

Fenomenología didáctica de la geometría: intervención pedagógica sobre la construcción de significados y saberes docentes.

Didactic Phenomenology of Geometry: Pedagogical Intervention on the Construction of Meanings and Teaching Knowledge.

Verónica Mora Rojas ¹
Juan Manuel Córdoba Medina ²
Francisco Javier García Reyes ³

Recibido: 25/11/2025
Revisado: 20/12/2025
Aceptado: 10/01/2026

Revista RELEP, Educación y Pedagogía en
Latinoamérica.

Disponible en:
<https://iquatroeditores.org/revista/index.php/relep/index>

<https://doi.org/10.46990/relep.2026.1.3.2773>



Resumen

El estudio analizó la construcción de significados geométricos y saberes docentes en estudiantes normalistas con una intervención pedagógica en la elaboración de poliedros regulares y técnicas de doblado de papel. El enfoque cualitativo fenomenológico empleó la observación, entrevista semiestructuradas y análisis de producciones, con rigor por triangulación múltiple. Se evidenció que la manipulación de modelos favoreció la identificación de propiedades geométricas, la articulación de registros semióticos y el fortalecimiento del conocimiento. Las experiencias fenomenológicas constituyen un recurso formativo para la comprensión disciplinar de la geometría.

Palabras clave

Fenomenología didáctica, formación docente, geometría, intervención pedagógica, saberes docentes.

Abstract

This study analyzed the construction of geometric meanings and pedagogical knowledge in pre-service teachers through a pedagogical intervention based on the construction of regular polyhedra and paper-folding techniques. Utilizing a qualitative phenomenological approach, data collection was conducted through observation, semi-structured interviews, and the analysis of students' artifacts, ensuring methodological rigor via multiple triangulation. The findings evidenced that the manipulation of physical models enhanced the identification of geometric properties, favored the articulation of semiotic registers, and strengthened professional knowledge. Consequently, phenomenological experiences constitute a valuable formative resource for the disciplinary understanding of geometry.

Keyword

Didactic phenomenology, teacher education, geometry, pedagogical intervention, pedagogical knowledge.

Introducción

La enseñanza de la geometría en la formación inicial de docentes constituye un desafío, marcado por dificultades en la visualización espacial, la construcción conceptual y la articulación entre conocimiento disciplinar y didáctico (Gutiérrez & Jaime, 2021). Comprender cómo emergen los significados geométricos cuando los estudiantes interactúan con fenómenos espaciales resulta fundamental, por ejemplo, los poliedros regulares, por su riqueza estructural y representacional, favorecen analizar procesos de razonamiento y construcción de saberes docentes. Estas limitaciones impactan no solo el aprendizaje matemático de los futuros docentes, sino también su capacidad para diseñar experiencias de enseñanza significativas. En este sentido, la exploración de fenómenos espaciales accesibles se convierte en un recurso clave para articular la comprensión disciplinar con la construcción pedagógica.

En el ámbito internacional, la literatura confirma que la comprensión geométrica requiere experiencias fenomenológicas y manipulativas (Sánchez Aguilar et al., 2024), así como la coordinación de registros semióticos (Quintana Sánchez, Mejía Alemán & Gallo Águila, 2022; Radford, 2023). Investigaciones recientes en educación matemática demuestran que estas estrategias potencian la construcción de significados geométricos y saberes docentes en la formación inicial (Gutiérrez & Jaime, 2021; Sánchez Aguilar et al., 2024). Dichos estudios coinciden en que el aprendizaje geométrico se fortalece cuando los estudiantes movilizan diversas representaciones, manipulan objetos y reflexionan sobre los fenómenos espaciales que enfrentan.

En México, el Programa del curso de Geometría plana y del espacio, perteneciente al Plan de Estudios 2022 de la Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas, establece favorecer el razonamiento geométrico, la demostración y la resolución de problemas en ambientes colaborativos e inclusivos, se enfatiza la necesidad de articular la construcción de significados geométricos con la reflexión sobre la práctica profesional, reconociendo la importancia de materiales manipulativos, recursos tecnológicos y estrategias innovadoras para el desarrollo de competencias profesionales (SEP, 2022). Sin embargo, persiste una brecha entre los enfoques teóricos y las prácticas formativas, lo cual revela un vacío en estudios que integren la fenomenología didáctica, la teoría de registros semióticos y los marcos de construcción del conocimiento profesional docente.

Resulta necesario articular perspectivas teóricas que permitan comprender cómo los estudiantes normalistas construyen significados geométricos en situaciones de aprendizaje fenomenológicas. La fenomenología didáctica sigue siendo un referente para explicar la emergencia del objeto matemático de la experiencia, y estudios recientes han ampliado esta perspectiva mediante metodologías innovadoras en educación superior (Biehler, Durand-Guerrier & Trigueros, 2024). Paralelamente, otros trabajos han actualizado el marco de los registros semióticos, precisando

su papel en la reorganización conceptual (Ferretti, Gambini & Spagnolo, 2024). El conocimiento profesional docente se ha fortalecido mediante enfoques que destacan la construcción situada del saber pedagógico y la transformación del contenido en versiones enseñables (Vargas-Neira, Berrial-Ballén & Briceño-Martínez, 2024; Chapman, 2021).

Esta investigación analiza la emergencia de significados geométricos y la construcción de saberes docentes en estudiantes normalistas durante la elaboración de poliedros regulares mediante técnicas de doblado de papel. Se aporta evidencia empírica sobre el potencial de las actividades fenomenológicas para fortalecer la comprensión geométrica, articular registros semióticos y consolidar el conocimiento profesional docente.

Revisión de la literatura

La comprensión geométrica y su enseñanza en la formación inicial de docentes ha sido analizada desde diversas aproximaciones teóricas, las cuales coinciden en la complejidad cognitiva que implica para los estudiantes la visualización espacial, la abstracción y la articulación entre representaciones. Estas dificultades se manifiestan en la formación normalista, donde la enseñanza de la geometría suele privilegiar la exposición teórica sobre la exploración práctica, limitando la construcción de significados profundos. La fenomenología didáctica de Freudenthal, sostiene que los conceptos matemáticos emergen de fenómenos vividos. Investigaciones recientes han retomado esta perspectiva para mostrar cómo la manipulación de objetos tridimensionales favorece la comprensión geométrica y la construcción del saber docente (Sánchez Aguilar et al., 2024). Las experiencias fenomenológicas en la formación normalista dan cuenta del por qué los estudiantes tienden a memorizar definiciones sin lograr comprender las propiedades espaciales de los poliedros regulares, por su estructura tridimensional, constituyen objetos especialmente adecuados para superar esta limitación, pues permiten explorar congruencias, simetrías e invariantes mediante acciones manipulativas.

La teoría de registros semióticos de Duval continúa siendo un referente clave en la comprensión geométrica (Radford, 2023), diversos estudios evidencian que la articulación de registros semióticos favorece tanto la reorganización de significados geométricos como el desarrollo de saberes docentes (Quintana Sánchez et al., 2022; Radford, 2023a). Asimismo, se ha demostrado que la manipulación de modelos facilita las conversiones entre registros y contribuye a consolidar la comprensión geométrica, lo cual resulta fundamental para explicar por qué el estudio de la geometría representa un desafío para los estudiantes (Vásquez-Alvial et al., 2024).

En cuanto al Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK), investigaciones recientes confirman que este marco es un referente central para comprender cómo los docentes transforman el contenido disciplinar en experiencias de enseñanza significativas. El PCK se construye de ma-

nera situada y se fortalece mediante prácticas reflexivas y manipulativas, lo que permite a los futuros docentes anticipar errores, justificar decisiones y consolidar saberes docentes (Vargas-Neira, Bernal-Ballen & Briceño-Martínez, 2024; Montoya Grisales & Arroyave, 2023).

Montoya Grisales y Arroyave (2023) amplían la perspectiva a través de una revisión sistemática, donde el conocimiento didáctico del contenido en matemáticas se configura como un entramado complejo que incluye anticipación de errores, la interpretación de las producciones de los estudiantes y el diseño de actividades que favorezcan la comprensión conceptual. La falta de experiencias prácticas con poliedros limita el desarrollo de este conocimiento especializado, pues los futuros docentes carecen de oportunidades para reflexionar sobre cómo sus estudiantes podrían enfrentar dificultades en la visualización y representación geométrica.

Los saberes docentes se construyen en interacción con los contextos formativos y mediante la práctica reflexiva. La reflexión docente, entendida desde la complejidad, muestra que estos saberes profesionales se generan de manera situada y dinámica, lo que evidencia la necesidad de diseñar experiencias de aprendizaje que permitan a los futuros docentes construir saberes profesionales vinculados a su práctica (Murrieta Ortega, 2025). Asimismo, el desarrollo profesional docente implica comprender los objetos matemáticos desde dimensiones epistemológicas, semióticas y didácticas, vinculadas al PCK (Vargas-Neira, Bernal-Ballen & Briceño-Martínez, 2024). Por otra parte, la resignificación de saberes pedagógicos, disciplinares y experimentales de docentes en formación mediante situaciones didácticas y adidácticas requiere que los docentes en formación reconstruyan sus saberes mediante la interacción con el medio, la reflexión colectiva y la confrontación argumentativa, transformando su comprensión de la geometría, la enseñanza y su rol profesional (Mora y Córdoba, 2025).

Otras investigaciones destacan el valor didáctico de los poliedros como objetos que permiten explorar su estructura, simetrías y propiedades espaciales. Estudios actuales confirman que la visualización espacial y la manipulación de modelos tridimensionales constituyen recursos esenciales para la construcción de significados geométricos y el desarrollo de saberes docentes (Sánchez Aguilar, et al., 2024). Asimismo, los registros semióticos en contextos escolares favorecen la comprensión profunda de las propiedades geométricas y la reorganización conceptual de los estudiantes (Vásquez-Alvial, Flores-Francino & Prieto-González, 2024).

Enfoques constructivistas evidencian que las experiencias fenomenológicas con poliedros potencian la reflexión didáctica, donde la construcción física de modelos geométricos facilita la formulación de conjeturas y el desarrollo de habilidades de visualización tridimensional, confirmando la vigencia de estas prácticas en la formación docente (Sánchez Aguilar et al., 2024).

Aún persiste una laguna teórica relevante: son escasos los estudios que integren de manera simultánea la fenomenología didáctica, los registros semióticos y la construcción del saber docente en contextos de formación normalista, particularmente mediante la construcción manual de poliedros regulares. Aunque existen trabajos sobre visualización, manipulación y PCK, en la literatura no se identifica una exploración suficiente sobre cómo estos enfoques se articulan para analizar procesos de producción de significados geométricos y saberes docente situados.

Las investigaciones revisadas coinciden en que la comprensión geométrica requiere experiencias de aprendizaje manipulativas, coordinación de registros y reflexión didáctica; estos desafíos se inscriben en un panorama más amplio de la didáctica de las matemáticas, donde se han identificado obstáculos actuales en la formación docente (Gutiérrez & Jaime, 2021), sin embargo, aún existe un vacío respecto a cómo estas dimensiones interactúan en la formación inicial de docentes al trabajar con poliedros desde una perspectiva fenomenológica. La presente investigación aporta evidencia sobre cómo la construcción manual de poliedros puede articular la comprensión conceptual, la fenomenología del contenido y el desarrollo del conocimiento profesional docente.

Metodología

El estudio parte del supuesto fenomenológico de que la construcción manual de poliedros regulares, en interacción con fenómenos espaciales manipulables, posibilita la emergencia de significados geométricos que contribuyen de manera simultánea al desarrollo conceptual y al conocimiento profesional docente, el cual se concibe como flexible y abierto en concordancia con la naturaleza interpretativa de la investigación cualitativa.

Se desarrolló una intervención pedagógica en una Escuela Normal Pública del Estado de México, ubicada en una zona urbana del centro de Toluca; con una matrícula de 322 estudiantes de los cuales 85 cursan la Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas. El enfoque cualitativo fenomenológico, se centra en comprender la experiencia vivida de los sujetos, situando la práctica docente como objeto de análisis para revelar significados y sentidos que emergen en el contexto escolar. Siguiendo lineamientos actuales del método fenomenológico, se privilegia la voz de los participantes mediante un muestreo intencional que permite seleccionar casos relevantes y significativos. La validez del estudio se garantizó a través de la participación en la triangulación múltiple, la cual consistió en la colaboración activa de los docentes investigadores en la recolección, contraste y validación de datos mediante la integración de diversas fuentes, técnicas y perspectivas analíticas, lo que permitió enriquecer la interpretación de la práctica docente, para fortalecer la credibilidad y rigor de los hallazgos al contrastar diversas fuentes de información (Valderrama Maguiña & Pease Dreibelbis, 2024). Se incluyeron estudiantes de dos grupos inscritos en cursos disciplinares y didácticos vinculados a la enseñan-

za de la geometría. El contexto formativo auténtico fue indispensable para captar la emergencia de fenómenos y significados vinculados al contenido matemático, en concordancia con estudios recientes sobre competencias profesionales y formación docente situada (Murrieta Ortega, 2025).

Los criterios de inclusión de los participantes fueron: haber estudiado unidades de aprendizaje de la geometría, contar con experiencias previas heterogéneas en tareas manipulativas y mostrar disposición para participar en la construcción de modelos y procesos reflexivos. Esto ocurrió al observar recurrencias en las construcciones de significados geométricos, en los registros manipulativos y verbales, y en categorías como congruencia vivida, simetría percibida y estructura emergente. La intervención pedagógica que permitió analizar cómo los objetos matemáticos emergen desde la experiencia estructurada y busca captar los fenómenos que originan la formalización en la actividad matemática. No se centra en entrevistas sobre vivencias subjetivas aisladas, sino en situaciones didácticas donde ocurre la experiencia matemática.

El rigor metodológico de la investigación fenomenológica en educación ha sido reafirmado en estudios recientes que destacan la importancia de la triangulación y la saturación de significados como criterios de validez, la cual se aseguró mediante triangulación múltiple (teórica, metodológica e intersubjetiva), conforme al rigor cualitativo y fenomenológico (Castillo-López, Romero Sánchez & Mínguez Vallejos, 2022; Valderrama Maguiña & Pease Dreibelbis, 2024), con el fin de identificar convergencias en la aparición de significados. En la triangulación teórica se integraron aportes contemporáneos que retoman la fenomenología didáctica de Freudenthal junto con estudios recientes que actualizan la teoría de los registros semióticos aplicada a la comprensión geométrica (Vásquez-Alvial, Flores-Francino & Prieto-González, 2024).

Estas aproximaciones subrayan que la fenomenología aplicada a contextos formativos auténticos permite captar la emergencia de significados vinculados al contenido matemático y a la construcción de saberes docentes (Castillo-López, Romero Sánchez & Mínguez Vallejos, 2022; Valderrama Maguiña & Pease Dreibelbis, 2024).

Se emplearon tres técnicas complementarias: la primera, fue la observación para registrar la interacción entre estudiantes y fenómenos geométricos. Cabe enfatizar que en la fenomenología didáctica los significados no se preguntan, se observan cuando surgen. La segunda corresponde a las entrevistas semiestructuradas focalizadas, realizadas a 12 participantes, orientadas a reconstruir el sentido atribuido a los fenómenos vividos. Esta técnica permitió profundizar en aspectos específicos sin distorsionar el enfoque situacional. La tercera, fue el análisis de producciones fenomenológicas, que incluyó modelos construidos, diagramas, registros escritos y justificaciones verbales. Desde la perspectiva semiótica, la enseñanza de la geometría en las escuelas, puede proporcionar un mecanismo para reflexionar sobre la complejidad de la enseñanza y el aprendizaje de la geometría en las escuelas (Smith, et al., 2020). La triangulación metodo-

lógica permitió combinar técnicas de observación, entrevista y análisis de producciones para captar la experiencia de los estudiantes desde distintos ángulos, mientras que la triangulación intersubjetiva fortaleció la fiabilidad interpretativa mediante la revisión colegiada del análisis.

Asimismo, se incorporaron perspectivas actuales sobre el desarrollo del PCK (Vargas-Neira, Bernal-Ballén & Briceño-Martínez, 2024; Chapman, 2021; Escudero-Ávila & Carrillo-Yañez, 2020). Este enfoque metodológico se alinea con investigaciones que destacan la relevancia de la triangulación y el análisis fenomenológico en la formación docente (Murrieta Ortega, 2025). En conjunto, estas estrategias aseguran la credibilidad, transferibilidad y conformabilidad del estudio, siguiendo algunos documentos actuales sobre el rigor metodológico en investigación cualitativa y fenomenológica (Castillo-López, Romero Sánchez & Mínguez Vallejos, 2022; Valderrama Maguiña & Pease Dreibelbis, 2024). De esta manera se consolida la coherencia metodológica de explorar cómo la construcción manual de poliedros favorece la comprensión geométrica y el desarrollo de los saberes docentes en la formación normalista.

Resultados

El análisis fenomenológico didáctico permitió identificar cómo los estudiantes normalistas produjeron significados geométricos durante la construcción de poliedros regulares y cómo estos se articularon con la construcción de saberes docentes. Los hallazgos se organizaron en función de las categorías de análisis: la reconstrucción conceptual, la articulación de registros semióticos y el desarrollo del conocimiento profesional docente. Estos resultados muestran cómo las estrategias fenomenológicas potencian la construcción de significados geométricos en la formación inicial (Sánchez Aguilar, García González & Castañeda, 2024; Gutiérrez & Jaime, 2021).

En relación con la reconstrucción conceptual, la intervención pedagógica evidenció que la manipulación directa (a través del doblado de papel, el ensamblaje y la estabilización de poliedros regulares) generó significados fenomenológicos previos a toda explicación formal. Desde la perspectiva de Smith, et al. (2020), la semiótica constituye un referente para analizar los discursos que emergen en el aula de manera discursiva, vinculados al lenguaje y al pensamiento verbal, o de forma no discursiva, a través de acciones, objetos y representaciones materiales que median la construcción de significados. En este sentido, los estudiantes no partieron de definiciones abstractas, sino de fenómenos espaciales vividos, tales como la rigidez de la estructura, la dependencia entre aristas, la estabilidad de las caras, las relaciones angulares y las simetrías perceptibles. Así, en el caso del tetraedro emergió la noción de congruencia como condición para el cierre del modelo; en el cubo, la percepción de perpendicularidad se asoció con la necesidad de mantener la rectitud de los dobleces; y en el octaedro se reconocieron nociones de dualidad y simetría axial al establecer comparaciones con el cubo previamente construido. De este modo,

la experiencia manipulativa constituyó un medio eficaz para resignificar propiedades geométricas mediante la articulación de distintos registros semióticos, como se observa en la Figura 4.1

Figura 4.1

Resignificación de propiedades geométricas en la construcción de poliedros regulares con doblado de papel



Respecto a la articulación de registros semióticos, los resultados evidencian que el registro material funcionó como punto de entrada fundamental en la transición hacia descripciones verbales y representaciones gráficas más elaboradas. Los estudiantes comenzaron a representar relaciones estructurales (como simetrías, ejes internos o pares de caras opuestas) que inicialmente no verbalizaban. La conversión entre registros materiales y gráficos fue clave para reorganizar el significado del objeto tridimensional, consolidando, 2024; Quintana Sánchez, Mejía Alemán & Gallo Águila, 2022; Radford, 2023).

El siguiente diálogo ejemplifica cómo el registro, a través del doblado de papel, actúa como mediador en la transición hacia descripciones verbales y representaciones gráficas más elaboradas. La interacción evidencia la reorganización del significado del objeto tridimensional, consolidando la articulación entre registros semióticos que se discute en las voces de los estudiantes.

Docente: Durante el doblado del papel observa cómo se configuran las caras del poliedro. ¿Qué relación identificas entre ellas?

Estudiante: Algunas caras se ubican en posiciones opuestas, formando pares simétricos.

Docente: Esa observación permite reconocer una estructura, ¿podrías expresarlo verbalmente?

Estudiante: El poliedro presenta simetría respecto a un eje central, y las caras opuestas mantienen equivalencia en su disposición.

Docente: Excelente, ahora ¿cómo representarías de manera gráfica esa relación?

Estudiante: Incorporaría el eje en el esquema y señalaría las caras opuestas con trazos diferenciados para evidenciar la simetría.

El análisis del episodio docente previo pone de manifiesto la presencia de una dinámica multisemiótica en el aula, evidenciada en la constante circulación del discurso entre distintas modalidades semióticas. Esta dinámica refuerza la idea de que la enseñanza y el aprendizaje de la geometría constituyen prácticas fundamentalmente simbólicas, en las cuales los signos no solo se emplean, sino que se construyen y resignifican para apoyar procesos cognitivos específicos.

Finalmente, en cuanto al desarrollo del PCK, el análisis interpretativo mostró que los estudiantes no solo comprendieron propiedades geométricas, sino que reconstruyeron saberes profesionales. Tres indicadores evidencian este proceso: la anticipación didáctica, al identificar posibles errores de sus futuros alumnos; la justificación pedagógica, al explicar cómo la construcción manual facilita la comprensión de la congruencia y la tridimensionalidad; y la reflexión sobre la experiencia, al reconocer que solo mediante la manipulación lograron comprender lo que antes era una figura plana en el libro. Estos resultados confirman que la vivencia fenomenológica se convierte en un espacio privilegiado para la construcción del PCK, en concordancia con la formación docente situada (Vargas-Neira, Bernal-Ballén & Briceño-Martínez, 2024; Chapman, 2021).

En síntesis, los resultados se sostienen en la fenomenología didáctica, la teoría de registros semióticos y la construcción situada de saberes docentes. Las experiencias fenomenológicas permiten identificar fenómenos vividos y resignificar propiedades geométricas a partir de la manipulación de modelos (Sánchez Aguilar et al., 2024). De manera complementaria, la articulación de registros semióticos favorece la transición entre representaciones gráficas, materiales y verbales, consolidando el razonamiento espacial (Vásquez-Alvial et al., 2024). Finalmente, revisiones sistemáticas sobre el PCK confirman que este conocimiento se construye de manera situada y dinámica, fortalecido por prácticas reflexivas y manipulativas que transforman la experiencia en conocimiento profesional docente. (Vargas-Neira et al., 2024).

Discusión

Revisiones sistemáticas sobre el conocimiento didáctico del contenido confirman que la anticipación de errores y la interpretación de producciones estudiantiles son componentes esenciales del PCK (Montoya Grisales & Arroyave, 2023). Los resultados de este estudio corroboran que la construcción manual de poliedros favorece la resignificación geométrica y la construcción del saber docente, en concordancia con investigaciones que destacan la importancia de experiencias manipulativas para la comprensión geométrica (Sánchez Aguilar, García González & Castañeda, 2024; Quintana Sánchez, Mejía Alemán & Gallo Águila, 2022). En este estudio, los alumnos lograron transitar del registro material al gráfico y al verbal, reorganizando el significado del objeto tridimensional. Este hallazgo aporta evidencia sobre el registro material tridimensional que funciona

como un “registro originario” a partir del cual subyacen los demás, lo que constituye una contribución novedosa dentro de las discusiones actuales sobre el papel de la materialidad en la formación inicial docente.

Los resultados obtenidos muestran que la construcción manual de poliedros generó un proceso profundo de resignificación geométrica en los estudiantes normalistas. Esto es relevante porque confirma que la manipulación de materiales concretos no solo favorece la comprensión de propiedades geométricas, sino que también abre un espacio para la reflexión didáctica y la construcción de saberes docentes. El surgimiento de significados geométricos a partir de la experiencia manipulativa se alinea con lo planteado por Smith et al. (2020), quienes evidencian que la comprensión matemática se construye a través de la interacción con recursos materiales, visuales y verbales antes de alcanzar niveles de formalización simbólica. Desde esta perspectiva, los conceptos geométricos emergen progresivamente a partir de fenómenos espaciales experimentados y de la articulación entre distintos registros semióticos que median la producción de significados en el aula. La observación de los estudiantes al señalar que “todas las piezas deben ser iguales para que cierre” refleja cómo la congruencia se experimenta como condición fenomenológica y no como definición abstracta. Este hallazgo muestra que la construcción física y digital de modelos geométricos facilita la visualización tridimensional y el razonamiento espacial (Sánchez Aguilar et al., 2024; Vásquez-Alvial et al., 2024).

Asimismo, los resultados coinciden con aportaciones que destacan que los saberes docentes se construyen de manera situada y se fortalecen a través de la práctica reflexiva en contextos auténticos de formación (Murrieta Ortega, 2025; Mora y Córdoba, 2025). En esta investigación, dicho proceso se evidenció en las microdidácticas de construcción de poliedros, donde incluso experiencias breves y manipulativas generaron oportunidades significativas para el desarrollo profesional docente.

De manera crítica, se identificó que algunos estudiantes permanecieron en niveles descriptivos sin alcanzar explicaciones formales más rigurosas. La falta de familiaridad con los poliedros regulares (como se evidenció en la incapacidad de algunos para reconocer su existencia) revela vacíos conceptuales en la formación inicial, la pertinencia de la intervención pedagógica mostró que el estudio de los poliedros regulares debe integrarse de manera sistemática en los programas curriculares para superar deficiencias conceptuales y didácticas.

Finalmente, los resultados abren líneas de nuevas investigaciones: analizar cómo los significados geométricos y los saberes docentes evolucionan cuando los estudiantes normalistas implementan estas actividades en prácticas escolares reales; comparar la eficiencia de la manipulación física con la digital (GeoGebra 3D, Tinkercad) para evaluar diferencias en la producción de significados fenomenológicos y explorar cómo

la fenomenología didáctica puede articularse con enfoques topológicos, como lo sugieren las experiencias de los estudiantes al relacionar poliedros con la cinta de Möbius y las obras de Escher.

La discusión confirma que la construcción manual de poliedros no es únicamente un recurso para aprender geometría, sino un medio para resignificar el contenido, articular registros semióticos y construir saberes docentes. Estas experiencias fortalecen las competencias profesionales en la formación inicial con base en la necesidad de articular significados matemáticos con saberes docentes (Vargas-Neira et al., 2024; Murrieta Ortega, 2025). Este estudio aporta evidencia empírica que amplía las teorías existentes y abre nuevas rutas para la investigación en educación matemática y formación docente.

Conclusiones

El balance final del estudio muestra que la experiencia manipulativa, orientada por un enfoque fenomenológico didáctico, facilita el surgimiento de significados que trascienden el aprendizaje geométrico tradicional y se integran al desarrollo del PCK.

Uno de los principales hallazgos fue que las propiedades geométricas, como la congruencia, la simetría, la estabilidad estructural y las relaciones angulares, no fueron aprendidas como definiciones abstractas, sino experimentadas como fenómenos perceptibles y vividos. La construcción física de los poliedros permitió que el objeto geométrico emergiera como entidad tridimensional comprensible, facilitando que los estudiantes reconocieran sus características a partir de la manipulación y la observación directa.

Asimismo, el estudio evidenció que la articulación entre los registros material, gráficos, verbal y simbólico no solo favorece la comprensión geométrica, sino que activa procesos interpretativos esenciales para la formación docente. A partir de esta integración, los estudiantes lograron anticipar dificultades que podrían presentar sus futuros alumnos, justificar decisiones pedagógicas y reflexionar sobre cómo los fenómenos trabajados pueden transformarse en recursos para la enseñanza. Estas experiencias muestran que la comprensión disciplinar cobra sentido cuando se convierte en conocimiento enseñable mediante prácticas reflexivas y situadas.

El siguiente testimonio ilustra cómo la manipulación de poliedros transformó la manera en que los estudiantes conciben la geometría y la matemática escolar, ampliando su horizonte hacia experiencias más significativas: “Las primeras impresiones de los alumnos sugerían desconcierto porque en las respuestas no aparecían números, fueron poliedros, y para su elaboración no necesitaban usar el estuche geométrico. El aprendizaje consistió en imaginar un cuerpo y cosificarlo con papel, todos con el mismo primer doblez para el triángulo equilátero”.

De igual forma, otro señalamiento refuerza la pertinencia de la intervención pedagógica, al evidenciar que la ausencia de nociones básicas de geometría en la formación normalista constituye una limitación seria para la práctica docente futura: “Un futuro docente de matemáticas que no pueda argumentar por qué sólo son cinco poliedros regulares no esta bien, pero que no conozca la existencia de ellos es preocupante”.

Se identifican diversas oportunidades de profundización que enriquecen el horizonte de la investigación. En primer lugar, aunque la manipulación facilitó el surgimiento de significados, se abre la posibilidad de integrar fases adicionales de institucionalización y formalización guiada, con el fin de que los docentes en formación alcancen niveles más elevados de abstracción y rigor matemático. En segundo lugar, la temporalidad de la intervención sugiere extender el trabajo más allá de un solo ciclo de construcción, lo que permitiría observar transformaciones más profundas y sostenidas en los saberes docentes a largo plazo. Finalmente, el hecho de que el estudio se haya desarrollado en un contexto normalista específico abre la posibilidad de explorar cómo estas experiencias pueden transferirse y adaptarse a otros niveles educativos o instituciones formadoras, ampliando su impacto.

Los resultados permiten señalar que la fenomenología didáctica, articulada con los registros semióticos y con el enfoque del conocimiento profesional docente, constituye un marco potente para comprender cómo los futuros profesores construyen significados disciplinares de las matemáticas y saberes didácticos de manera simultánea. La investigación abre posibilidades para explorar cómo estas experiencias pueden integrarse de manera sistemática en la formación docente y cómo los normalistas movilizan estos significados en su práctica profesional real.

En síntesis, la intervención pedagógica mostró que construir poliedros no es únicamente aprender geometría, sino aprender a enseñarla. La vivencia de fenómenos espaciales constituye un terreno fértil para la formación docente reflexiva, situada y epistemológicamente sólida, y abre oportunidades para fortalecer la enseñanza de la geometría en la educación normalista y en otros contextos formativos.

Referencias

- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for Teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Biehler, R. Durand-Guerrier, V., & Trigueros, M. (2024). New Trends in didactic Research in university mathematics education. *ZDM – Mathematics Education*, 56, 1345-1360. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01643-2>
- Castillo-López, R., Romero Sánchez, E., & Mínguez Vallejos, E. (2022). Rigor y validez en la investigación fenomenológica educativa: Aportes metodológicos para estudios situados. *Revista Electrónica Educare*, 26(2), 1-19. <https://doi.org/10.15359/ree.26-2.14>

- Chapman, O. (2011). Mathematics teachers knowledge for teaching: Mathematics Education Research Journal, 33(3), 367-389. <https://doi.org/10.1007/s13394-020-00327-5>
- Escudero-Ávila, D. I., & Carrillo-Yáñez, J. (2020). El Conocimiento Didáctico del Contenido: Bases teórico y metodológicas para su caracterización. Educación Matemática, 32(2), 163-182. <http://www.revista-educación-matematica.org.mx/>
- Ferretti, F., Gambini, A., & Spagnolo, C. (2024). Management of semiotic representations in mathematics: Quantifications and new characterizations. European Journals of Science and Mathematics Education, 12(1), 11-20. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1417649.pdf>
- Gutiérrez, Á., & Jaime, A. (2021). Desafíos actuales para la Didáctica de las Matemáticas. Revista Innovaciones Educativas, 23(34), 198-203. <https://doi.org/10.22458/ie.v23i34.3515>
- Montoya Grisales, N. E., & Arroyave Giraldo, D. I. (2023). La práctica pedagógica como fundamento de ser maestro. Actualidades Pedagógicas, 79, e1659. <https://doi.org/10.19052/ap.vol1.iss79.4>
- Mora Rojas, V., & Córdoba Medina, J. M. (2025). Resignificación de saberes pedagógicos, disciplinares y experienciales de docentes en formación mediante situaciones didácticas y adidácticas. Revista Enseñanza de las Matemáticas y Experiencias Docentes, 1(3), 43-57. <https://doi.org/10.24844/REMEDI/0103.03>
- Murrieta Ortega, R. (2025). Formación docente y competencias profesionales en educación inicial: un estudio con egresados. RIDE. Revista Iberoamericana para la investigación y el Desarrollo Educativo, 15(30), e890. <https://doi.org/10.23913/ride.v15i30.2435>
- Quintana Sánchez, D. J., Mejía Alemán, L. V., & Gallo Águila, C. I. (2022). Influencia significativa del uso de registros semióticos aplicando una propuesta didáctica. Horizontes, 6(23), 564-577. <https://revistahorizontes.org/>
- Radford, L. (2023). ¿Qué constituye una buena clase de matemáticas? Fuentes de aprendizaje e innovación, 4, 9-30.
- Radford, L. (2023a). Saberes Sujeto, Objeto, Cultura y la formación del Conocimiento. Revista de Matemática, Ensino e Cultura – REMATEC, (45), e2023002. <https://doi.org/10.37084/REMA-TEC.1980-3141.2023.n45.pe2023002.id541>
- Salinas Quintanilla, A. M., & De la Fuente Rodríguez, P. N. (2021). Práctica reflexiva, tarea pendiente en el prácticum del estudiante normalista. Zona Próxima, 34, 163-186.
- Sánchez Aguilar, M., García González, M. del S., & Castañeda, A. (2024). Perspectivas actuales de la Educación Matemática. Ciudad de México: Sociedad Mexicana de Investigación y Divulgación de la Educación Matemática (SOMIDEM).
- Secretaría de Educación Pública. (2022). Programa del curso: Geometría plana y del espacio. Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas (Plan 2022). Dirección General de Educación Superior para el Magisterio.

- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Smith, C. R., Julie, C., & Gierdien, F. (2020). La integración de los recursos semióticos y las modalidades en la enseñanza de la geometría en una clase de noveno grado en una secundaria sudafricana: Los cuatro casos de congruencia. *South African Journal of Education*, 40(2), Art. 1682. <https://doi.org/10.15700/saje.v40n2a1682>
- Valderrama Maguiña, I. y Pease Dreibelbis, M. E. (2024). Educación e investigación cualitativa: aproximaciones a la práctica educativa como objeto de investigación. *Desde el sur*, 16(1), e0016.
- Vargas-Neira, S. D., Bernal-Ballén, A., & Briceño-Martínez, J. J. (2024). Desarrollo profesional docente sobre el conocimiento pedagógico del contenido en profesores de ciencias: una revisión sistemática de la literatura. *RECIE. Revista Caribeña de Investigación Educativa*, 8(1), 89-115.
- Vásquez-Alvial, I., Flores-Francino, K., & Prieto-González, J. L. (2024). Representaciones semióticas en el álgebra escolar: una revisión sistemática de la literatura entre 2013-2022. *Education*, 33(65), 81-104. <https://doi.org/10.18800/education.202402.A004>

Sobre los autores

- ¹ Profesora investigadora en la Escuela Normal Superior del Estado de México, México. ORCID: 0000-0001-5714-4054
- ² Profesor investigador en la Escuela Normal Superior del Estado de México, México. ORCID: 0009-0005-4330-069X
- ³ Profesor investigador en la Escuela Normal Superior del Estado de México, México. ORCID: 0000-0001-6929-2652