

La especialización en tecnología digital para la enseñanza de matemáticas de la UNAM: autoetnografía del diseño y desarrollo de un programa innovador

The Specialization in Digital Technology for Mathematics Teaching at UNAM: Autoethnography of the Design and Development of an Innovative Program

María del Carmen González Videgaray
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO, MÉXICO
mcgv@unam.mx
<https://orcid.org/0000-0003-4707-3701>

Mayra Lorena Díaz Sosa
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO, MÉXICO
834074@pcpuma.acatlan.unam.mx
<https://orcid.org/0000-0003-4636-1402>

Mayra Olguín Rosas
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO, MÉXICO
olguin_68@yahoo.com.mx
<https://orcid.org/0000-0003-3851-9484>

RESUMEN

Este trabajo presenta la experiencia del diseño curricular, la implantación en 2017 y el desarrollo, hasta la fecha, del programa de Especialización en Tecnología Digital para la Enseñanza de Matemáticas (TEDIEM) en la Facultad de Estudios Superiores Acatlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Este programa es único en esta casa de estudios. El objetivo es compartir esta experiencia, que busca mejorar y profesionalizar la docencia en matemáticas en los niveles desde secundaria hasta licenciatura, lo cual responde a un problema multifactorial y complejo, específico de nuestro país y de Latinoamérica. La experiencia se analiza con una mirada autoetnográfica sistematizada, para expresar la forma en que se creó y se implementó la Especialización en TEDIEM, que cuenta ya con más de seis años y ocho generaciones. Se considera que el planteamiento de esta especialización es innovador e incide en una problemática educativa tanto mexicana como latinoamericana. La información aquí descrita puede ser útil para educadores en general y para la educación matemática en particular. Se discuten brevemente fortalezas y debilidades de este proceso.

Palabras clave: educación matemática, autoetnografía sistemática, posgrado, universidad, currículo

ABSTRACT

This paper presents the experience of curriculum design, implementation in 2017, and development to date of the Specialization Program in Digital Technology for Mathematics Teaching (TEDIEM) at the Faculty of Higher Studies Acatlán of the National Autonomous University of Mexico (UNAM). This program is unique in this institution. The objective is to share this experience, which seeks to improve and professionalize mathematics teaching from secondary to undergraduate levels, addressing a complex, multifactorial problem specific to our country and Latin America. The experience is analyzed through a systematic autoethnographic lens to express how the TEDIEM Specialization was created and implemented, now with over six years and eight generations of students. This specialization's approach is considered innovative and addresses educational issues in both Mexico and Latin America. The information described here can be useful for educators in general and mathematics education in particular. Strengths and weaknesses of this process are briefly discussed.

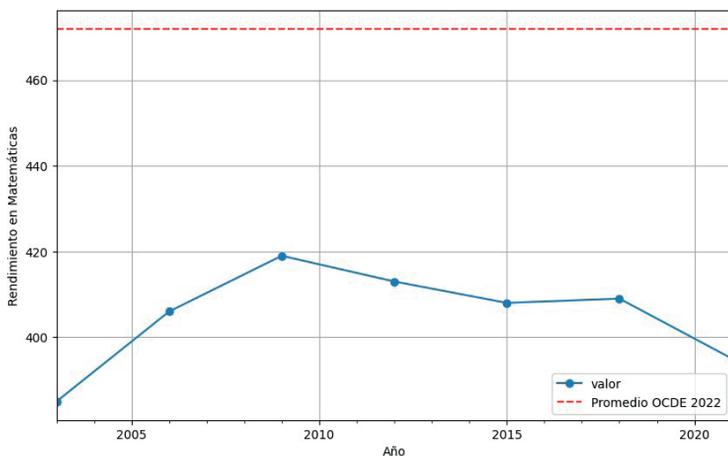
Keywords: mathematical education, systematized autoethnography, postgraduate studies, university, curriculum



INTRODUCCIÓN

En México, en Latinoamérica y en diversas regiones como el Norte de África y Oriente Medio, el aprendizaje de las matemáticas ha representado un problema grave (Haase y Krinzing, 2019). La educación matemática parece estar asociada con la calidad de vida de las personas y su prosperidad (Dockendorff y Gomez Zaccarelli, 2024; Zacharopoulos *et al.*, 2021), que varía por países, así como con factores socioeconómicos, pues los estudiantes provenientes de familias con bajos ingresos tienen un rendimiento significativamente inferior en matemáticas en comparación con sus pares de familias con mayores ingresos (Jordan y Levine, 2009). En la figura 1 se aprecian los resultados recientes de PISA 2022 para México, donde se observa una curva descendente y alejada del promedio de la OCDE para 2022. Ninguno de los 13 países que se evaluaron en Latinoamérica estuvo por arriba de dicho promedio (BBC, 2023).

■ Figura 1. Resultados del examen de PISA en Matemáticas en México de 2003 a 2022



Fuente: OECD, 2023, p. 443.

Si bien el examen de PISA puede ser polémico porque no necesariamente está alineado con la cultura y la idiosincrasia mexicana (Pulso Noticias, 2023), resulta una medida de interés porque refleja una problemática real en la enseñanza de las matemáticas. PISA eva-

lúa alumnos de 15 años, por lo cual se puede considerar que pertenecen a un rango entre la educación secundaria y el bachillerato. Por su parte, también en el nivel superior hay deficiencias en matemáticas, aun en licenciaturas directamente vinculadas con esta área. En los Estados Unidos, la mitad de los adultos encuestados manifiestan que los jóvenes no quieren estudiar carreras relacionadas con las áreas CTIM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), a pesar de ser muy demandadas en el ámbito laboral, porque piensan que son muy difíciles (Kennedy, Hefferon y Funk, 2018).

El estudio de las matemáticas no sólo es percibido como una disciplina complicada o exclusiva para unos cuantos, sino que además genera verdadero sufrimiento a una gran cantidad de alumnos que deben cursar esta materia en los diversos niveles educativos. De hecho, existe desde hace muchos años un término clínico identificado como ansiedad matemática (Ashcraft, 2022), que involucra malestares anímicos y fisiológicos relacionados con el aprendizaje de esta asignatura.

Sin duda, este es un problema complejo y multifactorial, pero uno de sus componentes es la formación de los profesores de matemáticas, en la cual es posible incidir a través de estudios que profesionalicen y mejoren esta actividad. En el caso particular de la docencia en niveles de bachillerato o preparatoria y superior, los maestros suelen ser profesionistas del área de matemáticas sin una formación en pedagogía específica de las matemáticas y las características particulares de los aprendices (Kirwan, Winsor y Barker, 2023).

Con base en estas premisas, un grupo de profesores de la División de Matemáticas e Ingeniería de la Facultad de Estudios Superiores (FES) Acatlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), nos dimos a la tarea de crear un programa de especialización que diera respuesta a esta problemática, para mejorar y profesionalizar la docencia en matemáticas en los niveles de secundaria, bachillerato y superior. Originalmente se pensó en una especialización en matemática educativa o educación matemática, pero, al revisar el contenido propuesto y la vocación de la Facultad de Estudios Superiores (FES), Acatlán, se determinó orientarla hacia el uso de la tecnología digital en la enseñanza de las matemáticas. En

este documento analizamos, mediante una autoetnografía sistemática, la génesis de esta especialización, su implementación en 2017 y el trayecto que ha seguido hasta la actualidad.

METODOLOGÍA

Este artículo se inspiró en las aportaciones de López-Quiterio y Peña Islas (2023), quienes realizaron una autoetnografía para describir el diseño curricular de la Maestría en Educación Intercultural de la Universidad Pedagógica Nacional.

El presente estudio se inscribe en un paradigma cualitativo, a través de una autoetnografía sistematizada que pretende dar cuenta de la reflexión acerca del proceso de creación e instrumentación de la Especialización en Tecnología Digital para la Enseñanza de Matemáticas (TEDIEM). Sin embargo, se brindan algunos resultados cuantitativos acerca del ingreso, egreso y eficiencia terminal de la especialización, que pueden dar un marco más amplio para el análisis. Para hacer la autoetnografía sistematizada (Kumar, 2021), se utilizaron los siguientes insumos:

1. Revisión de los documentos generados durante la creación de la Especialización en TEDIEM, en particular, el Tomo I, el Resumen Ejecutivo y las diapositivas de la propuesta de creación de la especialización, donde se incluyen elementos tales como:
 - Antecedentes
 - Fundamentación
 - Metodología empleada en el diseño del proyecto
 - Demanda estimada
 - Objetivo
 - Plan de Estudios
 - Condiciones para la implantación
 - Formas de evaluación del Plan de Estudios
2. Normas operativas.
3. Entrevista por correo electrónico con el líder del proyecto de la Especialización en TEDIEM, el Mtro. Víctor José Palencia

- Gómez, profesor de carrera de tiempo completo de la División de Matemáticas e Ingeniería, de la FES Acatlán de la UNAM. El profesor Palencia Gómez dirigió y llevó a buen término este proyecto, con el apoyo de la entonces jefa de División de Matemáticas e Ingeniería, Mtra. Nora del Consuelo Goris Mayans.
4. Correos electrónicos intercambiados por las autoras con la coordinadora del programa de la Especialización en TEDIEM.
 5. Observación participante de las docentes creadoras de la Especialización en TEDIEM.
 6. Visión panorámica del ingreso y egreso de la Especialización en TEDIEM, de 2018-1 a 2024-2.
 7. Un grupo focal instrumentado en *Padlet*, donde participaron las maestras, respondiendo a las experiencias personales sobre procesos y productos de la creación e instrumentación de la Especialización en TEDIEM.
 8. Experiencias y reflexiones personales compartidas por las profesoras de la Especialización en TEDIEM.

Estos insumos fueron discutidos y analizados por las autoras del trabajo, quienes somos docentes creadoras y partícipes de la Especialización en TEDIEM desde sus inicios. Para el análisis y la reducción de datos se llevó a cabo un proceso de codificación en tres etapas: abierta, axial y selectiva. En la codificación abierta, se identificaron categorías iniciales a partir de estos insumos, destacando elementos clave como las relaciones personales, las necesarias negociaciones académicas, el recuerdo de proyectos y personas, el proceso de desarrollo del programa, los retos enfrentados, las estrategias utilizadas, y la visión futura del programa, así como las tecnologías a considerar.

Posteriormente, en la codificación axial, se agruparon estas categorías en ejes temáticos más amplios que capturan la interacción personal y profesional, el origen y evolución del programa, la innovación didáctica, los requerimientos institucionales, la potencial replicabilidad del programa y el papel fundamental del *software* libre o al menos de acceso gratuito. Finalmente, en la codificación selectiva, se sintetizaron estos ejes temáticos en el desarrollo y consolidación de este programa educativo innovador en la UNAM. Este proceso metodológico permitió estructurar nuestro análisis y lograr una

comprensión clara y detallada del desarrollo de la Especialización en TEDIEM, además de reconocer su potencial para ser replicado en programas de otras disciplinas.

Durante los trabajos de creación y diseño de la especialización, se llevaron a cabo las siguientes fases:

1. Designación del coordinador del proyecto, Mtro. Víctor José Palencia Gómez, por parte de la jefa de División de Matemáticas e Ingeniería.
2. Conformación del grupo de trabajo, por parte de la jefa de División de Matemáticas e Ingeniería de la FES Acatlán de la UNAM. El grupo de trabajo estuvo conformado por diez académicos de esta División, incluyendo a las autoras de este documento. Los docentes contaban con experiencia en la enseñanza de matemáticas en licenciatura y algunos en posgrado. En su mayoría, son profesores entusiastas del uso de la tecnología en la enseñanza de matemáticas.
3. Reuniones semanales de dos horas los miércoles, en las cuales se discutió y se acordaron los principales puntos de la conformación del Plan de Estudios propuesto, siguiendo los lineamientos de la UNAM para este tipo de proyectos. En estas reuniones se plantearon y discutieron propuestas, por mejoramiento sucesivo, hasta llegar al Plan de Estudios final por consenso.
4. Acuerdos finales y elaboración de los Tomos I y II, más el Resumen Ejecutivo.
5. Elaboración de la presentación del Proyecto TEDIEM.
6. Presentación ante los Órganos Colegiados de la UNAM.
7. Aprobación por los Órganos Colegiados de la UNAM.
8. Implantación.
9. Seguimiento y evaluación.

RESULTADOS

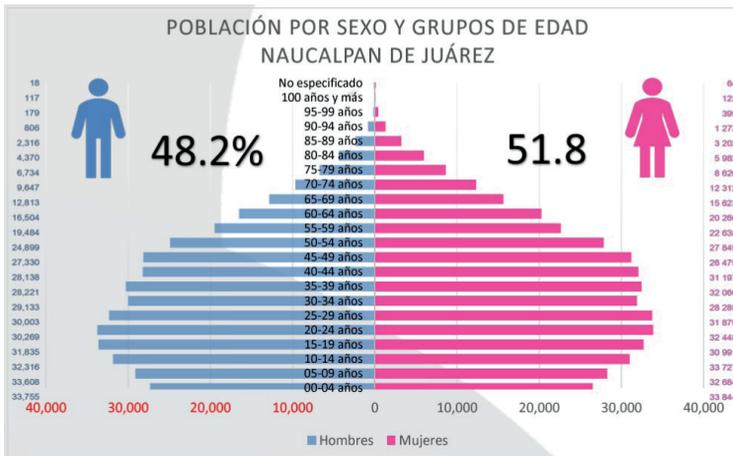
Contexto

La Facultad de Estudios Superiores (FES) Acatlán de la UNAM se encuentra ubicada en la Zona Norponiente del Valle de México. Se localiza en Naucalpan, Estado de México, el cual colinda con

municipios como Jilotzingo, Atizapán de Zaragoza, Huixquilucan, Tlalnepantla de Baz y Xonacatlán, además de la Ciudad de México.

Esta zona tiene una gran densidad poblacional en edad escolar (figura 2) y en ella se ofrece una amplia gama de estudios escolarizados que incluyen las matemáticas, en niveles de secundaria, bachillerato y educación superior. Por ello, se estimó que podía constituirse como un polo de desarrollo para la formación de docentes de matemáticas.

■ Figura 2 Distribución de la población en Naucalpan por sexo y grupos de edad en 2020



Fuente: Naucalpan de Juárez, 2020.

Tan sólo en Naucalpan, según el Cuaderno de Información Estadística y Geográfica No. 1, se cuenta con la población de profesores que muestra el cuadro 1, entendiendo que, en estos niveles educativos, los docentes son distintos por cada asignatura, es decir, no todos son maestros de matemáticas.

■ Cuadro 1. Escuelas y maestros en Naucalpan en 2020

Nivel	Escuelas	Maestros
Secundaria	133	2 283
Media superior	65	2 245
Superior	27	2 965

Fuente: Naucalpan de Juárez, 2020.

Además, hay varios grupos de docentes de matemáticas en los municipios aledaños y en la Ciudad de México. Como se puede observar en el Sistema de Información y Gestión Educativa de la Secretaría de Educación Pública (2024), para el primer semestre de 2024 se contó con el siguiente número de profesores de todos los niveles educativos, en escuelas con sostenimiento tanto público como privado (no todos imparten matemáticas):

- 212 746 en la Ciudad de México.
- 23 945 en municipios aledaños a Naucalpan: Tlalnepantla (11 720), Atizapán (7 500), Huixquilucan (4 356) y Jilotzingo (369).
- 257 412 en total en el Estado de México.

Además, como se expresa en la sección de Implantación de este documento, la realidad de esta especialización es que, hoy por hoy, con la autorización del H. Consejo Técnico de la FES Acatlán, se imparte mayoritariamente a través de videoconferencia, por lo cual es accesible incluso a personas cuya ubicación sea distante al plantel físico.

LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN UNAM

Esta Facultad es la Unidad Multidisciplinaria de la UNAM más grande en número de estudiantes y oferta académica. Contó con una matrícula de 23 mil 168 alumnas y alumnos de licenciatura en el semestre 2021-1 y 20 licenciaturas (Martínez, 2021). El posgrado, por su parte, cuenta con diez especializaciones, 12 maestrías y seis doctorados, que dan servicio a cerca de 500 alumnas y alumnos (Martínez, 2021). La FES Acatlán cumple 50 años de vida en 2025.

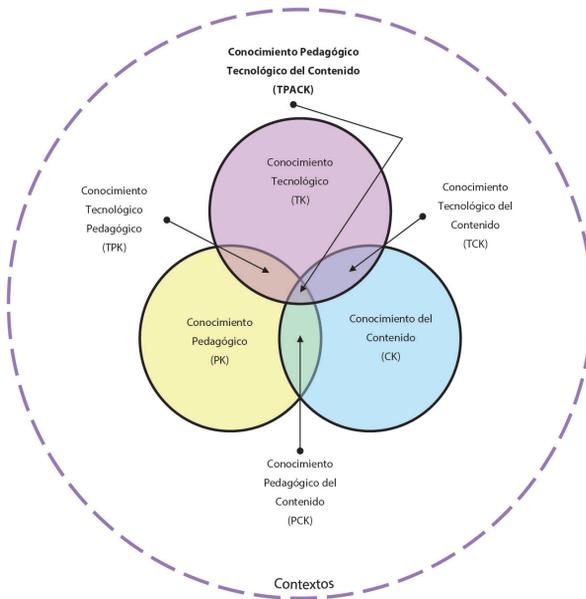
Dentro de su organización se encuentra la Secretaría General de la que dependen seis divisiones académicas. Una de ellas es la División de Matemáticas e Ingeniería, que atiende a cuatro licenciaturas: Actuaría, Ciencia de Datos, Ingeniería Civil y Matemáticas Aplicadas y Computación. Profesores de estas licenciaturas fuimos quienes participamos en la creación de la Especialización en TEDIEM, considerando que entre los propios egresados de estas licenciaturas

podiera haber interesados en cursar la especialización, como de hecho ha ocurrido. También se previó que el cursar la especialización pudiera ser una opción de titulación para estas licenciaturas, lo cual también ha sucedido.

MARCO TEÓRICO

La base principal para la construcción del plan de estudios de la Especialización en TEDIEM se encuentra en el marco-teórico del Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido-TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) de Koehler y Mishra (2009), un modelo que describe los tipos de conocimiento que los docentes necesitan para integrar la tecnología en sus enseñanzas de manera efectiva. Este modelo se basa en la idea de que la enseñanza efectiva con tecnología, en cualquier área del conocimiento, requiere una comprensión profunda de la relación entre la tecnología, la pedagogía y el contenido que se pretende enseñar.

■ Figura 3. Modelo TPACK y sus componentes



Fuente: reproducida con permiso del editor © Mishra y Koehler, 2012.

Los componentes del modelo TPACK son los siguientes (figura 3):

- Conocimiento del Contenido (CK). Conocimiento del tema que se está enseñando.
- Conocimiento Pedagógico (PK). Conocimiento de los procesos y prácticas de enseñanza y aprendizaje.
- Conocimiento Tecnológico (TK). Conocimiento sobre cómo utilizar tecnologías educativas.
- Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK). Conocimiento sobre cómo enseñar un contenido específico.
- Conocimiento Tecnológico del Contenido (TCK). Conocimiento sobre cómo la tecnología puede ser usada para enseñar un contenido específico.
- Conocimiento Tecnológico Pedagógico (TPK). Conocimiento sobre cómo utilizar la tecnología en prácticas pedagógicas.
- Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK). Comprensión holística de cómo integrar la tecnología en la enseñanza de un contenido específico de manera pedagógica.

En el caso de la Especialización en TEDIEM, el modelo TPACK fue orientado al campo de las matemáticas del siguiente modo:

- Dentro del Conocimiento del Contenido (CK), se contempló la teoría de las representaciones semióticas de las matemáticas, de Duval (2006), la cual se enfoca en cómo se representan y entienden los conceptos matemáticos. Duval (2006) sostiene que los estudiantes deben ir y venir entre representaciones visuales y discursivas, que también podrían ser táctiles, como en las pantallas de este tipo o generando objetos con impresoras 3D. Por ello, la Especialización en TEDIEM busca que los alumnos sean capaces de generar múltiples representaciones de los mismos objetos matemáticos, a través de tecnologías digitales. También es importante destacar que se promueve el uso del sistema de composición de textos LaTeX como una forma de escritura matemática.

tica que debe ser consciente y rigurosa para ser exitosa, y que da una vista profesional a lo que se escribe en matemáticas. La escritura clara de los documentos matemáticos digitales o impresos es un requisito indispensable para su adecuada comprensión.

- Para el Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) se retomaron las teorías acerca de la actitud previa (*mindset*), social e individual, hacia las matemáticas, de Boaler (2013, 2019); éstas abordan cómo las actitudes y mentalidades afectan el aprendizaje de las matemáticas. Boaler (2019) enfatiza que, más allá de la actitud positiva hacia la tecnología (Jankvist *et al.*, 2021), debe cuidarse y desarrollarse la actitud (*mindset*) hacia las matemáticas en los estudiantes. Indica que no se debe enseñar cómo seguir una serie de instrucciones rígidas e inamovibles, sino promover que el alumnado juegue con números y figuras. Todos pueden fascinarse por las matemáticas si tienen un buen acercamiento a ellas. Algunas personas suelen afirmar: “a mí las matemáticas no se me dan”. No hay tal cosa, pero existe un imaginario social en el que las matemáticas se representan como demasiado abstractas y difíciles. Otro elemento fundamental para el conocimiento pedagógico son las ideas seminales de Steven G. Krantz acerca de cómo enseñar matemáticas (Krantz, 2015), que se centran en estrategias y metodologías efectivas para la didáctica en esta área. Por ejemplo, habla de la importancia del *syllabus* del curso y del mundo electrónico donde confluyen los MOOC, Khan Academy, la clase invertida y los medios sociales, entre muchos otros. Todo esto se incluye en la Especialización en TEDIEM, atendiendo a sus recomendaciones prácticas y directas.
- En lo concerniente al Conocimiento Tecnológico Pedagógico (TPK), se visualizó la importancia de las *affordances* o potencialidades de acción que tiene la tecnología digital para facilitar o mejorar las tareas de enseñanza-aprendizaje (Conole y Dyke, 2004), para analizar cómo la tecnología puede facilitar y mejorar la enseñanza y el aprendizaje, enfocándose en las características y usos pedagógicos de las

herramientas digitales. Rojano (2014) señala que, a través de sistemas de geometría dinámica y de álgebra computacional, como *GeoGebra*, *Descartes*, *Wolfram Alpha* (en su versión Pro, que ya adquirió la UNAM para su comunidad) y *Maxima*, las personas tienen la capacidad de crear e incluso manipular objetos en 2D y 3D. Con ello, el alumno puede, literalmente, asir los objetos matemáticos y manipularlos de formas distintas, visualizando el efecto de esta manipulación. Esto es particularmente cierto en el uso de tabletas con pantallas táctiles. Además, promueve el uso de diferentes rutas cerebrales, lo cual también redundaría en un mejor aprendizaje de las matemáticas (Boaler, 2019). Estas ideas son consistentes tanto con la teoría de las representaciones semióticas (Duval, 2006) como con las *affordances* o potencialidades de manipulación de los objetos digitales (Conole y Dyke, 2004; Sacristán *et al.*, 2021).

- Y el Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK) se centró en el uso de la tecnología para la resolución de problemas en la enseñanza de matemáticas, referido por Manuel Santos-Trigo y colaboradores (2007, 2019), con el objeto de integrar el conocimiento de contenido matemático, pedagogía, y tecnología para resolver problemas matemáticos y mejorar el aprendizaje. Estos autores consideran que la tecnología digital no sólo cambia la forma en que los estudiantes, con o sin el apoyo de los docentes, pueden explorar los problemas, sino las dinámicas pedagógicas que se vuelven más ricas y activas. Rojano (2014) indica que la tecnología digital puede apoyar al aprendizaje autorregulado y comulga con teorías constructivistas del aprendizaje. La resolución de problemas, sobre todo si éstos tienen un contexto significativo para los alumnos, es una vía para fomentar el pensamiento crítico.

Ahora bien, para abordar el Conocimiento Tecnológico (TK), el grupo de profesores que trabajamos en este proyecto detectó que hoy en día existe una gran cantidad de *software*, aplicaciones y sitios web que forman un ecosistema complejo que puede apoyar con

éxito la enseñanza de las matemáticas. Estas herramientas digitales incluyen ambientes virtuales de aprendizaje o sistemas de gestión de cursos (como *Moodle* o *Google Classroom*), aplicaciones para crear objetos de aprendizaje (como H5P, *eXeLearning*, *Hot Potatoes*, *JClic*, *Quandary*, *Quizziz*, *Nearpod*, *Kahoot*, *Manim* de *Python*, *Canva*, *Genially*), sistemas de álgebra computacional o CAS (*Maxima*, *Wolfram Alpha*, *Descartes*), sistemas de geometría dinámica o SGD (*GeoGebra*), entre otros. Prácticamente, todas las herramientas mencionadas son de uso libre, lo cual las hace accesibles (Sacristán *et al.*, 2021), e incluyen el manejo del sistema de composición de textos matemáticos, LaTeX. Esto último es sustancial para la buena presentación de ecuaciones y fórmulas, lo que redundará en la comprensión de los contenidos.

También se consideró que la FES Acatlán contaba con una experiencia significativa en este ámbito, por el uso intensivo de plataformas o ambientes virtuales de aprendizaje, la utilización frecuente de los sistemas de geometría dinámica y sistemas de álgebra computacional por parte de varios profesores creadores de la especialización, y la realización de los Coloquios de Ambientes Virtuales y Objetos de Aprendizaje, además de ofrecer durante 13 años el Diplomado en Ambientes Virtuales y Objetos de Aprendizaje, que ganó un premio internacional (RECLA 2019).

Con base en estas ideas se elaboró el Plan de Estudios de acuerdo con las líneas rectoras del Plan de Desarrollo de la UNAM 2015-2019 y del Plan de Desarrollo Institucional 2013-2017 de la FES Acatlán, que forman parte del programa de Docencia y Calidad Educativa del Proyecto de Fortalecimiento del Posgrado, en cuanto a la Línea de Acción referente a la Diversificación de la oferta educativa en los programas de posgrado en las modalidades presencial, semipresencial y a distancia.

El *National Council of Teachers of Mathematics* (2024, párr. 8) plantea una serie de principios, estándares y expectativas para la educación matemática. Entre los seis principios que formula, el último señala que “la tecnología es esencial en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, influye sobre las matemáticas que se enseñan y refuerza el aprendizaje de los estudiantes”. Este principio alentó el diseño curricular de la Especialización en TEDIEM, que se efectuó

con la conciencia de que hay voces que mencionan que todavía no es absolutamente clara la relación entre el uso de la tecnología digital y el mejoramiento del rendimiento académico en matemáticas (Dockendorff y Gomez, 2024; Sánchez-Ruiz y Ursini, 2010). Por otro lado, Sacristán *et al.* (2021) hablan de que hace falta en México la integración curricular de la tecnología, en general, en diversas materias y, sobre todo, para matemáticas.

Clark-Wilson *et al.* (2014) señalan que el éxito en la integración de la tecnología digital en la enseñanza de las matemáticas depende en gran medida de la combinación de conocimientos tecnológicos, pedagógicos y de contenido (TPACK) por parte del docente. Además, identifican que una actitud positiva hacia el uso de la tecnología y una comprensión profunda de las matemáticas y de cómo enseñarlas, son esenciales para crear tareas didácticas efectivas que promuevan el aprendizaje matemático. De manera que un profesor que posea estas competencias y autoconfianza es capaz de diseñar situaciones educativas que aprovechen las herramientas digitales para facilitar y enriquecer el aprendizaje de los estudiantes (Sacristán *et al.*, 2021). Esta es la razón por la cual, si bien es cierto que la Especialización en TEDIEM se orientó a la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes en torno al uso de tecnología para la enseñanza de matemáticas, se contempló fundamental desde su génesis dotarla de un soporte pedagógico y didáctico con asignaturas específicas para este fin.

De acuerdo con Rojano (2014), la tecnología puede ser un elemento definitorio de los currículos para la enseñanza de matemáticas y en las prácticas educativas, por su probada potencialidad didáctica. Es importante destacar que han transcurrido diez años desde este estudio, y la tecnología también cambia a pasos agigantados, refinándose y volviéndose más accesible. El florecimiento y desarrollo de la tecnología digital para la enseñanza de matemáticas sugiere que su aplicación puede ser efectiva, si se hace desde teorías pedagógicas adecuadas y si se capacita a los maestros en su uso y forma de aplicación (Rojano, 2014). Esta última afirmación da pie a la propuesta de creación de la Especialización en TEDIEM.

VALORACIÓN DE LA PERTINENCIA

Para valorar la pertinencia de la especialización propuesta, se realizó un análisis comparativo de 63 planes de estudio: en México (una especialización, 17 maestrías) y en el extranjero (tres especializaciones y 39 maestrías). No se identificaron en este análisis propuestas semejantes a la nuestra. Lo más frecuente fue encontrar estudios de maestría en educación matemática y matemática educativa o educación en general, así como en tecnología educativa.

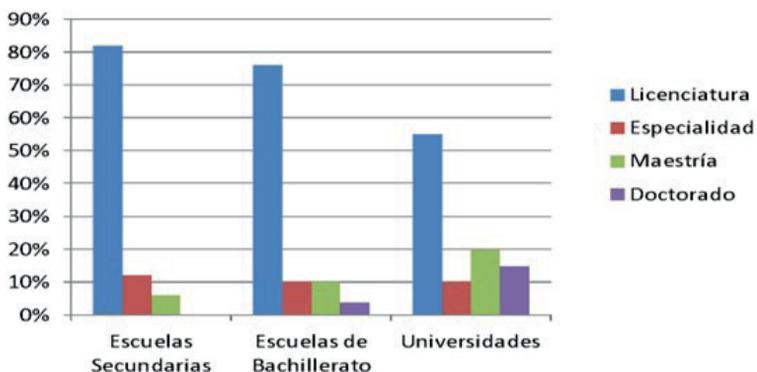
El programa académico más similar a la Especialización en TEDIEM es el que ofrece el Cinvestav, del Instituto Politécnico Nacional, denominado: Maestría en Ciencias en la Especialidad de Matemática Educativa, sobre todo en el área temática de Tecnologías Digitales en Educación Matemática (Instituto Politécnico Nacional Cinvestav, 2024). Este programa está orientado a la investigación y es de nivel maestría (tiene una duración de dos años). Pertenece al Programa Nacional de Posgrados de Calidad del Conahcyt (PNPC). Es una maestría de alta calidad y con gran tradición y prestigio. Nuestra propuesta, por otra parte, es profesionalizante para futuros docentes o docentes en ejercicio, y se ubica como especialización, con duración de un año.

La maestría contempla cursos como: Pensamiento Matemático (optativa en nuestro caso); Computación en matemática educativa I y II (posiblemente similares a la actividad de Sistemas de Álgebra Computacional), Programación estructurada (posiblemente similar a Programación de Objetos de Aprendizaje Numéricos y Programación de Objetos de Aprendizaje Geométricos); Educación y nuevas tecnologías (posiblemente similar a Ambientes Virtuales y Tecnologías para la Educación). Otras asignaturas de la Maestría están relacionadas con investigación y, por lo tanto, no se ofrecen en la Especialización TEDIEM.

Adicionalmente, para contar con una idea sobre la demanda potencial, se efectuó un sondeo a 26 instituciones educativas de la zona circunvecina sobre el nivel de estudios que ofrecen. Éstas indicaron que 57.69% son de nivel bachillerato, 34.62% nivel secundaria y 7.69% licenciatura. Donde 23.08% son instituciones privadas y 76.92% públicas. El nivel educativo reportado por los maestros de

matemáticas se muestra en la figura 4. Puede verse que la mayoría del profesorado cuenta únicamente con licenciatura.

■ Figura 4. Nivel de estudios del profesorado de matemáticas encuestado



Fuente: UNAM, Facultad de Estudios Superiores Acatlán, 2016.

Uno de los datos más importantes que se recabó fue sobre el *software* utilizado para enseñar matemáticas. Se encuestó a 52 profesores de matemáticas sobre el *software* que usan para enseñar matemáticas y se encontró que 73% no utiliza ninguno. Esto abre una gran área de oportunidad para la Especialización.

Por otra parte, la Especialización en TEDIEM representa una opción de titulación atractiva para egresados de las cuatro carreras del área de Matemáticas e Ingeniería que ofrece la FES Acatlán, así como en áreas de humanidades, como es Pedagogía y en la carrera de Arquitectura, que corresponde al área de Diseño y Edificación.

Un poco de historia

La idea original de esta especialización surgió a partir de un Diplomado en Enseñanza de las Matemáticas, impartido por varios profesores de la FES Acatlán, dirigido por el coordinador de lo que, posteriormente, fue el proyecto de la TEDIEM. Este Diplomado estaba orientado a profesores de bachillerato y se basaba, ante todo, en la historia de las matemáticas, la resolución de problemas y el pensa-

miento matemático como elementos fundamentales para el aprendizaje. En la FES Acatlán se deseaba diversificar la oferta de posgrados, particularmente en el área de Matemáticas e Ingeniería. Así pues, la entonces jefa de División de Matemáticas e Ingeniería, Mtra. Nora del Consuelo Goris Mayans, integró un equipo cuyo reto era crear la especialización.

Al caminar en esa dirección, se visualizó que la FES Acatlán tenía una experiencia significativa en herramientas digitales, además de que esto parecía hacer más atractivo el Plan de Estudios de la especialización. Como se indicó en el marco teórico, existían bases científicas para pensar que la tecnología digital podía contribuir a la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas. De aquí surgió el cambio de rumbo para que, en lugar de plantear una especialización en matemática educativa o en educación matemática, el objetivo se centrara en la tecnología digital y el nombre pasó a ser Tecnología Digital para la Enseñanza de Matemáticas.

En este camino fueron cruciales los apoyos del director de la FES Acatlán de esa época, el Dr. José Alejandro Salcedo Aquino y el Coordinador de Especializaciones, Mtro. Adalberto López López. Ambos brindaron las facilidades necesarias para la creación de este Plan de Estudios y defendieron la propuesta ante los diversos órganos colegiados.

Diseño curricular

El plan de estudios propuesto para la Especialización en Tecnología Digital para la Enseñanza de Matemáticas tiene una duración de dos semestres (un año lectivo), durante los cuales se deben completar las seis actividades académicas en su totalidad. El total de créditos asignados es de 48, de los que 32 corresponden a actividades académicas obligatorias y 16 a actividades académicas optativas.

Las actividades académicas del plan se organizan en dos bloques principales. El primero está destinado a la formación de un perfil básico que abarca conocimientos, actitudes sobre la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, así como habilidades en el uso de la tecnología digital como herramienta pedagógica. El segundo bloque se centra en actividades de profundización, donde los estudiantes,

según sus elecciones, exploran problemas relacionados con la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, desarrollan el pensamiento matemático, adoptan metodologías para la resolución de problemas y el modelado matemático, adquieren habilidades para crear objetos de aprendizaje matemáticos mediante lenguajes de programación, o se orientan hacia aspectos vinculados al trabajo de graduación.

La especialización se estructura en torno a cuatro ejes temáticos. 1) Enseñanza y aprendizaje de Matemáticas, 2) Tecnologías para la enseñanza de Matemáticas. 3) Pensamiento matemático y resolución de problemas, y 4) Práctica metodológica y documentación.

La flexibilidad dentro del plan de estudios permite a los alumnos seleccionar hasta un tercio de los créditos del programa. Dos actividades académicas optativas tienen un programa cuya temática puede determinarse, en parte o en su totalidad, según los intereses de los estudiantes. Además, una o ambas actividades optativas pueden ser reemplazadas por actividades de otros programas de posgrado de la UNAM o de instituciones nacionales o extranjeras, sin una secuencia obligatoria. El programa puede cursarse a tiempo completo o parcial.

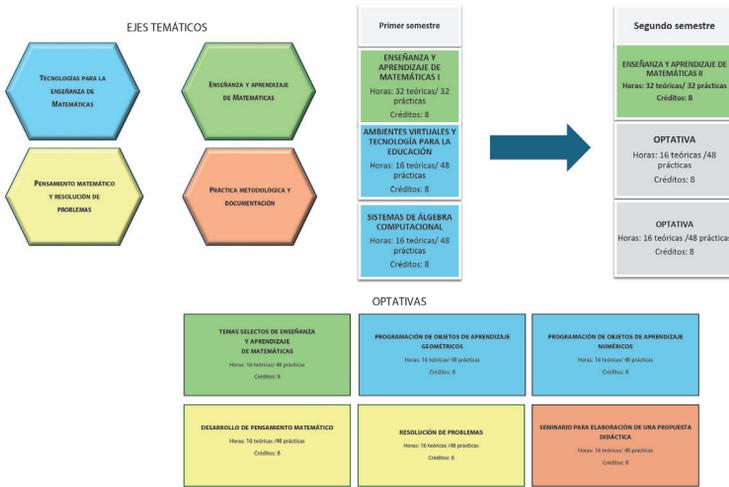
Con este proyecto, la FES Acatlán atiende de manera doble la función sustantiva de docencia dentro de la UNAM, ya que asume el objetivo de formar profesores de matemáticas que, a su vez, serán útiles en diversas áreas y niveles.

Mapa curricular

En la figura 5 se muestra el mapa curricular de la Especialización en TEDIEM. Puede verse que los cuatro ejes temáticos están identificados por colores.

El mapa curricular es muy sencillo, son tres actividades académicas por semestre, cada una de 16 horas teóricas y 48 prácticas al semestre. En el primer semestre hay tres asignaturas obligatorias y en el segundo, una obligatoria y dos optativas. Esto otorga flexibilidad al Plan de Estudios.

■ Figura 5. Ejes temáticos y distribución de asignaturas por semestre



Fuente: elaboración propia con base en UNAM FES Acatlán, 2016, p. 10.

Los ejes temáticos reflejan tanto las preocupaciones por el aprendizaje de las matemáticas, como la vocación de enseñanza del grupo de profesores que participamos y la experiencia de la FES Acatlán. Se da un peso primordial al uso de la tecnología para promover el aprendizaje, en virtud de que ha resultado ser un elemento que tradicionalmente apoya y va unido a las matemáticas, pero también se busca incidir en los aspectos teóricos que subyacen a la enseñanza y aprendizaje de esta disciplina.

Para la obtención del grado, los alumnos cuentan con cinco modalidades: Seminario curricular, Alto rendimiento académico, Ampliación y profundización de conocimientos, Ejercicio profesional y Tesina.

Evaluación de órganos colegiados

De acuerdo con la legislación vigente en la UNAM, la especialización fue aprobada por diversos órganos colegiados, tales como el Consejo Técnico de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, el Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y las Ingenierías, el Consejo Académico del Área de las Humanidades y las Artes y el Consejo Universitario de la UNAM. Fue aprobado por dos consejos académicos de área por ser tanto de matemáticas como de educación.

En los diversos Consejos se hicieron sugerencias y modificaciones, hasta llegar al Plan de Estudios final. Estas revisiones tuvieron como objetivo garantizar la calidad de los contenidos. Dentro de las observaciones más importantes recibidas por estos cuerpos colegiados, destacó la idea de no vincular los programas de actividades académicas con un *software* o aplicación específica, ya que estas tecnologías tienden a cambiar y a desaparecer con el tiempo. Por supuesto, se tomó en cuenta dicha recomendación.

Implantación

Con el propósito de alcanzar un mayor impacto en la sociedad nacional y aun en el ámbito de los países hispanoamericanos, desde el inicio de actividades de la especialización y con base en los resultados de una evaluación interna permanente, de acuerdo con lo señalado en la normatividad referente a los Estudios de Posgrado, se comenzaron a desarrollar los materiales requeridos para ofrecer este programa, también, de manera semipresencial y a distancia. Las características mismas de la especialización, que resaltan el empleo de la tecnología digital y los ambientes virtuales de aprendizaje como herramientas de apoyo a la enseñanza obligaron a considerar que el Programa debía ser ofrecido, a mediano plazo, a todo profesor de Matemáticas en la educación secundaria, media superior y superior, que tuviera acceso a Internet. De esta manera, la FES Acatlán podría potenciar la cobertura de la especialización a nivel metropolitano, nacional e internacional. A la fecha, se han desarrollado en línea en su totalidad las cuatro materias obligatorias contempladas en el plan de estudios vigente. Como proyecto prioritario de la especialización se considera dar continuidad al montaje en ambientes virtuales de aprendizaje de las asignaturas optativas, hasta completar su totalidad.

El 15 de octubre de 2016 se creó la Especialización en Tecnología Digital para la Enseñanza de Matemáticas, proyecto académico propuesto por la FES Acatlán, cuya primera generación de diez alumnos inició actividades el 8 de agosto de 2017. Esta propuesta responde a una necesidad real y actual, puesto que ofrece un diseño curricular de vanguardia, con un perfil de egreso que permite profundizar en

conocimientos, ampliar los enfoques educativos, desarrollar y mejorar las destrezas para la elaboración de material multimedia y replantear, así, las formas de la enseñanza de las matemáticas.

Para cumplir con estos importantes objetivos, las tres instructoras de la especialización consideramos apropiado establecer, desde el inicio de la TEDIEM, una instrucción de tipo mixto o *blended learning*, donde se combinara la modalidad presencial con la modalidad en línea, con el apoyo cercano de un ambiente virtual de aprendizaje basado en *Moodle*. Para ello se utilizó la plataforma institucional del Posgrado, que es instrumentada y mantenida por el Centro de Tecnología para la Educación a Distancia (CETED) de la FES Acatlán. Esto se determinó con el objetivo de predicar con el ejemplo, dado que la especialización promueve el uso de herramientas digitales para la enseñanza. También diseñamos una estructura para esta plataforma, más o menos homogénea, basada en semanas y actividades semanales. Todas las asignaturas cuentan con un syllabus o contrato del curso que guía a los estudiantes y al docente.

En las asignaturas de Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas I y II, que son más teóricas, se aplicaron cuestionarios automatizados, tanto a través de la plataforma *Moodle* como con objetos de aprendizaje elaborados con H5P. Esto dio buen resultado y fue apreciado por los alumnos, puesto que reciben una calificación y retroalimentación inmediatas. Igualmente se crearon listas de cotejo para calificar las actividades, lo cual permitió subir el nivel de la producción académica de los alumnos.

Como docentes de la Especialización en TEDIEM, nos convertimos en creadoras y curadoras de materiales educativos, con los mismos recursos que marca el Plan de Estudios para los contenidos. Durante la pandemia realizamos videos sobre los temas en curso, que quedaron como complementos para el regreso a la educación presencial.

El uso del ambiente virtual de aprendizaje más la estructuración de la plataforma fueron cruciales durante el confinamiento debido a la pandemia por Covid-19. Afortunadamente, por ello no se perdió el contacto con los estudiantes y la transición a la total virtualidad ocurrió con naturalidad.

Las materias de la especialización están elaboradas con base en el Diseño Instruccional ADDIE, ya que es un paradigma donde se procesa la información, la teoría y la práctica del conocimiento del ser humano (Morales, Edel y Aguirre, 2014). Esto permitió realizar paso a paso el análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación de los contenidos.

DEMOCRATIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL

Como se ha dicho, la tecnología digital resultó un aspecto crucial y relativamente innovador en la propuesta y puesta en práctica de la Especialización en TEDIEM. En el trayecto del diseño, se advirtió la necesidad de democratizar el uso de tecnología digital para la enseñanza, poniéndola al alcance de profesores y estudiantes.

Hoy en día existe una gran cantidad de herramientas digitales que son *software* libre y abierto (como *Moodle*, *LaTeX*, *Python* y sus bibliotecas), de acceso gratuito (como *GeoGebra*, *Maxima*, *eXeLearning*, *H5P*, *Hot Potatoes*, *Quandary*, *JClic*), o con versiones gratuitas accesibles (como *Wolfram Alpha*, *Kahoot*, *Quizizz*, *Nearpod*, *Canva*, *Genially*, entre otras).

Sin embargo, no todos los profesores están conscientes de estas posibilidades y muchos no tienen fácilmente el tiempo y el interés de indagar sobre ellas. De ahí que fuera importante crear un Plan de Estudios que englobara la tecnología digital disponible y permitiera a los maestros practicar su uso didáctico reflexivo y crítico.

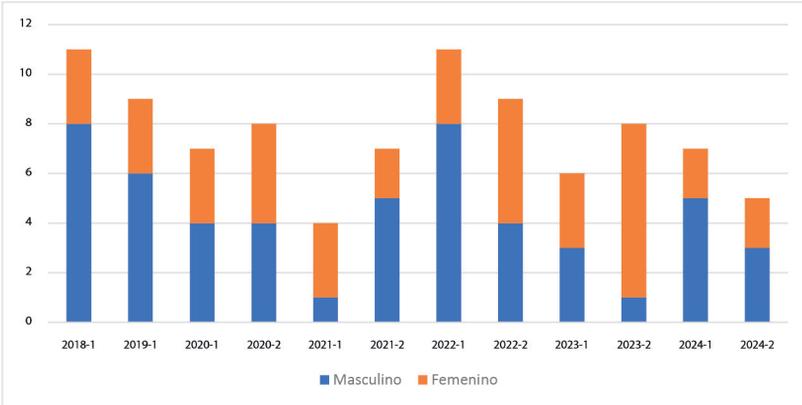
También es muy relevante que el profesorado incorpore estas herramientas a su práctica docente haciendo un uso basado en evidencias y análisis rigurosos. La especialización ofrece esto en un marco institucional regulado y organizado. Todo el *software*, sitios web y aplicaciones utilizadas pueden ser incluidas por los maestros en su propio entorno de trabajo.

Ingreso, egreso y graduación

En las figuras 6 y 7 se muestra el ingreso y egreso por generación de la Especialización en TEDIEM. Se observa un balance entre hombres y mujeres. Asimismo, la eficiencia terminal es aceptable, aunque

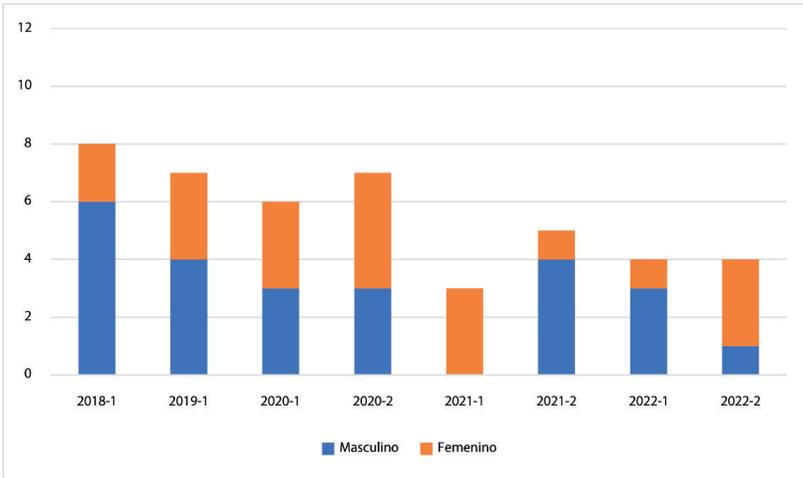
siempre podría ser mejor. Cabe señalar que existen pocas bajas y algunos alumnos con créditos incompletos.

■ Figura 6. Ingreso por generación en la Especialización en Tecnología Digital para la Enseñanza de Matemáticas



Fuente: Programa de la TEDIEM, comunicación personal, 7 de enero de 2024

■ Figura 7. Graduados por generación en la Especialización en Tecnología Digital para la Enseñanza de Matemáticas



Fuente: Programa de la TEDIEM, comunicación personal, 7 de enero de 2024.

Los alumnos que han ingresado han sido en su mayoría provenientes del área físico-matemática, aunque igual han incursionado de humanidades, tales como la carrera de Pedagogía. También mayoritariamente se trata de docentes de matemáticas en ejercicio, pero hemos contado con algunos que aún no daban clases, así como estudiantes que cursaron la especialización como una opción de titulación para sus licenciaturas. Es importante señalar que muchos se han graduado por alto rendimiento, al haber obtenido un promedio mayor a 9.5 en la especialización.

Efectos de la pandemia y el confinamiento

En la figura 6 puede apreciarse que, durante el semestre 2021-1, cayó la matrícula. Esto puede ser debido al confinamiento ocasionado por el Covid-19, o por la apertura de dos semestres de nuevo ingreso a partir del año lectivo 2020.

Durante el inicio de la pandemia, el hecho de contar con una plataforma de trabajo en Moodle ocasionó que los vínculos no se perdieran y que el trabajo académico continuara de manera natural, aunque a distancia y de manera asincrónica. La mayor parte de la comunicación se dio por el *chat* de Moodle, que es muy eficiente, además de los foros y los comentarios a las actividades. Los alumnos estaban ya acostumbrados a este tipo de trabajo y había una estructura muy sólida, dividida en recursos y actividades semanales.

Para el segundo semestre dentro de esta etapa, la UNAM brindó a todas sus entidades el apoyo de las plataformas de videoconferencias Zoom y Webex. Como veremos enseguida, esto tuvo consecuencias radicales en la forma de trabajo.

Una vez retomados los trabajos presenciales, al concluir el confinamiento, los estudiantes asistieron a clases, pero insistieron en continuar cursando la especialización a través de videoconferencia. Esto podría atribuirse a la distancia existente hasta el plantel educativo, pero consideramos que también influyó el hecho de que prácticamente todas las actividades académicas se realizan en computadora, por lo cual resulta más cómodo usar la propia y el contenido de la especialización lo favorece. De esta manera, los alumnos se apropiaron del *software* y las aplicaciones, pues no sólo

las ocupan dentro de la Facultad, sino en cualquier lugar, particularmente donde imparten su docencia.

CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

Para la Especialización en TEDIEM ya ha transcurrido el tiempo indicado para que, según lo que marca el Reglamento General de Planes y Programas de Estudios de la UNAM, sea revisada y, en su caso, actualizada. Este proceso se llevó a cabo puntualmente y se detectaron algunos de los cambios que aquí se han señalado como favorables para este programa.

Uno de los aspectos sustanciales de la especialización es que debe mantenerse actualizada en cuanto a la tecnología digital. Esto se ha logrado gracias a la disposición de las docentes a estar atentas a los nuevos lanzamientos y aplicaciones. Baste, como ejemplo, la incorporación del *software* H5P, que no existía cuando se pensó en la especialización y de la biblioteca *Manim* de *Python*, que permite hacer videos educativos de matemáticas de muy alta calidad. Este compromiso con la actualización continua busca asegurar que la enseñanza en la Especialización en TEDIEM siga siendo innovadora y efectiva, alineándose con los principios del TPACK. Al mantenerse al día con las nuevas herramientas tecnológicas, las maestras no sólo comparten a los alumnos de la Especialización su conocimiento tecnológico (TK), sino también cómo estas tecnologías pueden ser empleadas pedagógicamente (TPK) y en relación con el contenido matemático (TCK), facilitando un entorno de enseñanza robusto y accesible que promueva un aprendizaje significativo. Hace falta en México capacitación de los profesores y elaboración de materiales didácticos para matemáticas (Sacristán *et al.*, 2021), aspectos ambos en los que contribuye ahora la Especialización.

La Especialización considera los cambios que introduce la tecnología digital, particularmente los CAS (*Computer Algebra System*) y los SGD (Sistema de Gestión de Documentos), en la evaluación tanto formativa como sumativa de contenidos matemáticos. Si bien la hace más rica y diversificada, también implica nuevos retos (Jankvist *et al.*, 2021). Por ejemplo, la evaluación con tecnología digital puede dar realimentación inmediata y constructiva, si se diseña así.

En este sentido, se promueve en los alumnos de la Especialización el pensamiento crítico y la creatividad para diseñar evaluaciones que tomen en cuenta el posible efecto *backwash*, que consiste en que los estudiantes se preparen únicamente para aquello que es evaluado en un curso.

Otro aspecto importante es que en la Especialización se promueve que los alumnos muestren y compartan los productos tecnológicos creados por ellos (Rojano, 2014). Esta actividad los enriquece y forja el pensamiento crítico, al analizar las producciones a la luz de los principios teóricos y las recomendaciones prácticas, con la guía de las instructoras.

Como logros, podemos mencionar que muchos de los egresados han alcanzado un desarrollo sobresaliente. En el ámbito docente, su incorporación al cuerpo académico del Diplomado en Ambientes Virtuales y Objetos de Aprendizaje ofertado por el Centro de Educación Continua de la FES Acatlán, así como su participación en el desarrollo de licenciaturas en línea del área de matemáticas y ciencias exactas para el Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia (SUAYED) de la entidad, son ejemplos de ello. Asimismo, los egresados han compartido sus conocimientos y experiencias en encuentros universitarios sobre buenas prácticas en el uso de TIC en la educación, como Educatic 2019, organizado por la Universidad Nacional Autónoma de México y el Festival Matemático 2019, llevado a cabo por el Instituto de Matemáticas de la máxima casa de estudios. En el ámbito profesional, han aplicado sus conocimientos en: el desarrollo de cursos de capacitación en empresas como Grupo Carso, el diseño de pruebas sobre matemáticas para la Educación Media Superior en el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior (Ceneval), y la creación de pruebas estandarizadas de evaluación en la Universidad Anáhuac, entre otras experiencias. Asimismo, el capital humano formado en la Especialización se ha aprovechado con el ingreso de cuatro de sus egresados a la planta docente de la misma.

Este desarrollo destacado en diversos ámbitos sugiere una sólida formación en el conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido (TPACK) en el que se basa este programa de posgrado y que tal conocimiento ha permitido aplicar herramientas digitales efecti-

vamente en la educación a distancia, diseñar materiales educativos innovadores y adaptarse a diferentes contextos, sin dejar de lado el uso de lápiz y papel, que tiene sus propias ventajas (Jankvist *et al.*, 2021).

Adicionalmente, observamos que el uso de software libre, abierto y gratuito (Sacristán *et al.*, 2021), como parte del ecosistema tecnológico de la Especialización en TEDIEM, ha sido crucial para el éxito del programa. Este enfoque se alinea con el conocimiento tecnológico (TK) dentro del marco TPACK, permitiendo a los docentes y estudiantes acceder a herramientas potentes sin barreras económicas. Ejemplos de este ecosistema son *Moodle*, *H5P*, *GeoGebra*, *Maxima* y *Python* con sus bibliotecas como *Math*, *Numpy*, *Sympy* y, sobre todo, *Manim*. Este tipo de aplicaciones son ahora robustas, accesibles y cuentan con una gran documentación, así como con comunidades de apoyo. Esto también promueve que los profesores egresados de la especialización realmente puedan utilizar la tecnología digital en sus diversos entornos.

Por si fuera poco, la inteligencia artificial (IA) puede ser un auxiliar para elaborar materiales educativos digitales que sean útiles en la enseñanza. Éste es todo un tema dentro de la especialización. Por ejemplo, en la actividad académica denominada Ambientes Virtuales y Tecnología para la Educación, los estudiantes pueden crear cuestionarios automatizados para sus alumnos, totalmente a partir de la inteligencia artificial como *ChatGPT*, *Gemini*, *Copilot* o *Perplexity*. Esto tiene sus riesgos inherentes, puesto que es factible trasladar un cuestionario automatizado de la IA a *Moodle* sin haberlo leído nunca. Por supuesto, la IA es falible y puede conllevar errores en este proceso.

En este mismo ámbito, alumnado y docentes de la Especialización deben hacer reflexión y crítica acerca del uso de la IA por parte de los alumnos de los diversos niveles educativos, para resolver directamente problemas y ejercicios matemáticos. Por ejemplo, hoy en día existe *PhotoMath*, que permite escanear una ecuación con el teléfono celular y brinda una solución. Como dicen Jankvist *et al.* (2021, p. 108): “Todos felices, pero nadie aprende matemáticas”. Sin duda, la IA llegó para quedarse, pero habrá que ver sus beneficios y sus posibles riesgos potenciales, además del uso ético.

Igualmente ha sido relevante, como se comentó más arriba, buscar *software*, sitios web y aplicaciones realmente académicas que son gratuitas o que tienen versiones gratuitas accesibles. Esto abre un panorama rico e interminable, donde cada vez hay más herramientas y las posibilidades nunca acaban. Implica, además, la necesidad de una formación permanente y una gran capacidad de adaptación a los cambios, dado que los instrumentos también modifican al usuario (Sua-Flórez y Camargo-Uribe, 2019).

En las actividades académicas de Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas I y II es deseable que se implementen más actividades interactivas como las elaboradas con H5P, ya que han sido exitosas con los alumnos. Asimismo, una de las propuestas a mediano plazo es realizar un libro interactivo que contenga información de los temas, presentaciones y videos con interactividad, relación de columnas o de imágenes, entre otros, con la finalidad de verificar los conocimientos obtenidos por parte de los estudiantes a lo largo del semestre. La propuesta de incrementar estas actividades subraya la importancia de un enfoque integrado TPACK para crear experiencias de aprendizaje más atractivas y efectivas, que ayuden a promover una actitud positiva, tanto hacia las matemáticas (Boaler, 2019) como hacia la tecnología digital.

Otro factor fundamental es la alta estructuración de los cursos en el ambiente virtual de aprendizaje de la Especialización en *Moodle*. Las instructoras hemos acordado y negociado la forma de presentar recursos y actividades, de manera homogénea y procurando que la navegación del ambiente sea sencilla y clara para los usuarios. Todas las actividades cuentan con objetivo, instrucciones y valor para calificación. Esto refleja una aplicación práctica del modelo TPACK y el seguimiento de las recomendaciones de Krantz (2015): la coherencia en la presentación de recursos y actividades no sólo persigue maximizar la usabilidad de la plataforma (TK), sino también asegurar que los principios pedagógicos (PK) y el contenido matemático (CK) se muestren de manera clara y accesible. Este enfoque integrado ha facilitado la navegación y comprensión de los estudiantes, mejorando así la experiencia de aprendizaje y fomentando una interacción efectiva con el contenido.

Un tercer factor que puede ser considerado alentador es el hecho de que, al trabajar en sus propias computadoras, los alumnos se apropian del *software* y las aplicaciones, ya que pueden hacer uso de ellas en cualquier lugar y momento. Esto se facilita por el carácter libre, abierto y gratuito de las aplicaciones. En contraste, los gobiernos suelen buscar soluciones que impliquen compra o desarrollo de *software* (Sacristán *et al.*, 2021), lo cual no es necesariamente la mejor vía de solución del problema pedagógico.

Si bien los estudios de posgrado suelen tener matrículas pequeñas, es conveniente hacer un análisis acerca de cómo se podría incrementar el número de matrícula y la eficiencia terminal. Probablemente, el cambiar a modalidad totalmente a distancia, como se ha planteado, ayudaría a tener un acceso más amplio y equitativo de alumnos potenciales de México y Latinoamérica, si se hace la difusión adecuada. Habrá, en su caso, que determinar si se constituye como estudios autogestivos o guiados por un instructor. Hoy en día la videoconferencia abre muchas posibilidades interesantes.

Por otra parte, en virtud de que aumentaron las convocatorias para el ingreso (de ser anual pasó a semestral en 2020), se duplicó el número de grupos de la Especialización. Esto hace necesario que se efectúen reuniones de análisis entre todos los docentes, para continuar con una estructura homogénea y clara para los alumnos, que garantice la calidad de recursos y actividades, independientemente de la generación.

También consideramos que es conveniente incorporar nueva literatura científica alrededor de la educación matemática, como el libro *Mathematics Education in the Digital Age: Learning, Practice and Theory*, editado por Clark-Wilson, Donevska-Todorova, Faggiano, Trgalová y Weigand (2021).

Esta especialización da cuenta de una instrumentación específica del modelo TPACK para el campo de las matemáticas, entendiendo que la formación de profesores en esta área es un proceso complejo y multifactorial (Gutiérrez-Fallas y Henriques, 2020). Sin embargo, es interesante señalar que, dado que el modelo TPACK está libre de contexto y no se constriñe exclusivamente al campo de las matemáticas, esta Especialización con su diseño curricular y la idea original, brinda las bases para constituir otras especializaciones semejantes,

tales como Tecnología Digital para la Enseñanza de Inglés, Tecnología Digital para la Enseñanza de Programación, Tecnología Digital para la Enseñanza del Diseño y otras semejantes. Prácticamente todas las áreas del conocimiento pueden beneficiarse con la incorporación de herramientas digitales de apoyo a la docencia.

Un maestro que posee un conocimiento robusto en los componentes del TPACK (Tecnología, Pedagogía y Contenido) está mejor preparado para diseñar situaciones didácticas que integren la tecnología digital de manera efectiva. En la Especialización en TEDIEM será muy conveniente hacer algún tipo de seguimiento con los egresados, para verificar si el haber cursado este programa ha tenido algún efecto significativo (positivo) en la impartición de sus clases de matemáticas, en los diversos niveles donde se desempeñan, es decir, si se han constituido como agentes de cambio en sus comunidades. En particular, será necesario verificar si han incorporado a sus labores docentes cotidianas el uso de la tecnología digital. Realizar dicha investigación forma parte de un trabajo futuro.

Agradecimientos

Las autoras agradecen a la Coordinación del Programa de la Especialización TEDIEM por la facilitación de datos y documentos, necesarios para este trabajo. Asimismo, agradecen al Mtro. Víctor José Palencia Gómez por la memoria de la creación de este Programa.

REFERENCIAS

- Ashcraft, M. (2002). Math Anxiety: Personal, Educational, and Cognitive Consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181-185. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00196>
- BBC (2023). Pruebas PISA: el pequeño país que tiene la mejor educación del mundo (y cómo están los de América Latina en la clasificación). *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/articles/cg3pkkgd-1jgo>.
- Boaler, J. (2013). Ability and mathematics: The mindset revolution that is reshaping education. *Forum*, 55(1). https://www.youcubed.org/wp-content/uploads/14_Boaler_FORUM_55_1_web.pdf

- Boaler, J. (2019). Developing Mathematical Mindsets: The Need to Interact with Numbers Flexibly and Conceptually. *American Educator*, 42(4), 28.
- Clark-Wilson, A., Aldon, G., Cusi, A., Goos, M., Haspekian, M., Robutti, O., y Thomas, M. (2014). The challenges of teaching mathematics with digital technologies - The evolving role of the teacher. En P. Liljedahl, C. Nichol, S. Oesterle y D. Allan (eds.). *Proceedings of the Joint Meeting of PME 38 and PME-NA 36*(1), 87-116. University of British Columbia.
- Clark-Wilson, A., Donevska-Todorova, A., Faggiano, E., Trgalová, J., y Weigand, H. (eds.). (2021). *Mathematics Education in the Digital Age: Learning, Practice and Theory*. Routledge, European Research in Mathematics Education.
- Conole, G., y Dyke, M. (2004). What are the affordances of information and communication technologies? *ALT-J*. 12(2). 113-124. <http://doi.org/10.1080/0968776042000216183>.
- Dockendorff, M., y Gomez, F. (2024). Successfully preparing future mathematics teachers for digital technology integration: a literature review. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2024.2309273>
- Duval, R. (2006). A Cognitive Analysis of Problems of Comprehension in a Learning of Mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61, 103-131. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-0400-z>.
- Gutiérrez-Fallas, L., y Henriques, A. (2020). Prospective mathematics teachers' TPACK in a context of a teacher education experiment. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 23(2), 175-202. <https://doi.org/10.12802/relime.20.2322>
- Haase, V., y Krinzing, H. (2019). Adding all up: mathematical learning difficulties around the world. *International Handbook of Mathematical Learning Difficulties: From the Laboratory to the Classroom*, 311-325. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97148-3_20
- Instituto Politécnico Nacional Cinvestav (2024). *Departamento de Matemática Educativa. Área de Tecnologías Digitales en Educación Matemática*. Cinvestav. <https://matedu.cinvestav.mx/~TDEM/>
- Jankvist, U., Dreyøe, J., Geraniou, E., Weigand, H., y Misfeldt, M. (2021). CAS from an assessment point of view: Challenges and potentials. En A. Clark-Wilson, A. Donevska-Todorova, E. Faggiano, J. Trgalová y

- H. Weigand (eds.), *Mathematics Education in the Digital Age: Learning, Practice and Theory* (pp. 99-120). Routledge.
- Jordan, N., y Levine, S. (2009). Socioeconomic variation, number competence, and mathematics learning difficulties in young children. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 15(1), 60-68. <https://doi.org/10.1002/ddrr.46>
- Kennedy, B., Hefferon, M., y Funk, C. (2018.). Half of Americans think young people don't pursue STEM because it is too hard. *Pew Research Center*. <https://www.pewresearch.org/short-reads/2018/01/17/half-of-americans-think-young-people-dont-pursue-stem-because-it-is-too-hard/>
- Kirwan, J., Winsor, M., y Barker, D. (2023). Mathematics instructor actions and knowledge integration: utilizing resources in mathematics courses for teachers. *ZDM - Mathematics Education*, 55(4), 837-849. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01502-6>
- Koehler, M., y Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? Contemporary Issues in Technology and Teacher Education. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70. <https://www.learntechlib.org/primary/p/29544/>
- Krantz, S. (2015). *How to teach Mathematics*. American Mathematical Society.
- Kumar, K. (2021). Understanding and Expressing Academic Identity through Systematic Autoethnography. *Higher Education Research and Development*, 40(5), 1011-1025. <https://doi.org/10.1080/07294360.2020.1799950>.
- López-Quiterio, A., y Peña, D. (2023). La Maestría en Educación Intercultural (MEI) en la Universidad Pedagógica Nacional Unidad 131. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, LIII(3), 693-712. <https://doi.org/10.48102/rlee.2023.53.3.568>.
- Martínez, M. (2021). Plan de Trabajo 2021-2025. UNAM, Facultad de Estudios Superiores Acatlán.
- Mishra, P., y Koehler, M.(2012). *Using the TPACK Image*. <https://tpack.org/tpack-image/>
- Morales, B., Navarro, E., y Aguirre, G. (2014). Modelo ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación): su aplicación en ambientes educativos. En I. Esquivel (coord.), *Los modelos tecno-educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI* (pp. 27-40). Universidad Veracruzana.

- National Council of Teachers of Mathematics (2024). *Principles, Standards and Expectations*. NCTM. <https://www.nctm.org/Standards-and-Positions/Principles-and-Standards/Principles,-Standards,-and-Expectations/>
- Naucalpan de Juárez (2020). *Cuaderno de Información Estadística y Geográfica No. 1*. <https://naucalpan.gob.mx/wp-content/uploads/2020/07/Cuaderno-de-Inf.-Est.-y-Geog.-No.-1-Naucalpan-de-Juárez-OK.pdf>
- OECD (2023). PISA, Executive Summary. En *PISA 2022*. <https://doi.org/10.1787/daff08b1-en>
- Pulso Noticias (2023, 6 de diciembre). Entrevista con Ángel Díaz Barriga. *Radio Educación*. <https://e-radio.edu.mx/Noticiarios-pulso/Entrevista-con-Angel-Diaz-Barriga-41864>.
- Rojano, T. (2014). El futuro de las tecnologías digitales en la educación matemática: prospectiva a 30 años de investigación intensiva en el campo. *Educación Matemática, 25 Años*, 11-30. <https://www.revista-educacion-matematica.org.mx/descargas/Esp-1-1.pdf>
- Sacristán, A., Rahaman, J., Srinivas, S., y Rojano, T. (2021). Technology integration for mathematics education in developing countries, with a focus on India and Mexico. En A. Clark-Wilson, A. Donevska-Todorova, E. Faggiano, A. Trgalová y H. Weigand (eds.), *Mathematics Education in the Digital Age: Learning, Practice and Theory* (pp. 185–212). Routledge.
- Sánchez-Ruiz, J., y Ursini, S. (2010). Actitudes hacia las matemáticas y matemáticas con tecnología: estudios de género con estudiantes de secundaria. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa (RELIME)*, 13(4-II), 303. <https://relime.org/index.php/relime/article/view/274/242>
- Santos-Trigo, M. (2019). Mathematical Problem Solving and the Use of Digital Technologies. En P. Liljedahl, M. Santos-Trigo (eds.), *Mathematical Problem Solving. ICME-13 Monographs*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10472-6_4
- Santos-Trigo, M., y Barrera-Mora, F. (2007). Contrasting and looking into some mathematics. *El Educador de Matemáticas* 10(1), 81-106
- Sistema de Información y Gestión Educativa de la Secretaría de Educación Pública (2024). *Estadística Educativa 2023-2024*. <https://www.siged.sep.gob.mx/SIGED/mapa1.html>

- Sua-Flórez, C., y Camargo-Uribe, L. (2019). Dynamic geometry and scientific reasoning: Duo to solve problems. *Educacion Matematica*, 31(1), 7-37. <https://doi.org/10.24844/EM3101.01>
- UNAM, Facultad de Estudios Superiores Acatlán (2016). *Plan de Estudios de la Especialización en Tecnología Digital para la Enseñanza de Matemáticas. Tomo I*. UNAM.
- Zacharopoulos, G., Sella, F., y Kadosh, R. (2021). The impact of a lack of mathematical education on brain development and future attainment. *PNAS*, 118(24), 1-8. <https://doi.org/10.1073/pnas.2013155118/-/DCSupplemental>