



Las representaciones semióticas en el aula de matemáticas: Una revisión de literatura

Semiotic representations in the mathematics classroom: A literature review

Paola Carolina Moreno Cabeza

Universidad Antonio Nariño

pmoreno851@uan.edu.co

<https://orcid.org/0009-0002-9421-5952>

Marisella Buitrago Ramírez

Universidad Antonio Nariño

marisbuitrago@uan.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-8254-4025>

Resumen

La comprensión de los conceptos matemáticos en el contexto escolar es un desafío en la educación matemática, particularmente debido a la naturaleza abstracta del conocimiento matemático y a la necesidad de coordinar múltiples formas de representación. En este sentido, las teorías semióticas ofrecen marcos analíticos para analizar cómo los estudiantes construyen significado a través de signos, representaciones, gestos, lenguaje y artefactos. El objetivo del estudio realizado fue analizar los beneficios y desafíos de la aplicación de teorías semióticas en la educación matemática escolar. La metodología se desarrolló a partir de una revisión sistemática de literatura. Se llevó a cabo una revisión de 50 artículos de investigación publicados entre 2021 y 2024, seleccionados mediante algunos criterios del protocolo PRISMA. La búsqueda se realizó en bases de datos académicas, con estudios en inglés, español y portugués. El análisis combinó indicadores bibliométricos y un análisis cualitativo apoyado en redes semánticas. Se evidencia un predominio de la Teoría de Registros de Representación Semiótica, la Teoría de la Objetivación y el Enfoque Onto-Semiótico, así como la presencia de otros marcos semióticos emergentes. Se identifican beneficios asociados a la coordinación de registros, la mediación tecnológica y la interacción social; no obstante, persisten desafíos vinculados a la formación docente, la complejidad teórica y el riesgo de una implementación instrumental de las representaciones. Se concluye que las teorías semióticas ofrecen un marco potente para comprender el aprendizaje matemático, aunque su aplicación efectiva requiere un abordaje didáctico y formativo.

Palabras clave: semiótica, educación, matemática escolar, conocimiento matemático

Recepción: 16-11-2025 | **Aceptación:** 30-11-2025 | **Publicación:** 30-12-2025



Abstract

Understanding mathematical concepts in the school context is a challenge in mathematics education, particularly due to the abstract nature of mathematical knowledge and the need to coordinate multiple forms of representation. In this sense, semiotic theories offer analytical frameworks for analyzing how students construct meaning through signs, representations, gestures, language, and artifacts. The objective of the study was to analyze the benefits and challenges of the application of semiotic theories in school mathematics education. The methodology was developed from a systematic literature review. A review of 50 research articles published between 2021 and 2024 was carried out, selected using some criteria of the PRISMA protocol. The search was carried out in academic databases, with studies in English, Spanish and Portuguese. The analysis combined bibliometric indicators and a qualitative analysis supported by semantic networks. There is evidence of a predominance of the Theory of Semiotic Representation Registers, the Theory of Objectification and the Onto-Semiotic Approach, as well as the presence of other emerging semiotic frameworks. Benefits associated with the coordination of records, technological mediation and social interaction are identified; however, challenges remain related to teacher training, theoretical complexity, and the risk of an instrumental implementation of representations. It is concluded that semiotic theories offer a powerful framework for understanding mathematical learning, although their effective application requires a didactic and formative approach.

Keywords: semiotics, education, school mathematics, mathematical knowledge.

Received: 16-11-2025 | **Accepted:** 30-11-2025 | **Published:** 30-12-2025

Introducción

La educación matemática ocupa un lugar central en la formación académica durante la edad escolar, pues despliega en los estudiantes la capacidad para desarrollar competencias críticas como el razonamiento y la resolución de problemas. Sin embargo, uno de los retos persistentes es lograr que comprendan a profundidad los conceptos matemáticos (Coy y García, 2023b; Torres et al., 2024). En este sentido, las metodologías centradas en la transmisión de conocimiento, suelen ser insuficientes para facilitar este nivel de comprensión (Aguilar et al., 2022; Cabezas y Mendoza, 2021; Capone, 2022).

En relación con lo anterior, la semiótica, entendida como el estudio de los signos y su significado, ofrece herramientas para abordar estos retos, pues el aprendizaje matemático requiere coordinar múltiples registros de representación, como gráficos y algebraicos (Duval, 1999, 2017; Godino et al., 2024; Radford, 2006; Trujillo, 2024); esta coordinación es importante para construir significados matemáticos sólidos. Por ejemplo, en la investigación realizada por Bach et al. (2024), encontraron que los estudiantes que emplean diversas representaciones semióticas, mejoran en la comprensión de conceptos matemáticos.

Algunas investigaciones también destacan el papel de la interacción social en el aula, como las de Gomes et al. (2022), Martínez y Gualdrón (2018), Radford et al. (2023) y Vergel et al. (2022), en las que se sugiere que los significados matemáticos no se construyen de manera aislada, sino en un contexto social y cultural, lo que implica procesos de comunicación e intercambio de ideas. Además, las tecnologías emergentes han ampliado las posibilidades de aplicar teorías semióticas en el aula. En particular, herramientas como las simulaciones digitales y el software interactivo permiten a los estudiantes explorar conceptos abstractos de manera dinámica y visual, lo que facilita la manipulación de representaciones matemáticas y favorece el compromiso y la motivación estudiantil (Bach et al., 2024; Billion, 2022, 2023; Bråting y Kilhamn, 2021; Meléndez, 2024; Rivera, 2023).

Sin embargo, la implementación de teorías semióticas no está exenta de desafíos. Según Coy y García (2023), y Del Zozzo y Santi (2023), el tamaño de los grupos y la falta de formación docente en cuanto al manejo semiótico de las matemáticas, son obstáculos recurrentes. Además, Bagossi et al., (2022), Hiltrimartin et al., (2024) y Rocha y Font (2023), entre otros, señalan que la guía insuficiente por parte del docente en el uso de signos y representaciones puede llevar a malentendidos y conflictos cognitivos en los estudiantes.

Esta revisión sistemática sintetiza los hallazgos de 50 artículos indexados, publicados entre 2021 y 2024, con el propósito de responder a la pregunta: ¿Qué teorías semióticas se aplican actualmente en la educación matemática? Su objetivo es analizar los beneficios y desafíos de las teorías semióticas en contextos matemáticos escolares.

En el documento se describe la metodología realizada con algunos criterios del protocolo PRISMA (Page et al., 2021), donde se detallan los criterios de inclusión y exclusión para la

selección de los estudios. Luego, se presentan los resultados de forma cuantitativa, provenientes de los datos bibliométricos generales; y cualitativa, donde se realiza una exploración de los documentos. Asimismo, se identifican los marcos teóricos que sustentan el uso de la semiótica en el contexto matemático escolar.

Finalmente, en las conclusiones, se resumen los aspectos clave y los hallazgos, para discutir sobre los beneficios y desafíos; así como, sugerir futuras líneas de investigación que permitan optimizar la implementación de marcos teóricos sobre semióticas en el aula.

Metodología

La metodología de esta revisión sistemática sigue algunos criterios del protocolo PRISMA (Page et al., 2021), en el que se busca asegurar que la revisión sea reproducible por otros investigadores, lo que fortalece la confiabilidad de los hallazgos.

Para garantizar la relevancia y la calidad de los estudios, se usaron criterios de inclusión y exclusión (Tabla 1). Estos permitieron enfocar la revisión en investigaciones recientes, con rigor metodológico y que aporten evidencia sólida sobre las teorías semióticas en el aprendizaje de las matemáticas.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión

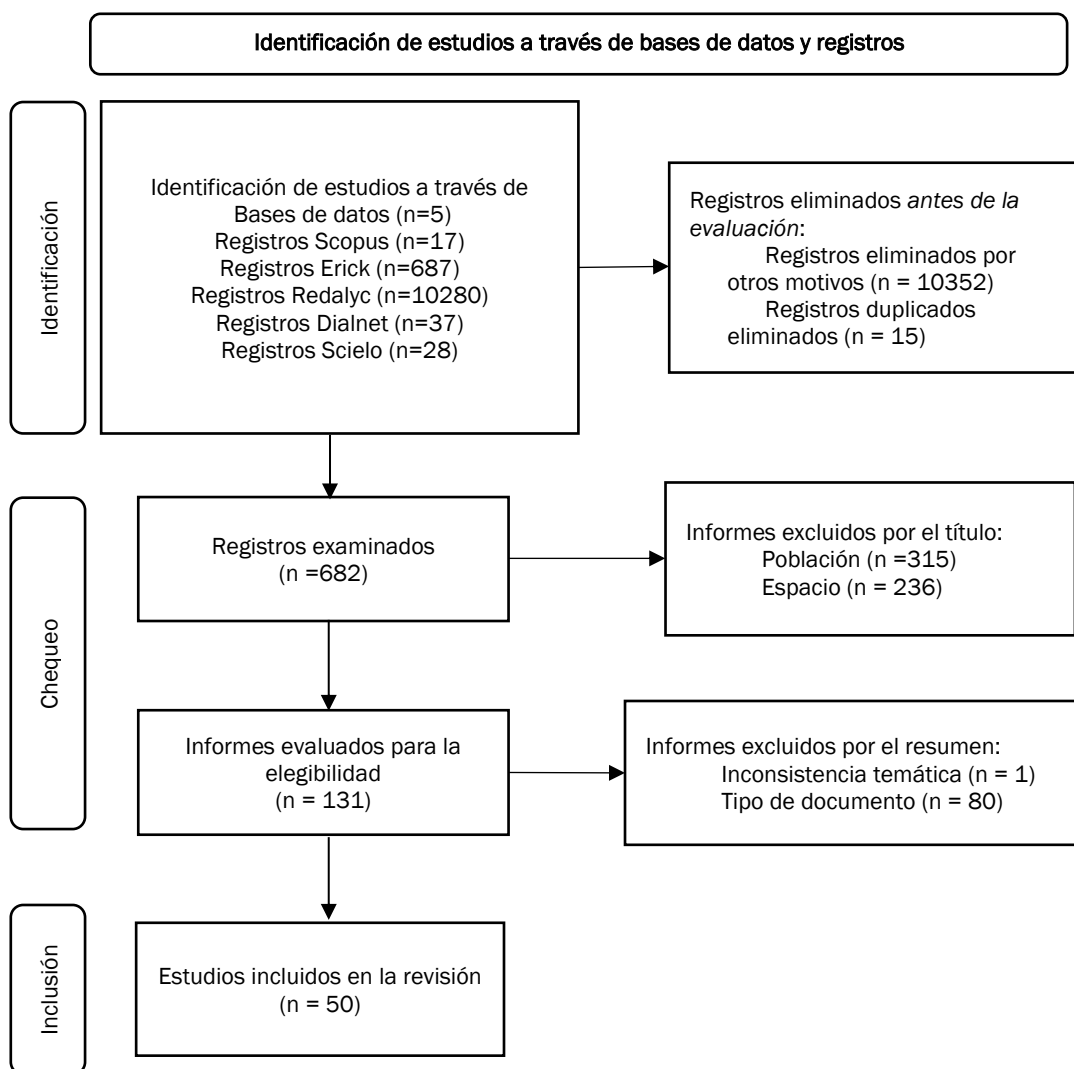
Criterios de inclusión	Criterios de exclusión por el título	Criterios de exclusión por el resumen
<ul style="list-style-type: none"> Palabras en el texto: educación, escolar, matemáticas, semiótica. Intervalo de tiempo entre 2021 y 2024. Idiomas: inglés, español y portugués. Tipo de texto: artículos de investigación. Artículos que cuenten con DOI. 	<ul style="list-style-type: none"> Por Población Estudiantes de primera infancia y universitarios. Educación preescolar, estudiantes para profesor, educación técnica y tecnológica. Por Espacio Estudios en educación virtual, híbrida, a distancia, remota. Etnoeducación. Educación Superior. 	<ul style="list-style-type: none"> Revisiones de literatura, artículos de opinión, editoriales, resúmenes de conferencias, tesis, libros y capítulos de libros. No se enfocan en estudios de semiótica. Alfabetización o programas de desarrollo especial extraescolar.

Una vez determinados los criterios de inclusión y exclusión, se consultaron bases de datos académicas, como Dialnet, Eric, Redalyc, Scielo, Scopus y Springer; para ampliar la búsqueda de estudios en diferentes idiomas y contextos geográficos.

El proceso de cribado se organizó de acuerdo con las fases propuestas por Page et al., (2021), las cuales se ilustran en la figura 1. En la fase de identificación, se realizó una búsqueda exhaustiva de estudios en bases de datos académicas, se eliminaron los duplicados y se registraron los trabajos potencialmente relevantes. Posteriormente, en la fase de selección, se efectuó una primera revisión de títulos y resúmenes con el fin de verificar el

cumplimiento de los criterios de inclusión establecidos. En la fase de evaluación de elegibilidad, se llevó a cabo una revisión detallada de los estudios, descartando aquellos que no cumplieran con los criterios definidos para la revisión. Finalmente, en la fase de inclusión, se analizaron los estudios seleccionados para asegurar que aportaran información relevante sobre los marcos teóricos de la semiótica en el aprendizaje de las matemáticas.

Figura1: Proceso de cribado en el diagrama de flujo bajo el protocolo PRISMA.



Nota. El diagrama de flujo representa el proceso de selección de estudios según criterios de inclusión y exclusión. Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Con la información seleccionada, se llevó a cabo un análisis de contenido para examinar las características generales de los documentos seleccionados en términos de indicadores bibliométricos y categorías, para responder a la pregunta orientadora y dar cuenta del objetivo de la revisión sistemática.

Datos bibliométricos

De los documentos recopilados, se identificaron siete publicaciones de 2021, quince de 2022, quince de 2023 y trece de 2024. Se muestra una predominancia del inglés y el español, con veinticuatro y veintidós documentos respectivamente, seguido del portugués con cuatro. Se tiene una concentración de diecinueve artículos provenientes de América Latina, mientras que de Europa se seleccionaron once, y del continente asiático se cuenta con cuatro.

Por otra parte, las investigaciones de tipo cualitativo predominan, con cuarenta y cuatro artículos; mientras que los enfoques cuantitativos y mixtos cuentan cada uno con tres. En cuanto a la población, se identificaron treinta y una investigaciones en educación secundaria y doce en primaria, mientras que las siete restantes no particularizan un grado escolar en particular. En las investigaciones cualitativas y mixtas, las muestras oscilan entre uno y doscientos cuarenta y cuatro estudiantes; en las investigaciones cualitativas y mixtas; mientras que las cuantitativas llegan cerca de los setenta mil participantes. Al excluir los datos atípicos, se tiene una mediana de diez y un promedio de dieciséis participantes en las investigaciones; aunque la moda es tener un único estudiante como estudio de caso.

Exploración de los documentos

En aras de responder la pregunta ¿Qué teorías semióticas se aplican actualmente en la educación matemática?, los marcos teóricos que sustentan el uso de la semiótica para el abordaje de la educación matemática, se enfatizan en la construcción de significados a través de representaciones. En la tabla 2 presenta un resumen de las categorías y los conceptos producto de la elaboración de redes semánticas con los artículos seleccionados.

La Teoría de Registros de Representación Semiótica

Entre las más recurrentes, con dieciocho artículos, se encuentra la Teoría de Registros de Representación Semiótica (TRRS) (Duval, 1999, 2017), la cual sostiene que la comprensión en matemáticas depende de la capacidad de distinguir un objeto de su representación. Según esta teoría, el aprendizaje requiere que los estudiantes reconozcan y coordinen múltiples registros de manera simultánea. Desde la perspectiva de la TRRS, un registro es un sistema de signos que puede manifestarse a través de trazos, íconos o símbolos. En este sentido, los registros constituyen distintas formas de representación y expresión del conocimiento, cada una con su propio sistema semiótico y reglas de funcionamiento.

Tabla 2: Categorización de los 50 artículos según su marco teórico.

Marco teórico (Categoría)	Conceptos	Referencia del artículo
Teoría de Registros de Representación Semiótica (Duval, 1999, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> - Conversión y tratamiento de registros - Uso de herramientas digitales y artefactos - Gestualidad y comunicación multimodal - Representaciones visuales y diagramas 	(Aguilar et al., 2022)
		(Bach et al., 2024)
		(Bagossi, Ferretti, et al., 2022)
		(Bagossi, Swidan, et al., 2022)
		(Berrío et al., 2024)
		(Bolondi y Ferretti, 2021)
		(Bråting y Kilhamn, 2021)
		(Coy y García, 2023a, 2023b)
		(Ferretti et al., 2024)
		(Fúneme, 2024)
		(Guerrero y Falk, 2023)
		(Krause y Farsani, 2022)
		(Meléndez, 2024)
		(Nunomura et al., 2023)
(Purwasih et al., 2024)		
(Rivera, 2023)		
Constructivismo Sociocultural (Vygotsky, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> - Mediación semiótica - Interacción social - Zona de Desarrollo Próximo 	(Valiero et al., 2021)
		(Hiltrimartin et al., 2024)
		(Martínez et al., 2022)
		(Shvarts y Abrahamson, 2023)
Teoría de la Objetivación (Radford, 2006; Radford et al., 2023)	<ul style="list-style-type: none"> - Gestualidad y corporalidad - Artefactos y mediación semiótica - Construcción del significado 	(Shvarts et al., 2021)
		(Del Zozzo y Santi, 2023)
		(Giberti et al., 2025)
		(González y Vergel, 2023)
		(Lasprilla et al., 2021)
		(Pantano, 2021)
Semiótica Textual Peirciana (Marafioti, 2004; Trujillo, 2024)	<ul style="list-style-type: none"> - Representaciones - Herramientas digitales - Enfoque multimodal 	(Torres et al., 2024)
		(Vergel et al., 2022)
		(Almeida et al., 2022)
		(Billion, 2022, 2023)
		(Da Silva, 2024)
Teoría del enfoque Onto-semiótico (Godino, 2022; Godino et al., 2024)	<ul style="list-style-type: none"> - Representaciones semióticas - Configuraciones onto-semióticas - Interacciones y mediaciones semióticas 	(Purwasih et al., 2023, 2024)
		(Silva y Pelaquim, 2023)
		(Turgut, 2022)
		(Erbilgin y Gningue, 2023)
		(Giayetto et al., 2024)
Teoría Lingüística Sistémico Funcional (Halliday, 1979)	<ul style="list-style-type: none"> - Metafunciones del lenguaje 	(Gusmão et al., 2023)
		(Manolino et al., 2023)
Teoría Proxémica de Hall (Breda et al., 2024)		(Mora y Palomar, 2023)
		(Uribe et al., 2022)
Teoría Semiótica de Lotman (Manolino, 2024)		(Leiva y Vidal, 2024)
		(López y Montiel, 2021)
Teoría del doble código de Paivio (Chikiwa, 2021)	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción de significado 	(Pereira, 2021)
		(Breda et al., 2024)
Enfoque Semiótico de Greimas (Krause, 2023)		(Manolino, 2024)
		(Chikiwa, 2021)
		(Krause, 2023)

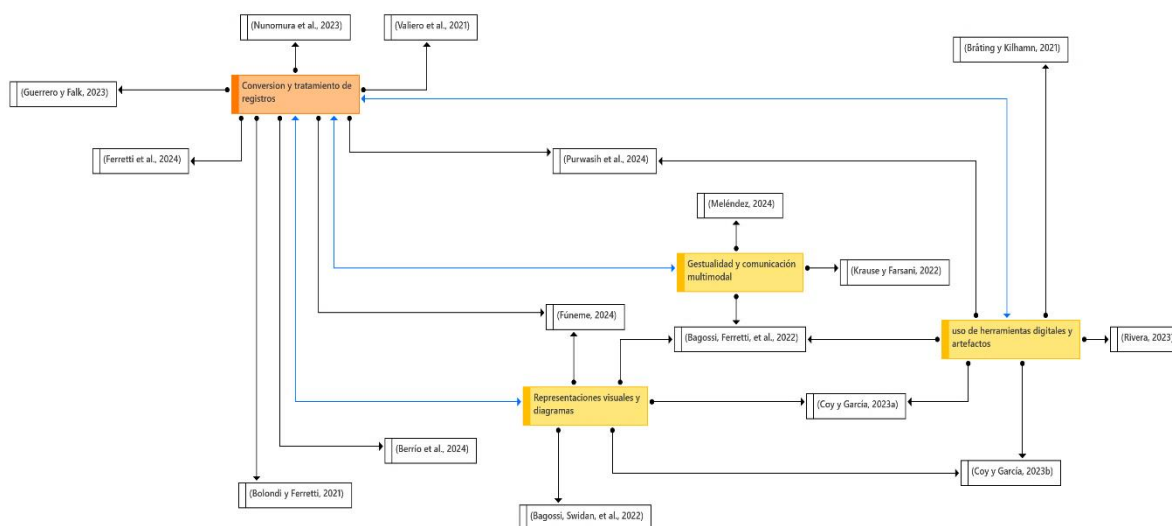
Nota. La tabla muestra las teorías semióticas encontradas en los artículos seleccionados y los conceptos generados para sus respectivas redes semánticas. Fuente: elaboración propia.

Según Duval (2017) y Fernández y Bernardis (2023), la comprensión matemática depende de la capacidad de los estudiantes para interpretar, transformar y coordinar estos registros, lo que facilita el desarrollo del pensamiento abstracto y la construcción del significado en el aprendizaje.

En este marco, los sistemas semióticos deben facilitar tres actividades cognitivas fundamentales: la formación, que consiste en generar una representación dentro de un sistema específico; el tratamiento, que implica transformar la representación según las reglas propias del sistema, lo que permite obtener nuevas representaciones y ampliar el conocimiento; y la conversión, que supone la transformación de una representación de un sistema semiótico a otro, que facilita la comprensión de significados adicionales relacionados con lo representado (Duval, 1999, 2017).

A partir de la elaboración de una red semántica con los artículos (Ver figura 2), se identificaron cuatro conceptos que se describen a continuación.

Figura 2: Red semántica de las investigaciones encontradas en la TRRS.



Nota. La red semántica muestra las interacciones entre los conceptos obtenidos de los artículos cuyo marco teórico se fundamenta en la TRRS. Fuente: Elaboración propia. Programa: ATLAS.ti versión 9.1.3.0

El concepto principal es conversión y tratamiento de registros semióticos, los estudios resaltan que estas actividades cognitivas permiten a los estudiantes transformar información de un registro de representación a otro. Por ejemplo, el pasar de una expresión algebraica a su representación gráfica o verbal, lo que fomenta la flexibilidad cognitiva y mejora la comprensión conceptual (Aguilar et al., 2022; Berrío et al., 2024; Bolondi y Ferretti, 2021; Ferretti et al., 2024; Guerrero y Falk, 2023; Nunomura et al., 2023; Valiero et al., 2021).

Las investigaciones enmarcadas en el concepto uso de herramientas digitales y artefactos, muestran cómo las tecnologías digitales tienen un espacio en la mediación

semiótica de las matemáticas (Bach et al., 2024; Bråting y Kilhamn, 2021; Purwasih et al., 2024; Rivera, 2023), pues permiten representar ideas abstractas de manera dinámica. Sin embargo, su efectividad depende de la integración pedagógica, ya que un uso inadecuado puede generar dependencia en la tecnología sin una comprensión conceptual sólida (Bagossi, Swidan, et al., 2022; Coy y García, 2023a, 2023b).

Las investigaciones asociadas al concepto representaciones visuales y diagramas, concluyen que estas constituyen herramientas para organizar y estructurar el conocimiento matemático. El uso de gráficos, esquemas, diagramas y tablas facilita a los estudiantes analizar relaciones y patrones de manera intuitiva, lo que promueve la comprensión a profundidad de los conceptos matemáticos (Coy y García, 2023a, 2023b; Fúneme, 2024). Estas representaciones favorecen la identificación de estructuras y propiedades matemáticas que pueden no ser evidentes en otras formas de registro (Bagossi, Ferretti, et al., 2022; Bagossi, Swidan, et al., 2022). No obstante, su efectividad depende de la capacidad del estudiante para interpretar correctamente los elementos visuales y establecer conexiones con otros registros semióticos.

En cuanto al concepto gestualidad y comunicación multimodal, las investigaciones indican que la comunicación en el aula de matemáticas no se limita al lenguaje escrito o verbal; el uso de gestos y otros recursos multimodales son esenciales para la construcción del conocimiento. Se resalta que el movimiento de las manos, los esquemas trazados en el aire y la modulación de la voz pueden complementar el aprendizaje de conceptos abstractos (Bagossi, Swidan, et al., 2022; Krause y Farsani, 2022; Meléndez, 2024). Empero, interpretar de forma apropiada estos signos requiere una formación docente específica y una atención a la diversidad de estilos de aprendizaje.

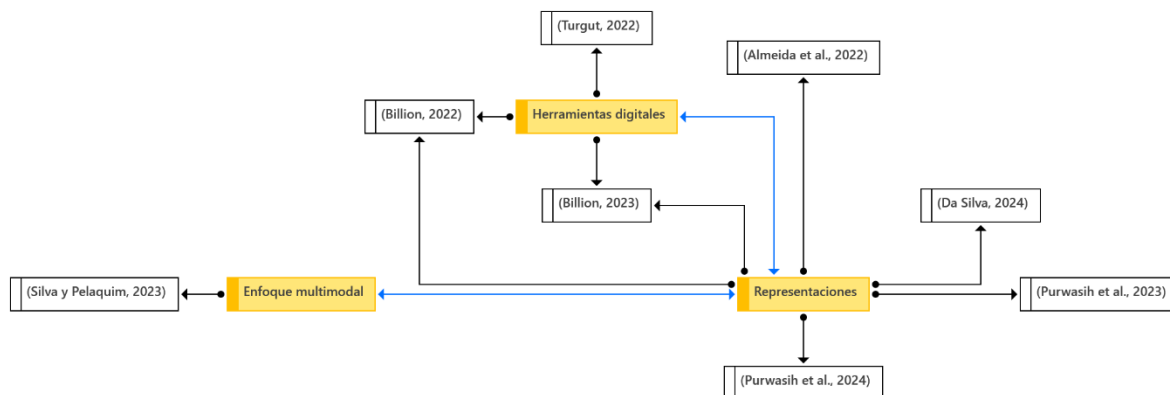
La semiótica textual de Peirce

En la red semántica presentada en la figura 3, se describe la semiótica textual de Peirce (Marafioti, 2004; Trujillo, 2024) desde la perspectiva de ocho artículos. Esta teoría analiza cómo los signos representan significados y son interpretados en función de la construcción del conocimiento.

La semiótica textual define el signo como una relación triádica entre el ‘representamen’ (la forma del signo), el objeto (lo que representa) y el interpretante (el significado que genera el receptor). Además, clasifica los signos en íconos (cuando se asemejan a su objeto), índices (cuando tienen una conexión de causa con el objeto) y símbolos (cuando su relación con el objeto es convencional y aprendida). En este sentido, se distinguen tres niveles de interpretación: el interpretante inmediato (el significado básico), el interpretante dinámico (la interpretación en un contexto particular) y el interpretante final (el significado estable después de múltiples interpretaciones).

Desde los estudios con marco teórico en semiótica textual se obtuvo el concepto denominado *representaciones*, que relaciona las investigaciones que discuten sobre cómo los diagramas, símbolos, tablas y gráficas funcionan como ‘representamen’, esto permite que los estudiantes sean interpretantes y puedan significar las representaciones para comprender los procesos matemáticos.

Figura 3: Red semántica de las investigaciones encontradas en la semiótica textual de Pierce.



Nota. La red semántica muestra las interacciones entre los conceptos obtenidos de los artículos cuyo marco teórico se fundamenta en la semiótica textual de Pierce. Fuente: Elaboración propia. Programa: ATLAS.ti versión 9.1.3.0

Concluyen que las representaciones matemáticas facilitan la interpretación y resolución de problemas, lo que fomenta la comprensión el lenguaje matemático (Almeida et al., 2022; Billion, 2022; 2023; Da Silva, 2024; Purwasih et al., 2023, 2024). Por su parte el concepto *herramientas digitales* como mediador semiótico, vincula las investigaciones que implementaron teorías semióticas con plataformas para una interacción dinámica con los conceptos matemáticos, lo que ayuda a los estudiantes a desarrollar un razonamiento visual y simbólico (Billion, 2022; 2023; Turgut, 2022).

Por último, el concepto relacionado al *enfoque multimodal* empleado en el aprendizaje de las matemáticas combina diferentes formas de representación que incluye signos escritos a través de herramientas físicas y digitales. Lo anterior con el propósito de facilitar la identificación y la comprensión de los iconos, índices y símbolos, elementos clave en la construcción del significado dentro del aprendizaje matemático (Silva y Pelaquim, 2023). Esta diversidad en los medios de representación facilita el aprendizaje al permitir a los estudiantes conectar conceptos abstractos con experiencias prácticas.

Sin embargo, la implementación de la teoría semiótica textual presenta desafíos como la necesidad de comprender la interpretación de signos, que puede ser complejo para los estudiantes (Almeida et al., 2022). Además de la necesidad de guiarlos para transitar entre

diferentes registros de representación, lo que evita que se centren solo en un tipo de signo (Silva y Pelaquim, 2023).

Por su parte, la automatización en herramientas digitales puede desviar la atención de los estudiantes de los procesos fundamentales en el establecimiento de relaciones entre datos (Billion, 2022; 2023); asimismo la dependencia de herramientas digitales puede limitar la comprensión autónoma de las transformaciones matemáticas sin su uso (Turgut, 2022).

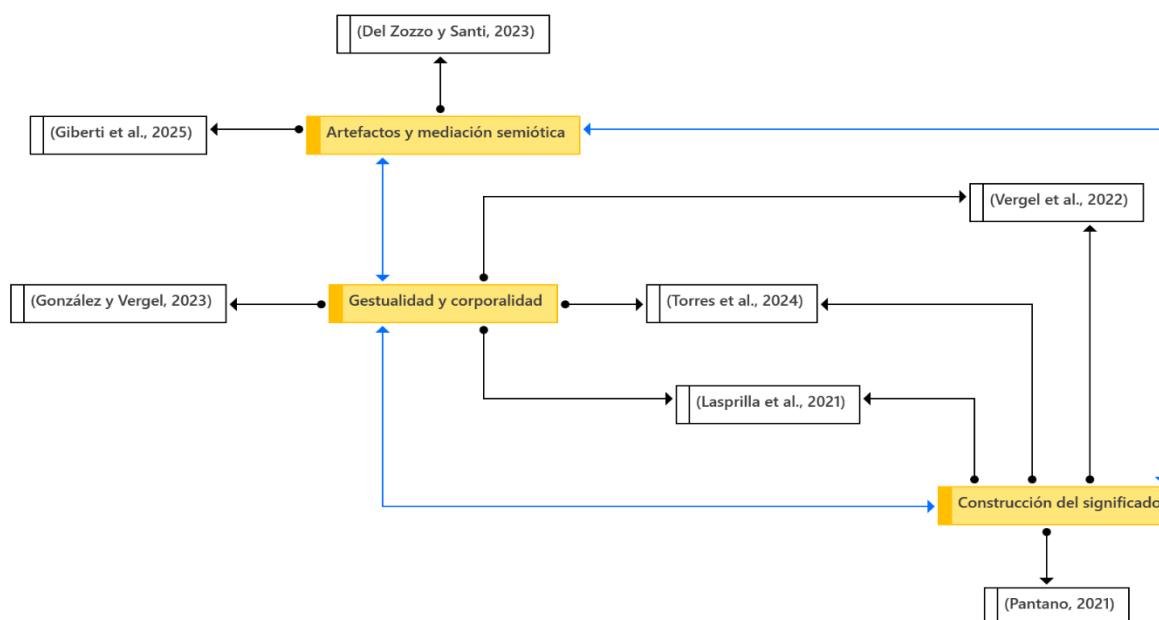
La Teoría de la Objetivación

La Teoría de la Objetivación (TO) (Radford, 2006) se observa en la red semántica de la figura 4, donde relaciona siete artículos. Se plantea que el aprendizaje matemático es un proceso social, semiótico y cultural, en el que los estudiantes construyen significado a través de la interacción con signos, artefactos y otras personas.

Desde esta perspectiva, el conocimiento no se descubre individualmente, sino que se ‘objetiva’; es decir, se hace explícito mediante la participación en actividades matemáticas mediadas por herramientas simbólicas y materiales.

En este proceso, los gestos, el lenguaje y las representaciones juegan un papel clave, pues permite que los estudiantes exterioricen y transformen su pensamiento matemático progresivamente. Así, los artefactos, como ecuaciones, gráficos o herramientas tecnológicas, sirven como apoyo para estructurar y guiar el aprendizaje, lo que facilita la transición de ideas intuitivas a formas abstractas de conocimiento.

Figura 4: Red semántica de las investigaciones encontradas en la TO.



Nota. La red semántica muestra las interacciones entre los conceptos obtenidos de los artículos cuyo marco teórico se fundamenta en la TO. Fuente: Elaboración propia. Programa: ATLAS.ti versión 9.1.3.0

Dentro del concepto *gestualidad y corporalidad* se resalta su importancia en la construcción del conocimiento matemático, ya que permiten a los estudiantes expresar y desarrollar significados a través de la coordinación entre el lenguaje verbal y los gestos (Lasprilla et al., 2021). En este sentido, los medios semióticos de objetivación facilitan la transición del conocimiento empírico al conocimiento formal, lo que permite que los estudiantes hagan visibles sus procesos de pensamiento a través de la gestualidad (González y Vergel, 2023; Torres et al., 2024).

Para el concepto *artefactos y mediación semiótica*; los artefactos, tanto físicos como simbólicos, actúan como mediadores en la construcción del significado matemático, lo que influye en cómo los estudiantes perciben y procesan la información matemática (Del Zozzo y Santi, 2023). Asimismo el uso de herramientas digitales permite mayor participación estudiantil y la comprensión de conceptos matemáticos mediante la interacción con representaciones visuales (Giberti et al., 2025).

Para la TO, el concepto *construcción del significado*, está mediado por la interacción entre signos, lenguaje y cultura. Por tanto, el aprendizaje matemático es entendido como una actividad individual y un proceso social, en el que el significado emerge a través de la interacción con otros y con los sistemas semióticos disponibles en el entorno educativo (Lasprilla et al., 2021; Pantano, 2021; Torres et al., 2024). Sin embargo, uno de los desafíos dentro de la TO es la necesidad de generar ambientes de aprendizaje en los que los estudiantes puedan participar en la construcción del conocimiento, sin que se limite a la transmisión de reglas y procedimientos (González y Vergel, 2023); en consecuencia, se evidencia la dificultad de los docentes para interpretar apropiadamente los gestos de los estudiantes y utilizarlos como recursos didácticos efectivos.

Además, la dependencia del lenguaje gestual puede generar limitaciones en la transición a formas de representación abstractas, como las expresiones algebraicas y los diagramas formales (González y Vergel, 2023; Lasprilla et al., 2021). Por ejemplo, la complejidad de coordinar múltiples medios semióticos (gestos, lenguaje, representaciones gráficas y artefactos) puede representar una limitación en el aprendizaje, en especial en contextos con restricciones de tiempo y recursos. Ahora bien, la brecha tecnológica y la familiarización de los docentes con estas herramientas, limita la implementación efectiva en el aula. Asimismo, la dependencia de los artefactos digitales puede restringir el desarrollo de habilidades de razonamiento en los estudiantes, lo que genera una limitación en la aplicación a otros contextos matemáticos (Del Zozzo y Santi, 2023; Giberti et al., 2025).

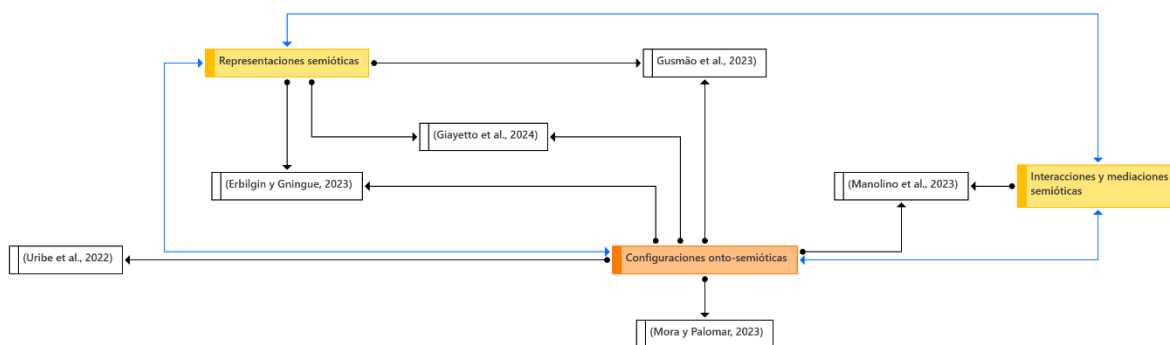
El Enfoque Onto-Semiótico

En la red semántica de la figura 5 se muestran las relaciones del Enfoque Onto-Semiótico (EOS) (Godino et al., 2024) presente en seis artículos. Esta teoría analiza la construcción del

conocimiento matemático desde una perspectiva semiótica y epistemológica. Para ello, identifica las configuraciones onto-semióticas, que incluyen situaciones problema, conceptos, proposiciones y argumentaciones, todos ellos interconectados en las prácticas matemáticas.

Además, distingue entre significado personal (interpretación individual) y significado institucional (conocimiento validado en un contexto educativo), y señala que el aprendizaje ocurre cuando ambos se alinean.

Figura 5: Red semántica de las investigaciones encontradas en el EOS



Nota. La red semántica muestra las interacciones entre los conceptos de los artículos cuyo marco teórico se fundamenta en el EOS. Fuente: Elaboración propia. Programa: ATLAS.ti versión 9.1.3.0

Desde el concepto *configuraciones onto-semióticas* que aparece como eje central, se analiza la perspectiva estructurada de construcción del conocimiento, donde se aplica el EOS para estudiar la configuración de objetos matemáticos como procesos de aprendizaje (Gusmão et al., 2023; Manolino et al., 2023; Mora y Palomar, 2023; Uribe et al., 2022). Asimismo, describen cómo el análisis de significados personales en la formulación de argumentos matemáticos puede revelar discrepancias entre el conocimiento del estudiante y el conocimiento formal (Erbilgin y Gningue, 2023; Giayetto et al., 2024).

El concepto *representaciones semióticas* aparece en el marco de la comprensión conceptual de los estudiantes; donde se destaca la importancia de las representaciones pictóricas, verbales y simbólicas en el desarrollo del pensamiento algebraico (Erbilgin y Gningue, 2023). Del mismo modo, muestra que la combinación de representaciones y diagramas facilita la formalización de problemas matemáticos (Giayetto et al., 2024).

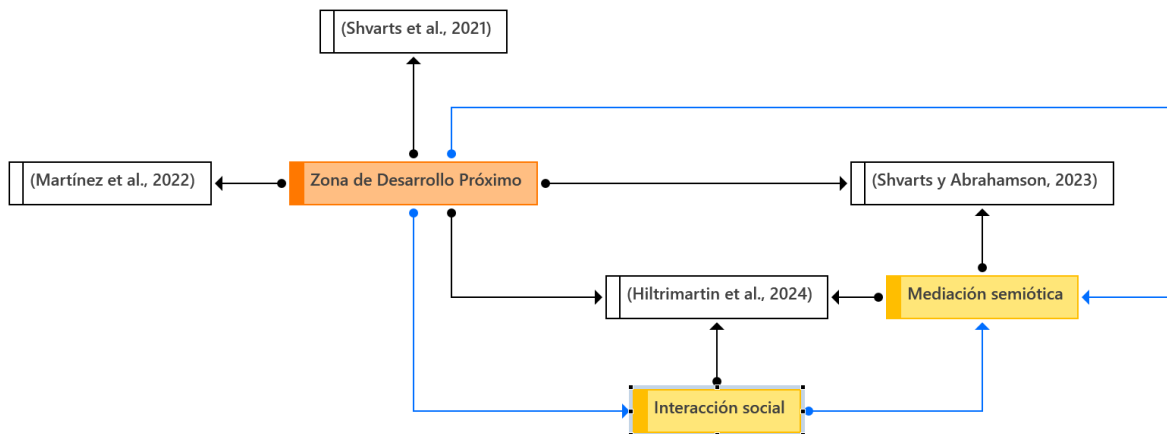
Para el concepto denominado *interacciones y mediaciones semióticas* permite articular el uso del lenguaje, los gestos, palabras y dibujos en la resolución de problemas matemáticos, lo que resalta su impacto en la comprensión de términos abstractos (Manolino et al., 2023; Uribe et al., 2022). Sin embargo, uno de los principales desafíos en el uso de representaciones múltiples es la dificultad de los estudiantes para traducir entre registros semióticos, lo que puede generar conflictos en la interpretación de conceptos matemáticos

(Erbilgin y Gningue, 2023; Manolino et al., 2023; Mora y Palomar, 2023). Además, la discrepancia entre significados personales e institucionales puede derivar en conflictos semióticos, ya que requiere una comprensión profunda de la relación entre los distintos elementos semióticos involucrados en la construcción del conocimiento matemático (Giayetto et al., 2024; Gusmão et al., 2023).

El constructivismo sociocultural

El constructivismo sociocultural (Vygotsky, 2014), identificado en cuatro artículos y relacionados en la figura 6, destaca el papel fundamental de la mediación semiótica en el aprendizaje, donde los signos y símbolos (como el lenguaje, los números y diagramas) permiten la construcción del pensamiento abstracto. A través de la Zona de Desarrollo Próximo, el aprendizaje ocurre cuando los estudiantes reciben apoyo mediante el ‘andamiaje’ proporcionado por docentes, compañeros o herramientas digitales. El lenguaje, en particular, es considerado como una herramienta semiótica poderosa, ya que guía la transición del pensamiento externo al interno. Desde esta perspectiva, el aprendizaje es un proceso social y culturalmente situado, donde la interacción con otros juega un papel clave en la construcción del conocimiento.

Figura 6: Red semántica de las investigaciones encontradas en el Constructivismo Social.



Nota. La red semántica muestra las interacciones entre los conceptos de los artículos cuyo marco teórico se fundamenta en el constructivismo sociocultural. Fuente: Elaboración propia. Programa: ATLAS.ti versión 9.1.3.0

El concepto *Zona de Desarrollo Próximo*, considerado esencial en el constructivismo social (Vygotsky, 2014); es un espacio de andamiaje proporcionado por los docentes, en el que los estudiantes internalizan conceptos matemáticos a través del lenguaje y los símbolos (Shvarts et al., 2021). En este contexto, la inclusión de tecnologías interactivas y herramientas digitales se ha convertido en un elemento para facilitar el acceso a representaciones dinámicas que favorecen el desarrollo conceptual (Shvarts et al., 2021; Shvarts y Abrahamson, 2023).

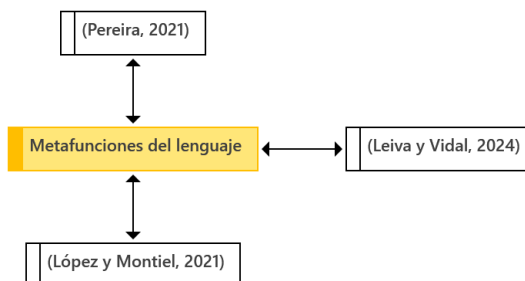
Asimismo, el concepto correspondiente a *mediación semiótica* muestra la importancia del uso de representaciones lingüísticas, numéricas y visuales como herramientas para el aprendizaje de las matemáticas. Esto permite a los estudiantes representar, interpretar y manipular ideas a través de distintos sistemas simbólicos (Hiltrimartin et al., 2024).

En relación con el concepto *interacción social*, se discute que el aprendizaje matemático no ocurre en aislamiento, sino que se construye a través de la interacción social y el diálogo mediado por signos y símbolos, por lo que la comunicación y el trabajo colaborativo favorecen la comprensión de las matemáticas (Hiltrimartin et al., 2024). Un desafío recurrente para los estudiantes es lograr una transición fluida entre las representaciones (Hiltrimartin et al., 2024; Shvarts y Abrahamson, 2023). Además, la traducción del lenguaje cotidiano al matemático puede representar una dificultad, en especial cuando los términos matemáticos tienen significados diferentes en el uso coloquial. Esto hace que la efectividad del andamiaje semiótico depende del nivel de acompañamiento docente y del grado de familiaridad que los estudiantes tengan con los signos y símbolos matemáticos (Martínez et al., 2022).

La teoría Lingüística Sistémico Funcional

En la figura 7 se muestra la red semántica correspondiente a las relaciones entre la teoría Lingüística Sistémico Funcional (LSF) (Halliday, 1979) con tres artículos. La LSF concibe el lenguaje como un sistema de opciones que los hablantes eligen según el contexto y la función comunicativa. Esta teoría se basa en tres metafunciones que operan simultáneamente en cualquier acto discursivo: la ‘metafunción ideacional’, que permite representar el mundo y construir el significado a través de procesos, participantes y circunstancias; la ‘metafunción interpersonal’, que regula la interacción entre los hablantes y la expresión de actitudes y emociones; y la ‘metafunción textual’, que organiza el discurso para que sea coherente y adecuado a la situación comunicativa.

Figura 7: Red semántica del concepto generado con las investigaciones encontradas en el LSF



Nota. La red semántica muestra las interacciones del concepto obtenido de los artículos cuyo marco teórico se fundamenta en la LSF. Fuente: Elaboración propia. Programa: ATLAS.ti versión 9.1.3.0

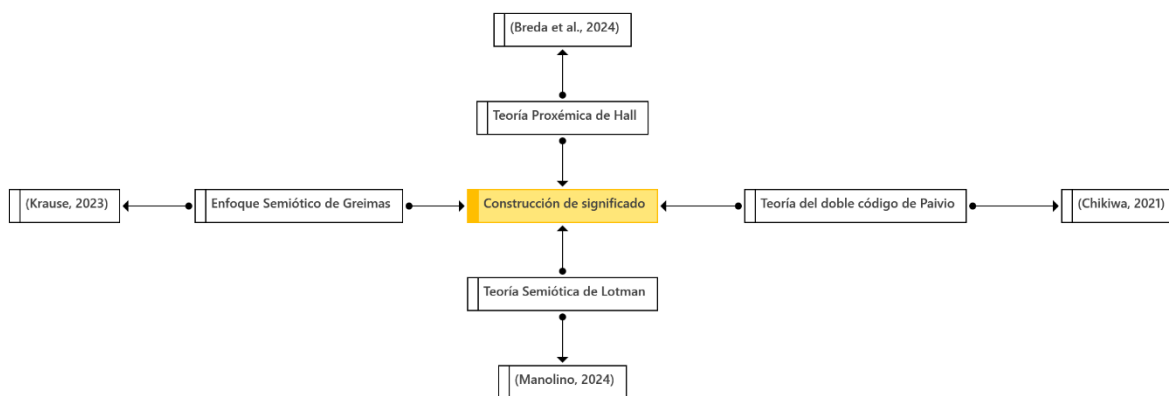
Desde la LSF, el concepto *metafunciones del lenguaje* se aplica a partir de la metafunción ideacional, pues permite representar el contenido matemático mediante el uso de estructuras gramaticales específicas para relaciones lógicas y conceptuales (Leiva y Vidal, 2024). Desde la metafunción interpersonal en la interacción entre docentes y estudiantes, ya que el uso del lenguaje en el aula influye en la construcción de significados y en la interpretación del discurso matemático (López y Rodríguez, 2021). Asimismo, la metafunción textual se observa en la organización coherente del discurso matemático, lo que facilita la articulación de ideas y la construcción de argumentos (Pereira, 2021).

Sin embargo, el uso de las metafunciones en el aula de matemáticas puede generar dificultades para integrar simbólicamente el lenguaje natural con el matemático en cuanto a la falta de equilibrio entre la comunicación oral y la escrita en el ámbito educativo, lo que limita la efectividad del discurso matemático (Leiva y Vidal, 2024; López y Rodríguez, 2021; Pereira, 2021).

Otros marcos teóricos

Dentro de los marcos teóricos de los artículos con una sola aparición, se identifican aproximaciones teóricas que buscan mejorar la comprensión conceptual a través de la representación y el significado, como se puede observar en la red conceptual de la figura 8. El enfoque de estas teorías es el análisis de gestos no verbales, el uso de iconicidad en signos matemáticos, y el empleo de términos específicos o ejemplos contextuales.

Figura 8: Red semántica de otros marcos teóricos.



Nota. La red semántica muestra las interacciones del concepto obtenido de los artículos con otras teorías semióticas. Fuente: Elaboración propia. Programa: ATLAS.ti versión 9.1.3.0

Para estas teorías, el aprendizaje matemático no solo depende de la manipulación simbólica, también de cómo se construye y comunica el significado dentro del aula. En este sentido, se estudia la relación entre el lenguaje y la gestualidad, tal como lo plantea la teoría

del doble código de Paivio (Chikiwa, 2021), en la que se sostiene que la combinación de información verbal y no verbal potencia la comprensión.

Asimismo, la teoría de la semiosfera de Lotman (Manolino, 2024) sugiere que el discurso matemático está influenciado por factores culturales, lo que impacta la manera en que los estudiantes interpretan los conceptos matemáticos. Desde la teoría proxémica de Hall (Breda et al., 2024), se destaca la importancia de la comunicación no verbal en la interacción educativa; y a partir del enfoque semiótico de Greimas (Krause, 2023), se observa la importancia de las relaciones entre signos en la construcción del significado.

No obstante, su implementación genera la dificultad de interpretar los gestos de manera uniforme en distintos contextos educativos debido a la adaptación cultural del discurso matemático (Chikiwa, 2021), pues los estudiantes pueden enfrentarse a barreras lingüísticas o conceptuales en la apropiación del conocimiento (Krause, 2023).

Discusión

Los estudios revisados muestran diversidad de teorías semióticas que responden a enfoques distintos sobre el aprendizaje matemático. Los hallazgos derivados de estas teorías evidencian categorías como la gestualidad, las representaciones visuales, la mediación semiótica y el uso de artefactos, las cuales se relacionan con autores específicos que profundizan en dichas nociones. Esta diversidad de enfoques se organiza en la tabla 3, que sintetiza los marcos teóricos, sus unidades de análisis, fortalezas y limitaciones, con el fin de ofrecer una lectura comparativa que contribuya a la comprensión crítica del panorama en torno a la semiótica en educación matemática.

Cada teoría aporta una perspectiva sobre el aprendizaje matemático, lo que permite visualizar el conocimiento como una construcción mediada por signos, cuerpos, tecnologías, interacciones y contextos. Esta diversidad responde a la naturaleza multimodal del pensamiento matemático y plantea el reto de construir modelos integradores que respondan a la heterogeneidad de los escenarios escolares.

La TRRS (Duval, 1999, 2017), ofrece herramientas claras para identificar obstáculos cognitivos relacionados con el uso exclusivo de un solo registro y propone estrategias pedagógicas centradas en la conversión y tratamiento de representaciones. No obstante, esta teoría tiende a centrarse en lo cognitivo a nivel individual, y no contempla suficientemente el papel del cuerpo, del lenguaje natural ni del entorno sociocultural.

En contraposición, la TO (Radford, 2023) y el Constructivismo Sociocultural (Vygotsky, 2014) introducen dimensiones sociales, gestuales y culturales fundamentales para comprender cómo se construyen y legitiman los significados matemáticos. Estas teorías abogan por el diálogo, la corporalidad y la mediación simbólica como vehículos para la

objetivación del conocimiento. Su valor reside en que desplazan la mirada de lo cognitivo individual, hacia las prácticas sociales, pero su implementación efectiva requiere de docentes formados en una pedagogía atenta a los gestos, a la cultura y a los signos emergentes.

Tabla 3. Comparación crítica entre teorías semióticas aplicadas en educación matemática.

Teoría Semiótica	Autor Principal	Foco Teórico	Unidades de Análisis	de	Fortalezas	Limitaciones
<i>Teoría de Registros de Representación Semiótica</i> (Duval, 1999, 2017)	Raymond Duval	Coordinación de registros de representación	Registros (gráfico, algebraico, verbal)		Alta aplicabilidad didáctica	No considera aspectos sociales o culturales
<i>Teoría de la Objetivación</i> (Radford, 2023)	Luis Radford	Aprendizaje como proceso social y semiótico	Gestos, lenguaje, artefactos		Integra lo corporal, cultural y lo social	Requiere formación docente específica
<i>Enfoque Onto-Semiótico</i> (Godino, 2022)	Juan D. Godino	Configuraciones semióticas y epistemológicas	Significados personales e institucionales		Análisis estructural del conocimiento	Complejidad teórica para el aula
<i>Semiótica Textual Peirciana</i> (Marafioti, 2004; Trujillo, 2024)	Charls Peirce	S. Relación triádica del signo	Representamen, objeto, interpretante		Fomenta interpretación crítica de signos	Alta abstracción, poco explorada en aula
<i>Lingüística Sistemática Funcional</i> (Halliday, 1979)	Michael A.K. Halliday	Funciones del lenguaje en construcción de significado	Metafunciones ideacional, interpersonal, textual		Articula discurso y significado matemático	Dificultad para integrar con lenguaje formal
<i>Constructivismo Sociocultural</i> (Vygotsky, 2014)	Lev Vygotsky	Interacción social y mediación cultural	Zona de desarrollo próximo, diálogo		Enfatiza trabajo colaborativo y lenguaje	Depende del acompañamiento docente

Nota. La tabla presenta una comparación de los principales marcos teóricos semióticos identificados en los artículos analizados, agrupa sus focos conceptuales, unidades de análisis, fortalezas y limitaciones. Las categorías fueron construidas a partir del análisis semántico y teórico de los textos revisados. Fuente: Elaboración propia

El EOS (Godino, 2022), por su parte, permite un análisis estructural del conocimiento matemático en sus dimensiones personales e institucionales. La noción de configuración onto-semiótica facilita una lectura epistemológica del aula, sin embargo, su nivel de complejidad teórica puede ser una barrera para su apropiación por parte del profesorado sin formación especializada.

Asimismo, la semiótica textual Peirciana (Marafioti, 2004; Trujillo, 2024) introduce una riqueza interpretativa que permite comprender cómo los estudiantes leen e interpretan los signos en función de su experiencia. Esta lectura triádica del signo puede enriquecer el trabajo con representaciones, especialmente en ambientes donde se articulan materiales digitales, lenguajes formales y experiencias simbólicas.

La LSF (Halliday, 1979) aporta un enfoque sobre el papel del lenguaje como sistema de opciones para construir significado en matemáticas. Al identificar las metafunciones del lenguaje, ayuda a entender cómo se produce el discurso matemático y qué implicaciones

tiene esto en la comprensión de los conceptos. Su reto está en armonizar los registros del lenguaje natural con el formalismo matemático sin generar confusión.

Finalmente, los marcos emergentes como la teoría del doble código (Chikiwa, 2021), la proxemia (Breda et al., 2024), la semiosfera (Manolino, 2024) o el enfoque de Greimas (Krause, 2023) amplían el horizonte del análisis semiótico al incorporar factores culturales, espaciales y no verbales. Su presencia en la literatura revisada es aún marginal, por lo que representan posibles líneas de investigación.

Conclusión

El análisis de los 50 artículos revisados para responder a la pregunta ¿Qué teorías semióticas se aplican actualmente en la educación matemática?, permitió identificar diversas teorías semióticas en el aprendizaje de las matemáticas. Se destaca la TRRS (Duval, 1999, 2017) como la más utilizada, seguida de la semiótica textual de Peirce (Marafioti, 2004; Trujillo, 2024), la TO (Radford, 2006; Radford et al., 2023), el EOS (Godino, 2022; Godino et al., 2024), el constructivismo sociocultural (Vygotsky, 2014) y la teoría LSF (Halliday, 1979).

Estas teorías abordan la relación entre signos y significados en el aprendizaje matemático, enfatizan en la importancia de la coordinación de registros, la mediación tecnológica y la interacción social en la construcción del conocimiento matemático. La revisión también reveló la existencia de marcos emergentes, como la teoría del doble código de Paivio (Chikiwa, 2021), la semiosfera de Lotman (Manolino, 2024) y el enfoque semiótico de Greimas (Krause, 2023), que ofrecen nuevas perspectivas sobre la relación entre lenguaje, gestualidad y cultura en el aprendizaje de las matemáticas.

Con el ánimo de analizar los beneficios y desafíos de las teorías semióticas en contextos matemáticos, los hallazgos muestran que la aplicación de marcos teóricos semióticos contribuye a la comprensión de conceptos matemáticos pues facilita la transición entre distintos sistemas de representación y fomenta la flexibilidad cognitiva.

Esta comprensión permite a los estudiantes representar ideas matemáticas de manera dinámica y multimodal. En este sentido, la mediación semiótica a través de tecnologías digitales mostró ser una herramienta útil para visualizar estructuras matemáticas complejas. Además, la interacción social en el aula, fomentada por enfoques como el constructivismo sociocultural y la teoría de la objetivación, favorece la construcción colectiva del conocimiento y enriquece la interpretación de los signos matemáticos.

Sin embargo, su efectividad depende de la formación docente en el uso de marcos teóricos semióticos, la integración pedagógica adecuada y la capacidad de los estudiantes para articular diferentes registros de representación, pues la complejidad en la traducción

entre estos es una barrera para garantizar una comprensión efectiva del lenguaje matemático.

Además, se identificaron desafíos a nivel tecnológico, pues se puede generar dependencia tecnológica en los estudiantes, lo que dificulta el desarrollo de habilidades de razonamiento y aumenta la brecha entre los significados personales e institucionales del conocimiento matemático.

Para optimizar la implementación de marcos teóricos semióticos en la educación matemática, futuras investigaciones podrían centrarse en el perfeccionamiento de modelos didácticos que integren la coordinación de registros de representación de manera efectiva en el aula. También es necesario profundizar en el papel de la formación docente en la aplicación de teorías semióticas, para asegurar que los profesores cuenten con herramientas adecuadas para mediar el aprendizaje matemático a través de signos, gestos y representaciones visuales.

Asimismo, la exploración del impacto de las tecnologías emergentes y su función semiótica en el aprendizaje de las matemáticas, podría ofrecer nuevas oportunidades para mejorar la comprensión conceptual y fomentar así, un aprendizaje significativo.

Referencias

- Aguilar, D., Sánchez, J. y Salgado, G. (2022). Aprendizaje de números racionales a partir de representaciones semióticas. *Revista Chilena de Educación Matemática*, 14(2), 69-99. <https://doi.org/10.46219/rechiem.v14i2.102>
- Almeida, L., da Silva, K. pessoa, & dos Santos Brito, D. (2022). Didactic Interface between Mathematical Modeling and Semiotics. *Bolema - Mathematics Education Bulletin*, 36(73), 777-800. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v36n73a08>
- Bach, C., Bergqvist, E. & Jankvist, U. (2024). Students' dynamic communication while transforming mathematical representations in a dynamic geometry environment. *ZDM - Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01575-x>
- Bagossi, S., Ferretti, F. & Arzarello, F. (2022). Assessing covariation as a form of conceptual understanding through comparative judgement. *Educational Studies in Mathematics*, 111(3), 469-492. <https://doi.org/10.1007/s10649-022-10178-w>
- Bagossi, S., Swidan, O. & Arzarello, F. (2022). Timeline tool for analyzing the relationship between students-teachers-artifacts interactions and meaning-making. *Journal on Mathematics Education*, 13(2), 357-382. <https://doi.org/10.22342/jme.v13i2.pp357-382>
- Berrío, J., Valbuena, S. y Sánchez, R. (2024). Las transformaciones semióticas para analizar estrategias de solución de problemas de interpretación y representación. *Pensamiento Americano*, 17(33). <https://doi.org/10.21803/penamer.17.33.602>

- Billion, L. (2022). Semiotic analyses of actions on digital and analogue material when sorting data in primary school. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(7), em2126. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12138>
- Billion, L. (2023). A semiotic perspective on learning mathematics with digital and analogue material: primary school children acting on statistical diagrams: *statistics education research journal*, 22(2), 8. <https://doi.org/10.52041/serj.v22i2.420>
- Bolondi, G. & Ferretti, F. (2021). Quantifying Solid Findings in Mathematics Education: Loss of Meaning for Algebraic Symbols. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 29(1). <https://doi.org/10.30722/IJISME.29.01.001>
- Bråting, K. & Kilhamn, C. (2021). Exploring the intersection of algebraic and computational thinking. *Mathematical Thinking and Learning*, 23(2), 170-185. <https://doi.org/10.1080/10986065.2020.1779012>
- Breda, A., Farsani, D. e Sala-Sebastià, G. (2024). Interação não-verbal e o envolvimento visual dos estudantes nas aulas de matemática: um estudo da organização do espaço na comunicação linguística. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 26(3), 273-294. <https://doi.org/10.12802/relime.23.2631>
- Cabezas, C. y Mendoza, M. (2021). Manifestaciones Emergentes del Pensamiento Variacional en Estudiantes de Cálculo Inicial. *Formación universitaria*, 9(6), 13-26. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062016000600003>
- Capone, R. (2022). Interdisciplinarity in Mathematics Education: From Semiotic to Educational Processes. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(2). <https://doi.org/10.29333/EJMSTE/11508>
- Chikiwa, C. (2021). Gestures and the Spoken Language: A Crucial Semiotic and Symbiotic Relationship in Multilingual Mathematics Classes. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(12). <https://doi.org/10.29333/EJMSTE/11279>
- Coy, I. y García, L. (2023a). Conversiones Semióticas del Objeto Matemático Función Lineal desde los Objetos Virtuales de Aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 6070-6093. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8200
- Coy, I. y García, L. (2023b). Proporcionalidad y Linealidad desde el Concepto de Función Lineal una Mirada desde el Enfoque Semiótico de Raymond Duval y Bruno D' amore. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 10292-10316. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8651
- Da Silva, D. (2024). Discurso matemático, semiose e produção de significado em sala de aula. *Revista Sociedade Científica*, 7(1), 254-264. <https://doi.org/10.61411/rsc202416517>
- Del Zozzo, A. & Santi, G. (2023). Transitions Between Domains of Activity as “Domestications of the Eye” for the Learning of Mathematics with GGBot. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 9(2), 372-400. <https://doi.org/10.1007/s40751-023-00124-7>
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano: Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Universidad del Valle.

- Duval, R. (2017). *Understanding the Mathematical Way of Thinking – The Registers of Semiotic Representations*. Springer International Publishing.
- Erbilgin, E. & Gningue, S. (2023). Using the onto-semiotic approach to analyze novice algebra learners' meaning-making processes with different representations. *Educational Studies in Mathematics*, 114(2), 337-357. <https://doi.org/10.1007/s10649-023-10247-8>
- Fernández, J. y Bernardis, S. (2023). Función: conversiones de registros en textos escolares Functions: Conversions of registers in school textbooks. 6(1), 40-53.
- Ferretti, F., Gambini, A. & Spagnolo, C. (2024). Management of semiotic representations in mathematics: Quantifications and new characterizations. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 12(1), 11-20. <https://doi.org/10.30935/scimath/13827>
- Fúneme, C. (2024). Gestión de la iconicidad en la representación de cuerpos geométricos. En M. Sánchez Aguilar, M. D. S. García González, y A. Castañeda (Eds.), *Perspectivas actuales de la Educación Matemática* (pp. 53-61). Editorial SOMIDEM. <https://doi.org/10.24844/SOMIDEM/S3/2024/01-05>
- Giaetto, M., Markiewicz, M. & Etchegaray, S. C. (2024). Personal meanings in the formulation and argumentation of conjectures by high school students. *Uniciencia*, 38(1). <https://doi.org/10.15359/ru.38-1.1>
- Giberti, C., Arzarello, F., Beltramino, S. & Bolondi, G. (2025). Mathematical discussion in classrooms as a technologically-supported activity fostering participation and inclusion. *Educational Studies in Mathematics*, 118(2), 201-228. <https://doi.org/10.1007/s10649-024-10356-y>
- Godino, J. D. (2022). Emergencia, estado actual y perspectivas del enfoque ontosemiótico en educación matemática. *Revista Venezolana de Investigación en Educación Matemática*, 2(2), e202201. <https://doi.org/10.54541/reviem.v2i2.25>
- Godino, J. D., Batanero, C., Burgos, M. & Wilhelmi, M. R. (2024). Understanding the onto-semiotic approach in mathematics education through the lens of the cultural historical activity theory. *ZDM - Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01590-y>
- Gomes, A., Santos, D., Carolina, A. e Pereira, C. (2022). A escala dos números na teoria da objetivação para a mobilização de saberes matemáticos. 2022-2029. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.4409>
- González, L. y Vergel, R. (2023). Análisis multimodal de una actividad sobre probabilidad con estudiantes de primaria. *Revista Venezolana de Investigación en Educación Matemática*, 3(3), 1-25. <https://doi.org/10.54541/reviem.v3i3.73>
- Guerrero, L. y Falk, M. (2023). Una mirada a la teoría de representaciones semióticas de Duval desde el pensamiento manifestado por participantes en las olimpiadas colombianas de matemáticas. *South Florida Journal of Development*, 4(3), 1433-1453. <https://doi.org/10.46932/sfjdv4n3-030>
- Gusmão, T. y Font, V. (2023). Análisis metacognitivo de un proceso de instrucción sobre comparación y medida de superficies basado en una situación abierta. *Revista Latinoamericana de*

Investigación en Matemática Educativa, 25(2), 169-196.
<https://doi.org/10.12802/reime.22.2522>

Halliday, M. (1979). *Lenguaje como semiótica social* (Fondo de cultura económica USA).

Hiltrmartin, C., Afifah, A., Scristia, Pratiwi, W., Handrianto, C. y Rahman, M. A. (2024). Analyzing Students' Thinking in Mathematical Problem Solving Using Vygotskian Sociocultural Theory. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(1), e04802. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n1-105>

Krause, C. (2023). Facing and challenging language ideologies towards a more inclusive understanding of language in mathematics education research—The case of sign languages. *ZDM – Mathematics Education*, 55(6), 1173-1185. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01526-y>

Krause, C. & Farsani, D. (2022). More Than Words: An Integrated Framework for Exploring Gestures' Role in Bilinguals' Use of Two Languages for Making Mathematical Meaning. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 22(4), 773-795. <https://doi.org/10.1007/s42330-022-00253-y>

Lasprilla, A., Radford, L. y León, O. (2021). La labor conjunta en actividades de enseñanza-aprendizaje a partir del estudio de los vectores de la ética comunitaria. *REMATEC*, 16(39), 228-245. <https://doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2021.n39.p228-245.id498>

Leiva, N. y Vidal M. (2024). Demostración matemática: Género discursivo y conexiones lógicas desde una mirada lingüística / Mathematical Proof: Discourse Genre and Logical Connexions from a Linguistic Perspective. *REVISTA DE ESTUDOS DA LINGUAGEM*, 32(3), 896. <https://doi.org/10.17851/2237-2083.32.3.896-932>

López, L. y Rodríguez, D. (2021). Análisis sistémico-funcional de textos algebraicos: Hacia un entendimiento de su naturaleza discursiva en la historia y algunas implicaciones en su enseñanza. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 12, e1150. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v12i0.1150

López, L. y Montiel, G. (2021). Lenguaje algebraico y multisemiosis. Hacia una reflexión más allá del simbolismo (pp. 79-99).

Manolino, C. (2024). Cultural semiotics for mathematical discourses. *Semiotica*. <https://doi.org/10.1515/sem-2023-0030>

Manolino, C., Giacomone, B. & Beltrán-Pellicer, P. (2023). Semiotic bundle approach and Onto-Semiotic Approach: A dialogue between two theories on an arithmetic-algebraic problem. *Educação e Pesquisa*, 49, e256699. <https://doi.org/10.1590/s1678-4634202349256699eng>

Marafioti, R. (2004). Charles S. Peirce: El éxtasis de los signos. *Biblos*.

Martínez, L. y Gualdrón, E. (2018). Fortalecimiento del pensamiento variacional a través de una intervención mediada con TIC en estudiantes de grado noveno. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 9(1), 91-102. <https://doi.org/10.19053/20278306.v9.n1.2018.8156>

Martínez, R., Cervantes, G. & Jiménez, G. (2022). Quantitative Reasoning, Language and Mathematics. *Zona Próxima*, 36, 76-92. <https://doi.org/10.14482/zp.36.510.71>

- Meléndez, J. (2024). Enseñanza de Sel desde un Análisis Semiótico en Estudiantes de Noveno Grado de Educación Básica Secundaria en Colombia. *Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica*, 4(2), 31-47. <https://doi.org/10.61384/r.c.a..v4i2.191>
- Mora, E. y Palomar, F. J. D. (2023). De las configuraciones semióticas a las configuraciones epistémicas de una tarea de dibujo geométrico: Lo que se espera y lo que se implementa. *PARADIGMA*, 351-373. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2023.p351-373.id1388>
- Nunomura, A., Silva, K. & Pires, M. (2023). Registros de representação semiótica em atividades de modelagem matemática nos anos iniciais. *Ensino e Tecnologia em Revista*, 6(2), 105. <https://doi.org/10.3895/etr.v6n2.15958>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Pantano, L. (2021). Emergencia y evolución de formas de pensamiento aditivo asociadas al vector conteo simple. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 16(3), 538-552. <https://doi.org/10.14483/23464712.16739>
- Pereira, D. (2021). A linguagem matemática à luz da teoria sistêmico-funcional. *Macabéa - Revista Eletrônica do Netlli*, 10(5), 459-469. <https://doi.org/10.47295/mren.v10i5.3492>
- Purwasih, R., Dahlan, J. A. & Irawan, E. (2023). Semiotic Perspective in Mathematics Problem-solving. <https://doi.org/10.17509/jds.v1i1.59022>
- Purwasih, R., Turmudi & Dahlan, J. (2024). How do you solve number pattern problems through mathematical semiotics analysis and computational thinking? *Journal on Mathematics Education*, 15(2), 403-430. <https://doi.org/10.22342/jme.v15i2.pp403-430>
- Radford, L. (2006). Elementos de una teoría cultural de la objetivación. *Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, RELIME*, (Esp), 103-129. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33509906>
- Radford, L. (2023). *La Teoría de la Objetivación: Una Perspectiva Vygotskiana Sobre Saber y Devenir en la Enseñanza y el Aprendizaje de Las Matemática (1st ed)*. Universidad De Los Andes.
- Radford, L., Salinas, U. & Sacristán, A. (2023). A dialogue between two theoretical perspectives on languages and resource use in mathematics teaching and learning. *ZDM – Mathematics Education*, 55(3), 611-626. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01459-y>
- Rivera, H. (2023). Sistema de Actividades: Procesos Aditivos con Enteros a Través de Algunas Representaciones Semióticas con el uso de las Tecnologías. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 1487-1515. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.7823
- Rocha, T. y Font, V. (2023). Análisis metacognitivo de un proceso de instrucción sobre comparación y medida de superficies basado en una situación abierta. *Revista Latinoamericana de*

Investigación en Matemática Educativa, 25(2), 169-196.
<https://doi.org/10.12802/reime.22.2522>

Shvarts, A. & Abrahamson, D. (2023). Coordination Dynamics of Semiotic Mediation: A Functional Dynamic Systems Perspective on Mathematics Teaching/Learning. *Constructivist Foundations*, 18(2), 220-234.

Shvarts, A., Alberto, R., Bakker, A., Doorman, M. & Drijvers, P. (2021). Embodied instrumentation in learning mathematics as the genesis of a body-artifact functional system. *Educational Studies in Mathematics*, 107(3), 447-469. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10053-0>

Silva, K. & Pelaquim, S. (2023). Estratégias de alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental na abordagem de problemas de modelagem matemática. *Educação Matemática em Revista*, 28(79), 1-16. <https://doi.org/10.37001/emr.v28i79.3325>

Torres, M., Moreno, A., Vergel, R. & Cañadas, M. (2024). The Evolution from “I think it plus three” Towards “I think it is always plus three.” Transition from Arithmetic Generalization to Algebraic Generalization. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 22(5), 971-991. <https://doi.org/10.1007/s10763-023-10414-6>

Trujillo, J. (2024). El pragmatismo de C.S Peirce. Universidad del Valle.

Turgut, M. (2022). Reinventing Geometric Linear Transformations in a Dynamic Geometry Environment: Multimodal Analysis of Student Reasoning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(6), 1203-1223. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10185-y>

Uribe, M., Larios, V. y Pino, L. (2022). Diseño de una experiencia didáctica para abordar el estudio de la variable. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 48(4), 157-176. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052022000400157>

Valiero, E., Barrionuevo, M. & Villenas, F. (2021). Ordination of semiotic records in the algebra didactics at the secondary school. Correspondence with the teaching of rational algebraic expressions. *Educacion Matematica*, 33(2), 173-204. <https://doi.org/10.24844/EM3302.07>

Vergel, R., Radford, L. & Rojas, P. J. (2022). Conceptual zone of «sophisticated» arithmetic ways of thinking and protoalgebraic ways of thinking: A contribution to the notion of the algebraic thinking emergence zone. *Bolema - Mathematics Education Bulletin*, 36(74), 1174-1192. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v36n74a11>

Vygotsky, L. (2014). *Pensamiento y lenguaje* (Tercera edición). Editorial Pueblo y Educación.