cierto grado de similaridad).

No está de más subrayar que los docentes tenemos comprometidas nuestras propias ideas de y sobre la ciencia con algunas de las concepciones antes mencionadas. Y por ello, las diferentes creencias sobre ciencia permean en las decisiones didácticas que tomamos tanto al momento de planificar como en el desarrollo de nuestras clases. Así, un maestro que considere el conocimiento científico como un tipo de saber verdadero e incuestionable (porque ha sido comprobado empíricamente) adscribe a una idea de ciencia acumulativa; el conocimiento científico sería para este docente el resultado de la sumatoria de todos los descubrimientos que las generaciones de científicos han hecho a lo largo de la historia. Esta adscripción lo llevaría a diseñar e implementar propuestas de enseñanza basadas en la memorización y reproducción del saber científico en la escuela. En cambio, un docente que sostenga una posición más actual, sabría mostrar el papel relativo y provisional del conocimiento científico, vinculándolo al contexto de producción, a los intereses y valores sociales de la época en la que ese saber es producido.

En este sentido, afirmamos que, si “se enfatiza la presencia de un contexto social, cultural, histórico e institucional que determina o, al menos, condiciona la producción y legitimación del conocimiento científico, los atributos de objetividad y neutralidad que le asigna la visión clásica no resultan aceptables” (Massarini y Schnek, 2015, p. 33).

Las críticas que ponen el acento en los aspectos y las vinculaciones sociales, culturales, políticos y económicos de la ciencia se hacen más frecuentes hacia las últimas cuatro décadas del siglo pasado, a partir de los aportes de pensadores como Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Paul Feyerabend, Bruno Latour, entre otros. Estos aportes han contribuido a la construcción de una visión de ciencia más humana, más



cercana a los intereses y los valores histórico-sociales. Esto cobra importancia porque, como afirma Harding (1996), “en las culturas modernas, ni Dios ni la tradición gozan de la misma credibilidad que la racionalidad científica” (p.16).

Se afirma que los estudios sociales sobre ciencia han transformado nuestro pensamiento sobre la relación ciencia y sociedad; sin embargo, se nos advierte que dichos estudios no han considerado el rol del género (Fox Keller, 1991).

Dicho esto, debemos señalar también, que durante los últimos cincuenta años se han publicado numerosas e importantes críticas feministas a la ciencia (Matthews, 2017). Desde una posición contrahegemónica, “la epistemología feminista surge como una manera particular de construir conocimientos, especializada en contribuir a erradicar las desigualdades que marcan las relaciones de poder de los varones y las posiciones subordinadas de las mujeres” (Guil Bozal, 2016, p. 265).

Con fuerte compromiso político, las corrientes feministas han venido denunciando que “la perspectiva de la historia, de la literatura, de la ciencia, es únicamente masculina y lo es de tal manera que toma al hombre como medida y patrón de todas las cosas, incurriendo en lo que se ha denominado androcentrismo...” (Álvarez *et al.*, 2003, pp. 20-21).

En relación con esto, Evelyn Fox Keller (1991), plantea que a lo largo de la historia ha habido una asociación, siempre presente, entre lo masculino y lo científico que ha escapado a la crítica formal de la filosofía y la sociología de la ciencia. Entiende que el problema central a debatir no estriba en la escasa presencia de las mujeres en la ciencia sino en una creencia de fondo: que el pensamiento científico es pensamiento masculino. Afirma que “el hecho de que, incluso ahora, la población científica sea una población arrolladoramente masculina es en sí mismo una consecuencia más que una causa de la atribución de masculinidad al pensamiento científico” (Fox Keller, 1991, p. 84).

En palabras de Harling (1996) “la división del trabajo según el género, en la sociedad más amplia, y el simbolismo de género del que participa la ciencia son en la misma medida responsables de la escasa presencia de mujeres en el campo de la ciencia” (p. 48).

Los trabajos de Evelyn Fox Keller y Sandra Harling se inscriben en lo que se ha dado en llamar *epistemologías del punto de vista* junto con el de otras intelectuales feministas (Guil Bozal, 2016). Pero según Guil Bozal (2016), a pesar de una raíz común y sus interconexiones, estas epistemologías no son homogéneas.

Para cerrar este apartado debemos señalar que, dentro del programa de investigación feminista existen varias vertientes, la más relevante para nuestro trabajo es la rama práctica (Matthews, 2017), que es la corriente que “se ocupa de incrementar la participación de las mujeres en la ciencia escolar, universitaria e industrial y de la recuperación de científicas “perdidas” en los libros de texto y las historias de la ciencia” (Matthews, 2017, p. 266).

La experiencia que se narra en este trabajo comparte este último objetivo, ya que se propuso visibilizar el papel que las mujeres han desempeñado en la historia de la ciencia.

### **Sobre género**

Como venimos exponiendo, la relación entre ciencia, género y sociedad es compleja. A los estudios socioculturales que la abordan se suman las corrientes epistemológicas feministas cuyos aportes nos llevaron a comprender que “hemos organizado nuestros mundos social y natural en términos de significados de género, en cuyo contexto se han construido instituciones y significados raciales, de clase y culturales históricamente específicos” (Harding, 1996, p. 17).

Por ello, antes de avanzar conviene que especifiquemos (aunque sea brevemente) cómo entendemos aquí algunos términos. En principio diremos que sexo, sexualidad y género son conceptos relacionados pero diferentes. Cualquier individuo recién nacido viene al mundo con un determinado sexo. Así, el sexo es una categoría asociada a unos factores naturales: los genitales masculinos o femeninos (Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, 2007). Como en otras especies animales que se reproducen sexualmente los órganos genitales evolucionaron para garantizar la reproducción de la especie. Pero en el caso de Homo Sapiens, la explicación biológica “generalmente deja de lado que ese hecho se da en una relación sexual humana, donde se comparten emociones, sentimientos, valores, creencias, necesidades y demandas, formas de dar y recibir afecto...” (Ministerio de Educación de la Nación, 2010, p. 48).

Así sexo, genitalidad y sexualidad se relacionan, pero no debe suponerse que sexualidad y genitalidad son sinónimos. La Organización Mundial de la Salud define:

La sexualidad es un aspecto central del ser humano, presente a lo largo de su vida. Abarca al sexo, las identidades y los papeles de género, el erotismo, el placer, la intimidad, la reproducción y la orientación sexual. Se vivencia y se expresa a través de pensamientos, fantasías, deseos, creencias, actitudes, valores, conductas, prácticas, papeles y relaciones interpersonales. La sexualidad puede incluir todas estas dimensiones, no obstante, no todas ellas se vivencian o se expresan siempre. La sexualidad está influida por la interacción de factores biológicos, psicológicos, sociales, económicos, políticos, culturales, éticos, legales, históricos, religiosos y espirituales. (OMS, 2006)

Como vemos, la sexualidad resulta de la interacción de múltiples factores que incluyen lo biológico pero que lo exceden ampliamente. La sexualidad no se limita a la edad adulta, ni siquiera podemos decir que comienza con la pubertad. Por el contrario, “la sexualidad es parte integral de la vida de las personas (en sus diferentes etapas o edades, y en toda su diversidad)” (Sebastiani y Delaney para UNESCO, 2014, p. 3). Más aún, entendemos que “la sexualidad se vive y se expresa en todo lo que somos, sentimos, pensamos y hacemos, por ende, está ligada a nuestra identidad” (Frinco, 2018, p. 98).

Por otro lado, el género es una construcción sociocultural, no innata ni natural. Se afirma que “el género es una construcción social, cultural, política e histórica, relativa al conjunto de características que se asignan a las personas a partir de su sexo biológico” (Guil Bozal, 2016, pp. 264-265).

Se afirma que “lo masculino y lo femenino son categorías definidas por una cultura” (Fox Keller, 1991, p. 12). Más aún, la especialista afirma que “las mujeres, los hombres y la ciencia son creados, juntos, a partir de una dinámica compleja de fuerzas cognitivas, emocionales y sociales entrelazadas” (Fox Keller, 1991, p. 12).

Para Eleonor Faur (2008), referente en la temática, “el concepto de género se refiere a la construcción social y cultural que organiza nociones sobre aquello que sería “propio” de lo masculino y de lo femenino a partir de la diferencia sexual” (Faur, 2008, p. 23). Según esta especialista no referiría a la configuración identitaria de cada sujeto en relación con sus modos singulares de vivir la femineidad o la masculinidad, sino que “influye de forma crítica en la división sexual del trabajo, la distribución de los recursos y la definición de jerarquías entre hombres y mujeres en cada sociedad” (p. 23).

Esta última idea estaría haciendo alusión a lo que Harding (1996) denomina ‘estructura de género’, uno de los tres procesos que convergen en la producción de la vida social. Los otros dos son: el ‘género individual’ y ‘simbolismo de género’. Esta última categoría refiere al “resultado de asignar metáforas dualistas de género a diversas dicotomías percibidas que no suelen tener mucho que ver con las diferencias de sexo” (Harding, 1996, p. 17).

Según Heredero de Pedro (2019) en la configuración de la identidad de género confluyen dos ámbitos de influencia: uno cercano, donde los sujetos pueden interactuar fluidamente, y otro más amplio, la red

social en la que los individuos están insertos. Con este último se relaciona la categoría de “acción social histórica”. Para esta especialista, vinculada al género “hay una acción social histórica que mantiene dos categorías contrapuestas, la categoría “hombre” y la categoría “mujer”, entendidas como masculinidad y feminidad hegemónicas, que se transforman en función del tiempo, el espacio y el contexto cultural” (Herederó de Pedro, 2019, p. 74). Y agrega que “esa acción social histórica marca los límites de lo posible y lo deseable, pero las personas disponemos de la capacidad de generar, dependiendo de los contextos de interacción en que nos movemos, otras masculinidades y otras feminidades” (p. 74). Es decir que la identidad de género no es innata, se construye. Pero no se trata de una construcción personal que realiza el individuo a partir de las representaciones de los otros actores sociales, sino que habría una multiplicidad de factores (individuales y sociohistóricos) que convergen e influyen con distinto grado de intensidad.

Esta forma de analizar las relaciones entre diferentes géneros es de singular importancia puesto que, a lo largo de la historia, las diferencias de sexo han servido para crear desigualdades (Guil Bozal, 2016; Rodríguez Martínez, 2011). Las diferencias biológicas entre mujeres y varones “han servido de base para justificar históricamente la exclusión de las primeras de derechos y libertades, como el propio acceso a la educación avalado por la religión y por la ciencia” (Rodríguez Martínez, 2011, p. 13). En relación con ello, los trabajos que se centraron en reconstruir las biografías de las mujeres que se dedicaron a la ciencia confirman esta aseveración (Álvarez et al., 2003; Harding, 1996; Muñoz, 2017; Schiebinger, 2004).

En esa dirección, Cervantes Arriola (2026), afirma que los estudios de Ciencia, Tecnología y Género “han visibilizado cómo las relaciones de género patriarcales y androcéntricas han estructurado los campos científicos, al establecer las reglas sobre quiénes pueden producir conocimiento válido, así como las formas bajo las cuales los saberes pueden ser considerados legítimos” (2026, s. p.).

Así, la perspectiva de género nos permite visibilizar que cada grupo social atribuye determinados roles a varones y mujeres en base a sus diferencias biológicas, pero oculta con ello, desigualdades que tienen honda raíz cultural. En este sentido, no solo la ciencia, sino también la literatura, la política, la vida doméstica, la escuela, el deporte, el trabajo, son contextos en los que las desigualdades de género se expresan y se reproducen.

Los abordajes de género permiten poner en evidencia las desigualdades que se manifiestan entre hombres y mujeres en distintas instituciones, visibilizando los procesos históricos que han desencadenado ideas y prácticas discriminatorias hacia las mujeres y otras minorías. Los análisis de este tipo exponen “cómo los recursos de la sociedad se distribuyen inequitativamente entre los géneros; subraya el modo en que las instituciones jurídicas y sociales facilitan o no la equiparación de las voces de hombres y mujeres en la toma de decisiones” (Faur, 2008, p. 24).

### ***Sobre títeres***

A primera vista la relación entre arte y ciencia puede parecer incongruente, más aún si la idea que perseguimos es vincular los títeres a la Didáctica de las Ciencias. Sin embargo, distintos pensadores destacan sus relaciones desde hace décadas. Vale la pena transcribir unas palabras del semiólogo italiano Ugo Volli (1972, citado por Rodari, 1998, p. 186) con las que afirma que “trabajo científico y trabajo artístico tienen ambos como característica esencial la de proyectar, dar sentido, transformar la realidad: reducir objetos y hechos a significados sociales. Son semióticas de la realidad”.

El trabajo con títeres en propuestas didácticas ha sido incluido en numerosos trabajos, con distintas finalidades. Huangal Linares (2018) los ha incorporado para indagar sus potencialidades para desarrollar habilidades de expresión oral de niños de sala de cinco años. Chimbo y Esteves (2023), Moreira y Lezcay (2022), Mármol Maridueña (2019) y Pimentel (2018) los incorporan con la misma finalidad, también con niños de corta edad.

Muratori (2023), por su parte, explora las posibilidades didácticas que ofrecen los títeres en Educación Primaria. Y, el Profesor Franco Ortíz (2024), de quien tomamos la idea original de nuestro trabajo, viene desarrollando un blog donde comunica sus experiencias con el uso de títeres en relación con la historia de la ciencia, en Educación Secundaria (Ortíz, 2025).

Como puede apreciarse, hay mayor experiencia ganada sobre el uso de títeres con sujetos de corta edad y un poco menos con chicos mayores. Sin embargo, los títeres se encuentran casi ausentes en el nivel superior. Esta vacancia justifica estudios como el presente.

Así, la posibilidad de incorporar títeres a las clases de Didáctica de las Ciencias se nos presentó como un desafío interesante que combina dos tradiciones semióticas que a lo largo de la historia han tenido escasos puntos de contacto. Hay que señalar que el Diseño Curricular de la carrera incorpora en su caja curricular un espacio formativo opcional denominado Ciencia y arte que “pretende acercar una visión de la educación en ciencias que rompa con los estrechos límites disciplinares actuales, realzando las articulaciones con otras áreas del conocimiento” (Ministerio de Educación de Santa Fe, 2009, p. 108).

Esta incorporación se fundamenta en aportes del paradigma de la complejidad desarrollado por Morin (1990). Entendemos que, desde la perspectiva de la complejidad, ciencia y arte son dos esferas solidarias. Para Morin, “si tenemos sentido de la complejidad, tenemos sentido de la solidaridad. Más aún, tenemos sentido del carácter multidimensional de toda realidad” (1990, p. 100). El filósofo francófono acusa al pensamiento simplista que impregna la cultura occidental, de haber “separado la cultura que llamamos humanista, la de la literatura, la poesía, las artes, de la cultura científica” (Morin, 1990, p. 109). Desde el paradigma de la complejidad, en cambio, el Diseño (MESF, 2009), reivindica las relaciones entre ciencia y arte. Lo hace promoviendo prácticas formativas que habiliten “la construcción del conocimiento por múltiples vías”.

En esta misma línea de ideas, la propuesta de Gardner (2017), basada en las inteligencias múltiples, nos conduce a representar el conocimiento como una habitación a la que se puede acceder por -al menos- cinco vías diferentes pero complementarias: el camino lógico-cuantitativo, el acceso narrativo, el fundacional, el enfoque experimental o el estético. La experiencia desarrollada asigna una relevancia singular al acceso estético, ya que quienes la llevamos adelante estamos convencidos de que al ingresar al aula los títeres producen cierta conmoción activadora de los procesos de aprendizaje, desarrollan la creatividad, la imaginación, la expresión (Valle y Álvarez, 2019).

Según Oltra (2013), prácticamente no hay culturas y épocas históricas en las que los títeres no se encuentren presentes. Por las características y las posibilidades que brindan estos objetos artísticos, los títeres se muestran especialmente fértiles para trabajos interdisciplinarios. El especialista afirma que el títere “puede resultar un buen auxiliar en la enseñanza de cualquier materia del currículo” (2013, p. 277). Pero, advierte que son escasas las publicaciones de trabajos que incluyen títeres, tanto en la formación inicial, como en la formación continua del profesorado. Esta advertencia, lejos de desalentarnos, nos impulsa a implementar y sistematizar la experiencia desarrollada en la formación de futuros maestros y maestras.

## 2. Metodología

### 2.1. Contexto

La institución donde se desarrolló la experiencia es un Instituto de Formación Docente (IFD) ubicado en el norte de la provincia de Santa Fe (Argentina). Se trata de un establecimiento de Educación Superior con una matrícula que supera los dos mil estudiantes y una historia que surge hacia el año 1962. Su oferta educativa incluye tres tecnicaturas superiores y trece carreras de formación docente (Profesorados de

Administración, Biología, Ciencias de la Educación, Educación Física, Educación Inicial, Educación Primaria, Educación Tecnológica, Física, Geografía, Historia, Lengua y Literatura, Inglés y Matemática).

El Profesorado de Educación Primaria tiene una historia tan larga como la del Instituto. A lo largo de sus sesenta y cuatro años, la estructura curricular de la carrera fue sufriendo transformaciones que la adecuaron a los tiempos. En la actualidad, el plan de estudio comprende cuatro años de duración e incluye un trayecto formativo longitudinal integrado por: Ciencias Naturales para una Cultura Ciudadana (en primer año), Ciencias Naturales y su Didáctica I (en segundo), Ciencias Naturales y su Didáctica II (en tercer año) y Ateneo de Ciencias Naturales (en el último año).

Las y los aspirantes al Profesorado de Educación Primaria que se matriculan en esta institución provienen de una extensa región del norte de la provincia; sus edades van de los 18 a alrededor de los 40 años de edad. Los datos estadísticos con que contamos nos permiten afirmar que se trata de una carrera feminizada; solo cerca de un 10 % del total son estudiantes de sexo masculino. Se trata de una de las carreras más populosas de la institución: cuenta con tres divisiones de primer año, otras tres de segundo, dos divisiones de tercero y dos de cuarto año. El autor de este artículo es profesor titular de Ciencias Naturales y su Didáctica I (unidad curricular de cuatro horas cátedra semanales) en las tres secciones de segundo año.

La experiencia que presentamos se implementó en un lapso de cuatro semanas del primer cuatrimestre del año 2024, en las tres divisiones de segundo año. En total, participaron de ella 64 estudiantes matriculados por división como muestra la Figura 1.

**Figura 1**

*Cantidad de estudiantes participantes por división.*



La experiencia de investigación-acción que desarrollamos sigue las fases propuestas por Whitehead (1991, en Latorre, 2007). Como vemos en la Figura 2, el ciclo comienza al experimentar un problema y continúa con el diseño de una solución posible a él. A continuación, se implementa la estrategia superadora, se evalúan los resultados y se modifica la práctica a la luz de los mismos. Se trata de un ciclo que busca la mejora sucesiva de las prácticas de enseñanza.

**Figura 2**

Fases de la investigación-acción.



*Nota.* Adaptación del ciclo de la investigación-acción según Whitehead (1991, en Latorre 2007).

## 2.2. Situación disparadora, diseño e implementación de la propuesta superadora

A unas semanas de haber iniciado el primer cuatrimestre 2024, las y los estudiantes de segundo año ya habían participado de actividades que las y los aproximaban a las características de lo que se puede denominar concepción deformada de ciencia (Chade Vergara, 2014; Martín-García, 2021). Asimismo, se habían acercado a las ideas de algunos epistemólogos contemporáneos a través de la lectura de un texto de Niedo y Macedo (1998) que intenta desarticular las creencias ingenuas sobre ciencia (un tipo de conocimiento verdadero, probado por la experiencia, que se acumula a lo largo de los años).

Como parte del recorrido formativo propuesto por la cátedra, se les solicitó que buscaran en internet imágenes que representen a profesionales que se dediquen a la ciencia, en su lugar de trabajo. En un momento posterior, de socialización de las imágenes recopiladas, se pretendía generar un espacio de reflexión crítica sobre las características comunes de las representaciones y visibilizar los estereotipos (Bueno Moreno y Garrido Torres, 2013) que se reproducen y circulan en los medios de comunicación. En el intercambio de ideas que se produjo pudimos reconocer la persistencia de representaciones epistemológicas ingenuas en el alumnado. Esto es, a pesar del camino recorrido, las y los estudiantes no pudieron elaborar un pensamiento metacientífico acorde al nivel superior, ni desprenderse de sus ideas intuitivas sobre la ciencia.

Esta situación se plantea como una perturbación (Fase 1) que nos mueve a formular un proyecto de investigación acción en el que intentamos mejorar nuestras prácticas a partir de evaluar los resultados de una intervención innovadora. El conocimiento que generamos con este proyecto nos ayuda a tomar decisiones informadas a futuro. Optamos por la metodología de la investigación acción porque entendemos que “este tipo de investigación representa una alternativa viable para dar respuesta a los problemas cotidianos y acuciantes que experimentan los docentes en el ejercicio de su tarea, con el fin de producir mejoras en sus prácticas educativas” (Cabrera Morgan, 2017, p. 143).

Así, en la segunda fase (ver Figura 2) diseñamos una serie de actividades articuladas que implicaron:



- La lectura de fragmentos seleccionados de *Las científicas y su historia en el aula* (Álvarez et al., 2003), *El retorno de las brujas* (Blazquez Graf, 2011), *Ciencia y feminismo* (Harding, 1996), *Impacto de las Mujeres en la Ciencia* (Pessina et al., 2019) y *Sabias. La cara oculta de la ciencia* (Muñoz, 2017).
- Instancias de intercambio de ideas, discusiones y construcción de argumentos en torno a la situación de las mujeres en el campo científico en el pasado y en el presente.
- Un trabajo práctico de búsqueda de información, reelaboración y comunicación escrita que presente la biografía de una científica de renombre.
- La producción de títeres intentando representar (corporalizar) a la científica escogida, posibilitando el acceso a otro universo simbólico y combinando lenguajes diferentes (ver Figura 3).
- La comunicación oral en instancias dialógicas entre estudiantes y docente.

**Figura 3**

*Proceso de elaboración de títeres por parte de los grupos de estudiantes.*



La tarea se propuso como proyecto grupal teórico-práctico que articuló actividades presenciales y domiciliarias coordinadas por el docente de la cátedra. De este modo se puso en marcha la tercera fase del ciclo de investigación-acción.

Los grupos se conformaron de manera espontánea y cada uno de ellos pudo elegir libremente la especialista sobre la que haría el trabajo. La Tabla 1 presenta el resultado de la elección.

**Tabla 1**

*Mujeres científicas que eligieron los grupos.*

| Científica seleccionada | División |   |   |
|-------------------------|----------|---|---|
|                         | A        | B | C |
| Ada Lovelace            |          |   | X |
| Bibiana Vilá            |          | X |   |
| Donna Strickland        | X        |   |   |
| Katherine Johnson       | X        | X |   |
| Lise Meitner            |          | X |   |
| Margarita Salas         |          | X | X |

|                                     |   |   |   |
|-------------------------------------|---|---|---|
| María Salomea Skłodowska (M. Curie) | X |   | X |
| Marie-Anne Pierrette Paulze         |   |   | X |
| Mary Anderson                       | X |   |   |
| Rosalind Franklin                   |   | X | X |
| Sara Bartfeld de Rietti             |   | X |   |
| Sophie Germain                      | X |   |   |
| Tu Youyou                           |   | X |   |
| Valeria Edelsztejn                  | X |   |   |
| Virginia Apgar                      | X | X | X |

### 2.3. Proceso de evaluación

La cuarta fase del ciclo de investigación-acción (ver Figura 2) involucra actividades de evaluación. Reconocemos que la evaluación es una práctica compleja cargada de valoraciones, por lo tanto, no se la concibe como proceso neutral y objetivo. Lo que suele ocurrir es que se la asimila al proceso de examinar a las y los estudiantes para calificarlas/os (Trillo, 2012). En nuestro caso, evaluamos diferentes aspectos, no sólo el desempeño del estudiantado. Recuperando sus voces, por ejemplo, recogimos información de gran valor sobre las actividades que les hemos propuesto y pudimos identificar en qué aspectos necesitan mejor o más frecuente acompañamiento docente.

En la evaluación de la experiencia combinamos diferentes técnicas e instrumentos. En este artículo nos centraremos en la información que arrojó un formulario digital de auto aplicación que respondieron 57 estudiantes, en el que pudieron expresar su particular mirada. Cabe aclarar que las y los participantes respondieron este formulario una vez que el trabajo ya había sido aprobado y cada grupo recibiera su calificación. El instrumento empleado consta de doce preguntas abiertas (o con justificación) que indagan sobre distintos aspectos relacionados con las actividades que les hemos propuesto: la búsqueda de información, la producción escrita, la elaboración del títere y la exposición oral. El tratamiento de las respuestas se hizo siguiendo la metodología del análisis de contenidos propuesta por (Bardin, 1996).

La información recogida nos permitió conocer los obstáculos que se le presentaron a las y los estudiantes durante el desarrollo del trabajo y tomar decisiones que permitieron reorientar el acompañamiento docente que brindamos. Asimismo, el formulario arrojó información sobre nuevos aprendizajes alcanzados por el grupo.

Por una cuestión de espacio, en este artículo no nos detendremos en todos los aspectos recuperados. En cambio, expondremos los resultados que arrojó la pregunta número 10 del cuestionario que indagaba: ¿te permitió reflexionar sobre la discriminación que sufren las mujeres en otros ámbitos de la cultura o de la sociedad? y solicitaba una justificación. En el próximo apartado presentamos el análisis que hemos hecho sobre dichas justificaciones.

### 3. Resultados parciales y reflexiones sobre la experiencia

Como se ha anticipado previamente, hemos podido sistematizar las opiniones de 57 estudiantes de un total de 64 que participaron de la experiencia y completaron el formulario voluntariamente.

Cinco de ellos, esto es, un 8,77% de los respondientes, han manifestado que la propuesta de la cátedra les permitió conocer sobre la discriminación que experimentan las mujeres en el campo científico - fenómeno que alumnos denominan efecto Matilda (Saborit, Morales, Macola y Vera, 2022)- pero no les posibilitó reflexionar sobre la discriminación en otros ámbitos de la cultura o de la sociedad.

El resto del estudiantado (91,22%) afirma que el trabajo propuesto promovió la reflexión sobre la discriminación en diferentes campos de la vida cotidiana. Diez de los 52 estudiantes de este subgrupo no justificaron su afirmación. Sin embargo, las respuestas que dieron los demás respondientes (los que representan el 73,70 %) nos permitieron construir ocho categorías sobre los ámbitos extra científicos a los que aluden los futuros maestros y maestras (Tabla 2).

Hay que señalar que las y los estudiantes no se limitaron a explicitar sólo un contexto de discriminación. Algunos de ellos mencionaron más de una situación o ámbito donde reconocen arbitrariedades atribuibles al género. La Tabla 2 resume la cantidad de veces que emerge cada uno de los ocho ámbitos reconocidos y el porcentaje de estudiantes que lo menciona.

**Tabla 2**

*Ámbitos donde se produce discriminación contra las mujeres*

| <b>Categoría</b> | <b>Frecuencia</b> | <b>Porcentaje</b> |
|------------------|-------------------|-------------------|
| Ámbito religioso | 1                 | 1,75 %            |
| Ámbito cultural  | 2                 | 3,50 %            |
| Ámbito deportivo | 5                 | 8,77 %            |
| Ámbito familiar  | 6                 | 10,50 %           |
| Ámbito político  | 7                 | 12,28 %           |
| Ámbito social    | 7                 | 12,28 %           |
| Ámbito laboral   | 24                | 42,10 %           |
| Ámbito educativo | 10                | 17,55 %           |

Se observa que las y los participantes de este proyecto pudieron reconocer que existe discriminación contra la mujer en el ámbito cultural (3,50 %), en el ámbito familiar (10,50 %), en el ámbito religioso (1,75 %), en el ámbito político (12,28 %), en el ámbito social (12,28 %), en el ámbito educativo (17,55 %), en el ámbito deportivo (8,77 %), en el ámbito laboral (42,10 %).

Como puede apreciarse un porcentaje significativo de estudiantes (42,10 %) reconoce que las mujeres sufren discriminación en el ámbito laboral. Han señalado, además, que algunos sectores del empleo suelen poner mayores reparos a la incorporación de las mujeres a puestos de trabajo. Enumeraron, por ejemplo, el sector de la construcción (mujeres albañiles), el transporte de personas (remiserías), el transporte de carga (conductoras de camiones), entre otras.

En relación con el ámbito laboral las y los futuros docentes no sólo advirtieron que las mujeres deben enfrentar ciertos obstáculos para acceder a determinados puestos de trabajo, sino que, han notado (17,55 % de ellos) que, para el mismo puesto de trabajo o tarea, las mujeres suelen recibir menor remuneración en relación con el sueldo que perciben los hombres.

Una de las alumnas aporta con su testimonio un ejemplo clarificador de cómo las representaciones sociales sobre las competencias, habilidades o conocimientos de distintos profesionales (en este caso profesionales de la salud o del campo de la educación) se encuentran atravesadas por cuestiones de género.

**Alumna 21:** Debido a este trabajo pude pensar más en profundo sobre que en cualquier ámbito, ya sea educativo o profesional, las mujeres siempre están consideradas por debajo del hombre. Por ejemplo, en un hospital se tiene en más estima a un médico que a una médica, solo por ser hombre tiene más "importancia"; lo mismo pasa con los profesores y las profesoras, o en cualquier empresa, siempre se ve a un hombre ocupando el puesto de gerente nunca una mujer.

Las palabras de la estudiante visibilizan prácticas machistas; la manera en que la sociedad valora más a varones que a mujeres en determinadas profesiones en base a las representaciones construidas a partir

de las diferencias de sexo. Aún hoy, en contextos como el nuestro, suele atribuírsele más autoridad a médicos hombres que a médicas mujeres; a profesores varones que a profesoras. Y ese trato diferencial no obedecería a mejores credenciales académicas o a la experiencia sino a la condición de varón.

Lo que la Alumna 21 manifiesta ilustra los hallazgos que han hecho Álvarez et al., (2003) en contexto español: aun cuando las mujeres tienen mejores rendimientos académicos que los alumnos varones, ese capital cultural superior no se traduce a nivel social.

Por otro lado, queremos destacar que este trabajo motivó a algunas estudiantes a expresar episodios de su vida personal en los que han experimentado la discriminación en primera persona. En los siguientes testimonios reconocemos cómo estas estudiantes han podido relacionar los aportes teóricos que brinda la cátedra con su propia historia de vida:

**Alumna 32:** Se sufre mucho el aspecto de la discriminación por parte de los hombres, incluso lo padecí en el ambiente laboral y mucho más por ser madre y ni hablar madre soltera.

**Alumna 20:** (...) También, al tratar de conseguir trabajo en nuestra sociedad, en lo personal cuando me llamaron de YPF lo primero que les importó era saber si tenía pareja o hijos... y en muchos casos siempre prefieren a los hombres.

Testimonios como estos tienen gran relevancia para nosotros porque corroboran que con las actividades propuestas se abren posibilidades para que las y los alumnos hagan una lectura crítica del mundo (Freire, 2010). En otras palabras, a través de la experiencia que les propusimos pudieron establecer relaciones entre sus saberes cotidianos y los que les propone la institución formadora para volver sobre aquellos y reelaborarlos, enriquecerlos.

En vinculación con esto, otra de las participantes pudo manifestar que reconoce prácticas discriminatorias en su propio hogar.

**Alumna 24:** La discriminación hacia las mujeres se encuentra en casi todos los ámbitos ya sea en menor medida o mayor, pero siempre está presente. Como pueden ser en los trabajos que piden exclusivamente "hombres", o básicamente en la casa de uno mismo sufre ciertas situaciones que discriminan a la mujer, siempre la asocian con las tareas del hogar o el cuidado de los hijos, por ejemplo.

Esta alumna forma parte del 10,50 % de los que pudieron reconocer que la relegación de la mujer al ámbito doméstico responsabilizándola de manera exclusiva del cuidado de los hijos y de las tareas del hogar constituye una actitud discriminatoria. Actitudes machistas como las mencionadas no reconocen barreras sociales; se expresan en familias de distinto poder adquisitivo. Y, puesto que los miembros de una familia son parte del grupo social más amplio, en el seno familiar pueden manifestarse actitudes, prácticas, creencias y representaciones de la sociedad toda. Así lo advierte un 12,28 % de las y los futuros maestros de nuestro estudio; estos participantes reconocen que en el ámbito social se pueden identificar prejuicios y discriminación hacia las mujeres.

Un porcentaje igual de estudiantes (12,28 %) ha expresado que las mujeres son discriminadas también en el ámbito político. El testimonio de una alumna lo expresa de la siguiente manera:

**Alumna 21:** En el ámbito político también hay muy pocas mujeres que llegan a un puesto alto. Las mujeres quedamos como las segundas, las que acompañan al otro que tiene un puesto más importante. Nos desvalorizan por ser mujer.

Ciertamente, hasta no hace mucho tiempo en nuestro país, las mujeres tenían poca presencia en el ámbito político. Salvo excepciones, las listas para ocupar cargos electivos democráticamente estaban conformadas mayoritariamente por hombres. Esta situación comenzó a modificarse en los últimos años a partir de la sanción de la Ley de Paridad de Género en Ámbitos de Representación Política (Ley N° 27.412,

del 2017). Esta norma obliga a los partidos políticos a intercalar mujeres y varones en las listas de candidatos a cargos electivos para Cámara de Senadores y de Diputados de la nación. La Alumna 54 de nuestro estudio ha notado los cambios que se fueron produciendo en relación con este tema:

**Alumna 54:** En la política, por ejemplo. Antes no había ninguna mujer sentada en la banca o las listas... y hoy en día tenemos gran parte mayoría de mujeres.

La discriminación hacia las mujeres ha sido identificada también en otras esferas de la vida social. Resulta significativo que un grupo de estudiantes, aunque pequeño (8,77 %) haya señalado el deporte como un ámbito de discriminación hacia las mujeres. Este trabajo se venía implementando casi en simultaneidad con los juegos olímpicos de Francia 2024 y, durante los mismos, se desencadenó una fuerte controversia en relación con la participación de la boxeadora argelina Imane Khelif que venció a la pugilista italiana Angela Carini, en la categoría de hasta 66 kilos. El Comité Olímpico Internacional defendió a Khelif que había sido descalificada en torneos de box el año anterior debido a sus “elevados niveles de testosterona” (Fuente: Infobae, 01 de agosto de 2024).

En relación con este hecho, una de las alumnas de este estudio manifestó lo siguiente:

**Alumna 20:** Justamente durante la elaboración del trabajo nos saltó un video de la boxeadora "Locomotora Castro" donde a pesar de tantos títulos ganados nunca fue bien pagada como boxeadores varones.

Por otro lado, las instancias de lecturas y la interacción dialógica habilitaron la reflexión sobre la discriminación sufrida por las mujeres en el campo educativo a lo largo de la historia. Así, un 17,55 % de los estudiantes reconoce que hay discriminación en el ámbito educativo. Todos ellos refieren a la formación superior, recuperando de la historia, los problemas de acceso o trabas que las mujeres debieron superar para acceder a carreras universitarias. Aparentemente, consideran superados los problemas de la misma índole en escuelas primarias o secundarias. Este aspecto sería un tema a considerar en caso de replicar la experiencia en años sucesivos.

Como hemos intentado demostrar en este apartado, la experiencia que hemos implementado con estudiantes de segundo año de la carrera de Educación Primaria, les permitió profundizar sus conocimientos sobre aspectos que atraviesan la actividad científica. Pero, además, la propuesta de trabajo les permitió ampliar el campo de análisis y hacer una lectura crítica del contexto cotidiano en el que el grupo vive y se desarrolla. Intentamos demostrar que las actividades que ofrecimos dentro del itinerario formativo de Ciencias Naturales y su Didáctica han empoderado a las futuras maestras y fortalecido el pensamiento crítico de un número importante de las y los participantes.

#### 4. Conclusiones

Este trabajo ha sido útil para que los futuros maestros y maestras de primaria puedan reflexionar sobre el sexismo que atraviesa la ciencia identificando problemáticas de género que van más allá de la actividad profesional de construir conocimientos científicos. Ha permitido, además, contribuir a la revisión crítica de las concepciones epistemológicas ingenuas, incorporando la perspectiva de género como una dimensión importante del contexto sociocultural donde se desarrolla la actividad científica. Entendemos que “el sexismo es, pues, un problema de desigualdad asentado en prejuicios sociales, pero también individuales, por lo que la actitud individual y grupal del profesorado es decisiva en el cambio de la situación descrita” (Álvarez *et al.*, 2003, p. 21). En este sentido, son relevantes opiniones como la de la Alumna 52, que responde a nuestra pregunta de la siguiente manera:

**Alumna 52:** Sí, que como alumnos y futuros docentes, debemos romper con los estereotipos y diferencias entre mujeres y varones, ya que cualquier género puede realizar lo que se proponga.

El objetivo de este artículo es socializar una experiencia desarrollada en el Profesorado de Educación Primaria de un Instituto de Formación Docente de Argentina, en el marco de un proyecto de investigación-acción que buscó indagar cuáles son las principales dificultades que se presentan en las trayectorias formativas de los futuros maestros.

La secuencia de actividades que les propusimos tuvo el propósito de generar situaciones que potencien la reflexión personal y colectiva y el desarrollo del juicio crítico sobre los estereotipos de género que atraviesa la producción de conocimientos científicos y que se manifiestan en otras esferas de la vida humana. Especialmente se buscó enriquecer las experiencias formativas de las y los futuros maestros incorporando la perspectiva de género.

Por otro lado, la experiencia demuestra que los títeres, en relación con las otras actividades de la secuencia, constituyen un recurso valioso para acercarse a esta temática y promover la creatividad y la expresión del alumnado. Sin embargo, reconocemos que no hemos aprovechado su potencial. Y queda en agenda para futuras intervenciones incluir el teatro de títeres para analizar de qué manera emergen las problemáticas de género en el diálogo que puedan establecer los personajes de la obra.

La experiencia ha puesto en evidencia que el arte es una valiosa forma de construir significados sobre ciencia y género; que ciencia y arte, a pesar de sus diferencias, no son sistemas semióticos incompatibles, sino, por el contrario, se complementan mutuamente y posibilitan abordajes más complejos a la realidad.

Finalmente, sentimos que debemos expresar que, trabajos de investigación y sistematización de experiencias pedagógicas como las que exponemos en este artículo requieren tiempo y dedicación. Tiempo y esfuerzo que los docentes argentinos del Nivel Superior invertimos más allá de nuestras horas de trabajo frente a los alumnos. Manifestamos que es necesario que el Estado nos acompañe no solo reconociendo nuestro trabajo y valorándolo simbólicamente sino haciendo mayores inversiones y sosteniéndolo económicamente. Esto es indispensable para mejorar la calidad de la formación docente inicial sin sobrecargar la labor de las y los docentes que la sostenemos cotidianamente.

## **5. Agradecimientos**

Queremos expresar nuestra gratitud a CreArte Litoral 2025, de la Universidad Nacional del Litoral, que ha hecho aportes para que la experiencia aquí presentada se pueda replicar durante el año 2026.

## **6. Declaración de fuentes de financiación**

La experiencia objeto de este artículo *no recibió apoyo financiero de ninguna institución ni agencia de financiación*.

## **7. Declaración de uso de inteligencia artificial**

No se han empleado herramientas de inteligencia artificial en este artículo.

## **8. Declaración de conflicto de intereses**

El autor declara que no existe ningún conflicto de intereses relacionado con la publicación de este artículo.

## **9. Referencias**

- Álvarez, M., Nuño, T. y Solsona, N. (2003). *Las científicas y su historia en el aula*. Síntesis.
- Amador, R. Y., Ospina, N., Adúriz Bravo, A. (2018). Representaciones de naturaleza de la ciencia en libros de texto de química: indagando por los tópicos epistemológicos de Representación y Lenguajes. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 12(24), 116-123. <http://dx.doi.org/10.31908/19098367.3821>



- Bardin, L. (1996). *Análisis de contenido*. Akal.
- Blazquez Graf, N. (2011). El retorno de las brujas: incorporación, aportaciones y críticas de las mujeres a la ciencia. UNAM, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades.
- Bueno Moreno, M. R. y Garrido Torres, M. Á. (2013). "Estereotipos, prejuicios y discriminación". En Marín, M., Grau, R. y Yubero, S. (comp.), *Procesos psicosociales en los contextos educativos*, (pp. 97-105). Pirámide.
- Cervantes Arriola, A. C. (2026). Los estudios de género y la transformación de las ciencias. *Gaceta UNAM*.  
<https://www.gaceta.unam.mx/los-estudios-de-genero-y-la-transformacion-de-las-ciencias/>
- Cabrera Morgan, L. (2017). La investigación-acción: una propuesta para la formación y titulación en las carreras de Educación Inicial y Primaria de una institución de educación superior privada de Lima. *Educación*, 27(51), 137-157.  
<https://doi.org/10.18800/educacion.201702.007>
- Chade Vergara, P. O. (2014). Superación de las visiones deformadas de las ciencias a partir de la incorporación de la historia de la física a su enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1), 34-53.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/230898401.pdf>
- Chimbo, N. I. y Esteves, Z. I. (2023). Los Títeres como estrategia didáctica para el desarrollo del lenguaje oral en Educación Inicial. *Cienciamatria*. Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología, 9(1). Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM). DOI 10.35381/cm.v9i1.1072
- Díaz, E. (2007). *Entre la tecnociencia y el deseo. La construcción de una epistemología ampliada*. Biblos.
- Díaz, E y Heler, M. (1989). *El conocimiento científico*. Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Faur, E. (2008). *Desafíos para la igualdad de género en la Argentina*. Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Fox Keller, E. (1991). *Reflexiones sobre género y ciencia*. Valencia: Edicions Alfons el Magnanim.
- Fraiman, J. A. (2020). Reflexiones metacientíficas acerca de la enseñanza de la ciencia. Posibles aportes desde la perspectiva comunicativa de Jürgen Habermas. *Revista Papeles*, 12(24), 27-45.
- Freire, P. (2010). *Cartas a quien pretende enseñar*. Siglo XXI.
- Frinco, V. L. (2018). Sexualidad, género y educación sexual. *Extramuros: revista de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación*, N°. 17, 97-107.
- Gardner, H. (2017). *La mente no escolarizada*. EspaPDF. Editor digital: diegoan.
- Guerci, V. (2018). Las mujeres en la Historia de la Ciencia y su ingreso en el aula de Matemática. *Saber y Tiempo*, 1(2). Universidad Nacional de San Martín.  
<http://revistasacademicas.unsam.edu.ar/index.php/syt/article/view/305/288>
- Guil Bozal, A. (2016). Género y construcción científica del conocimiento. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, 18(27), 263-288. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86948470013>
- Harding, S. (1996). *Ciencia y feminismo*. Morata.
- Heredero de Pedro, C. (2019). *Género y coeducación*. Morata.
- Huangal Linares, E. A. (2018). Los títeres como recurso educativo para desarrollar la expresión oral en los estudiantes de 5 años de la I.E.I N° 124, Nueva Esperanza, San Ignacio. [Tesis de licenciatura]. Universidad de Cajamarca.  
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/2460>
- Latorre, A. (2007). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Graó.

- Mármol Maridueña, R. A. (2019). Teatro de títeres como estrategia para potenciar la atención de niños de 5 años de la Escuela de Educación Básica Isabel Herrera de Velázquez. *Conrado*, 15(70), 370-375.  
<http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v15n70/1990-8644-rc-15-70-370.pdf>
- Martín-García, J. (2021). Nada es lo que parece: una reflexión sobre las visiones deformadas de la ciencia. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (50), 257-273. <https://doi.org/10.17227/ted.num50-9996>
- Massarini, A. y Schneck, A. (coords.) (2015). *Ciencia entre todxs. Tecnociencia en contexto social. Una propuesta de enseñanza*. Paidós.
- Matthews, M. (2017). *La enseñanza de la ciencia. Un enfoque desde la historia y de la filosofía de la ciencia*. Fondo de Cultura Económica.
- Ministerio de Educación de Santa Fe (2009). *Profesorado de Educación Primaria. Diseño Curricular para la Formación Docente*. Argentina: Ministerio de Educación de Santa Fe.
- Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación (2007). *Educación integral de la sexualidad. Aportes para su abordaje en la escuela secundaria*. Argentina: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación.
- Ministerio de Educación de la Nación (2010). *Educación Sexual Integral para la Educación Secundaria: contenidos y propuestas para el aula*. Argentina: Ministerio de Educación de la Nación.
- Moreira, L. S. y Lezcay, C. D. M. (2022). Estrategia didáctica con el uso de títeres para el desarrollo del lenguaje oral en niños de 4 a 5 años. *Varona*, núm. 75. Universidad Pedagógica Enrique José Varona.
- Morin, E. (1990). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa.
- Muñoz Páez, A. (2017). *Sabias. La cara oculta de la ciencia*. Enguin Random House Grupo Editorial, S. A. U.
- Muratori, M. (2023). *El arte del títere como herramienta en educación primaria*. [Tesis Doctoral]. Universidad Complutense de Madrid. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/87503>
- Nieda, J. y Macedo, B. (1998). *Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años*. México: Biblioteca del Normalista. SEP-Cooperación Española.
- Oltra, M. A. (2013). Los títeres: una herramienta para la escuela del siglo XXI. *Revista Española de Pedagogía*, (255), 277-292.
- Ortíz, F. (2024). Empleo de títeres en la enseñanza de las Ciencias Naturales (tercera parte). *El Blog del Profe Franco. Blog dedicado a las Ciencias de la Naturaleza y a los temas de interés general*.  
<https://elblogdelprofe franco.blogspot.com/>
- Ortíz, F. (2025). La enseñanza de la historia de las ciencias naturales por medio del empleo de títeres en la escuela secundaria. *Revista Latinoamericana de Educación Científica Crítica y Emancipadora*, 4(2), 193-199. DOI: <https://doi.org/10.5281/29545536.4623>
- Pardo, R. (2000). "Verdad e historicidad. El conocimiento científico y sus fracturas". En, Díaz, E. (Ed.), *La Posciencia. El conocimiento científico en las postrimerías de la modernidad*, (pp. 37-62). Biblos.
- Pessina, M. M. (Coord.), (2019). *Impacto de las Mujeres en la Ciencia*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Pimentel, E. (2018). *El uso de los títeres como recurso metodológico para desarrollar la expresión oral*. [Tesis de segunda especialización]. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Rodari, G. (1998). *Gramática de la fantasía*. Colihue.
- Rodríguez Martínez, C. (2011). *Género y Cultura Escolar*. Morata.

- Saborit, A., Morales, M., Macola, D. de la C. y Vera L. (2022). El sexismo en la historia de las ciencias: efecto Matilda. *Revista Médica Electrónica*, 44(4), 758-768. <http://scielo.sld.cu/pdf/rme/v44n4/1684-1824-rme-44-04-758.pdf>
- Schiebinger, L. (2004). *¿Tiene sexo la mente? Las mujeres en los orígenes de la ciencia moderna*. Ediciones Cátedra.
- Sebastiani, A. y Delaney, G. (2014). *Educación Integral de la Sexualidad: Conceptos, Enfoques y Competencias*. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe (OREALC/UNESCO Santiago).
- Solsona Pairó, N. (2012). Marie Curie y algunas categorías de análisis de las biografías científicas. *Memorias del IX Congreso Iberoamericano Ciencia, Tecnología y Género. Sevilla*, del 31 de enero al 3 de febrero de 2012.
- Trillo, F. (2012). "La enseñanza: eso sí que es un lío". En Sanjurjo, L. y Trillo, F., *Didáctica para profesores de a pie: propuestas para comprender y mejorar la práctica*, (pp. 57-70). Homo Sapiens.
- Valle, L., y Álvarez, E. (2019). "El títere como recurso interdisciplinar. Educación ambiental, matemáticas y ciencias". En Ramírez Paredes, K. G. (Coord.), *Recursos educativos para el aula del siglo XXI*, (pp. 86-94). Eindhoven, NL: Adaya Press.

## INVESTIGAR É PRECISO: PROCESSOS FORMATIVOS QUE PERMEIAM A PRÁTICA AUTORREFLEXIVA DA INVESTIGAÇÃO-FORMAÇÃO-AÇÃO EM CIÊNCIAS PARA LICENCIANDOS DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

### THE NEED TO INVESTIGATE: FORMATIVE PROCESSES UNDERLYING THE SELF-REFLECTIVE PRACTICE OF INVESTIGATION-FORMATION-ACTION IN SCIENCE FOR BIOLOGICAL SCIENCES PRE-SERVICE TEACHERS

### LA NECESIDAD DE INVESTIGAR: PROCESOS FORMATIVOS SUBYACENTES A LA PRÁCTICA AUTORREFLEXIVA DE INVESTIGACIÓN-FORMACIÓN-ACCIÓN EN CIENCIAS PARA FUTUROS DOCENTES DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Julia Carla Marin Carpenedo\*, Roque Ismael da Costa Güllich\*\*

Marin Carpenedo J, Güllich R. (2026). Investigar é preciso: processos formativos que permeiam a prática autorreflexiva da investigação-formação-ação em ciências para licenciandos de ciências biológicas. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(2), e-23900. <https://doi.org/10.14483/23464712.23900>

#### Resumo

Este estudo se caracteriza por ser uma Investigação-Formação-Ação em Ciências (IFAEC), com abordagem qualitativa e que tomou como referência a abordagem documental a qual analisa a prática autorreflexiva dos licenciandos de Ciências Biológicas durante o desenvolvimento do Estágio Curricular Supervisionado: Ciências no Ensino Fundamental. Para tanto, foram lidas as narrativas reflexivas sobre às aulas e conclusões dos licenciandos a fim de verificar os processos formativos que a reflexão da própria prática desenvolve. Os resultados obtidos foram organizados por meio de análise temática de conteúdos, por meio de três categorias: elementos constitutivos da formação em Ciências que emergiram das escritas reflexivas; elementos constitutivos da receita de um bom professor e a compreensão do potencial formativo da Investigação-Formação-Ação no ensino de Ciências. Quanto aos elementos constituintes da formação tiveram destaque: a realidade dos alunos; as metodologias investigativas; a valorização das metodologias visuais; a experiência e o papel do co-formador; os desafios no ensino; a primeira aula/início da carreira; o comprometimento e a afetividade; as teorias e práticas de ensino; a inserção nas escolas por meio de programas institucionais; o investimento na autonomia e

\* Mestra no Ensino de Ciências, professora da rede municipal de Tuparendi/RS. [jiuliacarla@yahoo.com.br](mailto:jiuliacarla@yahoo.com.br). <https://orcid.org/0000-0002-0846-4649>.

\*\* Pós-Doutor em Estudos Latino-Americanos. Professor da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, [bioroque.girua@gmail.com](mailto:bioroque.girua@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-8597-4909>.

processos investigativos e críticos com os alunos. Quanto ao ser um bom professor emergiram os seguintes elementos: consciência de classe, temática e domínio do conteúdo, realidade dos alunos, atividades experimentais e práticas, necessidades formativas, invenções e reflexões, formação científica, professor-pesquisador e em processo formativo (em formação continuada). Já quanto à compreensão do potencial investigativo-formativo que se fez presente nas narrativas, os resultados nos permitem afirmar o potencial da (IFAEC) no ensino de Ciências para o desenvolvimento do processo investigativo-formativo dos professores de Ciências em formação inicial, bem como sua repercussão no ensino de Ciências de cunho investigativo, pois ao compreender o papel formativo dos processos que envolvem a IFAEC, o professor de Ciências irá se tornar o pesquisador de sua própria prática pedagógica.

**Palavras-Chave:** formação inicial; narrativas, pesquisa-ação; ensino investigativo; prática pedagógica.

### **Abstract**

This study is characterized as an Investigation-Training-Action in Science (IFAEC) project, employing a qualitative approach and a document analysis methodology to examine the self-reflective practices of Biological Sciences pre-service teachers during their Supervised Curricular Internship in middle school science education. To this end, the pre-service teachers' reflective narratives regarding their classes and conclusions were analyzed to identify the developmental processes fostered by reflecting on one's own practice. The results were organized through thematic content analysis into three categories: constitutive elements of science teacher training emerging from the reflective writings; constitutive elements of the "recipe" for a good teacher; and an understanding of the developmental potential of Investigation-Training-Action in science education. Regarding the constitutive elements of training, the following stood out: the students' reality; inquiry-based methodologies; the value placed on visual methodologies; the experience and role of the co-educator; teaching challenges; the first class/start of the career; commitment and affectivity; teaching theories and practices; school placement via institutional programs; and a focus on fostering autonomy and inquiry-based, critical processes with students. Regarding what constitutes a good teacher, the following elements emerged: class consciousness; thematic knowledge and content mastery; the students' reality; experimental and practical activities; training needs; innovations and reflections; scientific background; and the identity of the teacher-researcher who is continuously developing. Finally, regarding the understanding of the inquiry-based developmental potential present in the narratives, the results confirm the value of IFAEC in science education for the professional development of pre-service science teachers and its impact on inquiry-based science teaching; by grasping the developmental role of IFAEC processes, the science teacher evolves into a researcher of their own pedagogical practice.

**Keywords:** initial training; narratives; action research; investigative teaching; pedagogical practice.

## Resumen

Este estudio se enmarca en un proyecto de Investigación-Formación-Acción en Ciencias (IFAEC), empleando un enfoque cualitativo y una metodología de análisis documental para examinar las prácticas autorreflexivas de futuros docentes de Ciencias Biológicas durante sus prácticas curriculares supervisadas en la enseñanza de las ciencias en educación secundaria. Con este fin, se analizaron las narrativas reflexivas de los futuros docentes sobre sus clases y conclusiones para identificar los procesos de desarrollo fomentados por la reflexión sobre la propia práctica. Los resultados se organizaron, mediante un análisis de contenido temático, en tres categorías: elementos constitutivos de la formación docente en ciencias surgidos de los escritos reflexivos; elementos constitutivos de la "receta" para un buen docente; y la comprensión del potencial de desarrollo de la Investigación-Formación-Acción en la educación científica. En cuanto a los elementos constitutivos de la formación, destacaron: la realidad de los estudiantes; las metodologías basadas en la indagación; el valor otorgado a las metodologías visuales; la experiencia y el papel del coeducador; los desafíos docentes; la primera clase o el inicio de la carrera; el compromiso y la afectividad; las teorías y prácticas de enseñanza; la inserción escolar mediante programas institucionales; y el enfoque en fomentar la autonomía y procesos críticos basados en la indagación con los estudiantes. Respecto a lo que constituye un buen docente, surgieron los siguientes elementos: conciencia de clase; conocimiento temático y dominio de contenidos; la realidad de los estudiantes; actividades experimentales y prácticas; necesidades de formación; innovaciones y reflexiones; formación científica; y la identidad del docente-investigador en continuo desarrollo. Finalmente, en cuanto a la comprensión del potencial de desarrollo basado en la indagación presente en las narrativas, los resultados confirman el valor de la IFAEC en la educación científica para el desarrollo profesional de los futuros docentes de ciencias y su impacto en la enseñanza de las ciencias basada en la indagación; al comprender el papel de desarrollo de los procesos de IFAEC, el docente de ciencias evoluciona hacia un investigador de su propia práctica pedagógica.

**Palabras Clave:** formación inicial; narrativas; investigación-acción; enseñanza investigativa; práctica pedagógica.

## 1. Contexto e elementos formativos: formação para a prática autorreflexiva em Ciências

O ensino de Ciências necessita de mudanças educacionais nas suas diferentes esferas, partindo dos cursos de formação inicial e se estendendo para os cursos de formação continuada, a fim de que essas mudanças cheguem até as escolas, em que a demanda e as necessidades de aprimoramento, inovação e desenvolvimento profissional são necessárias para atender todo seu público.

Este tipo de proposta parece ter no centro a categoria pesquisa/investigação<sup>1</sup>, de forma que “para que o Ensino por Investigação seja conhecido por parte dos docentes é preciso pensar, antes de tudo, na necessidade de trazer sua compreensão ainda nas suas bases, isto é, na formação inicial dos professores” (Sodré et al., 2024, pp. 2-3), a fim de que essa prática seja conhecida durante a formação inicial e utilizada

---

<sup>1</sup> Consideramos investigação como sinônimo de pesquisa, ou seja, investigação-ação como pesquisa-ação.

pelos professores na docência em Ciências durante suas carreiras. A partir de um planejamento bem elaborado e adequado as metodologias de ensino investigativo vão ao encontro de um ensino de Ciências por investigação (Oliveira *et al.*, 2020).

Acreditamos que o caminho, em termos escolares, na área de Ciências, seja a proposição de um ensino investigativo. As escolas e seus currículos representam interesses sociais e suas necessidades pois “a diversidade de perspectivas e concepções acerca da pesquisa-ação [aqui tomada como sinônimo da Investigação-Ação (IA)] refletem diferentes compromissos políticos e ideológicos da produção do conhecimento científico” (Almeida, 2019, p. 19).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2017) trata as disciplinas por áreas do conhecimento. Essa mudança desafia o professor a trabalhar os conteúdos de maneira contextualizada, por exemplo a partir da investigação, pois a BNCC pauta a importância do ensino por meio da investigação e estabelece como critério para o ensino de Ciências a prática investigativa como propulsora do conhecimento científico.

A escola apresenta como finalidade primordial formar o cidadão em todas suas esferas, mostrando o mundo, o conhecimento e ensinando-o a pensar e questionar sobre os conteúdos, sua realidade e o mundo que o cerca. Nesse sentido, o Ensino de Ciências possibilita ensinar e aprender por meio de vivências, experiências e investigações, pois permite conhecer, questionar e experimentar o mundo.

Para que seja possível e viável um ensino investigativo em Ciências é necessário uma prática pedagógica autorreflexiva, em que o professor como orientador do processo, aprende e ensina ao ensinar e, ainda, forma-se nesse processo. O aluno, protagonista de sua aprendizagem, constrói e formula questões, busca respostas, analisa e encontra resultados e se apropria da linguagem e conhecimento científico. O ensino de Ciências vem se mostrando, cada vez mais, pautado na prática autorreflexiva, em que professor e alunos se comprometem com o processo de maneira crítica para a apropriação e construção do conhecimento científico (Marin, Güllich, 2024).

Neste sentido, a formação inicial de professores para o ensino de Ciências pode se dar de forma a apropriar os processos pautados na IA crítica, que defende o processo investigativo-formativo pautado na reflexão e tem sido pensado e desenvolvido como uma Investigação-Formação-Ação no Ensino de Ciências (IFAEC) (Bervian, 2016; Güllich, 2013; Radetzke *et al.*, 2020).

Segundo Güllich (2013), essa compreensão amplia o processo da prática reflexiva, que inicia no professor que investiga, forma-se e age/ensina no desenvolvimento da processualidade de sua prática pedagógica, por meio da Investigação-Formação-Ação (IFA/IFAC). Além disso, Bervian (2016), preocupada com a formação inicial do professor, volta-se também ao aluno, e aborda o conhecimento investigativo de Ciências como sendo uma prática em que os conhecimentos pedagógicos e de conteúdos estão relacionados (Bervian, Pansera-de-Araújo, 2019).

Os processos de formação inicial e/ou continuada em contextos reflexivos são necessários no exercício da profissão do professor, em que “o importante, e necessário nesse caso, é saber distinguir e utilizar o conceito de ‘professor-reflexivo’ para promover uma formação docente e uma preparação para a inserção no mercado de trabalho mais condizente com a realidade educacional” (Jardilino, Barbosa, 2012, p. 778), para que haja profissionais preparados e formados para atuarem nas escolas.

A prática autorreflexiva do professor de Ciências fundamenta o fazer pedagógico investigativo e reflexivo, de forma a desenvolver um ensino e uma aprendizagem científica e de melhor qualidade. Por esse motivo, ao analisar as reflexões, conclusões, dilemas e inquietações percebidos e evidenciados nas escritas reflexivas dos licenciandos que passam por um processo de IFAC, podemos compreender como ocorreu o processo formativo e constitutivo da profissão de professor de Ciências durante o estágio curricular supervisionado e o papel da IFAEC nesse processo.



Assim, procuramos analisar e compreender o potencial investigativo-formativo da IFAEC presente nas escritas reflexivas elaborados pelos professores em formação inicial do curso de Ciências Biológicas, sendo analisado nas escritas dos licenciandos os elementos constitutivos da formação em Ciências, elementos constitutivos da receita de um bom professor e a compreensão do potencial formativo da Investigação-Formação-Ação no ensino de Ciências. É por meio da investigação que o ensino e a aprendizagem científica acontecem plenamente. Aprender e ensinar Ciências, antes de mais nada, é investigação, por isso acreditamos que nos processos de ensino e de formação em Ciências fundamentados na investigação/ação: investigar é preciso.

## 2. Desenvolvendo a Investigação-Formação-Ação em Ciências

O presente trabalho se caracterizou por ser uma IFAC (Güllich, 2013), que tem como abordagem a perspectiva qualitativa, na qual nos baseamos na produção documental e na análise de conteúdo de Bardin (2016). Neste contexto, foram lidos os TCE dos alunos da sétima fase do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, no Componente Curricular Estágio Supervisionado III: Ciências no Ensino Fundamental, da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus Cerro Largo/RS, de duas turmas do ano de 2022/1, em que emergiram um total de 19 TCE para leitura e análise.

Ressaltamos a importância da escrita reflexiva, que geralmente se dá na composição de narrativas em Diários de Formação (DF), Relatos de Experiências (RE) e/ou memórias reflexivas sobre as aulas nos processos formativos. Essa prática é fundamental para a escrita das reflexões sobre as aulas, pois só assim a espiral autorreflexiva<sup>2</sup>, que é configurada como uma macrometodologia de ensino pela qual organizamos o desenvolvimento da IFAEC, se completa.

A espiral que relatamos tem em sua processualidade cinco etapas, mas especialmente nas etapas de avaliação e modificação é que a autoavaliação e o processo de exame e autocrítica da prática se desenvolvem com maior força no professor. Essa questão foi analisada a partir de TCE pela leitura das reflexões realizadas diariamente sobre as aulas desenvolvidas (memórias das aulas, cap. 3) e pela reflexão geral do estágio (conclusão).

Para a análise destas reflexões a partir do estágio fundamentado na IFAEC, utilizamos as três etapas descritas por Bardin (2016): pré-análise, exploração do material e tratamento e inferência dos resultados.

No primeiro momento, caracterizado como a pré-análise, foram lidas as reflexões e conclusões dos TCE dos estagiários, e categorizadas a *posteriori*, como as subcategorias e as unidades de registro para análise dos *elementos constitutivos da formação em Ciências*; os *elementos constitutivos da receita de um bom professor* e a *compreensão do potencial formativo da IFAEC*.

No segundo momento, exploração do material, fase criteriosa e minuciosa de leitura em que foi realizada a coleta de dados, ou seja, destacando os excertos das escritas reflexivas nos TCE. No terceiro e último momento da pesquisa, realizamos a interpretação e inferência dos resultados encontrados, além de organizá-los em quadros para análise e tecer a discussão com base em referências teórico-metodológicas.

Os dados apresentados seguiram os preceitos éticos da pesquisa com seres humanos, tendo sido aprovadas em comitê de ética institucional (Parecer N. 6620148). Os licenciandos foram referenciados a partir de códigos estabelecidos à *priori*, sendo representados por LCB1 (Licenciando de Ciências Biológicas 1), para se referir aos licenciandos estagiários do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

---

<sup>2</sup> A espiral autorreflexiva, especialmente em relação a IFAEC, é a articulação entre a formação e o ensino de Ciências, que se dá por meio da “[...] problematização, planejamento, ação, reflexão e replanejamento” (Rosa, Schnetzler, 2003, p. 34).

### 3. Compreendendo Processos Investigativo-Formativos na Formação e Docência em Ciências

A IFAEC apresenta-se como uma macrometodologia para o ensino de Ciências pois possibilita o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem por meio da espiral autorreflexiva, uma vez que vai ao encontro das necessidades escolares, curriculares e formativas para o professor de Ciências, ou seja, prima pelo ensino investigativo.

Analizando *os elementos constitutivos da formação em Ciências* que se fizeram presentes nas reflexões dos licenciandos, encontramos quatro subcategorias: a prática do ensino-estágio, elementos da formação inicial, dilemas e inquietações e, proposição: reflexão prospectiva.

Entre as subcategorias a que apresentou maior número de Unidades de Registro (UR) foi a relacionada à prática do ensino/estágio sem si, apresentado um total de seis UR, entre as quais se destacaram: a realidade do aluno (15:19), o papel das metodologias investigativas (14:19) e a valorização das metodologias – visual (12:19).

A realidade do aluno é evidenciada nos seguintes trechos: “é uma turma em que alguns já trabalham, outros não têm uma rede familiar que incentiva a estudar, mas mesmo assim possuem vontade de aprender e estão em busca de construir um futuro” (LCB1, 2022, p. 79); “na turma 62, as conversas paralelas eram mais frequentes, tendo uma maior dificuldade em manter a turma em silêncio para realizar as atividades, com isso, usei uma metodologia de ensino diferente da usada com a turma 61” (LCB2, 2022, p. 39), e que “no ambiente escolar já não basta mais saber como ensinar os conteúdos de ciências, mas sim o por que é importante ensinar, quais as contribuições que esses terão para a vida do aluno [...]” (LCB5, 2022, p. 78), como “[...] também fui exposto às realidades das pessoas da escola, como professores, funcionários e administradores que estão na escola todos os dias, e desta forma, tive o privilégio de aprender o que é ser professor [...]” (LCB11, 2022, p.49), ou ainda, “a autora expressa que nós professores devemos buscar trabalhar perante a realidade dos alunos e sobre o que eles já sabem, dessa forma propus minhas aulas” (LCB19, 2022, p. 59).

O contexto da sala de aula e da escola apresenta uma diversidade gigantesca de realidades, cada escola e cada comunidade escolar representam sua localidade e região em que estão inseridas demandando diferentes atividades e até mesmo, diferentes atitudes e posturas do professor, fazendo com que o mesmo, muitas vezes precise (re)pensar e (re)planejar sua prática.

Esta questão vai ao encontro do cenário enfrentado e passado por todos os licenciandos em seu processo de formação inicial, que, após longos quatro anos de aulas teóricas, ao realizarem seus estágios nos últimos dois semestres da graduação, se deparam com as mais diferentes realidades dos alunos e escola, além de perceberem e identificarem a importância das diferentes metodologias investigativas, práticas e visuais necessárias e importantes para o processo de ensino e aprendizagem (Caires, 2006).

As metodologias investigativas se apresentaram como importantes para os licenciandos em formação inicial, especialmente no processo de ensino e aprendizagem em Ciências, como a proposta do desenvolvimento de uma atividade experimental investigativa, como “no dia 12 de julho realizei uma das melhores aulas com o nono ano [...]para conseguir dar tempo de realizar a experimentação [...]. Uma aula em que pude sentir que eles aprenderam [...]” (LCB1, 2022, p. 75); e, “[...] realizei uma atividade de pesquisa que não estava no planejamento, onde cada aluno pesquisou um animal em extinção, onde ocorria, por que foi extinto, eles também pesquisaram uma unidade de conservação e onde estava localizada [...]” (LCB14, 2022, p. 60).

Esse processo inicial de constituição e formação do professor de Ciências (Biológicas) pela reflexão formativa possibilita “a experiência de iniciação à docência faz-nos ser autônomos na busca e realização dos experimentos. Isso também instiga inquietações nos licenciandos em relação aos alunos da escola [...]” (Dattein, 2016, p.84), de forma a promover e qualificar o ensino de Ciências, além de convidar os alunos a entrar numa jornada de conhecimentos. A experimentação, de certa forma, sempre é atrativa, envolvendo e desperta curiosidade nos alunos, por isso,

Assim, a experimentação como metodologia investigativa, por si só não desenvolve todos os conhecimentos necessários à apropriação do conhecimento e linguagem científica. Juntamente com as demais metodologias, como o ensino por investigação (EI) e o educar pela pesquisa (EP) (Güllich, 2019), o conhecimento científico é desenvolvido e trabalhado, de forma a levar o professor desenvolver a IA (Alarcão, 2010) ou ainda, entendida e ampliada em contexto formativo e reflexivo como IFA (Güllich, 2013).

Na análise dos TCE, sobre o desenvolvimento das metodologias investigativas, encontramos explicitamente a terminologia e a especificação da IFAEC no desenvolvimento de atividades investigativas, como: “neste dia finalmente consegui realizar a construção da catapulta com o sétimo ano, uma das etapas da IFAEC. Iniciei a aula retomando sobre o que são as máquinas simples e em sequência apresentei a proposta da aula [...]” (LCB1, 2022, p. 76) e, ainda,

Através das etapas recorrentes da IFAEC as aulas se tornaram mais dinâmicas, e segundo os alunos “diferente” do que estavam acostumados, principalmente por iniciar com a problematização antes do conteúdo teórico, aguçando a curiosidade, fazendo com que os mesmos “busquem” responder a questão inicial, e esse processo ficou visível nas escritas desenvolvidas pelos estudantes (LCB5, 2022, p. 79).

É perceptível a relevância das metodologias investigativas ao perceber o desenvolvimento das mais diversas atividades que se desenvolveram por meio da espiral autorreflexiva da IFAEC e sua importância para os processos de ensino e de aprendizagem.

Essa reflexão sobre e na ação pedagógica resulta no processo investigativo-formativo necessário e desencadeado pela macrometodologia IFAEC tanto no ensino como na formação, em que o professor descreve e reflete sua prática, ou seja, faz a sua IFAC.

Ao nos referirmos à *valorização das metodologias visuais* para o ensino, as narrativas analisadas nos apresentam o quanto pode ser positivo experienciar e vivenciar visualmente os conceitos por meio de atividades investigativas, em especial as experimentais de Ciências, pois “a construção de maquetes é de suma importância para o desenvolvimento da criança pois estimula a curiosidade e o aprendizado, onde o aluno aprende brincando, estimula o trabalho em equipe e os alunos aprendem com o professor [...]” (LCB6, 2022, p.31); “a turma ficou super agitada e empolgada, um dos grupos levou a sério a construção e se desafiaram a criar uma máquina simples que funcionasse” (LCB1, 2022, p.76); “as atividades práticas são essenciais para a construção do pensamento científico, dentre elas podemos citar a experimentação [...]” (LCB5, 2022, p. 79); “o estágio nos faz constatar que o bom andamento das aulas depende da preparação metodológica [...]” (LCB14, 2022, p. 61) e, ainda,

[...] Realizei três aulas práticas com as turmas, a primeira foi realizada em sala de aula, onde já se notou a curiosidade dos alunos e conseqüentemente a alegria em seus rostos, na segunda aula optei por ocupar o laboratório de ciências” (LCB2, 2022, p. 39).

Essas primeiras experiências e vivências profissionais vão moldando e formando o ser professor. Essa constituição só é possível graças ao chão da sala de aula, o qual é o laboratório do professor, onde suas práticas e seu agir pedagógico vai sendo (re)desenhado a partir das diferentes interações e propostas e atividades realizadas.

Assim, a profissão professor surge como facilitadora da aprendizagem por tornar mediador dos processos de ensino e de aprendizagem e o aluno protagonista, deixando nítida “[...] a necessidade de incorporar as visões micro e macrosociais nos processos de formação docente e de possibilitar a formação do professor reflexivo e pesquisador de sua própria prática educativa” (Abreu, 2021 p. 20).

Na valorização das temáticas emergentes/atuais (7:19), encontramos alguns licenciandos preocupados com esses aspectos voltados à Educação Ambiental (EA) e à produção, o uso e descarte de aparelhos eletrônicos, “como uso não consciente de energia elétrica pode acarretar uma crise ambiental e energética?” (LCB5, 2022, p. 75); “[...] o uso das tecnologias afeta o meio ambiente? Você sabe quais os materiais necessários para a fabricação dos celulares e notebook? E de onde eles são extraídos? Você sabe se podemos descartar esses produtos em lixo comum?” (LCB14, 2022, p. 58); “depois seguimos as aulas falando sobre a quantidade de água utilizada na fabricação de determinados objetos. Calculamos também com os estudantes as suas pegadas ecológicas [...]” (LCB15, 2022, p. 27). Assim, percebemos que os licenciandos, ao trabalharem com os assuntos emergentes em Ciências, os quais sempre se voltam à EA, obtiveram êxito, pois “a educação ambiental deve contemplar tanto o conhecimento científico como os aspectos subjetivos da vida, que incluem as representações sociais” (Oliveira et al., 2007, p. 474), como também, precisam estar relacionadas ao uso e convívio diário das Ciências, ou seja, nossa relação com a natureza e suas tecnologias.

A experiência e o papel do co-formador (5:19) auxiliou os licenciandos em sua relação com toda a comunidade escolar, além de se sentirem acolhidos por todos e, o mais importante, na organização, orientações e instruções necessárias para professores iniciantes, o que possibilitou a eles adquirirem confiança em si mesmos e desenvolvendo um ótimo convívio, situações percebidas em excertos como: “quando cheguei na escola fui muito bem recebida pela direção e demais professores, o professor XY me auxiliou e ficou à disposição para quaisquer dúvidas ou eventualidades” (LCB1, 2022, p. 73); “[...] desde o acolhimento que tive na escola, a liberdade para ministrar as aulas e o respeito de todos que estão nela [...]” (LCB18, 2022, p. 47); “ao adentrar em sala de aula, juntamente com a professora regente, que me mostrou qual sala seria a que eu ia lecionar” (LCB8, 2022, p. 84).

Todas as trocas com os professores co-formadores contribuem na constituição dos licenciandos, os quais esperam e anseiam por essas contribuições. No entanto, é necessário também que os professores das escolas se vejam como co-formadores e compreendem a importância na formação dos futuros professores, pois “à universidade e aos seus professores formadores, cabe problematizar a prática à luz da teoria e às escolas campos de estágio e aos seus professores experientes, o entendimento de que são co-formadores dos futuros professores” (Corrêa, 2021, p.5).

Por esse motivo, as inserções dos licenciandos nas escolas por meio dos estágios supervisionados são extremamente importantes e relevantes para a formação do futuro professor e, por isso, é necessário que os professores co-formadores estejam presentes e participem desse processo formativo. Dessa forma, para que os professores das escolas se sintam aptos e seguros a orientarem seus estágios, precisam estar em constante atualização. Por isso, a interação Universidade-Escola, em projetos como “Ciências na Escola que os professores em formação estão continuamente transformando o conhecimento específico do conteúdo em um conhecimento passível de ser ensinado para os seus alunos” (Bremm et al., 2022, p. 8), possibilita repensar as práticas. Assim, como nos programas como PET<sup>3</sup> e PIBID<sup>4</sup>, em que os licenciandos atuam nas escolas, já fazem a troca de saberes e experiências com seus professores supervisores e

<sup>3</sup> Na Universidade em questão o PETCiências é um projeto de formação inicial que se pauta pela formação de professores e meio ambiente e forma professores de Ciências Biológicas, Química, Física e Matemática.

<sup>4</sup> Embora não tenha sido citado nos TCE, o Programa Residência Pedagógica (PRP) também é desenvolvido na Universidade em que se deu o estudo.

orientadores, como também nos projetos de formação continuada<sup>5</sup> que são tão importantes quanto os de formação inicial. Além disso, as instituições formadoras de professores precisam promover uma relação aberta para com as escolas, futuro local de prática de seus licenciandos.

Os desafios nos conteúdos (3:29) podem ser resumidos: “na turma do nono ano iniciamos com o conteúdo de genética o que foi um desafio para nós também afinal estávamos recém cursando o componente curricular de genética” (LCB15, 2022, p. 27); “a maior dificuldade enfrentada por mim foi o despreparo e a falta de conhecimento das necessidades dos alunos, já que não havia tido muito contato com eles antes de iniciar o estágio” (LCB16, 2022, p. 71);

Com o 9º ano continuei explicando sobre as ligações iônicas, a turma não tinha quase nenhum conhecimento sobre os elementos, nem elétrons. Confesso que foi um desafio os conteúdos de química desde o início, a parte de ligação eu tenho conhecimento sobre, mas achei desafiador conseguir explicar como funcionava as ligações (LCB1, 2022, p. 74).

Entre os diversos desafios encontrados pelos licenciandos, estes precisam relacionar os diferentes saberes, entre eles os pedagógicos, metodológicos, curriculares, para que, consigam conduzir o processo de ensino e aprendizagem em Ciências, de forma que o estágio possibilita maior contato com a sala de aula e à experiência com a docência (Marques et al., 2019).

Em relação à segunda subcategoria, dilemas e inquietações, apresentou duas UR com destaque para a primeira aula, início da carreira e experiência profissional (17:19), além do comprometimento e afetividade (7:19).

Nesta, as questões referentes à primeira experiência em sala de aula e início da profissão, marcaram os licenciandos, os quais mostraram-se, muitas vezes inseguros e nervosos, como “na minha primeira aula eu estava muito inseguro, por não saber o que me esperava em sala, mas com muita calma fui já no 1º período para a sala” (LCB16, 2022, p. 71); “no meu primeiro dia de estágio me causou certo nervosismo, fui um pouco assustada sobre a turma do 9º ano e nunca tinha tido a experiência de ministrar uma aula sozinha” (LCB1, 2022, p.73); “adentrar em sala de aula pode parecer fácil, mas de forma alguma é de fato. Estar diante de várias crianças te olhando e esperamos que você diga o que deve ser feito [...] é uma grande responsabilidade [...]” (LCB11, 2022, p. 47).

Outros, ainda, por terem experiências em programas de iniciação à docência, apresentavam um conhecimento amadurecido referente a este primeiro contato com a(as) turma(as) de estágio, como podemos perceber com “a formação inicial do professor precisa deste primeiro contato com a escola e é de grande importância para o desenvolvimento da nossa docência” (LBC7, 2022, p.7); “a experiência em sala de aula é gratificante, estando inserido no ambiente escolar podemos nos deparar com a realidade dos alunos e contribuir de alguma forma para que esses se tornem cidadãos críticos e reflexivos” (LCB14, 2022, p.62); “na formação ele é fundamental, para conhecermos na prática como é ser professor, desde fazer um plano de aula a aplicar o que tem nele” (LCB18, 2022, p. 47).

Assim, no desenvolvimento do estágio supervisionado, entre as várias demandas dos licenciandos, como: conhecimento didático e pedagógico, participações de conselhos de classe, reuniões pedagógicas, apresentações escolares, organização de matérias, elaboração de avaliações, são muitas e diferentes demandas, dilemas e constrangimentos, justificam, muitas vezes, o estresse, nervosismo e insegurança que se fazem presentes nesse processo de inserção e contato com o futuro local de trabalho (Caires, Almeida, 2003).

---

<sup>5</sup> No caso particular que analisamos os Licenciandos participam do processo de formação compartilhada que junta a formação inicial e continuada num Programa denominado Ciclos Formativos em Ensino de Ciências, que é desenvolvido desde 2010, há mais de 14 anos. Embora não tenha sido citado nos TCE, o Programa Residência Pedagógica (PRP) também é desenvolvido na Universidade em que se deu o estudo.

O acompanhamento e olhar atento dos supervisores de estágio e escolas a estes licenciandos é fundamental para a formação do futuro professor, que precisa de acolhimento, apoio dos professores formadores e supervisores, bem como o convívio no ambiente escolar que contribuem e interferem na formação do ser professor que está interligada e corresponde ao sujeito (Caires, Almeida, 2003).

Em relação aos aspectos de comprometimento e afetividade, foi perceptível a importância de manterem um bom relacionamento com alunos, no sentido de acolhê-los em suas dificuldades e conhecê-los como seres humanos, com diferentes histórias, contextos e culturas, pois ser professor é ser singular num universo de pluralidades, em que as diferenças são respeitadas e reconhecidas, as quais integram e complementam o currículo escolar.

Os licenciandos conseguiram refletir e analisar diferentes contextos em que aconteceram momentos em que houve maiores exigências e respeito. No entanto, percebemos nessa subcategoria, que os licenciandos buscaram sua identidade profissional ao promover e criar uma relação de confiança e respeito em sua prática pedagógica, estreitando os laços entre professores e alunos como mencionados em suas reflexões: “[...] conforme as aulas iam ocorrendo eles se tornavam mais próximos de mim e foram criando um respeito maior, onde a última aula para mim foi algo bem emocionante, pois parecia que eu não queria que aquela aula acabasse[...]” (LCB13, 2022, p. 30); “deixei os alunos bem livres para tirar suas dúvidas [...] e creio que foi bem importante esse meu olhar mais sensível para eles, já que eles puderam pensar e refletir sobre suas respostas” (LCB16, 2022, p. 76).

Em relação ao comprometimento dos alunos, um fato marcante descrito em relação a isso se voltou ao domínio da turma, em que os licenciandos precisam ser mais incisivos, exigindo maior responsabilidade e comprometimento dos alunos no desenvolvimento das atividades. Dessa forma, puderam perceber-se como responsáveis do processo de ensino e aprendizagem, como notamos em: “percebi que ao eu ter sido mais rigorosa e precisa com eles, buscaram desenvolver com mais vontade e foco, apresentando trabalhos excelentes e percebendo que eles possuem capacidades grandiosas de aprenderem e apresentarem o que buscaram [...]” (LCB19, 2022, p. 59); “sendo assim, o professor não precisa abrir mão da rigorosidade para ter Amorosidade” (LCB12, 2022, p. 64) e,

[...] As turmas do 7º e 9º ano eram difíceis de lidar. O 9º ano, por ser uma turma menor e mais maduros, me respeitava e me compreendiam bem. Porém no 7º ano tive bastante dificuldade, uma vez que a turma era muito maior e ainda como vieram de uma pandemia de Covid-19 direto do 5º ano para o 7º ano, apresentavam muitas dificuldades, desde escrita, leitura e interpretação [...] (LCB13, 2022, p. 33).

De maneira que “no tempo vivido dos cursos de licenciatura, os licenciandos devem construir muitos sentidos para a sua prática profissional, para construir sua própria identidade docente e desenvolver o senso de responsabilidade e o compromisso com a tarefa de ensinar” (Arantes et al., 2023, p. 99).

Os alunos das séries finais do Ensino Fundamental requerem uma atenção e um olhar redobrado, pois estão numa fase transitória em suas vidas, a adolescência e, por isso, a relação com esses alunos pode ser conturbada se não conseguirem conduzir os processos de ensino e de aprendizagem. Por isso, os licenciandos narraram esses fatos relacionados à confiança e ao convívio com os alunos, o que foi melhorando no decorrer do estágio. Além disso, muitas vezes o comprometimento e atenção tão esperadas e exigidas pelos alunos, requerem um posicionamento e atitudes diferentes frente às necessidades e realidades da turma e contexto educacional.

Na terceira subcategoria estão os elementos de formação inicial, e apresentou a teoria e práticas de ensino com 12:19 TCE como a UR em destaque, em que “o estágio foi uma experiência desafiadora e de extrema importância para o nosso processo de formação, durante a realização das atividades nos foi permitido articular nossos conhecimentos teóricos em relação à prática docente” (LCB14, 2022, p.62); “o CCR Estágio Curricular Supervisionado: Ciências no ensino fundamental da 7ª fase, nos possibilitou o

desenvolvimento de uma metodologia de pesquisa e ensino investigativa tendo como abordagem a IFAEC que foi planejado, desenvolvido em contexto e aqui relatado/analísado/ investigado” (LCB3, 2022, p. 58); “o estágio no ensino fundamental nos trouxe para o presente, para o dia a dia do ser professor, nos fez “pôr em prática” tudo que aprendemos durante a graduação” (LCB6, 2022, p. 67).

Por isso, a formação inicial de professores “[...] deve manter um equilíbrio entre os aspectos técnicos e as finalidades sociais a que essa formação tem de dar resposta – a Educação” (Mesquita, 2010 p. 5), aspecto percebido pelos licenciandos que destacaram a importância do estágio, em que puderam articular teoria estudada na formação (metodológica, pedagógica e de conteúdo) no desenvolvimento do planejamento de ensino e da prática pedagógica, ou seja uma articulação da formação à docência em Ciências.

A inserção na escola e iniciação à docência em programas como o PIBID e o PET, são mencionados pelos licenciandos ao relatarem já conhecerem o ambiente escolar pelas vivências que os programas de formação inicial que tem iniciação à docência proporcionaram “participei do Programa de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), onde através deste fui me constituindo professora, entendendo o processo do SER professor, então, fui me designando professora adentrando no mundo do ensinar [...]” (LCB8, 2022, p. 85); “[...] com os programas de monitores de ensino da UFFS já havia tido a experiência em dar aulas só para pessoas adultas, e meu maior medo era não saber lidar com adolescentes pois julgava ser mais difícil” (LCB16, 2022, p. 71).

Como realizava a atividade de extensão do PETCiências vai à escola, na escola na qual realizei meu estágio, na mesma turma que desenvolvi as atividades do estágio, na hora do planejamento das aulas, já tinha noção da disponibilidade da escola, das salas e dos materiais (LCB12, 2022, p.62).

Esse contato inicial dos licenciados nas escolas por meio de programas de formação inicial, contribuem e auxiliam no momento em que eles terão que realizar suas práticas educacionais e seus estágios supervisionados, como também contribuem na “ [...] possibilidade de participação de alguns licenciandos no PIBID pode ser considerada como uma alternativa para eles se reconhecerem como futuros docentes que buscam encontrar meios para enfrentar os desafios relacionados à docência” (Vidrik, 2024, p. 31).

Por fim, na quarta e última subcategoria, estão as proposições – reflexões para prospectiva, em que se apresenta apenas uma UR, a qual é investimento na autonomia e processos investigativos e críticos dos alunos, com 8:19 TCE, “[...] o papel do professor não é apenas entregar conteúdo, mas ir além. Estimular pensamentos, estimular dúvidas e promover a exploração do conhecimento, para que os alunos se tornem o corpo principal do ensino, e não o objeto do ensino” (LCB17, p. 72), pois “[...] ao refletir rotineiramente sobre o seu fazer pedagógico, o docente [...] desenvolve um posicionamento crítico sobre a importância de refletir sobre a sua ação docente em sala de aula” (Trindade, Correia, 2024, p.55). Esse processo é importante na perspectiva da IFAC e da IFAEC que se pauta por processos investigativos na formação e docência em Ciências por meio do uso de guias, como o DF, para anotações, observações, questionamentos e melhorias percebidas durante o processo constitutivo e formativo do professor, em seu fazer pedagógico, bem como nos RE quando a escrita já está mais organizada e as vivências passam pela reflexão teorizada (Bremm, Güllich, 2020), pois “isso ocorre graças ao processo de (re)leitura da prática que acontece durante a escrita narrativa de uma aula” (Bremm, Güllich, 2020 p. 321).

Os processos reflexivos se apresentam no dia a dia da sala de aula, em que o professor precisa considerar a realidade do seu aluno para o desenvolvimento dos seus planos, como precisa investir e desenvolver em metodologias investigativas e visuais para que ocorra a construção, compreensão e conhecimento científico. Além disso, as inseguranças e incertezas do início da profissão como professor, mostraram-se presentes praticamente em todas narrativas dos licenciandos, além de apresentarem aspectos relacionados a afetividade e amorosidade. Os licenciandos também analisaram e perceberem em suas



práticas a importância das teorias e as práticas de ensino que aprenderam durante a graduação, no seu processo de formação inicial.

Por fim, são perceptíveis as reflexões prospectivas, com menor frequência, mas foram bem escritas e elaboradas, tais como: “a partir da IFAEC, pude aplicar atividades práticas onde eles puderam interagir mais entre eles com a professora, foi muito bom usar esse método trazendo a prática para dentro da sala de aula, e [...] sair [...] do ensino tradicional” (LCB11, 2022, p. 50); “em relação ao que poderia fazer diferente penso que em alguns momentos seria importante a abordagem de textos de divulgação científica e mais atividades práticas” (LCB12, 2022, p. 65);

No que se refere às modificações que eu realizaria na minha prática seriam relacionadas a um olhar mais atento aos cadernos dos alunos. Para isso, utilizaria mais o quadro, pois notei que mesmo sinalizando as partes dos slides que deveriam ser copiadas os alunos eram resistentes, já quando utilizava o quadro os estudantes começavam a anotar quase que instantaneamente (LCB5, 2021, p. 80).

A reflexão analítica para o futuro que a narrativa possibilita (Alarcão, 2010), nos aponta a prospecção e proposição de novas práticas, demonstra o conhecimento e amadurecimento dos licenciandos durante seu percurso formativo ao chegar no estágio curricular supervisionado, parte da ação docente mais formal do Curso de graduação. Em outras palavras, o objetivo primordial da IFAC e IFAEC é isso, o professor refletir, constatar, analisar e repensar suas ações, por meio desta macro investigação. Também podemos destacar que os licenciandos, demonstraram conhecimento no uso de diferentes metodologias investigativas e sua importância ao conduzir as aulas investigativas de Ciências.

Tornar-se professor é uma prática constante que envolve autoconhecimento e formação contínua. Nesse sentido, precisamos pensar e refletir sobre o nosso ser professor, nossa atuação e nossa prática pedagógica.

Para o desenvolvimento do estágio, antes de iniciarem esse processo formativo, os licenciandos foram convidados a ler e refletir sobre o texto de Sílvia Nogueira Chaves (2013), intitulado como “Receita de bom professor: todo mundo tem a sua, eu também tenho a minha!”<sup>6</sup> e, a partir dessa leitura, elaborar sua própria receita.

Entre os elementos formativos considerados necessários para a *receita de um bom professor*, encontramos a consciência de classe e a temática e conteúdo (domínio) com a mesma frequência (16:19), na sequência a realidade dos alunos (15:19), as atividades experimentais e práticas (14:19), as necessidades formativas e as invenções e reflexões (13:19), o professor pesquisador (9:19) e, a formação continuada (7:19). Esses dados demonstram que mesmo os licenciandos imersos e realizando uma prática autorreflexiva, nem todos conseguiram compreender e identificar a importância dos processos de autoformação, de formação continuada e do professor pesquisador. No entanto, internalizaram mais os elementos básicos do professor, como conhecimento da turma, domínio do conteúdo, realidade dos alunos, as atividades experimentais, além das necessidades formativas.

Algumas marcas reflexivas desenvolvidas e apresentadas nas narrativas dos licenciandos sobre a receita de bom professor deixam evidentes o papel da reflexão na formação, ou seja, da IFAC, como em: “a receita do bom professor nos fala sobre a importância da reflexão na prática, tanto de professores em formação, como já formados e da importância de nos questionarmos antes de iniciarmos os planejamentos das aulas [...]” (LCB12, 2022, p. 66). Se ficarmos atentos a esta receita ela possui todos os elementos de uma espiral autorreflexiva, problematização, planificação, ação, avaliação e modificação, ou seja, uma reflexão crítica

---

<sup>6</sup> Chaves, S. N. (2013). *Reencantar a ciência, reinventar a docência*. Editora Livraria da Física.

adentro de um processo investigativo-formativo que ao se desenvolver marcou a constituição deste licenciando.

O estágio curricular supervisionado possibilita as vivências pedagógicas e investigativas que se fazem presentes no processo de ensino investigativo em Ciências, pois “esse momento possibilitou aos estudantes não apenas saber o que é a abordagem investigativa, mas também ter contato com exemplos de atividades que lhes possibilitou mitigar muitas de suas dúvidas” (Sodré et al., 2024, p. 19).

Para que o ensino de Ciências se desenvolva e atenda também às mudanças da sociedade atual, surge a necessidade de rever a formação inicial do professor e proporcionar a formação continuada, voltada para a ação e reflexão, de modo a ter o estudante como protagonista no seu aprendizado. O docente precisa conhecer o seu papel e ações que levem a situações investigativas em sala de aula para que consiga mediar os processos de ensino e de aprendizagem sem desvalorizar o conhecimento científico (Abreu, 2021).

A abordagem de ensino investigativo conduz o conteúdo a ser estudado na forma de problematização, para que o aluno se engaje na solução de problemas, levantando hipóteses e testando-as, de modo a construir seu conhecimento. Para isso, o professor precisa desenvolver habilidades em sua formação inicial a fim de encarar essa abordagem, necessitando, na sua prática pedagógica, desenvolver planos e ações que contemplem essa perspectiva. Os licenciandos precisam conhecer a postura e papéis essenciais que devem assumir nessa prática, durante a sua formação e que possibilitem a atuação desde o Estágio Supervisionado (Abreu, 2021).

A constituição do professor não ocorre de forma separada, ela “[...] revela a profunda imbricação das dimensões pedagógica e afetiva na constituição de seu saber docente e, conseqüentemente, na configuração, de sua prática profissional” (Chaves, 2005, p. 89), ou seja, a maneira de ser professor revela e apresenta a maneira de ser do sujeito, sua afetividade e/ou amorosidade em seu fazer pedagógico.

Assim, a IFAC e a IFAEC se apresentam como uma (re)construção das práticas e da profissão do professor de Ciências (Bervian, 2016; Chaves, 2005; Güllich, 2013), pois (re)formula o pensar e desenvolver as aulas de Ciências e constitui novas concepções e teorias educacionais voltadas aos processos de formação inicial e continuada.

Para que a espiral autorreflexiva se desenvolva plenamente, é necessário que o professor de Ciências se torne pesquisador de sua própria prática. Para que seja possível observar e ter melhor clareza dos resultados, também precisa de registros, sendo uma excelente ferramenta de estudo e pesquisa do professor, seu diário de formação<sup>7</sup>, um espaço/lugar em que pode registrar e escrever suas reflexões, para posterior análise e modificações futuras.

O professor internalizando e desenvolvendo esse processo reflexivo em sua prática, introduz, inconscientemente, essa prática em suas aulas, tornando assim, seus alunos pesquisadores e protagonistas da construção de seus conhecimentos. Isso tudo é perceptível, quando analisamos as aulas destes professores que tinham como proposta um ensino investigativo e adotavam como estratégia de planejamento uma espiral autorreflexiva num processo de IFAEC. Assim, “conforme a abordagem histórico-cultural, os instrumentos são orientados externamente por atividades mediadas que agem sobre o objeto da atividade” (Bervian, Pansera-de-Araújo, 2022, p. 436).

---

<sup>7</sup> No caso particular de formação de professores que investigamos o diário de formação tem uma função bem definida no processo formativo especialmente nas práticas de ensino, porém no estágio em questão o instrumento de registro foi o TCE.

Com base em Chaves (2013), acreditamos que, para ser um bom professor e ter sua própria receita é necessário reconhecer a importância do processo formativo nessa constituição e formação profissional, no qual “esse auto(re)conhecimento fornece, portanto, além de compreensão das práticas educativas, elementos para transformação destas” (Chaves, 2005, p. 88). Por isso, analisamos a maneira com a qual os licenciandos percebem/reconhecem o potencial investigativo-formativo da IFAEC.

A macrometodologia da IFAEC se apresenta como uma importante metodologia para o ensino e para formação do professor de Ciências de maneira que desenvolveu o *potencial investigativo-reflexivo* nos licenciandos da 7ª fase do curso de Ciências Biológicas, pois 11 licenciandos apresentaram de forma parcial o potencial da IFAEC e oito já reconhecem explicitamente a IFAEC, não tendo nenhum estagiário que não percebeu o desenvolvimento do processo investigativo-formativo. Importante destacarmos que o processo que mencionamos tem um duplo sentido tanto para o ensino como para a formação do professor, pois acreditamos que ao serem formados nesta perspectiva também ensinarão tanto a investigação no centro do processo de ensino (Bervian, 2019; Güllich, 2013).

Ficam evidentes esses processos nos seguintes trechos: “[...] em questão da parte do IFAEC, percebi que os alunos se interessaram, onde pude perceber que eles conseguiram responder a questão problema, deu pra perceber que foram atrás de respostas e questionamento do porquê” (LCB9, 2022, p. 25); “[...] esse processo de autorreflexão da prática docente faz com que (re)vejamos aspectos relacionados a nossa forma de ensinar, de que maneira podemos contribuir de forma significativa para a aprendizagem do aluno através do ensino de ciências” (LCB5, 2022, p. 79).

A IFAEC permite refletirmos nossa ação pedagógica de maneira que “[...] nosso passado de “aprendentes” e nosso hoje/futuro como “ensinantes” possibilita-nos [...] reconstruirmo-nos profissionalmente, transformando o que fizerem conosco em autoconhecimento e alimentando, por isso, nosso processo de autoformação” (Chaves, 2005, p. 91). Nesta perspectiva podemos perceber que “[...] a autoformação na tríade: narrar-se, julgar-se e dominar-se” (Chaves, 2013, p. 129) pode compor a reflexão-ação do fazer pedagógico.

A formação inicial fundamenta e baseada na perspectiva de uma IFA forma professores pesquisadores de sua própria prática, pois internalizam a dúvida e a reflexão na prática pedagógica, aspectos que contribuirão no seu percurso de professor, vida profissional adentro, pois a formação inicial é, em partes, determinante do sujeito professor, conforme defende Gauthier (1998).

#### **4. Por onde andamos, onde chegamos e o que queremos alcançar**

Promover uma prática formativa na perspectiva da IFA/IFAC/IFAEC é formar o professor para a mudança (Imbernón, 2011), pois possibilita a reflexão-ação-crítica nos processos de formação, de ensino e de aprendizagem em Ciências.

O professor precisa estar sempre em contexto formativo, apropriando-se e adequando-se às novas demandas e necessidades educacionais. Por isso, é necessário políticas de incentivo a formação inicial e continuada de professores, como também o interesse particular de cada professor no seu exercício profissional, estando e desenvolvendo sua autoformação.

Além disso, ao compreender o papel formativo dos processos que envolvem a IFAEC, o professor de Ciências irá se tornar o pesquisador da sua própria prática pedagógica encontrando as respostas de muitas de suas dúvidas e inquietações, inclusive daquelas que ainda não conseguistes resolver. Dessa forma, desenvolverá a sua receita de como ser professor, “para, então, ensaiar uma nova política da verdade, de

onde extrairá os ingredientes necessários para minha própria receita de bom professor” (Chaves, 2013 p.118).

Nesse sentido, não há uma receita pronta, cada professor elabora a sua, mas acreditamos que, para o desenvolvimento de um ensino investigativo em Ciências, as aulas precisam acontecer nos mais diversos contextos, na sala de aula, a campo, no pátio ou no Laboratório de Ciências, com base no conhecimento científico e, principalmente, apresentando como grande segredo da receita: a investigação. Além do mais, todos precisam se envolver para o conhecimento acontecer.

Particularmente, acreditamos que a receita de um bom professor, precisa antes de mais nada, conhecimento e Ciência, também precisa afetividade, no sentido de acolher suas necessidades educacionais e também pessoais/contextuais. É necessário conhecimento, muito conhecimento, ou melhor, estar em constante formação e atualização, se (re)inventado e (re)pensando as práticas e metodologias utilizadas. É também trocar “receitas” de aulas e ideias entre colegas. Ser professor é, ainda, SER, em suas diferentes esferas e, desenvolver o trabalho com muita seriedade para instruir e possibilitar a construção do conhecimento por meio das mais diversas vivências e experiências, considerando os objetivos do ensino escolar para as Ciências: alfabetizar cientificamente.

A investigação, a IFA em Ciências precisa avançar da formação inicial até a formação continuada e de volta, em ciclos de mão dupla para formarmos professores e analisarmos os cenários e ampliarmos as contribuições para área. Também precisamos formar, propor e avaliar esta perspectiva de ensino, pois a IFAEC é jovem e precisa de vigilância pedagógica e epistemológica, pois não formaremos professores de Ciências que possam ser pesquisadores de seu fazer pedagógico sem apoio da Universidade e das Redes de Ensino.

## **5. Agradecimentos**

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação no Ensino de Ciências (PPGEC) e a Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), campus Cerro Largo/RS.

## **6. Contribuições dos Autores**

*Autor 1: Investigação, contextualização, metodologia, redação, versão original. Autor 2: Contextualização, visualização. Todos os autores: revisão e edição.*

## **7. Declaração das Fontes de Financiamento**

Este estudo emergiu da minha pesquisa de mestrado. O programa é financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

## **8. Declaração de Uso de Inteligência Artificial**

Durante a escrita desse trabalho não se fez o uso da inteligência artificial (IA).

## **9. Declaração de Conflito de Interesses**

Os autores declaram que não há conflitos de interesses relacionados à publicação deste artigo.

## **10. Referências**

Abreu, F. C. N. (2021). *O ensino por investigação criando possibilidades para os professores de Ciências e Biologia em formação inicial a partir da pesquisa-ação* [dissertação de mestrado profissional]. Universidade de Estadual de Goiás, Brasil. <https://www.bdttd.ueg.br/handle/tede/695>

- Almeida, M. L. (2019). *Diálogos sobre pesquisa-ação: concepções e perspectivas*. Pedro e João Editores. [https://gestaoeducacaoespecial.ufes.br/sites/gestaoeducacaoespecial.ufes.br/files/field/anexo/ebookmariangel\\_a.pdf](https://gestaoeducacaoespecial.ufes.br/sites/gestaoeducacaoespecial.ufes.br/files/field/anexo/ebookmariangel_a.pdf)
- Alarcão, I. (2010). *Professores reflexivos em uma escola reflexiva* (7ª ed.). Cortez.
- Arantes, S. L. F., Sousa, P. C. y Simão, D. A. (2023). Os sentidos construídos por licenciandos para ciência e tecnologia e a construção da identidade docente. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias \_ REEC*, 22(1), 98-122. [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen22/REEC\\_22\\_1\\_5\\_ex1909\\_686.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen22/REEC_22_1_5_ex1909_686.pdf)
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. Edições 70.
- Bervian, P. V. (2019). *Processo de Investigação-Formação-Ação docente: uma perspectiva de constituição do conhecimento tecnológico pedagógico do conteúdo* [tese de doutorado]. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí.
- Bervian, P. V. y Pansera-De-Araújo, M. C. (2019). A investigação-formação-ação na constituição dos conhecimentos tecnológicos pedagógicos de conteúdo de professores de Ciências. *Bio-grafia*, (Edição especial), 1623 –1636. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/11146/7923>
- Bervian, P. V. y Pansera-De-Araújo, M. C. (2022). Investigação-formação-ação no Ensino de Ciências: perspectivas para a constituição do TPACK dos professores. *Revista Insignare Scientia – RIS*, 5(3), 431-444. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n3.12845>
- Bremm, D. y Güllich, R. I. C. (2020). O papel da sistematização da experiência na formação de professores de ciências e biologia. *Práxis Educacional*, 16(41), 319-342, <https://doi.org/10.22481/praxisedu.v16i41.6313>
- Bremm, D., Michelson, K. R. y Güllich, R. I. C. (2022). Conhecimentos docentes: formação de professores no âmbito do projeto ciência na escola. *Revista Conexão*, 18(1), 01-16. <https://doi.org/10.5212/Rev.Conexao.v.18.19654.004>
- Caires, S. (2006). Vivências e percepções do estágio pedagógico: Contributos para a compreensão da vertente fenomenológica do “Tornar-se professor”. *Análise Psicológica*, 24(1), 87-98. <https://doi.org/10.14417/ap.156>
- Caires, S. y Almeida, L. S. (2003). Vivências e percepções dos estágios pedagógicos: estudo com alunos de licenciaturas em ensino. *Psico-USF*, 8(2), 145-153. <https://doi.org/10.1590/S1413-82712003000200006>
- Chaves, S. N. (2005). Memórias de formação: Reminiscências formadores de professores sobre suas maneiras. *Revista de Educação em Ciências e Matemática – Amazônia*, 1(2), 1-6. <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v1i0.1615>
- Corrêa, C. C. M. (2021). Formação de professores e o estágio supervisionado: tecendo diálogos, mediando a aprendizagem. *Belo Educação em revista – EDUR*, 37, e29817. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-469829817>
- Dattein, R. W. (2016). *A mediação de escritas reflexivas compartilhadas na formação em ciências no contexto de um processo de iniciação à docência* [Dissertação de mestrado]. Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Ijuí.
- Gauthier, C. (1998). *Por uma teoria da pedagogia: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente*. Editora UNIJUÍ.
- Güllich, R. I. C. (2013). *Investigação-Formação-Ação em Ciências: um caminho para reconstruir a relação entre livro didático, o professor e o ensino*. Editora Prismas LTDA.
- Güllich, R. I. C. (2019). O que tem a nos ensinar o processo de germinação do Feijão? *Revista Insignare Scientia - RIS*, 2(3), 240-254. <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/11204>
- Imbernón, F. (2011). *Formação docente e profissional: formar-se para a mudança e a incerteza* (9ª ed.). Cortez.
- Jardilino, J. R. L. y Barbosa, N. F. M. (2012). Formação inicial e estágio: uma reflexão sobre o conceito de “professor-reflexivo”. *Revista Diálogo Educacional*, 12(37), 763-781. <https://doi.org/10.7213/dialogo.educ.7202>

- Marin, J. C. y Güllich, R. I. C. (2024). Estratégias Investigativas no Ensino de Ciências: análise em produções brasileiras. *Revista Latinoamericana de Educación Científica, Crítica y Emancipadora – LadECiN*, 3(1), 119-128. <https://revistaladecin.com/index.php/LadECiN/article/view/218/126>
- Marques, K. C. D., Neto, L. C. B. T. y Branche, V. R. B. (2019). Dos saberes disciplinares aos saberes pedagógicos: desafios de iniciação à docência de estagiários em Ciências Biológicas. *Revista de Educação, Ciências e Matemática - RECM*, 9(3), 122-138. <https://publicacoes.unigranrio.edu.br/recm/article/view/5387/0>
- Mesquita, E. C. (2010). Formação inicial, profissão docente e competências. *EDUSER: Revista de Educação*, 2(1), 3-19. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/3784>
- Ministério da Educação Brasil. (2017). *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>
- Oliveira, A. L., Obara, A. T. y Rodrigues, M. A. (2007). Educação ambiental: concepções e práticas de professores de ciências do ensino fundamental. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 471-495. [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen06/ART1\\_Vol6\\_N3.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen06/ART1_Vol6_N3.pdf)
- Oliveira, C. M. O., Oliveira, C. O., Chefer, C. y Oliveira, A. L. (2020). *A compreensão de sequências de ensino investigativas na formação inicial de professores de ciências*. [Trabalho completo]. Anais do II Encontro de Ensino de Ciências por Investigação. Belo Horizonte, Brasil. <https://www.even3.com.br/anais/eneci2020/269778-a-compreensao-de-sequencias-de-ensino-investigativas-na-formacao-inicial-de-professores-de-ciencias/>
- Radetzke, F. S., Güllich, R. I. C. y Emmel, R. (2020). A constituição docente e as espirais autorreflexivas: investigação-formação-ação em Ciências. *Vitruvian Cogitationes*, 1(1), 65-83. <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/revisvitruscogitationes/article/view/63585>
- Rosa, M. I. F. P. S. y Schnetzler, R. P. (2003). A investigação-ação na formação continuada de professores de ciências. *Ciência & Educação*, 9(1), 27-39. <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/Dks7MmfcDS3BXBCPGM9swgx/?format=pdf&lang=pt>
- Sodré, J. S., Zompero, A. F. y Rodrigues, I. T. (2024). Análise de atividades de investigação produzidas por licenciandos em Ciências Biológicas: implicações para formação docente. *Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, 26(1), e49560. <https://doi.org/10.1590/1983-21172022240191>
- Trindade, R. F. S. y Correia, D. (2024). As narrativas como instrumento na reflexão da prática docente. *Revista Insignare Scientia – RIS*, 7(3), 42-63. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2024v7n3.14633>
- Vidrik, E. C. F. (2024). O PIBID e a possibilidade de contribuir com formação de seres transformadores. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 19(1), 27–36. <https://doi.org/10.14483/23464712.18940>



## LA ENSEÑANZA DE LA GEOMETRÍA EN LA ESCUELA SECUNDARIA ARGENTINA: ANÁLISIS MACRODIDÁCTICO DE LOS DISEÑOS CURRICULARES DESDE 1863 HASTA LA ACTUALIDAD

### THE TEACHING OF GEOMETRY IN ARGENTINE SECONDARY SCHOOL: A MACRODIDACTIC ANALYSIS OF CURRICULAR DESIGNS FROM 1863 TO THE PRESENT

### O ENSINO DE GEOMETRIA NO ENSINO MÉDIO ARGENTINO: ANÁLISE MACRODIDÁTICA DOS DESENHOS CURRICULARES DE 1863 ATÉ A ATUALIDADE

Nadina Eugui\*, Viviana Carolina Llanos\*\*

Eugui, N.; Llanos, V. C. (2026). La enseñanza de la geometría en la escuela secundaria argentina: análisis macrodidáctico de los diseños curriculares desde 1863 hasta la actualidad. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21 (2), e-23346 DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.23346>

#### Resumen

La investigación corresponde a un análisis documental de corte macrodidáctico. Aborda las transformaciones en la enseñanza de la Geometría en la escuela secundaria argentina desde la creación de los primeros colegios en 1863 hasta la actualidad. El corpus de análisis reúne 37 documentos curriculares entre fundacionales, planes y programas de estudio y diseños curriculares producidos desde la creación de la escuela secundaria argentina en sus distintas versiones institucionales. Para organizar el análisis se definen cuatro etapas determinadas por las grandes reformas educativas del país. Se utiliza como constructo teórico la escala de los niveles de codeterminación didáctica de Yves Chevallard, que permite identificar los factores que condicionan la selección, organización y tratamiento de los saberes en cada etapa. Para ilustrar los cambios en los niveles inferiores de la escala se seleccionan libros de texto representativos de cada etapa, tomando el lugar geométrico de la parábola como caso. Los resultados muestran que los saberes de geometría no han desaparecido de los diseños curriculares a lo largo del tiempo, aunque su organización se ha modificado significativamente. Sin embargo, el análisis de los libros de texto evidencia una progresiva reducción de lo geométrico a lo numérico, lo que permite comprender por qué la geometría tiende a desaparecer de hecho en las aulas.

---

\* Licenciada en Educación Matemática, Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología (NIECyT), UNICEN, Argentina. [nadinaeugui@gmail.com](mailto:nadinaeugui@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1905-023>.

\*\* Doctora en Enseñanza de las Ciencias. Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología (NIECyT), UNICEN, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina. [vcllanos@niecyt.exa.unicen.edu.ar](mailto:vcllanos@niecyt.exa.unicen.edu.ar), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0433-2654>



**Palabras Clave:** enseñanza de la Geometría; diseños curriculares; escuela secundaria; escala de niveles de codeterminación didáctica.

### **Abstract**

The research corresponds to a macrodidactic documentary analysis. It addresses the transformations in the teaching of Geometry in Argentine secondary school from the creation of the first schools in 1863 to the present. The corpus of analysis brings together 37 curricular documents —foundational texts, study plans and programs, and curricular designs— produced since the creation of Argentine secondary school in its different institutional versions. Four stages are defined to organize the analysis, determined by the major educational reforms in the country. The theoretical construct used is Yves Chevallard's scale of levels of didactic codetermination, which allows identifying the factors that condition the selection, organization and treatment of knowledge at each stage. To illustrate the changes at the lower levels of the scale, representative textbooks from each stage are selected, taking the geometric locus of the parabola as a case. The results show that geometry knowledge has not disappeared from curricular designs over time, although its organization has changed significantly. However, the analysis of textbooks reveals a progressive reduction of the geometric to the numerical, which helps understand why geometry tends to disappear in practice from classrooms.

**Keywords:** teaching of Geometry; curricular designs; high school; scale of levels of didactic codetermination.

### **Resumo**

A pesquisa corresponde a uma análise documental de caráter macrodidático. Aborda as transformações no ensino de Geometria no ensino médio argentino desde a criação dos primeiros colégios em 1863 até a atualidade. O corpus de análise reúne 37 documentos curriculares —textos fundacionais, planos e programas de estudo e desenhos curriculares— produzidos desde a criação do ensino médio argentino em suas distintas versões institucionais. Para organizar a análise, definem-se quatro etapas determinadas pelas grandes reformas educacionais do país. Utiliza-se como constructo teórico a escala de níveis de codeterminação didática de Yves Chevallard, que permite identificar os fatores que condicionam a seleção, organização e tratamento dos saberes em cada etapa. Para ilustrar as mudanças nos níveis inferiores da escala, selecionam-se livros didáticos representativos de cada etapa, tomando o lugar geométrico da parábola como caso. Os resultados mostram que os saberes de geometria não desapareceram dos desenhos curriculares ao longo do tempo, embora sua organização tenha se modificado significativamente. No entanto, a análise dos livros didáticos evidencia uma progressiva redução do geométrico ao numérico, o que permite compreender por que a geometria tende a desaparecer de fato nas salas de aula.

**Palavras-Chave:** ensino de Geometria; desenhos curriculares; escola secundária; escala de níveis de codeterminação didática

## 1. Introducción

Uno de los problemas en la enseñanza de la Matemática en la Escuela Secundaria en Argentina, es relativo al “abandono de hecho” de la Geometría escolar. Es conocido que la geometría siempre ha ocupado un lugar importante en los diseños curriculares (en adelante DC), pero estos saberes no llegan a estudiarse en la escuela actual. Las investigaciones desarrolladas por Abrate et. al. (2006) y Gamboa y Ballesteros (2010) lo confirman, y refieren a una sustitución del estudio de geometría por números, álgebra y funciones. Itzcovich (2005) investiga que los docentes priorizan otros saberes, y considera que se debe a la dificultad de los profesores para identificar problemas de geometría de interés para los estudiantes, y a la poca claridad y organización de los DC con relación a los conocimientos de geometría respecto de los demás saberes. Sánchez Chacón e Iglesias Inojosa (2012) atribuyen el problema de la enseñanza de la geometría a la formación de los profesores y otras investigaciones concluyen sobre los resultados positivos en el aula cuando se estudia geometría, producto de desarrollos didácticos (Dos Santos Souza, De Oliveira Dias, 2019). De modo general, Gascón (2003) plantea el problema de la desaparición de las *razones de ser* de la Geometría con base en los cuestionamientos ¿por qué estos conocimientos aparecen como aislados de los otros?, ¿por qué son menos importantes y quedan para el final o directamente no se estudian? Gascón (2003) plantea además un fenómeno más general: la separación y fragmentación de los conocimientos que excede al currículum, al profesor y al tiempo didáctico, y que denomina *autismo temático*. Este fenómeno remite a una desconexión sin sentido entre los saberes y pone en cuestión las razones de ser de la Geometría escolar: por qué y para qué estudiarla.

La presente investigación se centra en un estudio macrodidáctico orientado a describir las transformaciones en la propuesta curricular de la Geometría en la escuela secundaria argentina a lo largo del tiempo. Siguiendo a Chevallard (1985), el análisis considera que el saber “sufrir” transformaciones en el proceso de transposición didáctica, es decir, al pasar del saber académico al saber enseñado. En este marco, se toman como fuentes principales los DC del nivel medio, correspondiente a la escolaridad entre 12 y 18 años, y los libros de texto, estos últimos seleccionados para ilustrar cómo se modifican los saberes geométricos propuestos en cada etapa histórica.

El análisis comprende los DC desde la creación de la primera escuela secundaria en 1863 hasta el DC actual de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Los documentos se clasifican a partir de cuatro etapas determinadas por las grandes reformas educativas del país y se analizan utilizando el constructo teórico que provee la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) (Chevallard, 1999), denominado escala de los niveles de codeterminación didáctica (Chevallard, 2001). Las preguntas que orientan la investigación son: ¿cuál es el lugar otorgado a la geometría en los DC de la escuela secundaria argentina en cada etapa histórica? y ¿cómo se transforman los saberes de geometría propuestos en los DC y en los libros de texto a lo largo de las cuatro etapas definidas?

Conocer cómo se han transformado los saberes de geometría en los DC y en los libros de texto a lo largo de más de 160 años de reformas educativas resulta relevante por varias razones. En primer lugar, permite distinguir si la reducción de lo geométrico en las aulas responde a una decisión curricular explícita o si se trata de un fenómeno que opera en otros niveles de la escala de codeterminación didáctica. En segundo lugar, aporta evidencia histórica y documental sobre un problema que las investigaciones contemporáneas identifican, pero no siempre rastrean en su origen. Finalmente, contribuye a generar conocimiento que puede orientar futuras decisiones en materia de diseño curricular y formación docente en matemática.

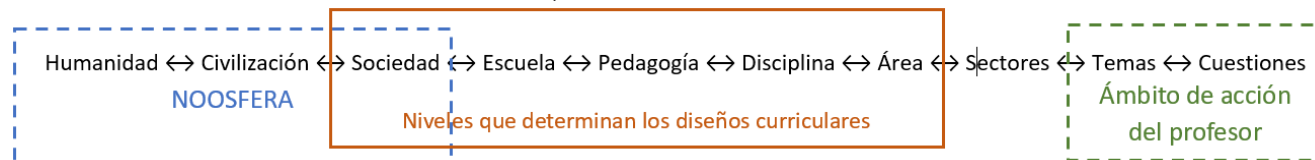
## 2. Marco Teórico

La investigación adopta como marco teórico la Teoría Antropológica de lo Didáctico (TAD) (Chevallard, 1999). En particular, se utiliza la escala de niveles de codeterminación didáctica (Chevallard, 2001), que

proporciona instrumentos para analizar los factores que acaban determinando el sistema, las formas de estructurar las cuestiones matemáticas a estudiar, y las maneras de organizar el estudio de éstas en los distintos niveles. La escala muestra una jerarquía a partir de una sucesión de niveles (Figura 1).

**Figura 1**

*Escala de niveles de codeterminación didáctica y factores vinculados al análisis.*



Fuente. Imagen adaptada de Otero (2021).

El primer nivel determina las condiciones y restricciones de la humanidad que tienen rasgos propios de la cultura humana, independientes de cualquier civilización o sociedad (Chevallard, 2001). La civilización, o “grupos de sociedades”, define el conjunto de costumbres y creencias culturales, científicas y tecnológicas en un momento dado. Dado que estos niveles operan en una escala de generalidad que excede el ámbito escolar, el análisis toma como nivel superior la sociedad, que define las características de los pueblos, naciones y grupos de personas que conviven bajo normas comunes, organizaciones políticas, económicas y otras (Otero, 2021). En un nivel inferior se encuentra la escuela, que determina las condiciones y restricciones de estudio: quiénes asisten a las instituciones educativas y quiénes no, qué se enseña y qué no, abarcando instituciones de distinto tipo como la primaria, la secundaria y la educación de adultos.

En el nivel escuela, la investigación se circunscribe a la educación secundaria en sus distintas versiones institucionales a lo largo del tiempo: Colegio Nacional, Escuela Normal, Escuela Nacional de Comercio, Escuela Industrial, Bachilleratos, Escuela General Básica y las actuales Secundaria Básica y Superior. El nivel pedagogía define las condiciones y limitaciones esenciales del estudio escolar, es decir, las formas de acercar a los estudiantes al saber. La disciplina corresponde a un sistema de praxeologías que en esta investigación es matemática, y el área de interés es geometría. Los niveles inferiores de la escala —sectores, temas de estudio y cuestiones— no forman parte del análisis macrodidáctico realizado, dado que este se basa en las referencias curriculares y bibliográficas que son los DC y los libros de texto.

Como se señala en la Figura 1, entre los niveles superiores de la escala se ubica la noósfera, integrada por representantes de la política, gremios docentes, expertos en saber académico, empresarios y especialistas en currículum, entre otros. Es en este espacio donde se piensa el sistema educativo y se seleccionan los saberes propuestos para ser enseñados en la escuela (Otero, 2021). Los DC, los documentos ministeriales, las normativas institucionales y los libros de texto constituyen elementos de la noósfera que establecen la organización y las características del saber a enseñar. Por este motivo, el análisis se restringe a los niveles superiores de la escala: sociedad ↔ escuela ↔ pedagogía ↔ disciplina ↔ área ↔ sector; que corresponden al ámbito de acción de quienes diseñan y proponen los lineamientos para la enseñanza. Es en estos niveles donde se toman las decisiones que condicionan al profesor, cuya capacidad de intervención se circunscribe a los niveles inferiores de la escala.

### 3. Metodología

La investigación corresponde a un estudio macrodidáctico de corte cualitativo, basado en un análisis documental (Valles, 1999) de la escuela secundaria en Argentina. El corpus se compone de 37 documentos: fundacionales, planes y programas de estudio y diseños curriculares; que reciben distintas denominaciones según el momento histórico y la reforma educativa correspondiente, pero en todos los

casos incluyen la organización de los saberes propuestos para cada nivel y etapa. A los fines de este trabajo, todos estos documentos se denominan DC.

A partir del corpus documental se identifican cuatro etapas, determinadas por las grandes reformas educativas del país:

- Etapa 1 - Fundacional (1860-1940): creación de los Colegios Nacionales, Escuelas Normales, Escuela Nacional de Comercio y Escuela Industrial de la Nación.
- Etapa 2 - Plan Rothe (1941-1993): unificación de un Ciclo Básico Común para el Bachillerato Nacional (Colegios Nacionales) y el Magisterio (en las Escuelas Normales Nacionales) y más tarde las Escuelas de Comercio.
- Etapa 3 - Ley Federal de Educación (1993-2006): transferencia administrativa y económica de la educación primaria y secundaria del estado nacional a cada una de las provincias de Argentina, con la creación de la Escuela General Básica 3 (EGB 3) y el Nivel Polimodal.
- Etapa 4 - Ley de Educación Nacional (2006- actualidad): recuperación de una secundaria obligatoria de 6 años, organizada en dos ciclos: básico (Escuela Secundaria Básica) y superior orientado (Escuela Secundaria Superior).

De la escala de los niveles de codeterminación didáctica se incluyen los niveles Escuela ↔ Pedagogía ↔ Disciplina ↔ Área, con el objetivo de identificar los cambios al nivel de las disciplinas, específicamente matemática y, dentro de esta, las diferencias en el nivel área para cada etapa (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Esquema de análisis para los DC según los niveles superiores de la escala.*

| Etapa | Escuela | Año del plan de estudio | Pedagogía | Disciplinas | Área | Horas |
|-------|---------|-------------------------|-----------|-------------|------|-------|
|       |         |                         |           |             |      |       |

Fuente. Los Autores.

La primera columna diferencia la etapa a la que pertenecen los DC, entre las cuatro definidas anteriormente. La escuela refiere a las instituciones de enseñanza con las características propias de cada etapa. El año del plan de estudio corresponde al momento en que se propone cada DC incluido en el análisis. Con pedagogía se analizan las características de la enseñanza, los sectores para los que cada escuela fue propuesta, sus destinatarios, el título otorgado y la duración de la formación. Con disciplinas se analizan las materias incluidas en los DC de cada momento, según los fines de cada escuela. La columna horas contiene: T (horas totales de cursada de todas las asignaturas y actividades), M (total de horas de Matemática de todos los años) y G (total de horas de Geometría).

La Tabla 2 sintetiza las características correspondientes a los niveles Disciplina ↔ Área ↔ Sector, permitiendo identificar los saberes que se incorporan, los que se pierden y los que permanecen a lo largo de las cuatro etapas definidas.

**Tabla 2**

*Esquema de análisis del nivel disciplina hasta el nivel sector*

| Escuela | Disciplina | Área | Sector |
|---------|------------|------|--------|
|         |            |      |        |

Fuente. Los Autores

Esta tabla sintetiza las características de la difusión de los saberes de matemática para cada escuela en el área de geometría. La columna sector permite analizar los saberes de geometría en cada institución y

en cada momento histórico, lo que permitió identificar que el tema lugar geométrico de la parábola está presente desde la creación de la escuela secundaria. Por este motivo se seleccionaron libros de texto representativos de cada etapa para ilustrar, a modo de ejemplo, los cambios en los niveles inferiores de la escala de codeterminación didáctica.

Para identificar los cambios en el tiempo, se utilizan los símbolos (+) y (-), que indican respectivamente los saberes que se incorporan y los que se pierden entre los DC de la misma etapa o entre cada etapa y la siguiente.

#### 4. Análisis de los resultados

En esta sección se describen las características de la matemática incluida en los DC en cada etapa. La información se organiza a partir de la Tabla 1, y los cambios en los saberes de geometría se analizan mediante la Tabla 2. Además, en cada etapa se seleccionan intencionalmente libros de texto (Llanos y Otero, 2024) correspondientes al tema "lugar geométrico de la parábola", identificado como uno de los saberes invariantes a lo largo del tiempo. El análisis de este tema en los libros de texto cumple una función ilustrativa: permite visualizar en los niveles inferiores de la escala de codeterminación didáctica los cambios que el análisis macrodidáctico identifica en los niveles superiores.

##### Etapa 1

Se define por la creación del Colegio Nacional y las escuelas Normal, Nacional de Comercio e Industrial de la Nación. El corpus documental correspondiente a esta etapa comprende los documentos fundacionales y planes de estudio de los Colegios Nacionales (1884-1903), de la Escuela Normal Nacional del Paraná (1877 y 1880), de las Escuelas Normales Elementales y Superiores (1886), de las Escuelas Normales de la República Argentina (1903), de las Escuelas Industriales (1891 y 1932) y de las Escuelas Nacionales de Comercio (1932).

Una característica de esta etapa es que la enseñanza de la Matemática en los DC se organiza por áreas: Aritmética, Álgebra, Geometría plana, Geometría del espacio, Trigonometría, Dibujo geométrico y Cosmografía, según se sintetiza en la Tabla 3.

A partir de la Tabla 3 y utilizando la escala, es posible identificar diferentes características para los niveles sociedad, escuela y pedagogía:

Sociedad ( $S_1, S_2$ ) ↔ Escuela ( $E_1, E_2, E_3, E_4$ ) ↔ Pedagogía ( $P_1, P_2, P_3, P_4$ ) ↔ Disciplina ( $D_1$ ) ↔ Área

En el nivel sociedad (S) se identifica S1 que corresponde al período de 1852 a 1880 denominado "Período de transición" (Rapoport, 2000), que sienta las bases institucionales y políticas de un Estado Nacional, con la sanción de la Constitución de la Nación Argentina en 1853, la cual establece un régimen federal de gobierno. En 1863, el presidente Bartolomé Mitre crea el Colegio Nacional de Buenos Aires y surge así la necesidad de crear institutos de enseñanza normal para formar maestros. En 1870 el entonces presidente de la Nación Domingo Faustino Sarmiento, crea la primera Escuela Normal del Paraná. Esto da lugar a las dos primeras escuelas (E) de esta etapa: Colegios Nacionales (E1) y Escuelas Normales (E2) con finalidades y alcances distintos. Los E1 están orientadas a la preparación para el ingreso a la Universidad o para la administración pública, que abarcaban un reducido grupo de la sociedad, compuesto por la elite de varones. Las E2 tienen por finalidad formar maestros para las escuelas primarias del país.

Hacia 1890 se idéntica una nueva Sociedad, S2. El estado nacional impulsó medidas orientadas a responder a las demandas de las clases medias rurales y de los trabajadores urbanos, entre las que se destacó la democratización de la enseñanza en todos sus niveles. Esto contribuyó a un crecimiento significativo de la matrícula tanto en el nivel primario como en el medio. Dicho crecimiento y la creciente demanda por acceder al sistema educativo generaron la necesidad de crear nuevas instituciones, dando



lugar a las Escuelas Nacionales de Comercio (E3) y las Escuelas Industriales (E4). Las E3 están orientadas a las ciencias económicas y tienen por finalidad formar jóvenes para resolver problemáticas vinculadas a la industria, el comercio y la administración. Las E4 están orientadas a mecánica, química, construcciones y minas, con una formación teórica y práctica sólida para la organización y dirección de los trabajos en los establecimientos industriales y fabriles.

**Tabla 3**

*Descripción de los niveles escuela, pedagogía y área para la etapa 1.*

| Escuela                    | Año  | Pedagogía                                                                                                                                                              | Áreas                                                                                                               | Hs                                  |
|----------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Colegios Nacionales (E1)   | 1884 | Duración: 6 años.<br>Edad de ingreso: 12 años.                                                                                                                         | Aritmética; Dibujo geométrico de figuras planas; geometría plana; geometría del espacio; trigonometría; cosmografía | T: 132<br>+ extras<br>M: 22<br>G: 9 |
|                            | 1888 |                                                                                                                                                                        | (+) Nociones de topografía                                                                                          | M: 25<br>G: 9                       |
|                            | 1903 | Duración: 7 años.                                                                                                                                                      | (-) Dibujo geométrico.                                                                                              | T:144<br>M:32<br>G: 10              |
| Escuelas Normales (E2)     | 1877 | Duración: 4 años.<br>Edad de ingreso: 10 años<br>Diploma: "Profesor Normal"                                                                                            | Aritmética; álgebra; geometría; trigonometría y cosmografía                                                         | T: 144<br>M: 19<br>G: 5             |
|                            | 1880 | Duración: 5 años.                                                                                                                                                      |                                                                                                                     | T: 180<br>M: 22<br>G: 5             |
|                            | 1886 | Duración: 6 años.<br>Diploma intermedio "Maestro de Educación Primaria Elemental" y completo: "Profesor Normal"                                                        |                                                                                                                     | T: 216<br>M: 21<br>G: 5             |
|                            | 1903 | Duración: 7 años<br>Diploma: Profesor en Ciencias; en Letras; de Jardín de Infantes                                                                                    | (+) Topografía                                                                                                      | T: 224<br>M: 19<br>G: 5             |
| Escuelas de Comercio (E3)  | 1932 | Duración: 5 años<br>Edad de ingreso: 14 años<br>Diploma: Contador Público, Traductor Público de las lenguas francesas e inglesas, Calígrafo Público o Perito Mercantil | Aritmética; geometría plana; álgebra; geometría del espacio; trigonometría; matemáticas financieras                 | T: 150<br>M: 27<br>G: 8             |
| Escuelas Industriales (E4) | 1881 | Duración: 3 años<br>Edad de ingreso: 12 años                                                                                                                           | Aritmética; dibujo; geometría; álgebra                                                                              | --                                  |
|                            | 1935 | Duración: 7 años<br>Especialidades: mecánica, eléctrica, construcciones, química, construcciones viales.<br>Diploma: Técnico                                           | (+) trigonometría; geometría analítica y cálculo; matemática aplicada                                               | T: 293<br>M: 33<br>G: 14            |

Fuente. Los Autores

En el nivel Pedagogía (P) se identifican características distintivas para cada escuela. Los Colegios Nacionales (E1) duran 6 años (luego ampliados a 7) con tres ramas (Letras y Humanidades, Ciencias Morales y Ciencias Exactas). La Escuela Normal (E2) dura 4 años, con condiciones de ingreso que incluían haber cumplido diez años, ser sano, demostrar buena conducta y haber adquirido conocimientos de lectura, escritura, ortografía, aritmética y geografía (art. 7, decreto de 1877). A partir de 1880 la enseñanza se extiende a 5 años garantizando así una formación sólida para los maestros. En 1886 las Escuelas Normales se dividen en elementales, destinadas a formar maestros para la educación primaria, y

superiores, orientadas a la formación de profesores para la superintendencia, inspección y dirección de escuelas comunes. La pedagogía P3 para las Escuelas de Comercio y P4 para las Escuelas Industriales orientan la educación secundaria hacia el ejercicio de profesiones técnicas y oficios, sin desatender los elementos de la cultura general. Las Escuelas de Comercio (E3) tienen una estructura de 5 años (2 de preparatorios y 3 de comerciales), con examen de ingreso. Las Escuelas Industriales (E4) tienen una duración inicial de 3 años, con requisito de ingreso de 12 años de edad, extendiéndose luego a 7 años organizados en un ciclo inferior de 4 años y uno superior de 3, con diferentes especialidades y otorgando el título de Técnico. Estas escuelas se orientan hacia la preparación de técnicos con especialización en diferentes disciplinas.

En esta etapa la Disciplina es matemática y se estudia a partir de áreas: aritmética; dibujo geométrico de figuras planas; geometría plana; geometría del espacio; trigonometría; cosmografía y nociones de topografía. En los planes de estudio de los Colegios Nacionales (E1), en los dos primeros años se estudia dibujo geométrico y en años superiores geometría plana y del espacio. En las Escuelas Normales, de Comercio e Industriales (E2, E3 y E4) en cambio, la geometría aparece como un área única sin la distinción entre dibujo geométrico y geometría que caracteriza a los Colegios Nacionales. La Tabla 4 sintetiza las características propias de cada escuela para esta etapa.

**Tabla 4**

*Descripción de los niveles disciplina, área y sector para la Etapa 1.*

| Escuela                               | Disciplina | Área                                       | Sector                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------|------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Colegio Nacional (E <sub>1</sub> )    | Matemática | Geometría plana.<br>Geometría del espacio. | Líneas rectas, circunferencia, polígonos, figuras semejantes, relación de los polígonos con la circunferencia, Teorema de Thales, área de las figuras planas, magnitudes geométricas y proporcionales, planos en diferentes posiciones, cuerpos, superficies de revolución, poliedros semejantes, áreas de los cuerpos, volúmenes, superficies cónicas, líneas curvas, Teorema de Pitágoras, funciones trigonométricas.                        |
| Escuela de Comercio (E <sub>3</sub> ) |            |                                            | Entes geométricos fundamentales, ángulos, rectas paralelas, triángulos, circunferencia y círculo, lugar geométrico, polígonos, superficie y área, segmentos proporcionales, Teorema de Thales, relaciones métricas, Teorema de Pitágoras, funciones trigonométricas, planos, rectas en el espacio, cuerpos, volumen.                                                                                                                           |
| Escuela Normal (E <sub>2</sub> )      |            | Geometría                                  | Entes geométricos fundamentales, circunferencia, ángulos, polígonos, cuadriláteros, líneas proporcionales y semejantes, perpendiculares y oblicuas, áreas, poliedros, figuras redondas, volumen, secciones cónicas.                                                                                                                                                                                                                            |
| Escuela Industrial (E <sub>4</sub> )  |            |                                            | Figuras rectilíneas, construcciones geométricas, circunferencia, ángulos, posiciones relativas de las rectas, triángulos, cuadriláteros, polígonos, líneas proporcionales, polígonos semejantes, escalas, figuras curvilíneas y mistilíneas, figuras ovales y espirales, elipse, espirales, evolventes y evolutas, cicloide, epicicloide, parábola, hipérbola, superficie de polígonos, planos, cuerpos, volumen, transformaciones de figuras. |

Fuente. Los Autores

Para el área Geometría, la carga horaria en cada una de las escuelas mencionadas es la siguiente: Colegios Nacionales (E1) entre 9 y 10 horas, Escuelas Normales (E2) 5 horas, Escuelas de Comercio (E3) 8 horas y Escuelas Industriales (E4) 14 horas. En las cuatro instituciones los sectores involucrados comparten una misma organización: se propone primero el estudio de geometría plana y luego el de geometría del espacio.

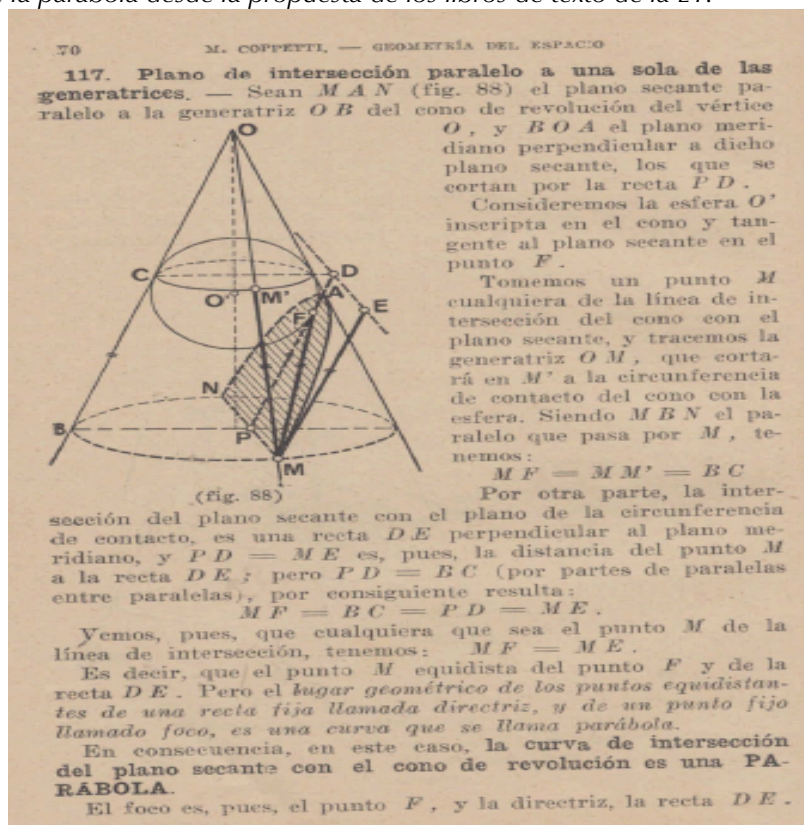
A lo largo del trabajo se utiliza el tema “lugar geométrico de la parábola” como caso ilustrativo de los cambios en los saberes geométricos propuestos en los DC. En la Etapa 1, este tema aparece en los Colegios Nacionales (E1) dentro del sector “cónicas” en 5to año, y en las Escuelas Normales (E2) en el mismo sector en 6to año. Según los DC consultados, el estudio incluye la construcción de la curva, el análisis del eje,



el vértice y el parámetro, la parábola considerada como límite, las propiedades de la tangente y de la normal, y el trazado de tangentes a la curva. En las Escuelas de Comercio (E3), la parábola se propone en 3er año, según el DC de 1936, en el sector “cuerpos redondos”, dentro de superficies cónicas, específicamente el cono indefinido y circular. En las Escuelas Industriales (E4), la parábola aparece como sector en 1er año. En los Colegios Nacionales, las Escuelas Normales y las Escuelas de Comercio (E1, E2 y E3), el estudio de la parábola se realiza en el área Geometría del Espacio. Por ejemplo en el libro seleccionado (Coppetti, 1937; Figura 2), el tema se estudia en el capítulo “cono de revolución”. Se propone el estudio de la intersección del cono con diferentes planos, resultando las secciones cónicas: círculo, elipse, hipérbola y parábola. En el caso de la parábola se analiza la intersección del cono con un plano secante paralelo a una sola de las generatrices, como se muestra en la figura 2.

**Figura 2**

*El lugar geométrico de la parábola desde la propuesta de los libros de texto de la E1.*



Fuente. Imagen tomada del libro escolar Coppetti (1937)

En los libros de esta etapa se realizan demostraciones que vinculan las representaciones gráfica y analítica. Como se observa en la figura anterior, una vez enunciada la definición del lugar geométrico de la parábola, se demuestran los pasos para el trazado de la curva a partir del foco y de la directriz, y se definen las características destacadas: parámetros, eje de simetría, vértice y ramas infinitas. Este tratamiento se caracteriza por una notable exhaustividad matemática: cada propiedad es demostrada y cada procedimiento es justificado. Cabe destacar además la articulación entre geometría sintética y geometría analítica: el libro trabaja simultáneamente con construcciones geométricas y con las propiedades algebraicas de la curva, mostrando una integración entre ambas representaciones que constituye el punto de partida para el contraste con el tratamiento que se observará en las etapas siguientes.

## Etapa 2

Abarca el período de 1941 a 1993 y estuvo marcada por la implementación del Plan Rothe (1941), que tuvo vigencia por más de 50 años. Este plan estableció un Ciclo Básico Común (CBC) para el Bachillerato y el Magisterio. El corpus documental de esta etapa comprende los planes de estudio de los Colegios Nacionales (E1), Escuelas Normales (E2), Escuelas Nacionales de Comercio (E3) y Escuelas Industriales (E4); el decreto N° 101.107 conocido como el “Plan Rothe”, los nuevos programas para el CBC de los bachilleratos y magisterio (1942); los del Segundo Ciclo del Bachillerato, Ciclo Superior del Magisterio, Escuelas Normales Regionales y Escuelas Nacionales de Comercio (1953); los de las Escuelas Industriales (1953) y los planes para el Nivel Medio, Bachillerato de CBC y Superiores Opcionales (1975, 1988). La tabla 5 sintetiza las características de esta reforma.

**Tabla 5**

*Descripción de los niveles escuela, pedagogía y área para la etapa 2.*

| Escuela                                 | Año  | Pedagogía                                                                                                                                                                                                                           | Áreas                                                                  | Hs                                             |
|-----------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Bachillerato (E <sub>5</sub> )          | 1942 | (+) Duración: 5 años (CBC 3 años y Segundo Ciclo 2 años)                                                                                                                                                                            | Las mismas que la etapa anterior                                       | T: 150<br>M: 23<br><b>G: 6</b>                 |
|                                         | 1953 |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                        | T: 150<br>M: 20<br><b>G: 8</b>                 |
|                                         | 1942 | (+) Duración magisterio: 5 años (CBC 3 años y Segundo Ciclo 2 años)                                                                                                                                                                 | (-) Trigonometría, topografía                                          | T: 150<br>M: 19<br><b>G: 8</b>                 |
|                                         | 1953 |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                        | T: 154<br>M: 16<br><b>G: 8</b>                 |
|                                         | 1975 | (+) Formación general.<br>Diploma: bachiller.<br>Edad de ingreso: 12 años<br>Orientaciones: común, letras, Ciencias Biológicas; Cs. Físico-matemáticas; agraria; docente; libre para adultos.                                       | Aritmética; álgebra; geometría del espacio; trigonometría; cosmografía | T: 165<br>M: 26<br><b>G: 2</b>                 |
|                                         | 1988 | (+) Especialidades: bachillerato y perito mercantil.                                                                                                                                                                                |                                                                        | T: 200<br>M: 25                                |
|                                         | 1942 | Duración: 5 años (1° ciclo 3 años, 2° ciclo 1 año y 3° ciclo 1 año).<br>(+) Duración: 6 años cursos nocturnos (se agrega 1 año al 1° ciclo).<br>Diploma: Auxiliar de Comercio, Tenedor de Libros y Perito Mercantil.                | (-) Trigonometría<br>Igual que el plan anterior<br>Matemáticas         | T: 160<br>M: 24<br><b>G: 6</b>                 |
| Escuelas de Comercio (E <sub>3</sub> )  | 1953 | (+) CBC para Bachillerato y Magisterios.<br>Cursos nocturnos reducción a cuatro años.                                                                                                                                               |                                                                        | T: 160<br>M: 24<br><b>G: 12</b>                |
|                                         | 1975 | (+) Tareas administrativas y del mundo de los negocios;<br>Diploma: perito mercantil.                                                                                                                                               | (+) topografía                                                         | T: 166<br>M: 24                                |
|                                         | 1942 | (+) 1° CBC (3 años) especialidades: mecánica, electricidad, construcciones, química, construcciones navales. 2° ciclo (1 año) y 3° ciclo (2 años) especialización.                                                                  |                                                                        | T: 234<br>M: 35<br><b>G: 7</b>                 |
| Escuelas Industriales (E <sub>4</sub> ) | 1969 | (+) Duración: nocturnos 8 años. Especialidades: metalúrgica, automotores, aviación, electromecánica, electrónica, geografía matemática.<br>Diploma intermedio: Auxiliar técnico.<br>Diploma completo: Técnico (según especialidad). | (+) Análisis matemático; matemática aplicada                           | T: 261 (diurnos)<br>T: 210 (nocturno)<br>M: 30 |

Fuente. Los Autores

La tabla 5 permite identificar cambios en la escala respecto de la etapa anterior, que se sintetizan como sigue:

*Sociedad* ( $S_3, S_4, S_5$ ) ↔ *Escuela* ( $E_3, E_4, E_5$ ) ↔ *Pedagogía* ( $P_4, P_5$ ) ↔ *Disciplina* ( $D_2, D_3$ )

Se identifican tres configuraciones para el nivel sociedad ( $S_3, S_4, S_5$ ).  $S_3$  corresponde al período 1941-1976, caracterizado por medidas políticas, económicas y sociales destinadas a la industrialización y a la incorporación de la clase trabajadora a la economía, la sociedad y la política nacional.  $S_4$  corresponde al período 1976-1983, marcada por el Proceso de Reorganización Nacional (1976), el cual produjo cambios profundos en todos los niveles de la sociedad, con un impacto directo en la educación: las instituciones educativas se vieron afectadas por la designación de cargos a personal del ejército argentino.  $S_5$  corresponde al período 1983-1993, caracterizado por el retorno de un gobierno democrático y la consiguiente reorganización del sistema educativo nacional, que sentó las bases para la reforma que daría lugar a la Etapa 3.

Con relación a la Escuela, en esta etapa el sistema medio argentino estaba dividido en Enseñanza Media Básica (que unifica los tres primeros años de  $E_1, E_2$  y  $E_3$ ) y Enseñanza media Especial (Bachilleratos, Magisterios, Comercial e Industrial). En 1968 se suspendió la inscripción para las  $E_2$  (magisterio) debido a la creación del Bachillerato con Orientación Pedagógica, y en 1970 se aprobó el plan de estudios de la carrera “Profesorado de Nivel Elemental” trasladando la formación de docentes al nivel terciario. En 1972 se estableció que, luego de aprobar el Ciclo Básico en los Bachilleratos con Orientación Docente, correspondían dos años más en el nivel terciario para obtener el título de “Profesor para la Enseñanza Primaria”. Se define así una escuela  $E_5$  que corresponde a los bachilleratos (tanto el común como los orientados, incluyendo la formación docente).

En el nivel pedagogía, los cambios se definen con el Plan Rothe que establece, en 1941, un CBC para Bachilleratos y Magisterios de tres años, complementado con un Ciclo Superior de dos años. Desde 1949 el Segundo Ciclo del Bachillerato se divide en tres especialidades: Letras, Ciencias Biológicas y Ciencias Físico-Matemáticas. La carga horaria en los DC de 1942 a 1952 es de 30 horas semanales. En 1953 rige un plan común para los primeros tres años de Bachilleratos, Magisterio y Comercial. Hacia 1975 desaparecen los Magisterios y se crean los Bachilleratos Orientados, que incluyen orientación pedagógica y agraria. Este cambio marca el fin de las instituciones exclusivas para la formación de docentes (las Escuelas Normales ( $E_2$ )) cuya función es absorbida por los Bachilleratos. Desde 1988 se incorpora una nueva especialización: bachillerato y perito mercantil, trasladando también la enseñanza comercial a los Bachilleratos Orientados, con una duración de 5 años y orientados a la preparación para estudios terciarios. En esta etapa la enseñanza se amplía a 6 años, se establecen nuevas especialidades y se incorporan cursos en horarios diurnos y nocturnos. Se identifica así una pedagogía  $P_5$  que comprende a todos los Bachilleratos, incluida la enseñanza Comercial.

En los niveles disciplina y área se identifican cambios significativos: desde 1975 corresponde estudiar Matemática como disciplina unificada, y no por áreas separadas como habría ocurrido hasta entonces. Como se sintetiza en la Tabla 6, hasta 1972 existía distinción por áreas. Este cambio produce una disminución de la carga horaria de matemática. Los bachilleratos especializados y el plan de 1988 consolidan la desaparición del estudio de áreas de matemática como materias diferenciadas. Desde entonces, geometría se estudia como un bloque dentro del espacio curricular “matemática”. Es decir, lo que cambia no es la disciplina sino la desaparición explícita de las áreas, razón por la cual se identifica una  $D_2$  para esta etapa. Para las Escuelas Industriales ( $E_4$ ), la situación es diferente: sin bien en el plan de 1942 el área a estudiar es “matemática”, en 1969 se agrega análisis matemático y matemática aplicada,

áreas específicas de estas escuelas. Dado que la carga horaria de matemática es considerablemente mayor que en las demás instituciones, se identifica una D3 para las Escuelas Industriales.

**Tabla 6**

*Descripción de los niveles disciplina, área y sector para la Etapa 2*

| Escuela                                                  | Disciplina | Área      | Sector                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------|------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bachilleratos ( $E_5$ ) y Escuelas de Comercio ( $E_3$ ) | Matemática | Geometría | (+) vectores, grupo, anillo y cuerpo, simetrías, proyecciones, transformaciones en el plano                                              |
| Escuelas Industriales ( $E_4$ )                          |            |           | (-) figuras curvilíneas y mistilíneas, figuras ovales y espirales, evolventes y evolutas, cicloide, epicicloide, escalas<br>(+) vectores |

Fuente. Los Autores

De la tabla 6, podemos determinar que los sectores involucrados en los DC durante esta etapa no varían significativamente en los Bachilleratos y las Escuelas de Comercio, pero si aparecen nuevos saberes (señalados en la tabla con (+)) tales como: “simetrías”, “proyecciones”, “vectores” y “grupo, anillo y cuerpo”.

La parábola se incluye en los DC para las Escuelas de Comercio ( $E_3$ ) y los Bachilleratos ( $E_5$ ) dentro del sector “cónicas”, en coincidencia con lo propuesto en la Etapa 1. Esto confirma que el lugar geométrico de la parábola constituye uno de los temas invariantes en el bloque de geometría a lo largo de las etapas analizadas. Para ilustrar cómo se proponía enseñar este tema en estas escuelas, se seleccionan dos libros de texto representativos: uno correspondiente a los primeros años de la etapa y otro al final de la misma. La Figura 3 corresponde al libro seleccionado para los primeros años.

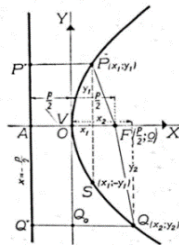
El libro comienza con la definición de parábola como lugar geométrico, e introduce los elementos fundamentales: directriz, foco, eje, vértice y parámetro. Se incluye la construcción mecánica de la curva con regla y escuadra, y la construcción por puntos dada una recta y un punto exterior a esta. Se realizan las demostraciones para obtener la ecuación de la parábola  $y^2 = 2px$  y como corolario se demuestra que  $x^2 = 2py$ . Además se explican características de la curva, por ejemplo la simetría respecto a su eje, otras formas equivalentes de la ecuación, la ecuación de la parábola de vértice con eje paralelo a uno de los coordenados y parámetro  $p$ , la construcción dados el eje, el vértice y un punto de la misma, la función racional entera de segundo grado y su representación gráfica, la ecuación de la tangente y la definición y ecuación de la normal en uno de sus puntos. Se explican también la propiedad focal de la parábola y la propiedad fundamental de la normal y de la tangente, se definen la secante, cuerda, diametrales y diámetros. Este tratamiento se caracteriza por una notable exhaustividad matemática: cada propiedad es demostrada y cada procedimiento es justificado, lo que supone un nivel de rigor que contrasta significativamente con el de los libros de etapas posteriores. Cabe destacar además la articulación entre geometría sintética y geometría analítica: el libro trabaja simultáneamente con construcciones geométricas y con la ecuación algebraica de la curva, mostrando una integración entre lo geométrico y lo algebraico que, como se verá, irá desapareciendo progresivamente en las etapas siguientes. Asimismo, se analiza el movimiento de un proyectil en el vacío como aplicación de la parábola, lo que evidencia que en esta etapa el estudio del lugar geométrico se inscribe en un contexto que integra geometría sintética, geometría analítica y aplicaciones físicas. Esta riqueza en el tratamiento del saber contrasta notablemente con la reducción progresiva que se observará en las etapas siguientes.

**Figura 3**

*Lugar geometrico de la parábola desde la propuesta de los libros de texto de los primeros años de la etapa 2.*



✖ S2. Ecuación de la parábola. — La ecuación de toda parábola de parámetro  $p$ , referida a un sistema de coordenadas cartesianas, ortogonales cuyo origen coincida con el vértice y en el que la recta del eje de las abscisas coincida con el de la parábola, es de la forma



$$y^2 = 2px$$

En efecto: como el vértice, que es el punto medio de la distancia del foco  $F$  a la directriz  $d$ , coincide con el origen  $O(0; 0)$  de los ejes, resulta que las coordenadas del foco son  $(\frac{p}{2}; 0)$  y que la

ecuación de la directriz  $d$  es  $x = -\frac{p}{2}$ .

Luego, si  $P(x_1; y_1)$  es un punto cualquiera de la parábola dada y  $P'(-\frac{p}{2}; y_1)$  es su proyección sobre la directriz, se tiene por definición que:

$$\overline{PP'} = \overline{PF}$$

Aplicando la fórmula de la medida de la distancia entre dos puntos (n° 24)

$$\left| \sqrt{\left(-\frac{p}{2} - x_1\right)^2 + (y_1 - y_1)^2} \right| = \left| \sqrt{\left(\frac{p}{2} - x_1\right)^2 + (0 - y_1)^2} \right|$$

o sea  $\frac{p}{2} + x_1 = \sqrt{\left(\frac{p}{2} - x_1\right)^2 + y_1^2}$

Elevando al cuadrado se tiene:

$$\left(\frac{p}{2} + x_1\right)^2 = \left(\frac{p}{2} - x_1\right)^2 + y_1^2$$

Por los puntos  $M, M', M'', M''', \dots$  de la  $\overrightarrow{VF}$  se trazan las rectas  $m, m', m'', m''', \dots$  paralelas a la directriz  $d$ , y se las corta con las circunferencias de centro  $F$  y radios  $\overline{MA}, \overline{M'A}, \overline{M''A}, \overline{M'''A}, \dots$  respectivamente, obteniéndose los puntos  $P$  y  $P'$ ;  $Q$  y  $Q'$ ;  $R$  y  $R'$ ;  $S$  y  $S'$ ,  $\dots$  que pertenecen a la parábola de directriz  $d$  y foco  $F$ .

En efecto: para un punto cualquiera,  $P$  por ejemplo, de los obtenidos, resulta:

distancia de  $P$  a  $d = \overline{PP'} = \overline{MA}$  por ser  $m \parallel d$

distancia de  $P$  a  $F = \overline{PF} = \overline{MA}$  por construcción

luego  $\overline{PP'} = \overline{PF}$  o sea  $P$  equidista de  $d$  y de  $F$ .

Se dice que un punto es interior a una parábola cuando su distancia al foco es menor que su distancia a la directriz; y se dice que es exterior cuando su distancia al foco es mayor que su distancia a la directriz. Así, en la figura el punto  $I$  es interior porque

en  $\triangle IPF$  es  $\overline{IF} < \overline{IP} + \overline{PF}$  y como  $\overline{PF} = \overline{PP'}$  por def. parábola resulta

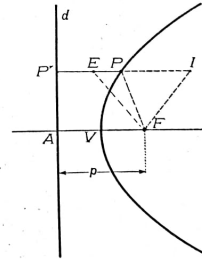
$$\overline{IF} < \overline{IP} + \overline{PP'} \text{ o sea } \overline{IF} < \overline{IP'}$$

En cambio, el punto  $E$  es exterior porque en

$$\triangle EFP \text{ es } \overline{EF} > \overline{PF} - \overline{PE}$$

y como  $\overline{PF} = \overline{PP'}$

resulta  $\overline{EF} > \overline{PP'} - \overline{PE}$  o sea  $\overline{EF} > \overline{EP'}$



— 211

Fuente. Imagen tomada de Cabrera y Medici (1967)

Figura 4

Lugar geometrico de la parábola desde la propuesta de los libros de texto de los últimos años de la etapa 2.

## 2

### Hipérbola

Si a partir de dos focos  $F, F'$  que distan entre sí  $\overline{FF'} = 2a$  se toman puntos  $X$  tales que  $\overline{XF} - \overline{XF'} = 2a$  o bien  $\overline{XF} = 2a$  (siendo  $a$  un valor constante), se tienen dos ramas de curva, que en su conjunto se dice que constituyen una hipérbola.

La hipérbola es el conjunto de los puntos del plano cuyas distancias a dos puntos fijos  $F, F'$ , llamados focos, es constante.

Se puede dibujar por puntos, tomando a partir de  $F, F'$  como centros, arcos de radio  $\overline{FX}$ ,  $\overline{F'X}$  tales que  $\overline{FX} - \overline{F'X} = 2a$  o bien  $\overline{FX} = 2a$ .

Las ramas de la hipérbola se aproximan a dos rectas  $CD, EF$  que se llaman las asíntotas de la hipérbola.

Los puntos  $A, B$  en que la hipérbola corta a la recta  $FF'$  se llaman los vértices de la hipérbola, y se cumple  $\overline{AB} = 2a$ .

### Para analizar

Una hipérbola importante es la gráfica de la función  $y = k/x$ , para cualquier valor constante de  $k$ . Las dos asíntotas son, en este caso, los dos ejes  $x, y$ . Tomando por ejemplo,  $k = 2$ , puedes hacer una tabla de valores de la función  $y = 2/x$ . Uniendo los puntos correspondientes por un trazo continuo, tendrás la hipérbola.

## 3

### Parábola

Considera una recta vertical (el eje  $y$ ) y una horizontal como el eje  $Ox$  de la figura. Además, elige un punto  $F$  (que llamaremos foco) sobre  $Ox$ .

Se trata ahora de dibujar puntos  $X$  tales que su distancia al eje  $Oy$  sea igual a su distancia al foco, o sea  $\overline{HX} = \overline{XF}$ . Hay infinitos puntos en estas condiciones, entre ellos el punto medio  $A$  de  $OF$ . Puedes dibujar unos cuantos puntos trazando paralelas al eje  $y$ , y luego tomando con el compás y con centro en  $F$  las distancias  $\overline{XF} = \overline{HX}$ . Si luego unes todos estos puntos con un trazo continuo, tendrás dibujada una curva que se llama parábola, de la

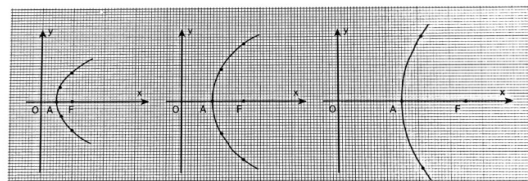
cual  $F$  es el foco y la recta  $Oy$  la directriz. La recta  $Ox$  es el eje de la parábola y  $A$  el vértice de la misma.

Se llama parábola al conjunto de puntos  $X$  del plano cuyas distancias a un punto fijo  $F$ , llamado foco, es igual a la distancia a una recta también fija llamada directriz.

La parábola es una curva ilimitada, pero no tiene asíntotas como vimos que tenía la hipérbola. La parábola puede ser más o menos abierta, según sea la distancia  $OF$  del foco a la directriz.

### Dibuja

Dibuja en el cuaderno las parábolas correspondientes a  $OF = 1 \text{ cm}$ ,  $OF = 2 \text{ cm}$ ,  $OF = 4 \text{ cm}$ .



#### Antenas parabólicas

La propiedad más importante de la parábola es que, considerada como un espejo, cualquier rayo de luz paralelo al eje de la parábola, como el  $AX$ , se refleja según  $XF$ , es decir, el rayo reflejado pasa por el foco  $F$ . Esto hace que los rayos reflejados de todos los paralelos al eje, como  $A_1X_1, A_2X_2, \dots$  se condensan en el foco.

Esto vale no solamente para la parábola del plano, sino para la superficie llamada paraboloide, obtenida por rotación de la parábola plana alrededor de su eje: todos los rayos paralelos al eje que inciden sobre la parte interior del paraboloide al reflejarse pasan por el foco.

Fuente. Imagen tomada de Santaló (1992).

Sobre el final de la Etapa 2 se produce un cambio significativo que afecta tanto a la organización del saber cómo a su tratamiento matemático. Como se observa en la Figura 4, correspondiente al libro de Santaló (1992), la exhaustividad en las demostraciones y definiciones disminuye notablemente respecto del libro analizado para los primeros años de la etapa. Las propiedades de la parábola se enuncian sin el desarrollo demostrativo que las justifique, y las aplicaciones se introducen desde el principio como enunciados sin el análisis matemático correspondiente. Este cambio en el tratamiento del saber anticipa la tendencia que se consolidará en las etapas siguientes.

En este caso, el estudio de la parábola aparece en el capítulo "Las cónicas". Se propone la definición de la parábola como lugar geométrico y ejercicios para dibujar parábolas dada la distancia de los ejes al foco. Se enuncian tres propiedades de esta curva: cualquier rayo reflejado pasa por el foco, las gráficas de las funciones de la forma  $y^2 = 2p(x - p)$  y la trayectoria de un proyectil lanzado según una dirección inclinada. Sin embargo, a diferencia del tratamiento observado en los libros de los primeros años de esta etapa, no se incluye desarrollo demostrativo alguno que justifique estas propiedades.

### Etapa 3

La Etapa 3 está marcada por la sanción de la Ley Federal de Educación en 1993. El corpus documental consultado para esta etapa comprende el DC de la EGB (1999), los DC de la Educación Polimodal (1998, 1999 y 2003), las Resoluciones N° 4625/98, 13269/99 y 6247/03, y la Ley Provincial de Educación N° 11612.

En esta etapa se produce la descentralización de los servicios educativos, transfiriendo a las 23 provincias de Argentina y a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) la responsabilidad de desarrollar planes de estudio y programas de niveles jurisdiccionales. El nivel nacional determina los Contenidos Básicos Comunes (CBC) y sugiere una estructura general de espacios curriculares. Además, cada provincia debe planificar, organizar y administrar el sistema educativo de su jurisdicción y aprobar el DC de los diferentes ciclos y niveles. La Ley Federal de Educación establece también la normalización de la formación básica para las personas menores de 15 años: la primaria se organiza en tres ciclos de 9 años bajo la denominación Educación General Básica (EGB). La antigua secundaria se transforma en el 3er Ciclo de la EGB (7mo a 9no año) y en la Educación Polimodal de 3 años. Las Escuelas Técnicas dejan de tener un DC diferenciado y se redefinen como oferta complementaria.

Dado que cada provincia adopta un diseño curricular propio, el análisis se circunscribe al DC de la Provincia de Buenos Aires (Ley Provincial de Educación N° 11612 de 1995), que concentra la mayor población del país. Los cambios se sintetizan en la Tabla 7. Cabe aclarar que lo que en la tabla se denomina "áreas" corresponde en realidad a los "ejes" curriculares establecidos por la reforma, que modifica la estructura organizativa de los DC reemplazando las áreas disciplinares tradicionales por ejes temáticos transversales.

A partir del análisis de los cambios que la reforma instala en la enseñanza media, es posible caracterizar los niveles de la escala de codeterminación didáctica de la siguiente manera:

Sociedad (S6) ↔ Escuela (E6) ↔ Pedagogía (P6, P7) ↔ Disciplina (D4, D5)

En el nivel Sociedad (S6) se identifican las condiciones y restricciones que provienen de la Ley Federal de Educación y de la Ley Provincial de Educación, que transfieren el sistema escolar a las provincias, incluidas las responsabilidades económicas. Para dar cuenta de las variantes tanto a nivel nacional como jurisdiccional que impactan en las características específicas de cada provincia, se denomina S6(j) (con  $1 \leq j \leq 24$ ) a cada una de estas configuraciones particulares.

**Tabla 7**

*Descripción de los niveles escuela, pedagogía, disciplina y área para la etapa 3.*

| Escuela                                                | Año              | Pedagogía                                                                                                                                                                                                                                                                        | Área                                                                                                     | Hs              |
|--------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 3° Ciclo de la EGB y Nivel Polimodal (E <sub>6</sub> ) | 1999             | Duración: 6 años. EGB3 y Polimodal (7 modalidades).<br>Título: Bachiller<br>TTP: Equipos e instalaciones eléctricas; construcciones; electrónica; industria de procesos; informática personal y profesional; gestión organizacional; trayectos de arte; producción agropecuaria. | Número y Operaciones; nociones Geométricas; mediciones; nociones de Estadística y Probabilidad           | T: 141<br>M: 24 |
|                                                        | 2003 (Polimodal) | (-) modalidad producción de bienes y servicios.                                                                                                                                                                                                                                  | Campo numérico, algebraico y analítico; campo geométrico y analítico, campo estadístico y probabilístico | T: 144<br>M: 10 |

Fuente. Elaboración propia.

El nivel Escuela (E<sub>6</sub>) se define el 3er Ciclo de la EGB (EGB3, 7mo, 8vo y 9no) y el Nivel Polimodal, condicionado por las singularidades de cada jurisdicción. Las Escuelas Técnicas dejan de tener un DC diferenciado, como había ocurrido hasta entonces, y quedan situadas como oferta complementaria a la formación general de carácter optativo. Se crean los Trayectos Técnicos Profesionales (TTP), talleres de especialidad de carácter obligatorio para los estudiantes que cursen en Escuelas Técnicas.

Se identifican dos pedagogías: P6 correspondiente a la EGB3 obligatorio y P7 correspondiente al Polimodal de tres años de carácter no obligatorio. Las materias del DC se denominan "áreas curriculares". La carga horaria semanal es de 22 módulos (cada uno equivale a 60 minutos) por año lo que representa una disminución considerable respecto de las 30 horas semanales de la Etapa 2. Para el Polimodal, los saberes se integran en "espacios curriculares" y la carga horaria es de 25 módulos semanales por año.

En el nivel Disciplina, solo corresponde matemática tanto en la EGB3 como en el Polimodal, identificándose una D4 y una D5 según cada nivel. D4 corresponde a la matemática de la EGB3, propuesta a partir de los ejes: Número y Operaciones, Nociones Geométricas, Mediciones, Nociones de Estadística y Probabilidad, Campo Tecnológico y Formación Ética. D5 corresponde a la matemática del Polimodal: en el DC de 1999 no corresponde estudiar matemática en 3er año, situación que se modifica a partir del DC de 2003. En este último, matemática se organiza a partir de los bloques numérico, algebraico y analítico; geométrico y analítico; y estadístico y probabilístico. Dado el nivel de generalidad con que se presentan estos bloques en el DC, no es posible determinar con precisión el tiempo dedicado al estudio de los saberes geométricos.

**Tabla 8**

*Descripción de los niveles escuela, disciplina, área y sector para las escuelas de la etapa 3*

| Escuela                     | Disciplina | Área                             | Sector                                                                    |
|-----------------------------|------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| EGB3 (E <sub>6</sub> )      | Matemática | Nociones Geométricas- Mediciones | (-) Superficie esférica, superficie de revolución, grupo, anillo y cuerpo |
| Polimodal (E <sub>6</sub> ) |            | Campo geométrico y analítico     | (+) Grafos                                                                |

Fuente. Elaboración propia

Si bien en esta etapa se definió una única escuela (E<sub>6</sub>), resulta necesario distinguir entre la EGB3 y el Polimodal debido a que los DC proponen áreas y sectores diferenciados para cada nivel.



En los niveles área y sector, la geometría se organiza dentro de los campos “Nociones geométricas”, “Mediciones” y “Campo geométrico”. En términos generales, los sectores conservan una estructura similar a la de las etapas anteriores, aunque se identifican algunas modificaciones. Desaparecen contenidos como superficie esférica y de revolución y las nociones de grupo, anillo y cuerpo, mientras que se incorporan los grafos en 3er año del Polimodal. Estos cambios permiten sostener que los saberes geométricos no desaparecen de los DC, aunque sí se transforman tanto en su organización como en el nivel de explicitación con que son presentados. Por ejemplo, la parábola continúa incluida en 2do año del Polimodal dentro del sector “cónicas”. Sin embargo, el DC de 2003 reduce considerablemente las precisiones sobre este saber en comparación con las etapas anteriores. El documento se limita a mencionar el estudio de las cónicas dentro del campo geométrico, sin especificar contenidos, propiedades, procedimientos ni orientaciones para su enseñanza.

El libro representado en la Figura 5 constituye un ejemplo de esta reducción del tratamiento geométrico. Allí, el tema “parábola” aparece incluido en el capítulo “Vectores, ecuaciones de la recta y cónicas”, evidenciando además una creciente subordinación de lo geométrico a los desarrollos algebraicos y analíticos.

**Figura 5**

Lugar geometrico de la parábola desde la propuesta de los libros de texto de la E3.

**La parábola**

Observen el gráfico de una parábola de foco  $F$  y recta directriz  $D$ .

- Completen la tabla teniendo en cuenta que la distancia desde cada punto  $Q$  hasta la recta  $D$  se calcula sumando a la abscisa de  $Q$  la distancia que hay entre la recta  $D$  y el eje  $y$ .

| $Q$                        | $d(Q, F)$ | $d(Q, D)$ |
|----------------------------|-----------|-----------|
| $(0; 0)$                   |           |           |
| $(1; 4)$                   |           |           |
| $(\frac{1}{2}; -\sqrt{8})$ |           |           |
| $(4; -8)$                  |           |           |

Observen los resultados que obtuvieron y completen la siguiente definición.

Una parábola es el conjunto de puntos del plano que ..... de un ..... fijo o foco  $F$  y de una ..... fija  $D$ , llamada directriz.

Fuente. Imagen tomada de Kaczor, et al. (1999)

La Figura 5 permite identificar la consolidación de una tendencia que ya comenzaba a manifestarse al final de la etapa anterior: la reducción de la exhaustividad matemática en el tratamiento de los saberes geométricos. Desaparecen las definiciones formales, las demostraciones y, en general, los procedimientos de justificación matemática que caracterizaban a los textos de las etapas previas.

En este caso, el libro introduce las secciones cónicas mediante una explicación predominantemente gráfica y numérica. A partir de representaciones en el plano cartesiano, se espera que el lector deduzca las características de la parábola y complete las definiciones a partir de ejemplos numéricos. Este cambio evidencia un desplazamiento desde un tratamiento geométrico-deductivo hacia un abordaje esencialmente analítico y operacional. Asimismo, el estudio queda restringido a parábolas con vértice en el origen de coordenadas y foco situado sobre alguno de los ejes cartesianos. Se presentan únicamente casos particulares: parábolas con foco sobre el eje  $y$  y directriz paralela al eje  $x$ , asociadas a la ecuación  $x^2 = 2py$ ; y parábolas con foco sobre el eje  $x$  y directriz paralela al eje  $y$ , representadas mediante la

ecuación  $y^2 = 2px$ . Sin embargo, estas expresiones aparecen sin definiciones previas ni desarrollos demostrativos que justifiquen las propiedades involucradas.

#### Etapa4

La Etapa 4 se define a partir de la sanción e implementación de la Ley de Educación Nacional N° 26.206 del año 2006. El análisis se realiza a partir de las leyes nacionales y provinciales vinculadas al sistema educativo, de la Ley de Educación Técnico Profesional y de los DC correspondientes a la Educación Secundaria Básica (ESB), al Ciclo Superior de la Escuela Secundaria (ESS) y a la Educación Secundaria Técnica.

La Ley de Educación Nacional restablece una escuela secundaria obligatoria de seis años, organizada en dos ciclos: un Ciclo Básico (ESB) de tres años, común a todas las orientaciones, y un Ciclo Superior Orientado (ESS) también de tres años. Por su parte, las escuelas técnicas —que en la etapa anterior habían quedado subsumidas en la estructura del Polimodal mediante los Trayectos Técnico Profesionales (TTP)— recuperan un diseño curricular específico a partir de la sanción de la Ley de Educación Técnico Profesional en 2005, que establece una formación de siete años de duración.

La Tabla 9 sintetiza las principales características de la escuela secundaria actual en la Provincia de Buenos Aires, jurisdicción seleccionada para el análisis.

**Tabla 9**

*Descripción de los niveles escuela, pedagogía y área para la etapa 4.*

| Escuela                                | Año  | Pedagogía                                                                                   | Área                                                                                                                                                        | Hs                    |
|----------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Educación Secundaria ( $E_7$ )         | 2006 | Duración: 6 años<br>Orientaciones: 8 modalidades<br>Diploma: "Bachiller" (en la modalidad). | Geometría y Magnitudes (Geometría y Álgebra a partir de 4° año),<br>Números y operaciones.<br>Álgebra y estudio de funciones.<br>Probabilidad y Estadística | T:<br>150<br>M:<br>22 |
| Educación Secundaria Técnica ( $E_8$ ) | 2018 | Duración: 7 años<br>Diploma: Técnico (según las 16 modalidades)                             | (+) análisis matemático y matemática aplicada                                                                                                               | T:<br>232<br>M:<br>22 |

Fuente. Elaboración propia

Los cambios que instala la Ley de Educación Nacional pueden describirse mediante la escala de niveles de codeterminación didáctica de la siguiente manera:

Sociedad (S7) ↔ Escuela (E7, E8) ↔ Pedagogía (P8) ↔ Disciplina (D6, D7)

En el nivel sociedad (S7) operan las condiciones y restricciones derivadas de la Ley de Educación Nacional y de la Ley de Educación Técnico Profesional. La primera restablece una escuela secundaria obligatoria de seis años, organizada en un Ciclo Básico (ESB) y un Ciclo Superior Orientado (ESS). A partir de 2007 comienzan a implementarse progresivamente los nuevos DC, incorporándose un año curricular por ciclo lectivo. Por su parte, la Ley de Educación Técnico Profesional, sancionada en 2005, redefine la formación técnica secundaria mediante un trayecto de siete años, con el propósito de preservar la especificidad y calidad de la formación técnico-profesional.

En el nivel Escuela se distinguen dos configuraciones institucionales: la Escuela Secundaria (E7) , organizada en seis años divididos en ESB y ESS con ocho orientaciones posibles, y la Escuela Secundaria Técnica (E8). Aunque las finalidades del Ciclo Básico son comunes a todas las modalidades, se diferencian ambas escuelas debido a que los DC del Ciclo Superior presentan organizaciones curriculares específicas.

En las E8, el trayecto formativo se extiende a siete años, de modo que el Ciclo Superior comprende cuatro años e incluye el 7mo año de especialización técnica. Además, la organización curricular se estructura en tres campos de formación: Formación General, Formación Científico-Tecnológica y Formación Técnica Específica. Esta diferenciación institucional reintroduce una especificidad curricular para la educación técnica, que había sido atenuada durante la etapa anterior con la integración de las escuelas técnicas al Polimodal mediante los Trayectos Técnico Profesionales.

En el nivel de la Pedagogía (P8), el rasgo central es la obligatoriedad de la ESS, establecida con el propósito de garantizar la escolarización de todos los jóvenes. En las E7, la carga horaria promedio es de cinco horas diarias y el título otorgado corresponde al de “Bachiller” según la orientación cursada. Por su parte, las E8 extienden la duración de la escolaridad a siete años y amplían la carga horaria diaria a aproximadamente siete horas. El título otorgado es el de “Técnico” en la especialidad correspondiente. Estas diferencias evidencian una configuración pedagógica específica para la educación técnica, vinculada tanto a la duración de la formación como a la intensidad de la preparación técnico-profesional.

En el nivel de la Disciplina (D6, D7), las principales transformaciones se observan en la ESS. En E7 matemática se propone entorno a cuatro ejes: Geometría y Magnitudes (Geometría y Álgebra a partir de 4to año), Números y operaciones, Álgebra y estudio de funciones y Probabilidad y Estadística. En E8, a partir de 4° año “matemática” es reemplazada por Análisis Matemático y Matemática Aplicada. La carga horaria es la misma para ambas escuelas. En relación con el bloque Geometría, no se identifican diferencias sustanciales entre ambas escuelas. Por este motivo, en la Tabla 10 se presenta una única fila para describir los niveles área y sector correspondientes.

**Tabla 10**

*Descripción de los niveles disciplina, área y sector para las escuelas de la etapa 4*

| Escuela                                                                             | Disciplina | Área                                          | Sector                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Escuela Secundaria (E <sub>7</sub> ) y Escuela Secundaria Técnica (E <sub>8</sub> ) | Matemática | Geometría y Magnitudes o Geometría y Álgebra. | (-) Proyecciones y perspectiva, vectores, grafos.<br>(+) Noción de fractal |

Fuente. Elaboración propia

De la tabla 10 se desprende que dejan de formar parte de la propuesta curricular saberes como vectores, proyecciones y grafos, mientras que en 6to año se incorpora el sector “noción de fractal”. En relación con el caso de estudio seleccionado, la parábola aparece incluida dentro del sector “lugar geométrico” correspondiente al área “Geometría y magnitudes” en 4to y 5to año de la E7 y también la parábola como la gráfica de la función cuadrática en el eje Álgebra y estudio de las funciones, asociada a la representación gráfica de la función cuadrática. El libro de la Figura 6 se selecciona para ejemplificar las características de esta etapa.

En el libro analizado, el estudio de la parábola como lugar geométrico se incluye dentro del capítulo “Función cuadrática”, lo que ya evidencia un desplazamiento del tratamiento geométrico hacia un enfoque predominantemente funcional y algebraico. El tema se introduce mediante la definición de parábola y la presentación de algunas de sus características principales —eje de simetría, vértice, distancia focal, directriz y lado recto— acompañadas por ejemplos numéricos y por las ecuaciones canónicas correspondientes a los casos en que el eje focal es paralelo al eje x o al eje y. El capítulo concluye con actividades de aplicación centradas en el uso operativo de las fórmulas presentadas.

**Figura 6**

*Lugar geometrico de la parábola desde la propuesta de los libros de texto de la E4*

### La parábola como lugar geométrico

En este apartado estudiaremos la parábola como un conjunto de puntos cuyas distancias a ciertos elementos fijos cumplen determinadas relaciones.

Dada una recta denominada **directriz**  $d$  y un punto exterior a ella (llamado **foco**  $F$ ), la parábola es el lugar geométrico de los puntos del plano que equidistan de esa directriz y ese foco. Es decir, es el conjunto de los puntos cuya distancia a  $d$  y a  $F$  es la misma.

#### Características de las parábolas

- El eje de simetría es perpendicular a la directriz y contiene el vértice y el foco, por eso se lo llama **eje focal**.
- Ese eje puede ser paralelo al eje  $x$ , al eje  $y$  o estar inclinado.
- La distancia a la directriz se mide perpendicular a ella.
- El vértice es el punto de la parábola que está a la mínima distancia de la directriz y el foco. Se la llama **distancia focal** y se la simboliza con  $|p|$ .
- El segmento paralelo a la directriz, que pasa por el foco y está limitado por la parábola se llama **lado recto**. Su longitud es igual a  $4|p|$ .

#### Ecuación canónica de la parábola

| Cuando el eje focal es paralelo al eje $x$                                                                            | Cuando el eje focal es paralelo al eje $y$                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $(y - y_0)^2 = 4p(x - x_0)$<br><br>$p > 0$ $p < 0$<br>$V = (x_0, y_0); F = (x_0 + p, y_0); d \rightarrow x = x_0 - p$ | $(x - x_0)^2 = 4p(y - y_0)$<br><br>$p > 0$ $p < 0$<br>$V = (x_0, y_0); F = (x_0, y_0 + p); d \rightarrow y = y_0 - p$ |

**EJEMPLO:**  
La distancia del vértice  $V = (-1; -4)$  de una parábola al foco mide 5 unidades. Halla la ecuación de esa parábola sabiendo que es cóncava hacia arriba.

- Por dato:  $V = (-1; -4)$  y  $|p| = 5$ . Por ser cóncava hacia arriba, la directriz es paralela al eje  $x$  y  $p > 0$ . Entonces,  $p = 5$ .
- Reemplazamos los datos:  $(x + 1)^2 = 4 \cdot 5 \cdot (y + 4)$ .

La ecuación de la parábola es  $(x + 1)^2 = 20(y + 4)$ .

En forma desarrollada:  $x^2 + 2x + 1 = 20y + 80 \rightarrow x^2 + 2x - 20y - 79 = 0$

**EJEMPLO:**  
Halla la ecuación general de una parábola si su vértice es  $V = (-3; 5)$ , la longitud de su lado recto es 32 y es cóncava hacia la izquierda.

- Como su lado recto mide 32:  $4|p| = 32 \rightarrow |p| = 8$
- Como es cóncava hacia la izquierda, el eje focal es paralelo al eje  $x$  y  $p < 0$ .
- Hallamos la ecuación general a partir de la ecuación canónica:  
 $(y - 5)^2 = 4(-8)(x + 3) \rightarrow (y - 5)^2 = -32(x + 3)$   
 $y^2 - 10y + 25 = -32x - 96 \rightarrow y^2 - 10y + 32x + 121 = 0$

**EJERCICIOS:**

- Determina la ecuación de cada parábola.
 

a.

b.
- Si el vértice de la parábola es  $V = (7; 1)$  y el foco  $F = (7; -4)$ , halla la ecuación general de la parábola.
- Determina la ecuación general de la parábola de vértice  $V = (2; 3)$  que pasa por el punto  $(0; 5)$  y cuyo eje focal es paralelo al eje  $y$ .
- Halla la ecuación canónica de una parábola que tiene como foco  $F = (-2; 0)$ . ¿Es única?
- Si en la parábola del esquema intercambiamos de lugar el foco con la directriz, ¿cómo cambiarían el gráfico y la ecuación canónica?
- Determina el vértice, el foco y la directriz de la parábola  $y^2 + 2y + 8x + 1 = 0$ . Te conviene graficarla previamente en GeoGebra.

Fuente. Imagen tomada de Mendoza et. Al. (2017)

A diferencia de lo observado en las Etapas 1 y 2, las definiciones y expresiones algebraicas no se acompañan de desarrollos demostrativos ni de explicaciones geométricas que permitan justificar las propiedades involucradas. El tratamiento del saber queda reducido a la enunciación de definiciones y al uso instrumental de fórmulas en ejercicios numéricos. En este sentido, la parábola aparece más vinculada al estudio de funciones y al tratamiento algebraico-numérico que al análisis geométrico de sus propiedades como lugar geométrico. La Figura 6 permite así identificar un nuevo indicio del problema analizado: la progresiva reducción de la geometría a un tratamiento numérico y algebraico, fenómeno que podría estar asociado a las transformaciones presentes en los libros de texto que funcionan como referencia para la enseñanza.

## 5. Conclusiones

El análisis realizado permitió identificar transformaciones en el lugar otorgado a la geometría en los diseños curriculares de la escuela secundaria argentina entre 1863 y la actualidad. A partir de la escala de niveles de codeterminación didáctica, se organizaron cuatro etapas históricas asociadas a las principales reformas del sistema educativo argentino, lo que posibilitó describir cambios tanto en la estructura institucional de la escuela secundaria como en la organización del saber matemático.

En los niveles superiores de la escala (sociedad ↔ escuela ↔ pedagogía), los resultados muestran que las reformas educativas modificaron progresivamente la estructura de la enseñanza secundaria, la duración de la escolaridad obligatoria, la organización curricular y la carga horaria destinada a la matemática. En particular, se observa el pasaje desde una organización fragmentada en áreas específicas —como aritmética, álgebra y geometría— hacia una disciplina unificada y posteriormente estructurada en ejes o campos curriculares.

En los niveles disciplina ↔ área ↔ sector, el estudio permite afirmar que los saberes geométricos no desaparecen de los diseños curriculares analizados. Aun cuando ciertos contenidos dejan de formar parte de las propuestas oficiales y otros nuevos son incorporados, la geometría permanece presente en todas las

etapas consideradas. Las principales transformaciones identificadas se vinculan con cambios en la organización curricular de estos saberes, en el grado de explicitación de sus propiedades y en las formas de presentación del trabajo matemático.

El análisis del tema “lugar geométrico de la parábola”, utilizado como caso ejemplar, permitió describir modificaciones en los niveles inferiores de la escala (sector  tema). En las primeras etapas, los libros de texto analizados presentan un tratamiento articulado entre geometría sintética, geometría analítica y álgebra, acompañado por definiciones, demostraciones y justificaciones matemáticas explícitas. En cambio, en las etapas más recientes se observa un predominio de tratamientos algebraicos y numéricos centrados en el uso operativo de ecuaciones y ejemplos, con una disminución significativa del trabajo demostrativo y de la explicitación geométrica.

Estos resultados sugieren que las transformaciones identificadas no implican una desaparición de la geometría en los diseños curriculares oficiales, sino una reconfiguración del tratamiento del saber geométrico. En particular, el estudio aporta evidencias sobre una progresiva reducción del enfoque geométrico-deductivo en favor de abordajes algebraicos, funcionales y numéricos en los libros de texto analizados.

Finalmente, los resultados obtenidos permiten formular la hipótesis de que estas transformaciones curriculares y editoriales podrían constituir una de las condiciones que contribuyen a modificar el lugar de la geometría en la enseñanza secundaria contemporánea. No obstante, establecer relaciones con las prácticas efectivas de enseñanza requiere investigaciones específicas sobre el trabajo docente y el funcionamiento didáctico de las aulas, aspecto que excede los alcances del presente estudio.

## 6. Contribución de autores

Autor 1: recolección y análisis de datos, conceptualización, metodología, redacción, discusión de resultados.

Autor 2: análisis de datos, conceptualización, metodología, redacción, discusión de resultados.

Ambos autores: revisión y edición.

## 7. Declaración de fuentes de financiación

Este estudio no recibió apoyo financiero de ninguna institución ni agencia de financiación.

## 8. Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses relacionado con la publicación de este artículo.

## 9. Declaración de uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que no utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa ni tecnologías asistidas por IA durante la elaboración del manuscrito.

## 10. Referencias

- Abrate, R. S.; Delgado, G. I. Y Pochulu, M. D. (2006) Caracterización de las actividades de Geometría que proponen los textos de Matemática. *Revista Iberoamericana de Educación*, 39(1), p. 1-9.  
<https://doi.org/10.35362/rie3912598>
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Chevallard, Y. (1999). El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v. 19, n. 2, pp. 221-266.

- Chevallard, Y (2001). Aspectos problemáticos de la formación docente. Disponible en [http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id\\_article=15](http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php3?id_article=15).
- Dos Santos Souza, M.; de Oliveira Dias, M (2019). Um software para a análise do desenvolvimento do pensamento geométrico segundo o modelo de Van Hiele. *Educação Matemática Debate*, 3(8), 145-170. <https://doi.org/10.24116/emd.v3n8a03>
- Gamboa, R.; Ballester, E. (2010). La enseñanza y aprendizaje de la geometría en secundaria, la perspectiva de los estudiantes. *Revista Electrónica Educare*, 14 (2), 125-142. <https://doi.org/10.15359/ree.14-2.9>
- Gascón, J. (2003) Efectos del autismo temático sobre el estudio de la Geometría en Secundaria. Desaparición escolar de la razón de ser de la Geometría. *Suma*, 44, 25-34.
- Itzcovich, H. (2005). *Iniciación al estudio didáctico de la geometría*. De las construcciones a las demostraciones. Buenos Aires: Libros del Zorzal.
- Llanos, V.C. y Otero, M. R. (2024). Análisis transpositivo en los libros de texto para la enseñanza Secundaria en Argentina en los últimos ochenta años: reformas educativas y transformaciones en el saber. *Revista Colombiana de Educación*, (93), 7-36. <https://doi.org/10.17227/rce.num93-17006>
- Otero, M. R. (2021). *La formación de profesores: recursos para la enseñanza por indagación y el cuestionamiento*. Tandil: UNICEN.
- Sánchez Chacón, J.; Iglesias Inojosa, M. (2012). El desempeño de los docentes de matemática y sus necesidades formativas. *Paradigma*, 33 (1), 155-173.
- Valles, M. S. (1999). *Técnicas cualitativas de investigación social*. Madrid: Editorial Síntesis.