

Integración de tecnologías en la Primera Práctica Docente: El caso de una futura profesora de matemática

Integration of technologies in the First Teaching Practice: The case of a preservice mathematics teacher

Araceli Coirini Carreras 

Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación

Universidad Nacional de Córdoba

Argentina

araceli.coirini@unc.edu.ar

Mónica Ester Villarreal 

Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación

Universidad Nacional de Córdoba

Argentina

monica.ester.villarreal@unc.edu.ar

Resumo. Este artículo reporta un estudio intrínseco de caso en el cual se identifican y caracterizan modos de integración significativa de tecnologías digitales por parte de una futura profesora de matemática en el marco de su primera práctica docente, realizada en una escuela secundaria equipada con variados recursos tecnológicos. La integración de tecnologías es analizada según el marco denominado Características Estructurantes de la Práctica en el Aula, siguiendo una metodología de tipo cualitativa dentro del paradigma interpretativo apelando a categorías deductivas e inductivas. Los resultados evidencian que la integración significativa de las tecnologías digitales por parte de la futura docente se produjo poniendo en juego un entramado de acciones relacionadas con: las adaptaciones registradas en el entorno de trabajo de la práctica, los recursos planificados y los diversos modos de interacción promovidos en el aula. El estudio contribuye con aportes que permiten revisar y repensar acciones en los programas de formación de profesores vinculadas a la integración de tecnologías digitales.

Palabras clave: formación futuros profesores; práctica docente; tecnologías digitales; educación matemática.

Abstract. This article reports an intrinsic case study in which we identify and characterize ways of significant integration of digital technologies by a female preservice mathematics teacher in the framework of her first teaching practice, carried out in a secondary school equipped with various technological resources. The integration of technologies is analyzed according to the framework

called Structuring Features of Classroom Practice, following a qualitative methodology within the interpretative paradigm appealing to deductive and inductive categories. The results show that the significant integration of digital technologies by the preservice teacher was produced by putting into play a framework of actions related to: the adaptations registered in the work environment of the practice, the planned resources, and the various modes of interaction promoted in the classroom. The study provides contributions that allow reviewing and rethinking actions in teacher education programs related to the integration of digital technologies.

Keywords: preservice teacher education; teaching practice; digital technologies; mathematics education.

Introducción

Desde hace al menos tres décadas y especialmente a partir de la pandemia, se reconoce la necesidad de que las tecnologías digitales (TD¹), como herramientas que pueden contribuir a la producción matemática de los estudiantes, sean integradas significativamente a las prácticas de enseñanza (Clark-Wilson et al., 2022). La integración de las TD resulta significativa cuando su uso: explota sus múltiples potencialidades; implica el diseño de tareas que favorezcan la experimentación, la formulación de conjeturas y la exploración; altera los modos de resolución; promueve la autonomía de los estudiantes en la actividad matemática y modifica la gestión de la clase. Según Borba y Penteado (2001), la integración de TD resulta significativa si su uso no es “domesticado”, esto es, si su uso altera el *statu quo* de la actividad escolar tradicional.

Clark-Wilson et al. (2020) consideran necesarias investigaciones que se focalicen en las herramientas de desarrollo profesional que contribuyen a la integración de las TD por parte de los profesores en sus clases. Además, hay un reconocimiento de la escasez de investigaciones que busquen documentar y teorizar prácticas de enseñanza con tecnologías desde el contexto propio del aula de matemática (Clark-Wilson et al., 2020; Ruthven, 2009).

Por su parte, la formación de futuros profesores de matemáticas (FPM) es un tema de discusión internacional que se ha profundizado durante los últimos años en el ámbito de la Educación Matemática. Evidencia de su importancia es el hecho de que desde el año 2008, en el marco de los ICMEs (*International Congress on Mathematical Education*), se han llevado a cabo *Topic Study Groups* (TSGs) centrados específicamente en la formación de FPM, y esta práctica continúa hasta la actualidad. Strutchens et al. (2017) reportan acerca de la formación de FPM alrededor del mundo e identifican el área denominada “Tecnología, herramientas y recursos” como relevante en la investigación internacional. En particular, Huang y Zbiek (2017) señalan que la investigación en torno a la formación de FPM para la enseñanza con tecnologías es un ámbito de indagación emergente que requiere estudios sistemáticos. A su vez, Carmona-Mesa y Villa-Ochoa (2017), a partir de una revisión de

literatura internacional, encontraron pocas investigaciones que estudien experiencias de integración de tecnologías en aulas reales llevadas adelante por FPM.

En Argentina, los diseños curriculares para la educación secundaria recomiendan que los docentes utilicen tecnologías en clases de matemática como herramientas para que los estudiantes resuelvan problemas (Ministerio de Educación, 2011). Esta recomendación produce desafíos para la formación de FPM. En los diseños curriculares y estándares de la formación de profesores de matemática se menciona la integración de TD en los campos de formación general, específica y práctica (Ministerio de Educación, 2015), entretanto diversas fuentes reconocen la necesidad de realizar cambios en la formación de profesores de matemática (Instituto Nacional de Formación Docente, 2016; Ministerio de Educación, 2010). Estos cambios buscan promover la transformación de las prácticas de enseñanza a fin de incorporar tecnologías en el aula para abordar contenidos matemáticos.

En síntesis, la integración significativa de TD por parte de FPM en la educación matemática es un desafío reconocido a nivel internacional, tanto en el ámbito investigativo como en el formativo. En el ámbito investigativo, se observa escasez de estudios que documenten y teoricen prácticas de enseñanza en aula de FPM que usen TD. En el ámbito formativo, resulta crucial educar a los FPM bajo la premisa que la integración de TD durante su formación favorece su uso en la futura tarea docente y contribuye al desarrollo profesional. Así, resulta fundamental desarrollar acciones de investigación y formación que estudien y promuevan en las aulas la integración y uso significativo de TD en conexión con los contenidos matemáticos. En la próxima sección, reportamos estudios en diversos ámbitos de formación de FPM donde se registran iniciativas de integración de TD.

Integración de tecnologías en la formación de FPM

En el ICME-13 realizado en 2016 se presenta por primera vez un TSG relativo a la formación de FPM para el nivel secundario. En tal contexto, Huang y Zbiek (2017) realizan una revisión sistemática de artículos, publicados entre 2000 y 2015, que busca describir cómo los FPM se benefician del uso de tecnologías en sus procesos formativos. Los autores identificaron tres contextos de formación considerados en las publicaciones: 1) cursos de contenido matemático, 2) cursos de métodos o pedagogía, y 3) prácticas docentes. Emplearemos estos contextos para situar los trabajos que reportamos en nuestra revisión.

En el contexto 1), los trabajos de Mántica y Freyre (2019), en Argentina, y de Turgut (2019) y Zengin (2018), en Turquía, presentan estudios de experiencias satisfactorias de la incorporación de TD en el dictado de cursos de matemática para FPM, resaltando las potencialidades que ofrece el entorno dinámico del software GeoGebra. Dado que, al menos en el contexto local, no es común que las TD sean incorporadas en estos cursos, las experiencias reportadas por los autores resultan relevantes y provechosas para mostrar y fundamentar posibles cambios en los modos tradicionales de enseñanza de la matemática para FPM.

En el contexto 2), trabajos de Colombia y Argentina analizan lo que sucede en cursos de formación de FPM donde el uso de tecnologías es estudiado como tendencia en educación matemática. Por un lado, Carmona-Mesa et al. (2018, 2020) indagan de qué modo los cursos diseñados atienden a una formación que promueve el uso de tecnologías para enseñar matemática. Encuentran que, al participar de estos cursos, los FPM logran: aumentar la autoeficiencia en el uso de tecnologías para enseñar matemática y refinar los criterios didácticos de integración de las mismas, identificando de qué modo favorecen la enseñanza de conceptos matemáticos y no solo la reducción de la carga operativa. Por otro lado, Villarreal et al. (2018) reportan acerca del uso significativo de diversas TD realizado por FPM, pertenecientes a siete cohortes consecutivas entre 2010 y 2016, al desarrollar proyectos de modelización matemática abiertos en el marco de un curso de didáctica de la matemática. En este caso, los FPM reflexionaron acerca de la modelización matemática como abordaje pedagógico y la importancia de las TD como medios que facilitan el desarrollo de proyectos de modelización con fines didácticos.

En el contexto 3), referente a prácticas docentes, registramos dos grupos de trabajos de acuerdo con el tipo de vinculación con la práctica docente que se tiene en cada caso. Por un lado, las investigaciones de Figueiredo y Groenwald (2020), en Brasil, y Rocha (2020), en Portugal, se focalizan en el diseño, por parte de FPM, de tareas con tecnologías para el aula y su posterior implementación. Estos estudios resaltan que la posibilidad que tuvieron los FPM de analizar las respuestas que estudiantes de educación secundaria dieron a las tareas diseñadas les permitió profundizar sus conocimientos como diseñadores y FPM al ver el impacto de las TD en la resolución de las tareas propuestas, observando que los estudiantes conjeturaban, trabajaban con diferentes representaciones o abordaban problemas abiertos de relevancia social. El segundo grupo lo componen tres investigaciones estadounidenses y una turca, en las que FPM incorporan efectivamente las TD en sus prácticas de enseñanza. Fraser et al. (2011) encontraron que la provisión de tecnologías -notebook, pantalla interactiva y proyector- para que los FPM realizaran sus prácticas docentes les facilitó la planificación y la implementación de sus clases, reduciendo el estrés y permitiendo hacer modificaciones o ampliaciones en el tema según los requerimientos de los estudiantes. En tanto que Meagher et al. (2011) reportaron que los FPM cuyas prácticas docentes se llevaron adelante en escuelas donde se utilizaba tecnología de forma extensiva, desarrollaron una actitud positiva hacia la misma. Las planificaciones de clase en estos entornos mostraron mayor sofisticación en el uso de la tecnología y en la implementación de enfoques de enseñanza basados en la investigación. En el estudio de Olive y Leatham (2000), realizado con FPM con formación en el uso de TD, encontraron que muy pocos las utilizaron en sus clases. Identificaron dos obstáculos principales: la reticencia de los profesores de las escuelas a incorporar TD, a pesar de tener los recursos disponibles, lo que desmotivaba a los FPM, y el temor expresado por los FPM a enfrentar preguntas de los

estudiantes sobre matemática y tecnología, ya que se sentían incómodos e inseguros en ese terreno. En su estudio, Bozkurt y Koyunkaya (2022) presentan un programa de formación para FPM que se centra en la integración de la tecnología en la enseñanza de la matemática a través del diseño de planes de clase, su implementación y posterior reflexión. Los resultados revelan que los FPM adquirieron una comprensión más profunda de la enseñanza con tecnologías a medida que tuvieron experiencia en el aula.

En el ámbito local y en el mismo contexto de este estudio, los casos analizados por Losano et al. (2018) y Villarreal y Esteley (2022) revelan que las experiencias de práctica docente de FPM durante su formación tienen un impacto en su desempeño como docentes noveles. Losano et al. (2018) afirman que los discursos y experiencias de prácticas con TD experimentados durante la formación de una futura profesora fueron constituyentes de sus formas de ser y actuar en relación con las TD, aunque no fueron transferidos directamente a la escuela donde comienza a ejercer. En la misma línea, Villarreal y Esteley (2022) informan que la profesora novel participante de su estudio tuvo experiencias formativas en la universidad donde las TD fueron integradas satisfactoriamente (proyectos de modelización y primeras prácticas docentes) y que posteriormente las incorporó significativamente en sus clases, lo que evidencia que las experiencias con TD durante la formación de FPM impactan en el estilo de enseñanza.

Esta breve revisión pone en evidencia dos aspectos. Por un lado, la necesidad de investigaciones que examinen cómo se integran las tecnologías en los distintos contextos formativos de los FPM antes de convertirse en docentes. Por el otro, el reconocimiento de que los FPM deberían ser expuestos a la enseñanza y aprendizaje de la matemática con tecnologías desde etapas tempranas de su formación. Estas experiencias resultan sustanciales para que, en su futura práctica docente, puedan generar propuestas educativas que incorporen las TD en sus propias clases. Con base en los trabajos reportados, es posible afirmar que la integración de TD en las prácticas docentes de FPM es compleja y está condicionada por múltiples factores. En este artículo reportamos parcialmente una investigación que tiene como objetivo caracterizar los modos en que una futura profesora, Irina², integra TD en su primera práctica docente, y dilucidar si tal integración resulta significativa. Así, se busca responder las siguientes preguntas de investigación:

P1: ¿De qué manera Irina integró TD en su primera práctica docente?

P2: ¿La integración de TD realizada por Irina resultó significativa?

Marco Teórico

Para analizar la integración de tecnologías en el aula, se escogió el marco denominado “Características Estructurantes de la Práctica en el Aula” propuesto por Ruthven (2009). El mismo resulta apropiado ya que fue elaborado desde una perspectiva naturalista, es decir, a partir de lo que acontecía efectivamente en aula con la integración de las tecnologías. Las

cinco características que presenta el marco teórico son: *entorno de trabajo*, espacio físico en el que se imparten las clases, infraestructura técnica disponible, disposición de las instalaciones y organización de personas, herramientas y materiales; *sistema de recursos*, colección de herramientas y materiales didácticos en uso y coordinación de su empleo en función de la actividad de la asignatura y los objetivos curriculares; *formato de actividad*, modelos de acción e interacción que se dan en el aula entre profesor y estudiantes, y que se pueden reconocer en diferentes momentos de una clase; *guion curricular*, modelo poco estructurado que contiene objetivos, recursos, acciones y expectativas para la enseñanza de un tema curricular, incluyendo posibles dificultades y caminos alternativo; y *economía del tiempo*, gestión del tiempo disponible para la actividad de la clase con el fin de convertirlo en ‘tiempo didáctico’ medido en términos de avance del conocimiento. Las características se configuran como estructurantes de la práctica en el aula y, así, permiten describir los modos en que los profesores integran (o no) las TD en la enseñanza de la matemática (Ruthven, 2014).

Respecto de la dimensión *formato de actividad*, el autor no ofrece mayores especificaciones. Sin embargo, Bozkurt y Ruthven (2015, 2017) proponen tomar aportes de Drijvers et al. (2010, 2013) quienes especifican diversos formatos de actividad al considerar diferentes tipos de organización del trabajo del profesor en el entorno de aprendizaje con el objetivo de guiar a los estudiantes a que desarrollen una relación significativa con la tecnología. La Tabla 1 presenta los diferentes tipos de formatos de actividad registrados en las publicaciones mencionadas, acompañados de una descripción de cada uno.

Tabla 1. *Formatos de actividad y su descripción*

	Formatos de actividad	Descripción
	<i>demostrar técnicas</i> (<i>Technical-demo</i>)	Demostración, por parte del profesor, de técnicas de uso de las herramientas tecnológicas.
	<i>Explicar la pantalla</i> (<i>Explain-the-screen</i>)	Explicación, por parte del profesor, a toda la clase de un contenido matemático, guiada por lo que sucede en la pantalla de la computadora.
Drijvers et al. (2010)	<i>Vincular pantalla pizarrón</i> (<i>Link-screen-board</i>)	Explicación, por parte del profesor, de la relación entre lo que ocurre en el entorno tecnológico y cómo se representa en la matemática convencional del papel, el libro y el pizarrón.
	<i>Discutir la pantalla</i> (<i>Discuss-the-screen</i>)	Discusión, en la que todos los estudiantes participan, sobre lo que sucede en la pantalla de la computadora.
	<i>Detectar y mostrar</i> (<i>Spot-and-show</i>)	Identificación, por parte del profesor, de trabajos interesantes de sus alumnos que luego utiliza para debatir con todos los estudiantes.
	<i>Asignar a estudiante Sherpa</i> ³ (<i>Sherpa-at-work</i>)	Elección, por parte del profesor, de un estudiante llamado <i>sherpa</i> quien utiliza la tecnología para presentar su trabajo, o llevar a cabo las acciones que el profesor solicita.
Drijvers et al. (2013)	<i>Enseñar en la pizarra</i> (<i>Board-instruction</i>)	Enseñanza tradicional, por parte del profesor, para toda la clase. La pizarra puede ser un pizarrón común o una pizarra digital, pero en cualquier caso sólo se utiliza para escribir. No se hace ninguna conexión con el uso de la tecnología digital.
	<i>Guiar y explicar</i> (<i>Guide-and-explain</i>)	Explicación algo cerrada del profesor sobre lo que aparece en la pantalla y planteo de preguntas cerradas a los estudiantes sin llegar a generar un debate abierto.

En esta investigación, el marco de Ruthven (2009) y los formatos de actividad presentados en la Tabla 1 son utilizados para identificar y caracterizar los modos de integración de las TD en las primeras prácticas docentes de Irina.

Contexto universitario de la primera práctica docente

La carrera de Profesorado en Matemática⁴ que transitó Irina en una universidad pública tiene una duración de cuatro años. El plan de estudios consta de un 66% de cursos de formación disciplinar -incluyendo principalmente matemática y, en menor medida, física y computación- y un 34% de cursos didáctico-pedagógicos, que incluyen la práctica docente. En los cursos de matemática son escasos los espacios donde las TD son integradas en la enseñanza o el aprendizaje, delegando dicha integración a los cursos didáctico-pedagógicos de los últimos años de la carrera. Dentro del plan de estudios hay una única instancia de práctica docente en aula que se realiza en cuarto año, en el curso llamado Metodología y Práctica de la Enseñanza (MyPE). Este curso es anual, tiene 30 semanas de duración y una carga horaria semanal de 8 horas.

Para realizar la primera práctica docente, se conforman grupos de dos o tres estudiantes (practicantes). A cada grupo se le asigna una profesora supervisora de MyPE quien orientará la práctica y una institución educativa de nivel secundario donde se realizará. Cada practicante desarrollará su práctica en una división de un mismo curso a cargo de una única docente, denominada profesora tutora, hasta completar el dictado de aproximadamente 20 horas cátedras⁵. La docente tutora selecciona la unidad temática de su planificación anual que las practicantes desarrollarán. Una vez asignados a cada grupo la escuela, el curso y el tema, se trabaja en la preparación de la práctica docente, desglosada en tres etapas: *preactiva*, *activa* y *post-activa*. Durante la *etapa preactiva* las practicantes estudian el contenido matemático asignado, realizan observaciones en la institución y elaboran la planificación. En la *etapa activa*, implementan y ajustan la planificación según las condiciones del contexto educativo y los requerimientos de las profesoras tutora y supervisora -orientadoras-. Durante esta etapa, la práctica es acompañada, en su totalidad, por las profesoras orientadoras y por otra practicante del grupo. Por último, en la *etapa post-activa*, se reflexiona sobre la experiencia y se redacta un Informe Final de Práctica cuyo fin es comunicar aspectos que puedan ser útiles a otros colegas.

Metodología

Para dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas, se realiza un estudio intrínseco de caso (Stake, 1999) siguiendo una metodología de investigación de tipo cualitativa dentro del paradigma interpretativo (Denzin & Lincoln, 2017). La investigación propone el estudio del *caso de Irina*, una futura profesora en matemática que, en el marco

de su primera práctica docente, planificó e implementó una propuesta de enseñanza en una escuela secundaria provista de variados recursos tecnológicos.

Descripción del caso

La primera práctica docente de Irina fue realizada en 2013, junto a dos compañeras. La elección de su grupo de práctica para esta investigación se debe a tres razones: 1) la institución donde se desarrollaron esas prácticas disponía de variadas TD⁶; 2) la profesora tutora integraba significativamente las TD en su propuesta de enseñanza, 3) Irina y su grupo tuvieron en cuenta estas condiciones del contexto para proponer el uso de TD en sus prácticas. La elección particular de Irina se fundamenta en dos razones: 1) Irina manifestaba una actitud positiva y una disposición osada para incorporar TD en sus clases y las utilizaba con frecuencia en su vida cotidiana y 2) Irina tenía un interés especial en prácticas de aula que integraran TD y modelización matemática, tales como las que había estudiado en el curso de Didáctica de la Matemática. Antes de la práctica de 2013, Irina había observado las clases de la profesora tutora y había manifestado que *“al observar sus clases pude constatar que lo que había estudiado y leído podía llevarse a la práctica”*.

Las prácticas del grupo se llevaron a cabo en una escuela secundaria pública de gestión privada de la provincia de Córdoba (Argentina), en tres divisiones de primer año (estudiantes de 12-13 años). El curso asignado a Irina fue 1.º C, conformado por 36 estudiantes. La planificación de clases, los recursos utilizados y el Informe Final de Práctica fueron iguales para Irina y sus dos compañeras.

La unidad temática asignada fue “Relaciones entre variables”. El objetivo general que las practicantes definieron fue: “Introducir la noción de modelización a través de búsqueda de regularidades numéricas” (Alomar et al., 2013, p.18). La propuesta de enseñanza se dividió en dos momentos: modelización intramatemática y modelización extramatemática⁷. En este artículo nos enfocaremos exclusivamente en el primer momento en el cual se observó un intenso uso de TD por parte de Irina. En su curso, este momento tuvo una duración aproximada de 16 horas cátedra.

Los datos y su análisis

Los datos para este estudio se obtuvieron de los registros anuales de prácticas realizadas en el curso MyPE. Se contaba con: versiones sucesivas de la planificación de la práctica; observaciones de las clases de Irina realizadas por la profesora supervisora; el registro fílmico de la clase final del primer momento de la práctica; y el Informe Final de Práctica.

Para responder las preguntas de investigación, se realizó un análisis en tres fases. En la *primera fase*, se generó un entramado entre los diferentes registros disponibles para reconstruir lo ocurrido en las diferentes etapas de la práctica docente de Irina. Se analizaron las diferentes versiones de la planificación identificando aspectos relevantes de lo

producido en la etapa *preactiva*⁸. Luego, se examinaron las observaciones de clase de la profesora supervisora y el registro filmico para obtener información precisa sobre lo sucedido en el aula, contrastándolo con lo escrito en la planificación. El Informe Final de Práctica permitió complementar y ampliar lo ocurrido en la práctica desde la voz de Irina y sus compañeras. Finalmente, a partir del entramado obtenido, se realizó una descripción detallada de la práctica de Irina.

En la *segunda fase* de análisis se realizó una codificación de la práctica de Irina mediante un software de análisis cualitativo tomando como categorías las cinco dimensiones del marco de Ruthven (2009) presentadas en la sección 3. Para el análisis de los *formatos de actividad* se consideraron aquellos descriptos en la Tabla 1 y se agregó un formato emergente. Finalmente, en la *tercera fase*, se realizó una selección de los aspectos más relevantes para cada una de las dimensiones con el objetivo de ofrecer evidencias de los modos en que Irina integró las TD en su primera práctica docente, buscando destacar si hubo una integración significativa.

En este artículo reportamos lo referido a las tres primeras dimensiones presentadas en el marco teórico de Ruthven (2009) debido a que permiten informar características generales del contexto educativo y, al mismo tiempo, mostrar detalles de la práctica de Irina. Para la codificación de estas dimensiones se utilizaron los datos presentados en la Tabla 2.

Tabla 2. Uso de los datos de acuerdo con las dimensiones

	Planificación	Observaciones supervisora	Video de clase	Informe Final
Entorno de trabajo			X	X
Sistema de recursos	X	X	X	X
Formato de actividad		X	X	

Resultados

A continuación, se presentan los resultados organizados en torno a cada una de las dimensiones de Ruthven (2009) consideradas para este artículo: *entorno de trabajo*, *sistema de recursos* y *formato de actividad*. Para cada dimensión, primero se caracterizan los modos de integración de las TD encontrados (P1) y luego se analiza si la integración resultó significativa (P2).

Entorno de trabajo

El trabajo con modelización intramatemática fue desarrollado en el espacio cotidiano del aula de 1.º C que contaba con seis filas de seis escritorios individuales cada una, atornillados

al piso y ubicados de modo que todos los estudiantes miraban al pizarrón. Al frente había una tarima donde se encontraba el escritorio del docente con la computadora conectada a un proyector y a la pizarra digital que estaba instalada sobre un pizarrón de tiza como se puede ver en la Figura 1. El aula también contaba con sistema de audio, tomacorrientes en la pared del fondo, acceso a la red local y Wi-Fi.



Figura 1. Disposición de mobiliario y elementos del aula de 1° C

Las TD utilizadas por Irina en sus clases fueron: aula virtual en la plataforma Moodle, netbooks y pizarra digital. Durante la práctica se pudieron observar decisiones pedagógicas y didácticas influenciadas por las características del entorno de trabajo. A continuación, ampliaremos detalles de estas tres tecnologías y las decisiones tomadas respecto de su uso durante la práctica.

En 2013, la institución contaba con aulas virtuales de Moodle por cada división de primer año, exclusivamente para matemática. La docente tutora solicitó a la institución la creación, de un aula virtual destinada para la práctica docente de las practicantes. Así, las futuras profesoras tenían su propia aula virtual editable por cualquiera de ellas. En el aula virtual se cargaron presentaciones de diapositivas, tareas, archivos de GeoGebra, material de estudio y ejercitaciones. Es importante destacar que tener los recursos que se utilizarían en la clase previamente cargados en el aula permitía a los estudiantes descargarlos fácilmente en sus netbooks y acceder a ellos durante la clase.

Cada estudiante tenía su propia netbook, del mismo modelo, y debía llevarla a clases diariamente. Las netbooks fueron uno de los recursos tecnológicos centrales. Se utilizaron softwares como GeoGebra, editores de texto, applets, hoja de cálculo e internet. La portabilidad de las netbooks permitía a los estudiantes movilizarse con ellas ya sea para consultar dudas a Irina, compartir con sus compañeros o presentar tareas a toda la clase.

La pizarra digital se manejaba mediante un lápiz óptico y disponía de un software de gestión de clase denominado E-learning Class. Se pudieron registrar dos formas diferentes de uso de la pizarra para mostrar el trabajo de un estudiante y discutirlo con toda la clase: 1) un estudiante exponía al frente su tarea usando la pizarra, a menudo ayudado por el

trabajo realizado en su netbook, como se observa en la Figura 2, y 2) la practicante utilizaba el E-learning Class para proyectar la pantalla de algún alumno.



Figura 2. Estudiante utilizando pizarra digital con apoyo de su netbook

La pizarra con conexión a internet facilitó la utilización de applets y el acceso al aula virtual cuando era necesario. Además, se utilizó el software denominado ActivInspire que permite escribir sobre presentaciones o imágenes proyectadas en la pizarra, y generar archivos PDF con el contenido trabajado en ella. Esto promovía dos actividades importantes para las practicantes. Por un lado, llevarse ese material al finalizar la clase para reflexionar sobre lo trabajado o modificar la planificación. Por el otro, organizar la clase siguiente utilizando las conclusiones registradas en el archivo pdf, lo que facilitaba la continuidad del trabajo.

Se observa que Irina y su grupo diseñaron una práctica en la cual se hizo un uso significativo de las TD disponibles. Irina aprovechó las ventajas de contar con un aula virtual para disponibilizar el material de clase, propuso tareas que los estudiantes podían realizar individualmente desde sus netbooks y favoreció momentos de revisión y discusión haciendo uso de las ventajas de la pizarra digital. Los estudios de Bozkurt y Ruthven (2015, 2017) identifican que la disposición en forma de U de los bancos de los estudiantes en el aula es la ideal para supervisar la clase. Aunque el aula de Irina no permitía esta disposición debido a los bancos individuales, inamovibles y orientados hacia el frente, ella logró adaptarse al entorno físico a pesar de las limitaciones. Durante el trabajo de los estudiantes, Irina circulaba por el aula respondiendo dudas y observando, mientras que en los momentos de puesta en común se posicionaba al fondo y los estudiantes presentaban sus producciones en la pizarra. Así, pareciera que el espacio físico del aula no debe observarse de forma aislada sino en relación con la posición del docente y el rol asignado a los estudiantes en la clase. El uso del software que permite compartir la pantalla de la notebook de un estudiante en la pizarra digital es destacado por Bozkurt y Ruthven (2017) como un aspecto relevante del entorno de trabajo. En el caso de Irina dicho software fue utilizado tanto para mostrar las pantallas de los estudiantes como para enviar material a todos ellos.

Sistema de recursos

Antes del ingreso al aula, Irina y su grupo pensaron y planificaron el uso de diversos recursos: tareas, archivos de GeoGebra, guía de ejercitación, material de estudio, videos y applets. La actividad de los estudiantes fue desarrollada en torno a una serie de tareas enunciadas de forma escrita y subidas como archivo de texto al aula virtual. La mayoría de estas tareas proponían el uso de GeoGebra o Excel. El grupo de práctica creó dos archivos de GeoGebra: uno denominado “el cuadrado que cumple años”⁹ (al que nos referiremos más adelante) y otro de un barco que se movía sobre un planisferio¹⁰ para introducir la noción de coordenadas. Se usaron dos applets, uno para marcar y reconocer puntos en el plano cartesiano¹¹ y otro para representar una sucesión de cuerpos en papel isométrico¹². Con el fin de preparar a los estudiantes para una evaluación, se compartió un video¹³ para repasar conceptos sobre el plano cartesiano, se subieron al aula virtual una guía de actividades con respuestas y un material de estudio creado por las practicantes. Así, durante el primer momento de la práctica se observó la integración de recursos variados en los cuales las TD tuvieron un papel central.

En la conformación del sistema de recursos de la práctica se identificaron 3 aspectos relevantes en lo que se refiere a la integración de las TD: 1) *adaptación de un problema al contexto dinámico de GeoGebra*; 2) *decisiones en torno al uso de GeoGebra* y 3) *uso de ActivInspire para retomar trabajos*. A continuación, analizaremos cada uno de estos aspectos en la práctica de Irina.

Adaptación de un problema al contexto dinámico de GeoGebra

Para comenzar la práctica, Irina y su grupo adaptaron al contexto dinámico de GeoGebra un problema propuesto en Phillips et al. (1993), bibliografía sugerida por la profesora tutora. El problema proponía partir de un cubo unitario diciendo que era un cubo “en su primer año” e instando a los estudiantes a construir con cubos unitarios el cubo que “tiene dos años”, pintar sus caras y luego desmontarlo para contar la cantidad de cubos unitarios que quedaban con una, dos, tres o ninguna cara pintada. Luego de reconocer los patrones de crecimiento del cubo se proponía explorar cubos de “otras edades”.

La dificultad principal del problema original era la necesidad de contar con muchos cubos de 1 cm^3 . Por lo tanto, el equipo de trabajo decidió adaptar el problema que era tridimensional y tangible, a una versión bidimensional haciendo uso de las potencialidades dinámicas del GeoGebra. El problema adaptado fue denominado “El cuadrado que cumple años”.

Irina comenzó la clase mostrando en GeoGebra un cuadrado de 1 cm de lado denominado “figura 1”, explicando que tenía “un año de edad” y que representaba la unidad de medida de área. Seguidamente preguntó a la clase cómo sería la figura 2, cuando el cuadrado cumpliera dos “años de edad”, si de un año al siguiente su lado aumenta 1 cm. Después de que los estudiantes comprendieron el crecimiento del cuadrado preguntó por cuadrados de

otras edades y solicitó graficarlos en GeoGebra. Hasta este momento, GeoGebra fue utilizado como un recurso para representar los diferentes cuadrados. Posteriormente, Irina mostró en la pizarra digital una animación en GeoGebra creada previamente junto a su grupo de práctica. En la misma, se visualizaba un cuadrado de contorno pintado, que cambiaba la longitud de su lado, conforme se movía un deslizador llamado “b”, asociado al lado “l” del cuadrado, que variaba en el intervalo $[1,15]$ con incremento de 1 (Figura 3). Una estudiante fue invitada a pasar a la pizarra y mostrar cómo actuaba el deslizador. Se discutió con el curso completo sobre aspectos medibles del cuadrado -ancho, largo, perímetro, área- acompañados de las respectivas unidades de medida.

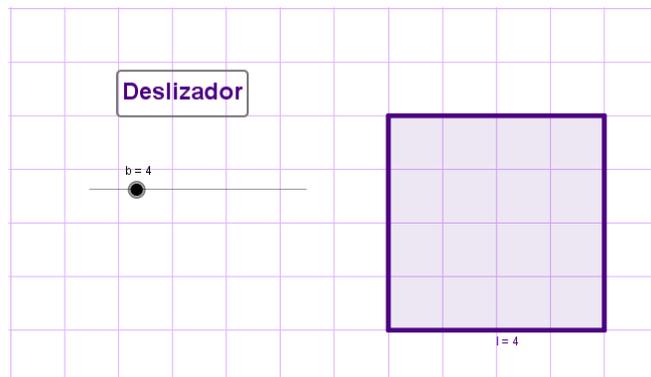


Figura 3. Captura de animación en GeoGebra del “Cuadrado que cumple años” para $l=4$

Posteriormente se solicitó a los estudiantes que descargaran la animación del aula virtual y realizaran la primera tarea de la práctica que se muestra en la Figura 4.

Actividad 1: Cuadrados de contorno pintado

1. Observe detenidamente las figuras que obtiene al mover el deslizador. Conteste las siguientes preguntas por escrito en un archivo de Word o en la carpeta.
 - a. ¿Qué características tienen en común estas figuras?
 - b. ¿Qué cualidades se modifican de una figura a la siguiente?
2. Note que las figuras tienen el contorno pintado. Posicione el deslizador en $b=2$. Organice los datos que obtenga al responder las siguientes preguntas. Para ello, considere que esta información tiene que ser leída y comprendida por todos.
 - a. ¿Qué longitud tiene el lado del cuadrado?
 - b. Mida el área del cuadrado, para ello recuerde que la cuadrícula es $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$.
 - c. Mida el perímetro del cuadrado, para ello recuerde que la cuadrícula es $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$.
 - d. ¿Cuántos cuadrados unidad de los que forman la figura tienen dos lados pintados?
 - e. ¿Cuántos cuadrados unidad de los que forman la figura tienen un lado pintado?
 - f. ¿Cuántos cuadrados unidad de los que forman la figura no tienen ningún lado pintado?

Repita el mismo análisis para $b=3$, $b=4$, $b=5$ y $b=7$.

Figura 4. Tarea con la que se inicia la práctica (Alomar et al., 2013)

La selección y rediseño del problema inicial de la práctica reflejan el arduo trabajo previo de Irina y su grupo para adaptarlo utilizando las TD con las que contaban los estudiantes y acorde al objetivo de aprendizaje que se tenía para la propuesta de enseñanza.

Decisiones en torno al uso de GeoGebra

El recurso inicial del “cuadrado que cumple años” permitía que los estudiantes explorasen y recolectasen datos de las figuras con edades de “1 año” a “15 años” debido al rango del deslizador. En una tarea posterior se les propuso que registraran los datos para un cuadrado de “55 años” y para un cuadrado “de cualquier edad”. Esta nueva tarea planteada por Irina y su grupo fue desafiante y significativa ya que la animación en GeoGebra no les permitía resolverla y obligaba a los estudiantes a reconocer patrones que veían en la animación y avanzar hacia la búsqueda de regularidades. Esto muestra cómo Irina y su grupo eran conscientes de la limitación de la animación y planificaron una instancia que permitía a los estudiantes pasar de la exploración y la visualización favorecidas por el uso del GeoGebra, hacia la promoción de razonamientos más abstractos ligados a la búsqueda de regularidades.

En la práctica de Irina encontramos otros eventos que dan cuenta de sus decisiones a partir del uso de GeoGebra. Durante la corrección de una tarea que solicitaba graficar en GeoGebra un conjunto de puntos, Irina reconoció y puso en evidencia diferentes procedimientos de los estudiantes y les propuso compartirlos en la pizarra. Se observaron tres procedimientos diferentes: utilizar la herramienta nuevo *Punto*; marcar un punto en cualquier lugar e ingresar a las *Propiedades del objeto* para modificar sus coordenadas y posicionarlo correctamente; o ingresar el punto usando la *Barra de entrada*. Este evento muestra la capacidad de Irina para reconocer los diferentes procedimientos de los estudiantes y hacer partícipe a toda la clase de sus distintos modos de trabajo. De esta manera, Irina permitió no solo que los alumnos reconocieran que no existe una única forma de marcar puntos en GeoGebra, sino que los procedimientos fueran propuestos y explicados por los estudiantes y no por ella como docente.

Durante la última clase del primer momento de la práctica se sucedieron dos eventos donde Irina reconoció aspectos técnicos y matemáticos del uso de GeoGebra para representar puntos y relaciones. El primero ocurrió cuando una estudiante utilizó la herramienta *Crear lista de puntos* para representar en GeoGebra la relación entre la longitud del lado y el perímetro del “cuadrado que cumple años”. Esta relación puede verse en la tabla de valores que aparece a la derecha en la Figura 5. Al crear la lista de puntos, GeoGebra genera y muestra los pares ordenados en la *Vista algebraica* y los puntos que los representan son graficados en el sistema de coordenadas de la *Vista gráfica*. Sin embargo, en este caso solo se veía el punto (2, 8) (Figura 5) e Irina preguntó: ¿Dónde están en la *Vista gráfica* los demás puntos? Los estudiantes respondieron, haciendo gestos con las manos como se muestra en la Figura 6, que debían “alejarse” para poder verlos y de este modo Irina sugirió usar la herramienta *Alejar* en GeoGebra para poder ver todos los puntos en la *Vista gráfica*.

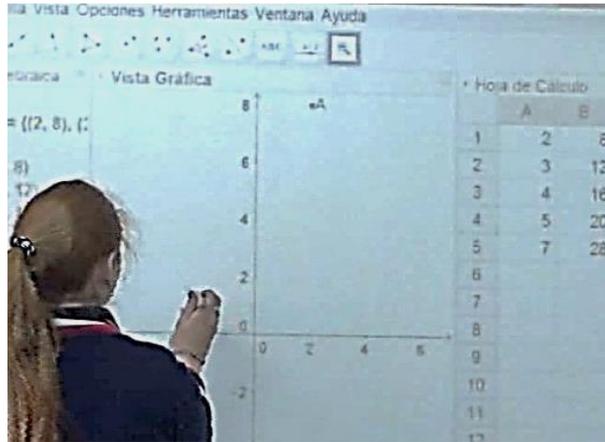


Figura 5. Vista gráfica que solo permiten visualizar un punto de la lista



Figura 6. Gesto de un estudiante para indicar que se deben alejar de la Vista Gráfica para ver los puntos

En el segundo evento, que sucedió a la situación anterior, Irina entabla con la clase el diálogo que se incluye en el Anexo 1. Comenzó preguntando a los estudiantes sobre la relación que habían encontrado entre el perímetro y el lado del cuadrado. Los estudiantes habían llegado a la expresión simbólica $L \cdot 4 = P$, donde L es el lado del cuadrado y P su perímetro. Irina instó a que la introdujeran en la *Barra de entrada* de GeoGebra para visualizar su gráfico. Los estudiantes la introdujeron y GeoGebra arrojó un mensaje de error. En este momento Irina explicó que el programa solo reconoce como variable independiente a la letra “ x ” y como variable dependiente a la letra “ y ”¹⁴. Seguidamente preguntó cuáles eran las respectivas variables en este caso, y una vez reconocidas escribieron finalmente en la *Barra de entrada* $x * 4 = y$ y obtuvieron así el gráfico de la relación.

Estos dos eventos destacan la comprensión de Irina de aspectos técnicos del GeoGebra y su intención de que los estudiantes los percibieran al realizar tareas concretas. Esto es significativo por dos razones. Primero, demuestra el conocimiento previo de Irina sobre el software y su capacidad para anticipar dificultades que los estudiantes podrían tener al usarlo. Segundo, muestra cómo los estudiantes pudieron aprender herramientas y

conceptos técnicos de GeoGebra al resolver una tarea, en lugar de enseñarlos de manera aislada y previa.

Uso de ActivInspire para retomar trabajos

Durante la corrección de la primera tarea de la práctica, los estudiantes expresaron formulaciones tales como: “Para sacar el área de un cuadrado, multiplico el ancho por alto” o “no importa el tamaño del cuadrado, siempre va a haber 4 cuadrados unidad que tengan 2 lados pintados, la excepción es $b=1$ ”. Aunque la tarea no requería registrar ese tipo de expresiones, Irina consideró valioso hacerlo y dar relevancia a las palabras de los estudiantes. Así, decidió abrir una hoja en blanco en la pizarra digital y usar el software ActivInspire para escribir las formulaciones que surgían desde los estudiantes. El archivo generado por Irina en esa clase se retomó en una clase posterior para ampliar la lista con nuevas formulaciones de los estudiantes. Esta decisión de Irina, por un lado, evidencia su intención de registrar y hacer público los hallazgos de algunos estudiantes, y por el otro, demuestra su capacidad para hacer uso de una tecnología específica como el software ActivInspire para que las producciones de los estudiantes sean retomadas y ampliadas, promoviendo una construcción paulatina y colectiva de los conocimientos.

En síntesis, los recursos diseñados e implementados para la práctica muestran que Irina y su grupo desarrollaron un sistema de recursos que fue utilizado de manera coordinada para el desarrollo de la actividad matemática de los estudiantes y con el fin de lograr cumplir el objetivo de la práctica que proponía abordar las relaciones entre variables a partir de la búsqueda de regularidades numéricas introduciendo la noción de modelización matemática. De este modo, al seleccionar y adaptar el problema inicial de la práctica, diseñar las tareas, confeccionar las animaciones de GeoGebra, seleccionar applets y un video relevante y gestionar el aula virtual, Irina demostró la amplia variedad de TD involucradas en los recursos de la práctica y la integración significativa que realizó de ellos. Respecto del abordaje de cuestiones técnicas de GeoGebra, Bozkurt y Ruthven (2017) reconocen como provechoso que el docente realice una demostración técnica de las herramientas a utilizar antes de que los estudiantes emprendan la tarea. En el caso de Irina, los aspectos técnicos de GeoGebra que los estudiantes desconocían fueron motivados por la tarea que tenían que resolver y gestionados por Irina de modo tal que los estudiantes propusieran formas de abordar estos aspectos. A pesar de las diferencias en los recursos utilizados por los futuros profesores del estudio de Fraser et al. (2011) se encuentra coincidencia en el hecho de que poseer archivos digitales de los recursos de la práctica y presentarlos usando la pizarra digital brinda flexibilidad al futuro profesor en la secuencia de enseñanza. De este modo, Irina podía, por ejemplo, presentar GeoGebra en la pizarra, minimizar el software si era necesario e ingresar al aula virtual, o abrir una hoja en blanco para registrar las producciones de una puesta en común. La forma en que Irina aprovechó los recursos mostró el rol protagónico que se pretendía de los estudiantes, permitiéndoles explicar sus ideas,

proponer caminos alternativos, presentar sus producciones a los compañeros, expresar inquietudes y manejar la pizarra. Esta actitud de Irina es consistente con la encontrada por Bozkurt y Ruthven (2017) en un profesor con experiencia en la enseñanza de matemática y en el uso de tecnologías. En este sentido, podría inferirse que esta actitud parece estar asociada más bien a una predisposición favorable hacia el uso de TD que a una experiencia prolongada en la práctica docente y, por lo tanto, es posible fomentar esta disposición tempranamente durante la formación de FPM.

Formatos de actividad

En las clases de Irina, se destacan dos formatos de actividad preponderantes y estrechamente vinculados con la integración de las TD. En varias oportunidades se observó el formato *discutir la pantalla* (Drijvers et al., 2013) cuando Irina, al presentar una nueva tarea, primero invitaba por medio de preguntas a comprender la situación que se mostraba en la pantalla digital, luego explicaba el objetivo de la tarea, y por último los estudiantes la ejecutaban. Este formato permitió a Irina que sus explicaciones estuvieran ancladas en las preguntas y respuestas de los estudiantes dando sentido a la actividad. Luego del trabajo de los estudiantes en sus netbooks personales se daba un formato de actividad consistente con *asignar a estudiante Sherpa* (Drijvers et al., 2010), utilizado para la puesta en común y corrección de tareas. Los estudiantes eran los protagonistas de la corrección y el rol de Irina era realizar preguntas al estudiante que presentaba, o a la clase completa. Irina se ubicaba al fondo del aula y designaba a diferentes estudiantes “*sherpa*” para que presentaran sus respuestas. El objetivo era compartir con toda la clase lo realizado en torno a las tareas, detectar errores en las resoluciones y dar espacio para que los estudiantes expusieran sus dudas o certezas sobre el trabajo matemático llevado a cabo, generando así un conocimiento colectivo.

Se observaron casos del formato *detectar y mostrar* (Drijvers et al., 2010). Por ejemplo, en el evento relatado en la sección anterior, cuando se solicitó a diferentes estudiantes que mostraran a toda la clase las diversas formas escogidas para representar puntos en GeoGebra dadas las coordenadas.

El formato *demostrar técnicas* (Drijvers et al., 2010) se evidenció en las ocasiones que Irina requería introducir nuevas herramientas de GeoGebra como: *Deslizador*, *Ejes*, *Punto*, *Punto en objeto*, *Rastro*, *Barra de entrada* y *Lista de puntos*. En estas instancias, la demostración del uso de una nueva herramienta iba acompañada, en la mayoría de los casos, de una explicación referida a los conceptos matemáticos involucrados. Por ejemplo, la asociación de la noción de variable al *Deslizador*. En el caso del empleo de la herramienta crear *Lista de puntos* o de la *Barra de entrada* para representar una relación, la demostración de uso estuvo a cargo de un estudiante *sherpa*, e Irina era quien promovía la exploración de la herramienta.

Se observó un formato de actividad emergente que no puede ser caracterizado totalmente por los propuestos en la Tabla 1. Se refiere a un evento descrito en la subsección 6.2.3, en el que Irina decide usar el ActivInspire para registrar en la pizarra las regularidades que surgían, las guarda en un documento que retoma en una clase posterior durante la corrección de la primera tarea a fin de completarlas y discutir las. Podríamos denominar al formato *registrar en pizarra para recuperación futura*.

Los formatos *explicar la pantalla* (Drijvers et al., 2010) y *enseñar en la pizarra* (Drijvers et al., 2013) que tienen en común el hecho que el docente explica un contenido matemático para toda la clase, no estuvieron presentes de forma sostenida en la práctica de Irina. Se puede reconocer que los momentos que colocaban a Irina en la actividad de explicar eran la presentación de la organización de la clase y de algunas tareas previstas o la aparición de algún mensaje de error en GeoGebra que los estudiantes no podían interpretar.

Por lo tanto, los formatos de actividad promovidos dan cuenta de la integración significativa de TD emprendida en la práctica en la cual los modos de interacción entre Irina, sus estudiantes, el contenido matemático y las TD, muestran una centralidad en lo que ocurre con los estudiantes al usar TD para aprender un contenido matemático. Se destaca que los formatos de actividad que dieron protagonismo a los estudiantes fueron los más relevantes, mientras que el uso de formatos que implicaban una enseñanza directa o explicación tradicional del contenido matemático por parte del docente fue limitado.

Discusión y conclusiones

Los resultados de este estudio y las dimensiones de análisis escogidas han evidenciado que la integración de las TD en la práctica de Irina fue significativa. Desde el momento de planificación inicial de la práctica hasta su implementación en aula se mostraron evidencias del profuso empleo de TD en el marco de la primera práctica docente de Irina. El entramado que da cuenta de los modos en que Irina integró las TD responde a adaptaciones registradas en el entorno de trabajo de la práctica, los recursos planificados y los modos de interacción entre Irina, los estudiantes, el contenido matemático y las TD.

En la revisión realizada por Carmona-Mesa y Villa-Ochoa (2017) se informa que hay escasez de investigaciones sobre experiencias de integración de tecnologías en aulas reales llevadas adelante por FPM. Este trabajo es una contribución en este sentido. Asimismo, aporta evidencia empírica al conjunto de estudios desarrollados en el marco del tercer contexto de formación identificado por Huang y Zbiek (2017), por tratarse de un estudio minucioso y detallado de las características que estructuran la práctica en aula para la integración significativa de TD por parte de una futura profesora de matemática.

Los trabajos de Meagher et al. (2011) y Olive y Leatham (2000) destacan la influencia del contexto escolar en la integración de tecnologías por parte de FPM que realizan prácticas docentes. Los resultados hallados en el caso de Irina coinciden con estas investigaciones

destacando dos aspectos clave. Por un lado, la fuerte influencia del modo de trabajo de la profesora tutora y su posición favorable al uso de TD en el aula sobre la planificación e implementación de la práctica de Irina y su grupo. Las practicantes habían observado el uso intensivo y significativo de las tecnologías que hacía la profesora tutora, lo cual influyó en la propuesta de enseñanza que diseñaron. Por otro lado, a diferencia del trabajo de Olive y Leatham (2000), donde los FPM no utilizaron recursos tecnológicos para enseñar matemática a pesar de tenerlos disponibles, en el caso de Irina ocurrió lo contrario. La variedad de TD disponibles en la escuela, el hecho de que cada estudiante contase con una netbook personal, el apoyo de la profesora tutora y la premisa de utilizar los recursos presentes en las instituciones educativas, llevaron a Irina y su grupo a diseñar un sistema de recursos que dio lugar a múltiples formatos de actividad donde el docente acompaña el proceso de aprendizaje, y el estudiante es el principal protagonista. Esto daría indicios de que no solo es necesario contar con recursos tecnológicos y un contexto escolar favorable, sino que es central que los FPM dediquen un tiempo considerable al diseño de la propuesta con el acompañamiento de sus profesores orientadores y tengan disposición para integrar las TD en sus clases.

El sistema de recursos de la práctica de Irina y su grupo incluyó una variedad de tareas investigativas e intramatemáticas con uso de diversas TD. Dado que se detectaron acciones relevantes de Irina en la gestión del sistema de recursos y en el diseño de las tareas, sería relevante indagar acerca del proceso de producción de tareas por parte de FPM. Los estudios de Figueiredo y Groenwald (2020) y Rocha (2020) destacan que los FPM vieron el impacto positivo de las TD en el aprendizaje matemático de los estudiantes luego de analizar sus producciones. Aunque el foco de este estudio no fue el impacto de las tareas diseñadas en el aprendizaje de los estudiantes, se dispone de observaciones y grabaciones de las clases que podrían permitir futuras investigaciones en esta línea.

Los estudios sobre el uso de tecnologías en contextos de prácticas docentes de FPM que hemos reportado no analizan en detalle los modos de interacción entre estudiantes y profesores propios de una clase de matemática en un ambiente tecnológico. Los formatos de actividad propuestos por Drijvers et al. (2010, 2013), caracterizados a partir del análisis de clases de profesores experimentados, resultan útiles también para el análisis de prácticas de FPM. En el caso de Irina, es destacable que, a pesar de ser una futura profesora en su primera práctica docente, los formatos de actividad más relevantes fueron aquellos que ponían a los estudiantes como protagonistas de su aprendizaje. Este hallazgo alienta a realizar nuevas indagaciones con otros FPM para dilucidar qué aspectos de la formación y qué actitudes hacia las TD pueden influir en la aparición de formatos de actividad más centrados en los estudiantes.

Si bien el estudio realizado es limitado, en tanto trata el caso de una única futura profesora, brinda pistas sobre las potencialidades del uso de TD en la formación de FPM en

sintonía con los resultados reportados por Bozkurt y Koyunkaya (2022). Asimismo, el análisis realizado muestra que el marco de Ruthven (2009) -en al menos las tres dimensiones reportadas- es potente no solo para estudiar prácticas docentes de profesores experimentados como presenta ese autor, sino también para el análisis de prácticas docentes de FPM. Finalmente, considerando que este estudio analizó la integración de TD en el aula por parte de solo una futura profesora, y teniendo en cuenta los hallazgos de Losano et al. (2018) y Villarreal y Esteley (2022) que destacan la influencia de la formación de los FPM en el uso de tecnologías sobre su futura práctica como docentes noveles, resulta prometedor realizar en el futuro investigaciones longitudinales que examinen casos adicionales donde el uso de TD sea significativo. Tales investigaciones permitirían consolidar o ampliar los hallazgos de este estudio en relación con la integración significativa de TD en clases de matemática por parte de FPM, y contribuir con aportes que permitan revisar y repensar las acciones relacionadas con el uso de TD en los programas de formación.

Notas

¹ Se entiende por TD a “[...] una amplia gama de dispositivos que combinan los elementos tradicionales de hardware (procesamiento, memoria, entrada, pantalla, comunicación, periféricos) y software (sistema operativo y programas de aplicación) para realizar una gran variedad de tareas” (Clark-Wilson et al., 2011, p.10).

² A fin de preservar la identidad de la estudiante, el nombre es ficticio.

³ Los *sherpas* son habitantes de un pueblo de Nepal en la cordillera del Himalaya, reconocidos por sus habilidades como guías y porteadores en expediciones de alta montaña en esa región. El término *estudiante sherpa* es utilizado por Drijvers et al. (2010) refiriéndose a una especie de “estudiante guía”.

⁴ Denominación que recibe el programa de formación docente para futuros profesores en matemática en Argentina.

⁵ Una hora cátedra tiene una duración de 40 minutos.

⁶ En el apartado 6.1 se detalla la diversidad de TD disponibles.

⁷ Según Bassanezi (2012), un proceso de modelización matemática consta de varias fases. La primera es la *selección de un tema* de interés, seguida de la *formulación de problemas* relacionados con el mismo. Posteriormente, se busca obtener datos, quizás a través de un experimento (fase de *experimentación*). Se seleccionan variables y se plantean hipótesis o conjeturas sobre las relaciones entre ellas, comenzando así una fase de *abstracción*. Hecho esto, y ya en el dominio matemático, se inicia la fase de *resolución matemática* con el fin de obtener un modelo. La *validación* consiste en aceptar o rechazar este modelo. En caso de rechazo, se puede iniciar una fase de *modificación* y comenzar un nuevo ciclo. Como enfoque pedagógico, la modelización invita a los estudiantes a seguir estas fases para abordar temas y resolver problemas del mundo real (*modelización extramatemática*). Sin embargo, este proceso también puede seguirse si el tema inicial o los problemas formulados remiten al ámbito matemático, en cuyo caso hablaremos de *modelización intramatemática*.

⁸ Teniendo en cuenta las características de la labor que requiere la etapa preactiva - que involucra a las tres practicantes acompañadas por las profesoras orientadoras-, en algunas dimensiones de análisis se hará referencia a: equipo de trabajo, practicantes, grupo o grupo de práctica para dar cuenta de que lo presentado es producto del trabajo colectivo. Sin embargo, en aquellas dimensiones vinculadas a la implementación de la propuesta de enseñanza, informaremos lo ocurrido exclusivamente durante la práctica de Irina.

⁹ <https://www.geogebra.org/m/whvgws8v>

¹⁰ <https://www.geogebra.org/m/q7jdufg6>

¹¹ <https://www.thatquiz.org/es-7/matematicas/puntos/>

¹² <https://www.nctm.org/Classroom-Resources/Illuminations/Interactives/Isometric-Drawing-Tool/>

¹³ https://www.youtube.com/watch?v=G_Oq4ma_cXYyfeature=relatedyab_channel=AnnelieseSanchez

¹⁴ En la versión de GeoGebra utilizada en la práctica analizada (2013), se requería que la variable dependiente se representara con la letra *y*. Actualmente ese requisito no es necesario.

Referencias

- Alomar, B. R., Carreras, M. C., & Dipierri, I. C. (2013). Una experiencia con modelización matemática en el contexto escolar. [Bachelor's thesis, Facultad de Matemática, Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba]. Repositorio Digital UNC. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/550286>
- Bassanezi, R. C. (2012). *Temas y modelos* (1.ed.). Campinas, Brasil: UFABC.
- Borba, M., & Penteadó, M. (2001). *Informática e Educação Matemática*. Editora Autêntica.
- Bozkurt, G., & Koyunkaya, M. Y. (2022). Using the Instrumental Orchestration Model for planning and teaching technology-based mathematical tasks as part of a restructured practicum course. In A. Clark-wilson, O. Robutti, & N. Sinclair (Eds.), *The Mathematics Education in the Digital Era. International Research on Professional Learning and Practice* (pp. 31–64). Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05254-5_2
- Bozkurt, G., & Ruthven, K. (2015). Expert and novice teachers' classroom practices in a technological environment. In K. Krainer & N. Vondrová (Eds.), *CERME 9 - Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 2319–2325). Charles University in Prague, Faculty of Education.
- Bozkurt, G., & Ruthven, K. (2017). Classroom-based professional expertise: a mathematics teacher's practice with technology. *Educational Studies in Mathematics*, 94, 309–328. <https://doi.org/10.1007/s10649-016-9732-5>
- Carmona-Mesa, J. A., Flores Salazar, J. V., & Villa-Ochoa, J. A. (2018). Uso de calculadoras simples y videojuegos en un curso de formación de profesores. *Uni-Pluriversidad*, 18(1), 13–24. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.18.1.02>
- Carmona-Mesa, J. A., González-Gómez, D., & Villa-Ochoa, J. A. (2020). Autoeficacia de Profesores en Formación Inicial en el Uso de Tecnología para Enseñar Matemáticas. *Boletim de Educação Matemática*, 34(67), 583–603.
- Carmona-Mesa, J. A., & Villa-Ochoa, J. A. (2017). Necesidades De Formación En Futuros Profesores Para El Uso De Tecnologías. Resultados De Un Estudio Documental. *Revista Paradigma*, 38(1), 169–185.
- Clark-Wilson, A., Oldknow, A., & Sutherland, R. (2011). *Digital Technologies and Mathematics Education*. Joint Mathematical Council of the United Kingdom.
- Clark-Wilson, A., Robutti, O., & Sinclair, N. (2022). *The Mathematics Education in the Digital Era. International Research on Professional Learning and Practice* (Second Edi). Springer Nature Switzerland AG.
- Clark-Wilson, A., Robutti, O., & Thomas, M. (2020). Teaching with digital technology. *ZDM—Mathematics Education*, 52(7), 1223–1242. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01196-0>
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2017). *The SAGE Handbook of Qualitative Research*. SAGE Publications.
- Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Reed, H., & Gravemeijer, K. (2010). The teacher and the tool: Instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 75(2), 213–234. <https://doi.org/10.1007/s10649-010-9254-5>
- Drijvers, P., Tacoma, S., Besamusca, A., Doorman, M., & Boon, P. (2013). Digital resources inviting changes in mid-adopting teachers' practices and orchestrations. *ZDM—The International Journal on Mathematics Education*, 45, 987–1001. <https://doi.org/10.1007/s11858-013-0535-1>
- Figueiredo, F. F., & Groenwald, C. L. O. (2020). Design, (re)formulação e resolução de problemas com o uso de tecnologias digitais na formação inicial de professores de matemática. *Revista Latinoamericana de Investigacion En Matematica Educativa*, 23(2), 147–174. <https://doi.org/10.12802/relime.20.2321>
- Fraser, V., Garofalo, J., & Juersivich, N. (2011). Enhancing lesson planning and quality of classroom life: A study of mathematics student teachers' use of technology. *Journal of Technology and Teacher Education*, 19(2), 169–188.
- Huang, R., & Zbiek, R. M. (2017). Prospective secondary mathematics teacher preparation and technology. In M. E. Strutchens, L. Losano, J. P. da Ponte, M. C. Cyrino, R. M. Zbiek, R. Huang, & D.

- Potari (Eds.), *The Mathematics Education of Prospective Secondary Teachers Around the World, ICME-13 Topical Surveys* (pp. 17–23). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38965-3_3
- Instituto Nacional de Formación Docente (2016). *Plan Nacional de Formación Docente 2016-2021*. Ministerio de Educación y Deportes Presidencia de la Nación. <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005991.pdf>
- Losano, L., Fiorentini, D., & Villarreal, M. (2018). The development of a mathematics teacher's professional identity during her first year teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 21, 287–315. <https://doi.org/10.1007/s10857-017-9364-4>
- Mántica, A. M., & Freyre, M. L. (2019). Análisis de la relación entre imagen y definición en una situación problemática mediada por GeoGebra a partir de no ejemplos del concepto de poliedro regular. *Educacion Matematica*, 31(1), 204–234. <https://doi.org/10.24844/EM3101.08>
- Meagher, M., Ozgun-Koca, S., & Edwards, M. T. (2011). Preservice teachers' experiences with advanced digital technologies: The interplay between technology in a preservice classroom and in field placements. *Contemporary Issues in Technology & Teacher Education*, 11, 243–270.
- Ministerio de Educación (2010). *Proyecto de mejora para la formación inicial de profesores para el nivel secundario. Áreas: Biología, Física, Matemática y Química*. <https://cedoc.infed.edu.ar/wp-content/uploads/2020/01/Matematica.pdf>
- Ministerio de Educación (2011). *Diseño Curricular para el Ciclo Básico 2011-2015*. <https://www.igualdadycalidadcba.gov.ar/SIPEC-CBA/publicaciones/EducacionSecundaria/LISTO%20PDF/TOMO%20%20Ciclo%20Basico%20de%20la%20Educacion%20Secundaria%20web%208-2-11.pdf>
- Ministerio de Educación (2015). *Diseño Curricular para el Profesorado de Educación Secundaria en Matemática*. https://dges-cba.infed.edu.ar/sitio/curriculares/upload/DISENIO_CURRICULAR_MATEMATICA_2010.pdf
- Olive, J., & Leatham, K. (2000). Using technology as a learning tool is not enough. In M. J. Thomas (Ed.), *Proceedings of the International Conference on Technology in Mathematics Education* (pp. 236–243). The University of Auckland and Auckland University of Technology.
- Phillips, E., Gardella, T., Kelly, C., & Stewart, J. (1993). *Patterns and functions: Curriculum and evaluation standards for school mathematics addenda series, grades 5–8*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Rocha, H. (2020). Using tasks to develop pre-service teachers' knowledge for teaching mathematics with digital technology. *ZDM - Mathematics Education*, 52(7). <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01195-1>
- Ruthven, K. (2009). Towards a naturalistic conceptualisation of technology integration in classroom practice: The example of school mathematics. *Éducation Et Didactique*, 3(1), 133–152.
- Ruthven, K. (2014). Frameworks for Analysing the Expertise That Underpins Successful Integration of Digital Technologies into Everyday Teaching Practice. In A. Clark-Wilson, O. Robutti, & N. Sinclair (Eds.), *The Mathematics Teacher in the Digital Era* (Vol. 2, pp. 373–393). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1_16
- Stake, R. E. (1999). *Investigación con estudio de casos* (2da ed.). Ediciones Morata S.L.
- Strutchens, M., Huang, R., Losano, L., Portari, D., Ponte, J. P., Cyrino, M. C., & Zbiek, R. M. (2017). *The mathematics education of prospective secondary teachers around the world*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-38965-3>
- Turgut, M. (2019). Sense-making regarding matrix representation of geometric transformations in R^2 : a semiotic mediation perspective in a dynamic geometry environment. *ZDM - Mathematics Education*, 51(7). <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01032-0>
- Villarreal, M. E., & Esteley, C. B. (2022). Researching professional trajectories regarding the integration of digital technologies: The case of Vera, a novice mathematics teacher. In A. Clark-Wilson, O. Robutti, & N. Sinclair (Eds.), *The mathematics teacher in the digital era. International research on professional learning and practice* (pp. 323–346). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05254-5_12
- Villarreal, M. E., Esteley, C. B., & Smith, S. (2018). Pre-service teachers' experiences within modelling scenarios enriched by digital technologies. *ZDM - Mathematics Education*, 50, 327–341. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0925-5>
- Zengin, Y. (2018). Examination of the constructed dynamic bridge between the concepts of differential and derivative with the integration of GeoGebra and the ACODESA method. *Educational Studies in Mathematics*, 99(3). <https://doi.org/10.1007/s10649-018-9832-5>

Anexo 1

A continuación, se transcribe un diálogo entre Irina y los estudiantes a fin de ofrecer un ejemplo del tipo de intercambio que se producía en la clase.

- Irina: Entonces, tenemos un gráfico que nos relaciona la longitud y el perímetro. [...] ¿Cuál era la regularidad que habíamos encontrado que nos relacionaba el perímetro y la longitud del lado?
- Estudiante 1: La longitud del lado por cuatro era el perímetro.
- Irina: Bueno, y yo les pregunto ¿Qué pasa si metemos esa regularidad en la entrada, me graficará la regularidad?
[Algunos estudiantes responden sí, otros no]
[...]
- Irina: Acá el compañero hace un aporte muy importante, ¿podés decirlo fuerte? porque no creo que todos te hayan escuchado.
- Estudiante 2: Hay que escribirlo simbólicamente [se refiere a la regularidad]
- Irina: ¿Por qué hay que escribirlo simbólicamente?
- Estudiante 2: Porque no va a entender.
- Irina: La computadora solo entiende lenguaje simbólico. Bueno, querés entonces escribir en la entrada la relación en lenguaje simbólico [se dirige a la estudiante que está realizando las acciones en la pizarra mientras el resto lo reproducen en sus computadoras]. ¿Cómo la escribimos? [...]
- Estudiante 3: L por 4 igual a P [la estudiante en la pizarra ingresa la expresión $L * 4 = P$ y aparece un cuadro de diálogo del GeoGebra indicando un error]
[...]
- Irina: ¿Qué entienden que significa esto que dice el cuadro? [Señala el cuadro que aparece en la pizarra informando sobre un error]
- Estudiante 4: No sabe lo que significa lo que escribimos.
- Irina: [...] Miren lo que dice acá, “variables no definidas”. [...] Yo les voy a explicar por qué nos sale este cuadro, GeoGebra solamente entiende que la variable independiente es la x y que la variable dependiente es la y . ¿Cómo se llama en nuestra notación simbólica la variable independiente?
- Estudiantes: L
- Irina: GeoGebra no sabe lo que es L , él necesita que le digan que la variable independiente se llama x y que la variable dependiente se llama y ¿Cómo podemos reescribir esto, pero ahora usando x e y ? [Señala la expresión que habían ingresado por barra de entrada]
- Estudiante 5: $x * 4 = y$
- Irina: Bueno entonces escribamos eso a ver cómo nos queda.
[La estudiante en la pizarra la ingresa la expresión y el resto de la clase lo hace en sus computadoras, se escuchan expresiones de sorpresa al ver el gráfico]
- Irina: [...] Fíjense qué importante que es el lenguaje simbólico y qué importante es poder identificar una variable dependiente y una variable independiente para poder comunicarse, por ejemplo, con la computadora y pedirle que nos haga este tipo de gráfico.