

# Formación y enseñanza en matemáticas un modelo de ecología del aprendizaje

Mathematics training and teaching a learning ecology model

Ana María Reyes Fabela,<sup>1\*</sup> René Pedroza Flores<sup>1</sup>

**Resumen:** Investigamos la relación entre la formación y la enseñanza de los docentes de matemáticas del nivel medio superior de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMEX). Damos cuenta de los resultados obtenidos con un modelo de ecología del aprendizaje basado en el método de investigación-acción, que incluyó cinco momentos que recuperan aspectos de Korthagen: sensibilización, reflexión, diseño de la innovación, intervención y evaluación. El propósito fue desarrollar habilidades para mejorar la enseñanza a través de un trabajo colaborativo en comunidades de aprendizaje. El resultado muestra la posibilidad de generar innovaciones en la enseñanza y en el aprendizaje de las matemáticas.

**Abstract:** We investigated the relationship between training and teaching of mathematics teachers at the upper secondary level of the Autonomous University of the State of Mexico. We give an account of the results obtained with a learning ecology model based on the research-action method, which included five moments: awareness, reflection, innovation design, intervention and evaluation. The purpose was to develop skills to improve teaching through collaborative work in learning communities. The result shows the possibility of generating innovations in teaching and learning in mathematics.

**Palabras Clave:** Enseñanza, matemáticas, aprendizaje, investigación acción, bachillerato.

**Key words:** Teaching, mathematics, learning, research action, high School.

Recibido: 14 de marzo de 2023

Aceptado: 10 de noviembre de 2023

Con Texto Humano

ISSN: 2954-5021

Vol. 2 Núm. 1.

Enero-Junio 2023

pp. 21-32

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de México, México.

\*Correo de contacto: anamar31@gmail.com

## Introducción

En la Escuela Preparatoria de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMEX), la práctica de la enseñanza de los profesores de matemáticas, con los que se trabajó la investigación, estaba basada en ejercicios repetitivos, mecánicos y rutinarios contenidos en la antología del curso. Esto contrastaba con los conocimientos didácticos y pedagógicos innovadores basados en el constructivismo y en las competencias profesionales que habían adquirido en los cursos de formación. Los docentes en cada período inter-semestral recibían diversos cursos de formación continua con la finalidad de mejorar su desempeño frente a grupo, entonces: ¿por qué se continuaba con una enseñanza con énfasis en lo memorístico y rutinario, con limitaciones para generar innovaciones en la enseñanza y en el aprendizaje? El problema detectado en este contexto fue la separación entre formación y práctica docente.

Con la finalidad de superar esa separación entre formación y práctica docente se propuso implementar un método dinámico en la relación enseñanza-aprendizaje que vinculara lo adquirido en los cursos de actualización con el desempeño docente en el aula. El modelo propuesto se diseñó con base en los aportes de Korthagen (2010) y de la investigación-acción (Latorre, 2005), se le denominó ecología del aprendizaje. Este método dinámico incluyó las etapas de diagnóstico, solución y resultados. El lector encontrará el desarrollo de estas etapas a lo largo de los apartados del artículo.

## Antecedentes y Marco Teórico

### Antecedentes

Se presentó como problema de investigación a la desvinculación entre la formación y la enseñanza de los docentes de matemáticas con impacto para innovar el aprendizaje de los estudiantes. La formación adquirida era diversa en contenidos, la oferta comprendía, entre otros temas, a la evaluación, a las tecnologías para la enseñanza y el aprendizaje, los tipos de valores educativos, las formas de planeación, los modelos de aprendizaje, el desarrollo humano, estrategias didácticas, los estilos de aprendizaje, la educación sostenible, etcétera; en la diversidad de los cursos ofertados, asistían docentes de las diversas áreas del conocimiento, no había una oferta especialmente para los docentes de matemáticas.

Esto implicaba un cuádruple reto en la enseñanza de las matemáticas para los docentes: decidir o no llevar a la práctica lo adquirido en los cursos de formación para que no quedara solamente como cultura pedagógica; en caso de llevar lo adquirido a la práctica, los docentes tenían que fomentar o no su iniciativa de realizar su propia adaptación para la unidad de aprendizaje de matemáticas que impartían; la formación adquirida por parte del docente era esencialmente teórica, el reto consistía en orientar en la práctica lo adquirido hacia la enseñanza y aprendizaje realistas; y no existía la posibilidad de retroalimentación entre los docentes, los esfuerzos para mejorar la enseñanza y el aprendizaje en matemáticas eran individuales y aislados.

En este contexto la enseñanza de las matemáticas se caracterizaba por ser de tipo tradicional: magistrocentrista, expositiva, repetitiva, basada en la antología y autoritaria; por tanto, el aprendizaje de los estudiantes era esencialmente memorístico, pasivo, desvinculado de la realidad y sin aplicación de recursos de tecnología educativa.

### Marco teórico

Como señala Car (2002), la teoría de la educación no es una teoría aplicada, es lo que incide en la emancipación de los docentes a sus ataduras tradicionales. Con base en la teoría educativa, el docente reflexiona de forma crítica sobre su enseñanza y aporta nuevas argumentaciones que se incorporan en la teoría:

Esto no significa que la relación entre teoría y práctica suponga que la teoría 'implica' la práctica, se 'derive' de ella o 'refleje' la práctica, sino que, sometiendo las

creencias y justificaciones de las tradiciones prácticas existentes y vigentes a la crítica racional, la teoría transforma la práctica, modificando las formas de experimentarla y comprenderla. En consecuencia, no se trata de una transición de la teoría a la práctica, en cuanto tales, sino de la irracionalidad a la racionalidad, de la ignorancia y la costumbre al saber y la reflexión (...). Por tanto, la meta fundamental de la teoría de la educación consiste en reducir las distancias entre la teoría y la práctica, y no en algo que hay que hacer después de elaborada la teoría y antes de que se aplique eficazmente (Car, 2002: 59).

El distanciamiento entre teoría de la educación y la práctica docente que se presentaba en los profesores de matemáticas, se observó en el hecho que prevaecía la costumbre sobre la reflexión, aspecto coincidente con el argumento de Car, en este sentido, los enfoques de “sentido común”, el de la “ciencia aplicada”, y del “práctico” estaban presentes, esto fue identificado en las entrevistas realizadas a los docentes. En el primer caso, la “aplicación de la teoría” era normativa a juicio del docente, no mediaba un juicio crítico que recuperara el marco contextual ni las características del docente y estudiantes como personas; en el segundo caso, la aplicación de la teoría era irreflexivo, la teoría era considerada como instrumento técnico que resolvía los problemas de la práctica; y en el tercer caso, se relegaba a la teoría al considerarla como secundaria a la práctica, era una manera de pensar irracional a la teoría, pensar que pudiera darse una práctica sin teoría.

La separación entre teoría educativa y práctica docente aparecía en dos momentos diferentes: primero, una formación sin aplicación directa con la enseñanza y después una práctica con un “uso” irreflexivo de la teoría. Como señala Korthagen (2010), en la formación del profesorado tienden a dominar dos enfoques: el enfoque deductivo, que parte de la teoría a la práctica; y el enfoque ensayo-error, basado en la práctica. En el primer caso, el docente determina del menú de conocimientos adquiridos en la formación teórica, que debe aplicarse en el proceso de enseñanza-aprendizaje; y en el segundo caso, la formación teórica se toma como consejos prácticos sin mediar una experiencia propia, se retoman a los consejos teóricos como estándares de la práctica.

Con estas explicaciones argumentamos que la desarticulación entre formación y práctica docente conlleva al problema entre teoría y práctica: ¿qué proponer para solucionar este problema en los docentes de matemáticas? La forma de vincular a la teoría y a la práctica fue a partir de un modelo de ecología de aprendizaje que incluyera a los actores y recursos pedagógicos ya adquiridos, esto a partir de considerar a la formación y a la enseñanza del docente como un proceso de retroalimentación simultáneo: la formación contribuye a la reflexión argumentada y la práctica forma de manera reflexiva a los docentes de matemáticas. La idea fue articular ambos momentos del proceso en la acción docente, que implica intencionalidad reflexiva y argumentada, a través de recurrir al método de investigación-acción. Con este método se trazó el objetivo de intervenir en la práctica y en la formación docente, desarrollar una enseñanza basada en una ecología de aprendizaje con un enfoque crítico y desarrollar una formación docente con un enfoque realista, a partir de considerar el contexto sociocultural y la construcción de la subjetividad docente con base en la autorreflexión.

Existen antecedentes teóricos de la enseñanza reflexiva de finales del siglo XIX, de vincular teoría y práctica en la educación y del pensamiento reflexivo de Dewey hasta los aportes recientes sobre la reflexión en los profesores de matemáticas de Badillo y colaboradores (2019). Dentro de la enseñanza reflexiva sobresale la obra de Shön (1983, 2002), quien plantea la idea de reflexionar sobre y en la acción, lo que conduce a la práctica reflexiva. En un sentido similar se pronuncian Ziechner (1983) y Kemmis (1993), sobre la importancia que tiene la reflexión del docente de su práctica, en un contexto sociocultural que implica reconocer los aspectos sociales, institucionales y personales del docente. Los docentes reflexivos no son técnicos ni aplicadores de la teoría educativa, son profesionales reflexivos, son intelectuales (Giroux, 1990) que reflexionan sobre la realidad social de su tiempo. La articulación entre práctica y formación está dada por la experiencia, para argumentar esta idea, retomamos lo escrito por un clásico de la formación:

La formación continua no puede ser realmente continua más que si existe una relación permanente entre los lugares y el tiempo que uno dedica más espe-

cialmente a la actividad formativa, y la vida cotidiana del trabajo y de las relaciones no profesionales. Se trata, pues, de encontrar los medios de ‘trabajar’ las relaciones entre la experiencia de formación y la experiencia de cada una de las condiciones corrientes de la vida (Honoré, 1980: 158-159).

La reflexión en y sobre la acción de la formación y de la práctica docente implica un trabajo de investigación de la experiencia de la formación y de la experiencia de la práctica docente, una investigación que sea introspectiva y colaborativa, que trabaje la subjetividad del docente y la exteriorización de su desempeño. Es una investigación de tipo interpretativa, el docente se convierte en investigador de su propia práctica. Steiman (2018) retoma a Litwin sobre algunas advertencias que deben considerarse del docente como investigador de su práctica:

Para el caso que los docentes se constituyan en investigadores sobre su práctica, realiza algunas advertencias que debieran considerarse: el conocimiento de las teorías en las que el caso particular se inscribe; la conformación de un grupo de docentes investigadores que eviten procesos llevados a cabo en soledad; cierta disposición a la investigación que incluye el estudio, la búsqueda del saber y no la comprobación de una práctica, la puesta en juego de la curiosidad, un interés sostenido, tiempo para pensar, sistematizar, intercambiar con colegas y evitar la traspolación de la lógica del trabajo cotidiano a la investigación (p. 168).

Para la intervención en la práctica de los docentes de matemáticas, se retomaron las consideraciones que cita Steiman, el método desarrollado fue la investigación-acción que implicó conformar comunidades de aprendizaje, la reflexión se desdobló en dos momentos: uno, la reflexión personal de los docentes; y el otro, al mismo tiempo realizar reflexiones colectivas. Como señala Perrenoud (2004), este tipo de abordaje forma parte del paradigma integrador y abierto, que es retomado por varios especialistas como Cuadra y Catalán (2016), Leal (2017), Gaitán (2018), Osuna y Díaz (2019), entre otros.

La originalidad teórica de la investigación consistió en plantear un modelo propio de ecología de aprendizaje con investigación-acción, que a diferencia de otros modelos existentes que inician con la observación, por nuestra parte iniciamos con la sensibilización de los docentes para compartir sus experiencias; y en lugar de plantear un doble círculo constante (Latorre, 2005), nuestra propuesta se centró en un solo círculo, ante las características de los grupos escolares que son de duración determinada con base en el ciclo escolar, y considerando los tiempos y los contenidos curriculares donde se presenta la asimetría de experiencias entre docentes y estudiantes.

## Alcances teóricos y empíricos de la investigación

La enseñanza de las matemáticas ha sido un tema constante en la agenda de la formación y de la investigación educativa, en los estudios del nivel medio superior, dentro de la UAEMEX. Dos razones fundamentales justifican esta situación: la dificultad que representa para los estudiantes el aprendizaje de las matemáticas, que se refleja en el nivel de aprovechamiento obtenido y en los índices de reprobación; y los estilos de enseñanza de los docentes que enfatizan la adquisición del aprendizaje como repetición basada en ejercicios, en el contenido abstracto de los ejercicios de la matemática o en la transferencia de contenidos descontextualizado de los libros de texto o de las antologías.

Un estilo diferente de enseñanza que implica incluir diversas estrategias de aprendizaje, el uso de las tecnologías del aprendizaje y del conocimiento (TAC), modelos interactivos de aprendizaje y planteamiento de situaciones concretas para resolverse, es la enseñanza realista de las matemáticas con base en Korthagen. El alcance teórico de la investigación desarrollada con respecto a la formación, fue orientar la reflexión colectiva y la reflexión individual del docente hacia el enfoque realista, porque mantiene una lógica de la acción-reflexión, coincidente con la lógica de la investigación-acción, el modelo Action, Looking back on action, Awareness of essential aspects, Creating alternative methods of action and Trial (ALACT) de formación realista del modelo Korthagen (2010) incluye los cinco momentos que traducidos al español son: acción, revisión de la acción, conciencia de aspectos esenciales, creación de métodos alternativos de acción y ensayo.

Con la lógica del modelo ALACT incluida en el modelo de investigación-acción que aportamos, los estilos de enseñanza dejan de ser rígidos, a partir de la apertura con la realidad, se transita a un modelo de enseñanza reflexivo que se acompaña de una práctica docente basada en el enfoque sociocultural. Para el estudiante esto representa un reto importante, pasar de ser un espectador de las matemáticas abstractas a un estudiante activo, reflexivo, interactivo y creativo que modela la realidad, se desarrolla el aprendizaje realista. Docentes y estudiantes forman una comunidad de aprendizaje, generando ambientes integrales de realización y logros personales y de significación de vida a partir del aprendizaje de las matemáticas.

A partir de la definición de la frontera teórica de la investigación, una serie de preguntas invadió nuestra preocupación en entorno de los integrantes de la comunidad de aprendizaje, porque implicaban aspectos institucionales, de la comunidad de docentes de matemáticas, del equipo de investigación y de los estudiantes, que debían conocerse y resolverse en el proceso de la investigación-acción, la solución a nuestra preocupación fue considerar a la ecología del aprendizaje integrada por todos los elementos mencionados. Por ejemplo, acerca de los recursos y apoyos institucionales para los docentes participantes en la investigación, la decisión o no de aceptar participar los docentes en la investigación, la capacidad del equipo de investigación para integrarse a la diversidad de expectativas de los docentes de matemáticas y la posibilidad o no de integrar a los estudiantes a la dinámica de la investigación-acción. Bajo estas preocupaciones planteamos un conjunto de preguntas para la investigación:

- ¿El eje de articulación entre formación y enseñanza de los docentes de matemáticas puede ser la acción-reflexión al implicar una apertura en los procesos de la enseñanza de las matemáticas para fortalecer los aprendizajes de los estudiantes?
- ¿El docente de matemáticas como investigador de su propia formación y de su práctica docente con base en la investigación-acción puede transitar a una enseñanza realista como docente reflexivo?
- ¿La conformación de una ecología de aprendizaje integrada por distintos actores es susceptible de implicar un reto frente a la existencia de resistencia e inercia en las prácticas institucionales y en las prácticas tradicionales de la enseñanza y del aprendizaje?

Con base en este conjunto de preguntas se estableció el siguiente objetivo general de la investigación: proponer modelo de investigación-acción para la formación de los docentes de matemáticas con el propósito de mejorar su enseñanza basada en una ecología de aprendizaje. Los objetivos particulares fueron:

- Diseñar un modelo de investigación-acción acorde con las características de la ecología del aprendizaje de los docentes de matemáticas.
- Sensibilizar a los docentes para participar en su formación como investigadores de su propia práctica a partir de ser actores de sus propias innovaciones.
- Conformar la ecología de aprendizaje integrada por directivos, docentes, estudiantes y equipo de investigación.
- Realizar talleres de formación para cada una de las fases del proceso de investigación-acción.

## Método

### Tipo de investigación

Se aplicó el método activo y participativo para mejorar la formación y práctica docente, basado en la investigación-acción y en la formación realista de Korthagen. Este método cuenta con una larga duración de existencia desde los primeros aportes de Lewin a mediados del siglo XIX, hasta los actuales estudios, Latorre (2005), en su libro sobre investigación-acción, realiza una síntesis de distintas propuestas, en el campo

de la educación, que han presentado autores como Kemmis, Elliot, Whitehead, entre otros. Existen acentos entre los diferentes autores que se han dedicado al método de investigación-acción en la práctica docente, en general existe similitudes en la lógica de realización.

Encontramos aspectos de la investigación-acción de la práctica docente y del modelo de formación realista que propone Korthagen, que facilitaron la articulación entre ambas propuestas para diseñar nuestra aportación del método de ecología del aprendizaje basado en investigación-acción para la formación y práctica docente reflexiva. Con el propósito de ilustrar esto, se presenta la tabla 1.

Tabla 1. Proceso de la investigación-acción y del modelo de Korthagen	
Método de investigación-acción	Modelo de Formación de Korthagen
Planificar (se identifica el problema, se realiza un diagnóstico y se establece una hipótesis).	Acción (reflexión del docente sobre sus pensamientos, sentimientos y acciones, y cómo impactan estos en sus estudiantes).
Actuar (es la reflexión de y sobre la acción con intencionalidad).	Revisando la acción (reflexión sobre cómo actúa el docente de forma intencional y con base en su experiencia con sus estudiantes).
Observar (se observa a la acción y se obtienen datos).	Toma de consciencia sobre aspectos esenciales (se trata que el docente sea consciente de que problemas se presentan en la relación entre sus pensamientos, sentimientos y acciones en su trato con sus estudiantes).
Reflexionar (se reflexiona sobre lo realizado).	Creando métodos alternativos (con base en los conocimientos y habilidades que ha adquirido el docente investiga y plantea soluciones a los problemas encontrados).
Reiniciar el ciclo (empieza un nuevo ciclo).	Ensayo (se concluye el ciclo con el diseño de un nuevo proceso).

Fuente: Elaboración propia con base en Alatorre (2005) y Korthagen (2010).

Observamos que ambos procesos mantienen una misma intencionalidad con un proceso diferente. La intencionalidad es resolver los problemas del docente en su forma de ser, pensar y actuar. En la investigación-acción prevalece un enfoque técnico en su planteamiento, parte de un problema, se actúa con intencionalidad sobre la solución del problema, se obtienen datos de la acción, se valora lo logrado y se reinicia el ciclo; mientras que en la formación realista, el enfoque es experiencial, se parte de indagar sobre la persona del docente, se descifran las intencionalidades y experiencia del docente en su desempeño, se toma consciencia de los problemas que se presentan, se interviene con soluciones y se concluye con un nuevo ensayo.

Por nuestra parte, retomamos de ambos enfoques lo que consideramos esencial en la conformación de la ecología de aprendizaje: una lógica técnica-experiencial en el diseño del modelo de investigación-acción, la importancia que tiene el sistema de pensamientos, sentimientos y acciones del docente en su actuación en la relación enseñanza-aprendizaje, los conocimientos y habilidades que posee el docente para intervenir en su desempeño y la reflexión que está presente durante todo el proceso. Con base en esto diseñamos el modelo de ecología del aprendizaje basado en la investigación-acción que incluyó cinco momentos:

- **Sensibilización.** Iniciamos con un diálogo reflexivo, abierto y participativo entre autoridades, docentes, estudiantes y equipo de investigación, el propósito fue reflexionar y socializar sobre la importancia de investigar en torno de la formación y la enseñanza, compartiendo conocimientos y experiencias. Con esto se integró la comunidad de aprendizaje de matemáticas y se definieron orientaciones para la investigación e intervención. Esta fue una acción en conjunto en la comunidad de aprendizaje.
- **Reflexión.** Este momento se conformó por dos tiempos: el primer tiempo fue de reflexión, por cada uno de los docentes, el propósito fue reconocerse y valorarse el docente a través de actividades de introspección basadas en protocolos, se trabajó sobre quién soy “yo” como persona y como docente, de cómo se presenta mi sistema de pensamientos, creencias, deseos, sentimientos, emociones y acciones en mi desempeño como docente. Se trabajó sobre “Conócete

a ti mismo” y sobre cómo impacta esto en mi estilo de enseñanza; el segundo tiempo, fue para compartir lo reflexionado por cada docente y de la reflexión realizada en la comunidad de aprendizaje, el propósito fue darse cuenta de las particularidades de cada quien, y de registrar que hay puntos en común. Esta fue una acción individual y en colectivo en la comunidad de aprendizaje.

- Diseño de la innovación. La comunidad de aprendizaje se dividió en equipos de aprendizaje, cada equipo se integró por Unidad de Aprendizaje (UA). En cada equipo a partir de la reflexión decidieron en conjunto que potencializar de sus conocimientos y experiencias, diseñaron innovaciones que podían ser incrementales (mejoras menores en la formación y la enseñanza de los docentes de matemáticas que rompieran con lo rutinario, mecánico y rígido); innovaciones radicales (cambios en la relación enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en el marco institucional); innovaciones transformadoras (emancipación socio-pedagógica y cultural de las prácticas y de los procesos de formación tradicionales, impacto en la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas a nivel del contexto nacional) o innovaciones disruptivas (emergencia de un nuevo paradigma en la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas). Las innovaciones pueden ser en diferentes aspectos: pedagógicas, didácticas, psico-afectivas, organizativas, comunicativas y de valores.
- Intervención. En ese momento cada docente aplicó las innovaciones construidas, generando un ambiente de enseñanza-aprendizaje empático, utilizando tecnologías blandas y duras de la educación, estrategias y todos los recursos necesarios humanos y pedagógicos. La colaboración y la creatividad conjunta fue factor clave para el desarrollo de la innovación, fue un proceso de hacer-haciendo en la acción. Para la intervención se planteó una lógica de realización entre docente y estudiantes que incluyó cuatro tiempos: inicio, desarrollo, seguimiento y reflexión.
- Evaluación. En este momento se valoraron los logros obtenidos, en los aspectos subjetivos y objetivos de la intervención realizada. En lo subjetivo se consideraron aspectos como: motivación, afectividad, emociones, sentimientos, creencias, empatía, valores. En lo objetivo se consideraron aspectos como: resultados de aprendizaje, tareas realizadas, objetos de aprendizaje, tiempos realizados, estrategias empleadas, solución de problemas y dudas, comunicación verbal y no verbal, retroalimentación.

Para el desarrollo de cada momento del modelo se llevó a cabo un taller. Los talleres realizados fueron: sensibilización, conocimiento, diseño, realización y valoraciones. En cada taller se implementó una triple acción: trabajo individual, trabajo por equipo y trabajo en plenaria. Docentes y estudiantes fueron considerados en una triple dimensión: persona, rol desempeñado en la relación enseñanza-aprendizaje y social; es decir, como sujeto, docente o estudiante y como actor socio-pedagógico. Con ello, se articularon tres aspectos: práctica-teoría, formación-desempeño en la relación enseñanza-aprendizaje y persona-docente. El docente y estudiante, ambos considerados en su complejidad dentro de la relación pedagógica.

## Muestra

Se trabajó con una muestra de 50 docentes de matemáticas provenientes de los diez planteles del Bachillerato universitario con los que cuenta la UAEMEX. Los docentes impartían una o más de las Unidades de Aprendizaje (UA) del área de matemáticas, entre las cuales se encontraban: UA de álgebra, UA de Aritmética, UA de Cálculo diferencial, UA de Cálculo integral, UA de Estadística, UA de Geometría analítica y UA de Trigonometría. Se integraron siete Comunidades de Aprendizaje, una por cada UA.

## Obtención de datos

Para la obtención de los datos se utilizaron distintos medios físicos y electrónicos, a continuación, los describimos:

- Se diseñaron guías de observación y diarios de clase de los estudiantes y de los docentes.

- Elaboración de protocolos para el trabajo de introspección personal que incluyeron preguntas sobre conocimientos y afectividad del docente con respecto a su práctica docente.
- Aplicación de test de estilos de enseñanza y estilos de aprendizaje, las aplicaciones fueron dos: al inicio y al final, para registrar qué tipos de cambios se habían realizado.
- Escritos libres por cada equipo que se conformaron en comunidades de aprendizaje por cada Unidad de Aprendizaje del área de matemáticas.
- Escritos por plenaria de los talleres que se realizaron por toda la comunidad de aprendizaje integrada por los 50 docentes.
- Registro de las innovaciones realizadas con retroalimentación colectiva.
- Registros filmicos realizados en distintos momentos.

## Consideraciones éticas

El trabajo de investigación realizado se suscribió a dos documentos: Decreto por el que se expide el código de ética y conducta de la UAEMEX y a la Política de integridad de la investigación universitaria. Política de integridad humanística, científica, tecnológica, de obra artística y trabajos eruditos universitarios de la UAEMEX. Con base en estos documentos de la normatividad ética se aseguró el consentimiento de participantes, la confidencialidad de los datos y el uso de los datos con fines únicamente para la investigación.

## Resultados

Se logró el desarrollo de la ecología del aprendizaje con los cinco momentos de la investigación-acción: desde la sensibilización hasta la evaluación. En cada momento hubo resultados favorables:

- Primer momento (sensibilización). El interés de los docentes, estudiantes y directivos por participar en el proyecto fue esencial como punto de partida, la motivación por conocerse a través de su práctica despertó el interés y lograron apropiarse de la lógica de la investigación-acción y de la formación realista, sobre todo porque antes no habían tenido alguna experiencia similar, se aplicó la guía de sensibilización.
- Segundo momento (reflexión). Para los docentes significó una novedad verse ante el espejo, sin enjuiciarse ni criticarse, respetándose a sí mismos y a los demás. Se logró valorar el desempeño de la práctica docente sin adjetivos de bueno o malo, simplemente reflexionar de cómo se hacía la docencia y cómo sucedía el aprendizaje, la idea desde un inicio fue reconocer lo que se hace para hacerlo mejor, sí era necesario, o bien, hacer de manera diferente lo que se hacía para beneficio propio y de los demás. Esto se logró en sesiones de equipo y plenaria de todos los participantes.
- Tercer momento (diseño de la innovación). Fue un momento de imaginación, creación y aportación, los docentes compartieron a través de talleres su conocimiento y sus experiencias, lograron diseñar modelos de innovación, sobresalió el conjunto de tecnologías duras y blandas que de forma individual hacían uso en su desempeño. Lograron los docentes innovaciones incrementales con el recurso del aprendizaje basado en problemas, aprendizaje centrado en retos, aprendizaje basado en el diálogo deliberativo, aprendizaje por ensayo y error, uso de softwares específicos para matemáticas como el GeoGebra, YACAS, Cabri-Geometre, entre otros. Adicional, se recurrió al aprendizaje basado en gamificación, en inteligencias múltiples, habilidades para la comunicación, habilidades para las interacciones, etcétera. Parte de estas innovaciones pueden ser consultadas en la página <https://www.youtube.com/@modeloabejadigitaluaemex6124>
- Cuarto momento (intervención): Una dificultad que se logró superar fue la rigidez del currículo, se les permitió a los docentes implementar su innovación con base en la adecuación de sus planeaciones preestablecidas, los docentes lo-

graron la intervención con base en la dinámica reflexiva, al integrar el saber de sus estudiantes de forma activa, despertando el interés por construir artefactos de aprendizaje de forma colaborativa, a partir de resolver problemáticas reales. Esto fue socializado a través de talleres.

- Quinto momento (evaluación). En cada momento de la intervención había una tarea que se articulaba al resultado general del artefacto del aprendizaje, se logró una evaluación realista, concreta y tangible a partir del logro de cada comunidad de aprendizaje la evaluación fue individual, por equipo y por el conjunto del grupo con el uso de indicadores del desempeño de la práctica docente. El logro más significativo, fue dar respuestas a través de tareas desempeñadas a problemas reales.

Otros resultados que se registraron de tipo cuantitativo y cualitativo fueron los siguientes:

- Los 50 docentes del área de matemáticas se formaron en la práctica como docentes reflexivos porque lograron realizar y aplicar sus ecologías de aprendizaje con innovaciones en el aprendizaje, el uso de tecnologías del aprendizaje y el conocimiento. Se superó el problema de resistencia por parte de los docentes de mayor antigüedad y se superó el amateurismo de los noveles.
- Se creó un banco de innovaciones de la enseñanza-aprendizaje que se socializa entre los docentes del área de matemáticas. Fueron 90% innovaciones incrementales; es decir, innovaciones que mejoran a las prácticas individuales sin trastocar de forma global la enseñanza de las matemáticas, son del tipo que impacta en el mejoramiento del desempeño. Las restantes innovaciones radicales 10% impactaron a nivel institucional, no solamente a la práctica personal, sino de la forma en que se concibe institucionalmente los métodos de enseñanza de las matemáticas.
- El aprendizaje de las matemáticas de los estudiantes beneficiados se mejoró, el interés por problemas reales de las matemáticas fue lo que sobresalió. El impacto logrado fue avanzar en el aprendizaje realista de las matemáticas, lo cual fue expresado en las reuniones y talleres colectivos.
- Con respecto a las instancias de autoridad institucional como: la Dirección de Educación Media Superior de la UAEMEX, se logró el apoyo constante para la realización del modelo aplicado. Con el advenimiento de la pandemia por COVID-19, el modelo se trasladó a la modalidad virtual e híbrida. Y se extendió a todas las áreas del conocimiento establecidas en el currículum del Bachillerato Universitario.
- Se diseñaron diferentes guías una para cada etapa del proceso que contribuyeron a la formación docente realista derivada de la práctica.
- Se lograron solamente innovaciones incrementales en el área de matemáticas. Con estas innovaciones se perfila en un futuro mediano crear el banco institucional de innovaciones de la enseñanza-aprendizaje.

Con este conjunto de resultados señalamos que los docentes de matemáticas a través de sus innovaciones e intervenciones articularon la formación con la práctica, adquirieron nuevos conocimientos y habilidades en la práctica, desarrollaron trabajo en comunidades de aprendizaje, a partir del intercambio de saberes y experiencias donde construyeron de forma conjunta nuevos objetos de aprendizaje. La reflexión fue constante, en el momento de aportar ideas de forma individual y en el momento de socializarlas en la comunidad de aprendizaje, representó para los docentes cambios en su subjetividad porque sus creencias y certezas se movilizaron, ya sea para mejorar su tarea docente o bien para hacerla de forma distinta. El trabajo colaborativo fue esencial en el proceso del aprendizaje complejo, porque se logró la enseñanza reflexiva por parte de los docentes de matemáticas en beneficio del aprendizaje de los estudiantes.

## Discusión

Si bien se lograron resultados importantes con el modelo de investigación-acción y de formación realista implementado a través de la Ecología de Aprendizaje para innovar la práctica docente tradicional, aún no es suficiente. Existen varios estudios que han hecho innovaciones en la manera de intervenir en la enseñanza y en el aprendizaje que pueden ser recuperados por la investigación-acción. Por ejemplo, el aprendizaje experiencial o del movimiento Maker o el aprendizaje mediado por la inteligencia artificial, que son experiencias novedosas como procesos de formación y práctica docente reflexiva.

Otro aspecto que habría que reforzar es el tipo de innovaciones logradas, hace falta mayor profundidad en el estudio de los avances en la teoría educativa para que sean introducidos en la práctica docente con el propósito de construir no solamente innovaciones incrementales. Mirar de forma crítica que los cambios en la educación son vertiginosos; hoy se habla de educación extendida, de la ubicuidad del aprendizaje y de la inteligencia aumentada. Todo esto trastoca directamente a la formación y a la práctica docente. La reflexión debe ser un acto permanente del docente para generar cambios permanentes y continuos.

En estudios futuros con este modelo se requiere poner mayor énfasis en los tiempos y en vencer la resistencia que prevalece en algunos docentes. Habría que emprender con mayor fuerza la motivación en el momento de sensibilización, porque el docente está acostumbrado a depender de forma vertical de la autoridad, lo que limita la creatividad del docente. Es necesario hacer que el docente asuma su compromiso de una formación reflexiva permanente a lo largo de su trayectoria como profesional de la enseñanza y del aprendizaje.

La práctica docente reflexiva y la formación realista ha sido objeto de estudios recientes en el terreno de la matemática; por ejemplo, Corral y Ramos (2015) aplican el modelo de Korthagen, se centran en la reflexión individual y colectiva a través de un taller, desde nuestro punto de vista, consideramos que logran aportes desde una lógica tradicional de formación, no presentan una conexión con la práctica docente ni construyen innovaciones. Ramos y Flores (2016) abordan a la práctica de los profesores de matemáticas en un curso de formación, acentúan el modelo ALACT de Korthagen, en dos momentos, en la formulación de la situación problema que abordarán y en la clase de estudio, son dos momentos que vinculan con el método de formación realista, el momento de la planeación de un curso a partir de una situación problema y el momento de realizar la formación en el curso. Por su parte, Gracia (2010) trabaja la formación docente en álgebra, basada en la resolución de problemas reales, es un modelo de enseñanza para un tema en particular, el aporte consiste en haber logrado desarrollar un aprendizaje realista en los estudiantes.

Estos estudios han logrado aportaciones relevantes en materia de formación realista, sus alcances y sus resultados han sido diferentes a nuestro estudio. Una diferencia notable es que ha sido utilizado el modelo de Korthagen o el modelo de práctica docente reflexiva por separado, nosotros los articulamos con el diseño de un modelo propio, retomamos la idea de abordar a la persona y al docente como parte de una misma unidad, nos centramos en la acción reflexiva que tiene una relación con la subjetividad y la objetividad de los integrantes de la comunidad de aprendizaje. Otro aspecto que es diferente de esos estudios al realizarlo por nosotros es que la formación la concebimos como una comunidad de aprendizaje que práctica en común una finalidad donde cada uno contribuye con sus conocimientos, recursos pedagógicos y experiencias.

La relevancia de nuestros aportes en el contexto de la literatura especializada, en el tema de las matemáticas, es que se logró orientar la acción con intencionalidad desde el inicio hasta la innovación de la enseñanza-aprendizaje, a partir de una reflexión y socialización constantes durante todo el proceso.

Por último, el reto que queda es mantener el interés por parte de la comunidad de aprendizaje del área de las matemáticas del Bachillerato Universitario de la UAEMEX, para continuar con la experiencia y poder profesionalizar a los docentes en la innovación de la enseñanza-aprendizaje con la ecología de aprendizaje para evitar recaer en la formación sin aplicación directa en el aula y en la práctica docente tradicional. Esto ha sido significativo porque nos adelantamos a la actual reforma educativa denominada

la Nueva Escuela Mexicana que retoma a la investigación-acción como una forma de intervenir los docentes en su práctica.

## Conclusiones

En el cambio docente intervienen distintos actores que forman parte de una ecología del aprendizaje: docentes, estudiantes y autoridades institucionales, que tiene fines distintos que tienen fines distintos. Se conjugan intereses que no siempre son coincidentes, incluso a veces son opuestos; por ejemplo, los docentes tienen la intencionalidad de ejercer su libertad de cátedra; sin embargo, tienen que cumplir con disposiciones de las autoridades institucionales emanadas de las reglamentaciones, y del currículo oficial, que limitan ese ejercicio de libertad. Pese a las limitaciones, es posible desarrollar innovaciones a partir de la motivación, conocimientos y experiencias de los docentes, y a la disposición de los estudiantes por mejorar los aprendizajes.

El ideal conócete a ti mismo, es posible impulsarlo en la práctica docente y en el desarrollo de los aprendizajes, al potencializar la libertad de enseñanza, a partir de la autorreflexión. Es una tarea gradual que al inicio provoca en los docentes desconfianza y resistencias. Al principio los docentes son reservados al compartir su forma de ser docente, por temor a ser criticados o denostados, sienten desconfianza al pensar que serán humillados; esto genera resistencia en la participación. Cuando se logra superar esta barrera, con un trato basado en el respeto y en los derechos humanos, se activa la comunicación asertiva como base de la autorreflexión.

Con la fluidez en la comunicación se retroalimenta la subjetividad docente, y se nutre del trabajo intersubjetivo, que permite la socialización del trabajo de introspección y de observación externa. A partir de esto, el intercambio de saberes entre los docentes adquiere dinamismo y fuerza, se construye un trabajo cooperativo que conduce a lograr la innovación de la enseñanza para el mejoramiento del aprendizaje.

Las innovaciones son resultado de la relación entre formación y práctica compartidas, que se retroalimentan con la cooperación de toda la comunidad de aprendizaje. Cada docente coloca algún pilar de las innovaciones, que luego son puestas en marcha, con intervenciones colectivas entre docentes y estudiantes, de donde derivan más aprendizajes. El docente adquiere nuevas habilidades o bien potencializa las existentes, con base en el desempeño y los aportes de los estudiantes. En la intervención para las innovaciones es continua la retroalimentación, entre docentes, entre estudiantes, y entre docentes y estudiantes. Esto logra mover las barreras de las prácticas y el currículo institucional. Los fórceps del poder institucional seden ante el trabajo cooperativo de las innovaciones.

El resultado del ciclo de autorreflexión renueva la identidad docente, se trata ahora de hacer una docencia basada en la investigación-acción, en la medida en que se enseña, se aprende a enseñar, es un círculo virtuoso entre formación y práctica docente. En este caso de los docentes de matemáticas, en ambos extremos de la ecuación, imperó el realismo pedagógico, enseñar a partir de resolver problemas reales, ya sean derivados de los enigmas científicos o de los desafíos sociales. El imperativo logrado fue autorreflexionar para articular la tríada docencia-investigación-docencia, partir de la docencia como concreto aparente, para después con la autorreflexión desarrolla procesos de abstracción, realizando múltiples determinaciones, para arribar al concreto real, a la docencia concreta.

## Limitaciones

En los distintos momentos del proceso de investigación-acción se presentaron problemas de carácter institucional y de la comunidad de docentes de matemáticas. De manera global se enlistan los problemas:

- El apoyo económico institucional para el traslado de docentes, de sus lugares de adscripción al lugar sede de los talleres, estuvo ausente. Esto representó un reto para los docentes para pagar sus propios costos de traslado, lo cual impactó para que no se presentaran todos los docentes desde el inicio de las actividades de la investigación.
- El financiamiento aprobado por instancias nacionales como: el Instituto Nacional

para la Evaluación de la Educación (INEE) y ratificado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), nunca llegó. En el primer caso, el presidente Andrés Manuel López Obrador, desapareció al INEE sin cumplir los compromisos establecidos. En el segundo caso, la nueva administración encabezada por la Dra. María Elena Álvarez-Buylla del CONACYT, no reconoció el compromiso contraído y canceló el financiamiento.

- La participación de la comunidad de docentes de matemáticas fue dándose de manera diferenciada; es decir, no todos los docentes participaron desde el inicio; solamente asistieron a una reunión colectiva, pero ya no asistían a las demás. Si bien se abarcó a cincuenta docentes de matemáticas, no todos fueron al mismo tiempo ni al mismo ritmo, lo cual impactó en que solo se recibieran 25 innovaciones.
- Frente a la pandemia por COVID-19, ya no continuó el proyecto en su segunda etapa de retroalimentación. Las actividades académicas presenciales fueron suspendidas.

## Agradecimientos

Se agradece a las autoridades de la UAEMEX todo el apoyo para la realización de esta investigación; también se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología el reconocimiento nacional otorgado a este proyecto de investigación, aunque no se materializó el financiamiento. De forma especial agradecemos a todos los integrantes de la comunidad de aprendizaje (directivos, docentes y estudiantes) del área de matemáticas su entusiasmo, dedicación y compromiso demostrado a lo largo de las actividades de la investigación.

## Referencias

- Badillo, E., Climent, N., Fernández, C., González, M.T. (eds.) (2019). *Investigación sobre el profesor de matemáticas: práctica de aula, conocimiento, competencia y desarrollo profesional*. España: Universidad de Salamanca.
- Car, W. (2002). *Una teoría para la educación. Hacia una investigación educativa crítica*. España: Ediciones Morata.
- Corrial, C. y Ramos, E. (2015). Reflexión sobre la práctica docente desde la modelación matemática en el aula. En Vásquez, C., Rivas, H., Pincheira, N., Rojas, F., Solar, H., Chandia, E., Parraguez, M. (eds.). *Jornadas Nacionales de Educación Matemática XLIX* (pp. 641-645). Villarrica, Chile: SOCHIEM.
- Cuadra, D. J. y Catalán J. R. (2016). Teorías subjetivas en profesores y su formación profesional. *Revista Brasileira de Educação*, (21): 299-324. Disponible en <https://doi.org/10.1590/S1413-24782016216517>.
- Dewey, J. (2007). *Cómo pensamos: la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo*. Barcelona: Paidós.
- Gaitán, S. (2018). Importancia de la formación docente en la actualidad. *Revista Nexos*. Disponible en <https://educacion.nexos.com.mx/?p=1285>
- Giroux, H. A. (1990). *Los profesores como intelectuales. Hacia una pedagogía crítica del aprendizaje*, Barcelona: Paidós.
- Gracia, M. (2010). Formando docentes de matemática para la enseñanza del álgebra lineal. *Revista de Investigación Educativa*, 3(2): 235-261. Disponible en <http://www.scielo.org.bo/pdf/rieeiii/v3n2/a08.pdf>.
- Honoré, B. (1980). *Para una teoría de la formación. Dinámica de la formatividad*. España: Narcea.
- Kemmis, S. (1983). *El curriculum: más allá de la teoría de la reproducción*. Madrid: Morata.
- Korthagen, F. (2010). La práctica, la teoría y la persona en la formación del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, (68): 82-101.
- Latorre, A. (2005). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Editorial Graó.
- Leal, S. (2017). Identidad profesional docente del profesor de matemática de educación media general. *Revista Educación Superior y Sociedad*, (19): 153-177.
- Osuna, C. y Díaz, K. (2019). La práctica docente reflexiva en profesores mexicanos ante los retos de la nueva ciudadanía. *Educación Siglo XXI*, (37)1: 113-130. <http://doi.org/10.6018/educatio.363421>.
- Perrenoud, P. (2004). *Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar*. Barcelona: Grao.
- Ramos, E. y Flores, P. (2016). Reflexión sobre la práctica de profesores de matemáticas en un curso de formación continua. *Revista Iberoamericana de Educación matemática*, (46): 71-89. Disponible en <http://funes.uniandes.edu.co/16986/1/Ramos-Rodr%C3%ADguez2016Reflexión.pdf>.
- Shön, D. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Shön, D. (2002). *La formación de profesionales reflexivos. Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Barcelona: Paidós.
- Steiman, J. (2018). *Las prácticas de enseñanza. En análisis desde una didáctica reflexiva*. Buenos Aires: Mino y Davila.
- Zeichner, K.M. (1983). Alternative paradigms of teacher education. *Journal of Teacher Education*. (34) 3: 3-9.