

INFORMES DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS INÉDITOS

Uso de calculadoras simples y videojuegos en un curso de formación de profesores¹

Jaime Andrés Carmona-Mesa²

Jesús Victoria Flores Salazar³

Jhony Alexander Villa-Ochoa⁴

Universidad de Antioquia

Resumen

Las investigaciones informan sobre la brecha que existe entre las necesidades de formación de los profesores de matemáticas y los contenidos de los programas para formar a futuros profesores. Por este motivo, se propone un curso sobre el uso de tecnología para enseñar matemáticas. En este artículo se utiliza la sistematización para dar cuenta de una mirada de saberes propios sobre las prácticas y la manera en que ellas apoyan la producción de conocimiento en las prácticas de aula. Estos conocimientos buscan aportar al diseño de un curso que se propone formar en el uso de tecnología para enseñar matemáticas. Las conclusiones informan que el diseño metodológico

1. El presente artículo hace parte del proyecto con acta 22002301-04-2016, financiado por la convocatoria interna: Innovaciones didácticas para la formación de maestros en educación superior, en la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.

2. Magíster en Educación. Profesor e investigador. Facultad de Educación, Universidad de Antioquia. Miembro del grupo de investigación MATHEMA-FIEM. Contacto: jandres.carmona@udea.edu.co

3. Doctora y Pos-doctora en Educación Matemática. Profesora asociada del Departamento de Ciencias, Sección Matemáticas Pontificia Universidad católica el Perú. Miembro del grupo de investigación DIMAT-PUCP y del Comité Latinoamericano de Matemática Educativa (CLAME). Citaciones bibliográficas: SALAZAR, J.V.F. Contacto: jvflores@pucp.pe

4. Doctor en Educación. Profesor Facultad de Educación, Universidad de Antioquia. Coordinador del grupo de investigación MATHEMA-FIEM y de la Red Colombiana Modelación Educación-Matemática (RECOMEM). Contacto: jhony.villa@udea.edu.co

de este curso permitió reconocer y visibilizar necesidades de formación y establecer diferencias entre los usos que realizan los futuros profesores para resolver problemas matemáticos y usos con proyección al ejercicio profesional.

Palabras clave: formación inicial de profesores, Educación Matemática, sistematización de las prácticas.

Use the Cases of Simple Calculators and Video Games in a Teacher Training Course

Abstract

The research reports on the gap between the training needs of mathematics teachers and the content of programs to train future teachers. For this reason, a course on the use of technology to teach mathematics is proposed. In this article, systematization is used to account for a view of their own knowledge about practices and the way in which they support the production of knowledge in classroom practices. This knowledge seeks to contribute to the design of a course that aims to train in the use of technology to teach mathematics. The conclusions inform that the methodological design of this course allowed to recognize and to visualize needs of formation and to establish differences between the uses that the pre-service teacher realize to solve mathematical problems and uses with projection to the professional exercise.

Keywords: pre-service teacher training, Mathematics Education, systematization of practices

Introducción

La formación de profesores para la integración de tecnologías en la enseñanza de las matemáticas ha representado un área de trabajo en Educación Matemática con creciente número de investigaciones y publicaciones (Thurm, 2018; Psycharis y Kalogeria, 2017; Pierce y Stacey, 2013; Richit, 2014; Bowers y Stephens, 2011). Por ejemplo, en su estudio, Bowers y Stephens (2011), utilizaron el marco TPACK para proponer usos de tecnologías que los formadores de profesores podrían incluir en el desarrollo de cursos para futuros profesores. Para los investigadores el corazón de la implementación tecnológica sólida es alentar a los estudiantes a utilizar las herramientas disponibles para explicar las relaciones matemáticas que subyacen a lo que observan en la pantalla; sin embargo, ninguno de los componentes que se use en un curso es catalizador en sí mismo; según sus resultados, sigue siendo responsabilidad y competencia de los formadores de profesores de matemáticas ayudar a sus estudiantes a conceptualizar el uso de tecnología "apropiada y responsable".

Si bien es cierto que la tecnología debe ser un componente transversal de los cursos y demás cursos de los futuros profesores, también lo es que se requiera de la organización de cursos específicos para discutir temas orientados a los usos y maneras de integrar la tecnología en la cotidianidad escolar (Kay, 2006). Para Carmona-Mesa y Villa-Ochoa (2017) existen al menos seis tipologías de necesidades que pueden atenderse en los cursos específicos de tecnologías para futuros profesores.

El presente artículo se deriva de un proyecto de innovación didáctica que tuvo como propósito analizar los aportes del curso Seminario de Especialización II, que versa sobre el uso de tecnología para enseñar matemáticas. Para identificar tales aportes, se desarrolló un estudio con el fin de reconocer las características que debe tener un curso que promueva la identificación y atención de necesidades de formación en el uso de tecnología de los futuros profesores de una universidad pública de la ciudad de Medellín, Colombia. En particular, el estudio se orientó por la pregunta: ¿de qué manera el Seminario de Especialización II permite reconocer y atender a las necesidades de formación

de los futuros profesores frente al uso de tecnología en la enseñanza de las matemáticas?

Referentes conceptuales

Las investigaciones informan sobre la brecha que existe entre los programas y estrategias para la formación de profesores y las necesidades que ellos evidencian cuando se desempeñan en sus prácticas profesionales (Drijvers *et al.*, 2016). En el campo de la tecnología, sus necesidades van desde el dominio operativo y técnico de un artefacto hasta el diseño de tareas que promuevan la formación de sus estudiantes haciendo uso eficiente y eficaz de las tecnologías disponibles. Autores como Drijvers (*et al.* 2016) informan que para atender la brecha es importante que los cursos específicos encuentren nuevas maneras de introducir el enfoque tecnológico, los conceptos matemáticos con el uso de tecnología, el diseño de tareas para potenciar el uso de tecnología, la solución de problemas matemáticos con el uso de tecnología y las habilidades y capacidades que se deben adquirir para un uso eficiente y consciente de tecnología.

En el marco de las reflexiones que han movilizad el proyecto del cual se deriva este artículo, se asume por tecnología una visión integradora de análogas y digitales (Koehler y Mishra, 2009), que trasciende la concepción de artefactos o recursos aislados de un contexto o una praxis (Gueudet y Trouche, 2009; Sokhna y Trouche, 2015), y transforma lo que es cognoscible y la manera en que algo puede ser conocido (Radford, 2014). En ese sentido, se plantea un enfoque de tecnología que no limita las acciones del futuro profesor a condiciones ideales de infraestructura, no desconoce tendencias educativas contemporáneas (por ejemplo: dispositivos móviles, redes sociales, videojuegos, software educativo) y promueve la discusión de las posibilidades y formas de actuar en las aulas con el uso de tecnología. En cuanto a la formación inicial de profesores, se reconoce la necesidad de conocimientos en diferentes dominios como el pedagógico, el tecnológico, el didáctico y el matemático (Koehler y Mishra, 2009) que se articulan a las formas de hacerlos y producirlos (Radford, 2014), una formación que trasciende la reflexión hacia una proyección práctica en el ejercicio profesional.

En relación con esta visión de tecnología y con la propuesta de formación de futuros profesores, el diseño del curso se planteó para atender necesidades de formación en el uso de tecnología para enseñar matemáticas que son explicitadas en la literatura:

conciencia ética y social, articulación entre teoría y contextos, evaluación de potencialidades, fortalezas y debilidades de la integración tecnológica y atención a los asuntos específicos y no específicos en el conocimiento matemático (Ponte, Oliveira, y Varandas, 2002), es decir, las cuestiones particulares desde la propia disciplina (Artigue, 2003). De igual forma, se reconocen las estrategias informadas por Kay (2006), Tondeur (*et al.* 2012) y Carmona-Mesa y Villa-Ochoa (2017), como significativas en la formación de profesores para integrar tecnología: cursos específicos, prácticas de campo (donde se articule la teoría y la práctica), profesores como ejemplo, trabajo colaborativo, contenidos transversales para todo el programa de formación y aprendizaje por diseño, entre otras.

Metodología

Dado que el estudio se ocupó de dar cuenta de los componentes de un curso que busque reconocer y atender a las necesidades de formación de los futuros profesores en relación con la tecnología, la atención se centró en las acciones, estrategias y prácticas que se implementaron en el curso. Por tanto, el estudio se desarrolló a partir de las orientaciones de Mejía (2012) sobre la “sistematización de las prácticas”; de acuerdo con el autor, una sistematización de saberes propios sobre las prácticas es una estrategia de investigación bajo la cual se produce conocimiento derivado de la organización, análisis y reflexión sobre las acciones que acontecen en un lugar, tiempo y condiciones en particular. La sistematización se consideró un esfuerzo por producir poder y empoderamiento de las diferentes voces de los futuros profesores, a partir de la cual se pudo visibilizar los rostros, visiones y saberes que nutren e impulsan dichas prácticas (Mejía, 2012).

Diseño del curso - Seminario de Especialización II: el curso se estructuró en cuatro ejes temáticos: primero, el uso de la calculadora simple en las matemáticas escolares; segundo, software educativo; tercero, el uso de tecnología en modelación matemática e internet; cuarto, videojuegos y redes sociales en educación matemática. El presente artículo se fundamenta en los aportes del curso para atender las necesidades de los futuros profesores a través del primer y último eje temático.

El curso fundamentó su desarrollo en talleres en donde los futuros profesores tuvieron experiencias con el uso de tecnologías que estuvieron acompañadas de discusión en pequeños grupos y discusiones

posteriores en plenaria. En todo momento se propició la reflexión y crítica sobre los aspectos matemáticos y educativos inmersos en las diferentes experiencias (Artigue, 2003; Ponte *et al.*, 2002). Además, se promovió la participación de los estudiantes acorde con los componentes propuestos por Parra-Zapata y Villa-Ochoa (2016); esta participación se orientó para generar proyecciones de las formas de actuación en el futuro ejercicio profesional (Gueudet y Trouche, 2009; Sokhna y Trouche, 2015).

El curso tuvo 64 horas durante el segundo semestre del 2016 y se dividió en encuentros de cuatro horas por semana. La estructura de cada sesión constó de tres momentos: el primer momento fue una presentación y discusión acerca de un artículo de investigación o divulgación, estuvo a cargo de un estudiante diferente cada semana, quien escogía el artículo de acuerdo con sus intereses. El segundo momento consistió en el desarrollo de un taller acerca de la producción de conocimientos a través de la tecnología. El tercer momento consistió en otra discusión acerca de la lectura para ampliar el horizonte de los estudiantes en relación con la literatura y las matemáticas, asimismo, propiciaba reflexiones acerca del contenido matemático.

El desarrollo de los cuatro ejes temáticos fue de la siguiente manera: se inició con el uso de la calculadora simple (Selva y Borba, 2014), luego se analizó el software educativo (por ejemplo: GeoGebra, Poly, Derive 5.0 y FunGraph), posteriormente modelaron matemáticamente prestando atención al respaldo de la tecnología a estos procesos; se finalizó con el uso de internet, dispositivos móviles, videojuegos y redes sociales en la educación matemática.

El proceso evaluativo se dividió en: la participación y el trabajo colaborativo en las actividades propuestas; la entrega de tareas emergentes en los encuentros que se proponían para atender a las necesidades de formación identificadas en el desarrollo de la clase; la producción de un proyecto final y el diseño de clases. El trabajo final brindó como opciones: la transformación de un texto, la producción de un artículo, de un material audiovisual u otro recurso digital y el diseño de clases; se exigió un diseño al finalizar el primer eje temático (que se acota en el uso de la calculadora) y otro diseño a la mitad del cuarto eje (que se acota en un software educativo, OVAS o video juegos).

Sistematización del Seminario de Especialización II: De acuerdo con Mejía (2012), la sistematización presenta diferentes comprensiones. Para el caso de este proyecto, se asumió como “una mirada de saberes propios sobre la práctica”, es decir, “[...] se busca experimentar colectivamente la producción de una nueva mirada sobre la práctica, que trata de hacer visibles aquellos procesos y prácticas que están presentes en ella” (p. 23). En coherencia con esta mirada, la sistematización tuvo las siguientes fases:

- Diseño de los instrumentos para registrar y guardar el proceso: para Mejía (2012), en un proceso de sistematización “lo que no se registre tiende a olvidarse y por ello muchos elementos que nos parecieron importantes en un determinado momento se olvidan, perdiendo su riqueza” (p.35). Por tanto, para guardar la memoria de lo que aconteció en el curso se planteó: (i) el registro en video, diario personal o cuaderno de notas y documentos producidos por los estudiantes en sus reflexiones, propuestas y compromisos (por ejemplo: wiki-reflexiones vía Facebook).
- Construcción y uso de la “caja de herramientas” propia: conforme Mejía (2012) argumenta, toda actividad humana requiere de una serie de instrumentos para el registro y análisis de la información con la cual se desea producir saberes; para el autor es necesario considerar que “las herramientas no son instrumentos neutros [...]. Por ello, quien los usa debe tener control no solo de aquello que sistematiza sino también de la concepción de sistematización en que se está moviendo [...]” (p. 55). Por tanto, en los grupos de discusión participaban miembros de los grupos de investigación MATHEMA-FIEM y TecVEM. En estos grupos se analizaron episodios y datos registrados en las experiencias desarrolladas en las sesiones.
- Proceso de sistematización flexible: en la medida que se desarrolló la experiencia y transcurrió la sistematización, se prestó atención a la necesidad de nuevas herramientas que contribuyeran a la consecución del objetivo de este proceso.
- Interpretación y construcción de temáticas o categorías: como resultado del proceso anterior, se estudiaron los sentidos que cada uno de

los grupos de discusión produjo y se pusieron en diálogo con la literatura existente. Como consecuencia, se construyó un texto que fue sometido a discusión y reelaboración posterior con los mismos grupos mencionados en la fase anterior.

- Producción de saber de la práctica: de acuerdo con Mejía (2012) el texto producido en la fase anterior promueve la reflexión sobre el saber que circula en las experiencias y prácticas escolares. El texto fue analizado a partir de una codificación que permitió identificar y ordenar las “líneas de fuerza” (Mejía, 2012, p. 108-114). Los resultados de este estudio fueron ampliados en un espacio de pasantía que se desarrolló en el mes de marzo de 2017, con el grupo de discusión TecVEM.

Líneas de fuerza: Los registros de la participación e interacción entre los estudiantes fueron analizados en los grupos discusión de MATHEMA-FIEM y TecVEM. Este ejercicio permitió identificar dos líneas de fuerza emergentes en el desarrollo del curso que atienden a los objetivos propuestos: la primera, permitió reconocer y evidenciar cómo se atendieron necesidades de formación de los futuros profesores en el uso de tecnología para enseñar matemáticas; la segunda, se refiere a usos de tecnología que ellos hacen al proyectar su enseñanza en el ejercicio profesional.

Estas líneas de fuerza fueron interpretadas como un proceso de transformación y fortalecimiento individual y colectivo que permitió visibilizar una mirada de saberes propios sobre las prácticas y la manera en que ellas apoyan la producción de conocimiento en el curso (Mejía, 2012). En este sentido, las actuaciones de los futuros profesores son saberes importantes para comprender su proceso formativo en el uso de tecnología para enseñar matemáticas. Sus actuaciones permitieron identificar necesidades de formación emergentes, de forma explícita o implícita, en las experiencias que se desarrollan en los cuatro ejes temáticos. Por tanto, lo valioso de la sistematización está presente en el proceso que da cuenta de la complejidad de sentidos que configuraron los usos de tecnología para enseñar matemáticas (Mejía, 2012).

Si bien el desarrollo del curso constó de cuatro ejes temáticos, solo se informan las líneas de

fuerza en relación con el primer y último eje temático. Esta decisión atendió al interés de establecer un contraste, evidenciar transformaciones e identificar necesidades de formación que configuran los usos de tecnología para enseñar matemáticas. Las necesidades de formación fueron interpretadas en relación con la propuesta curricular del programa al cual pertenece el curso. En este sentido, se reconocieron componentes pedagógicos, didácticos y disciplinares. Además, se analizaron los usos de tecnología que hacen los futuros profesores en relación con la solución de problemas matemáticos y el uso con fines educativos.

Resultados y discusión

Necesidades de formación emergentes atendidas en el Seminario de Especialización II: esta línea de fuerza permitió reconocer dos necesidades de formación en el uso de tecnología para enseñar matemáticas: la primera, atiende a la habilidad que sienten necesaria o que logran alcanzar los futuros profesores para identificar criterios pedagógicos y didácticos en el uso de tecnología; la segunda, analiza la capacidad para desarrollar los conceptos disciplinares con el uso de tecnología. A continuación, se amplía cada una de ellas.

Necesidades de formación para un uso didáctico de tecnología: el desarrollo del primer eje temático permitió identificar que los futuros profesores consideraban necesario ampliar las experiencias que permitieran hacer un mejor uso de las calculadoras simples (ilustración 1). Una futura profesora afirmó que “al implementar éstas [las calculadoras simples], se deja de lado los procesos y conocimientos previos de los estudiantes, solo se interesa por un resultado” (Paula, 08/08/16). Al igual que Paula, otros manifestaron que usaban la calculadora para “reducir la carga operativa” en algunos ejercicios y verificar resultados, aspectos que corresponden con lo informado en algunas investigaciones (Selva y Borba, 2014). Estas afirmaciones permitieron identificar que, si bien se explicita una necesidad de formación que permitiera hacer un uso eficiente y consciente de la calculadora (Drijvers *et al.*, 2016), las experiencias vividas en el primer eje le permitieron a Paula y otros compañeros identificar un uso limitado de la calculadora. Además, Paula mencionó aspectos importantes en el componente didáctico del uso de tecnología, al reconocer el proceso y conocimientos previos de sus estudiantes.



Ilustración 1: Calculadora simple

Los futuros profesores reaccionaron a la intervención anterior: argumentaron que “toda la responsabilidad no es del profesor; los materiales del lugar [capacidad instalada de las instituciones colombianas] limitan las posibilidades” (Clara, 08/08/16), y complementaron que estas iniciativas implican que el profesor dedique más tiempo al diseño de las clases y que los directivos de las instituciones no se muestren reacios a la implementación de nuevas propuestas. Estos argumentos evidencian una actitud de malestar frente al uso de tecnología por el aumento de trabajo, las dificultades administrativas y las limitaciones de la infraestructura. Esta actitud de malestar se reconoció como una necesidad de formación en los futuros profesores, en la cual fue preciso fomentar el compromiso, la disposición y motivación para usar tecnología en las clases de matemáticas. Se propuso atender esta necesidad en diferentes talleres que les permitieron vivir experiencias en el uso de tecnología, individuales y colectivas, que transformaron los conceptos mate-

máticos que ellos conocían y la forma en que accedían a los mismos (Radford, 2014).

En el desarrollo del último eje temático, la discusión que giró en torno al videojuego *Math vs Zombies* (Ilustración 2) evidenció más elementos de estas necesidades didácticas. Este videojuego tiene como objetivo fortalecer operaciones matemáticas como suma, resta y multiplicación, además, presenta tres niveles de complejidad para cada operación matemática. La dinámica del videojuego se centra en un personaje que se desplaza por un escenario plano, salta al tocar la pantalla y lanza pelotas para matar zombies, al presionar la pantalla táctil sobre un círculo en la parte inferior lado izquierdo (este videojuego solo está disponible para dispositivos móviles). Ocasionalmente, se presentan zombies de mayor nivel y para superarlos es necesario resolver una operación matemática con tres posibles resultados, el jugador debe elegir el correcto para continuar, de no acertar pierde la partida.



Ilustración 2: Interfaz de *Math vs Zombies*

La mayoría de los futuros profesores indicaron que se puede usar dicho videojuego para ‘verificar’ la comprensión de un concepto por parte de los estudiantes, quienes deben saber las operaciones con anterioridad. Además, agregan, “el juego [*Math vs Zombies*] es muy monótono y estático, es necesario definir para que niños se propone; para los adolescentes sería aburridor” (Juliana 24/10/16). Estos argumentos permitieron reconocer que los futuros profesores, luego de estar inmersos en el uso de tecnología en el contexto educativo propuesto por el curso, lograron refinar sus criterios didácticos frente al uso de videojuegos en la enseñanza de las matemáticas al puntualizar el reconocimiento del contexto.

En el desarrollo de la discusión, Andrea explicitó elementos como reconocer los procesos y conocimientos previos del estudiante, tanto sobre lo conceptual como sobre el recurso tecnológico utilizado. Ella trascendió esta necesidad didáctica al explicitar criterios de inclusión educativa y reconocer las potencialidades y debilidades del uso de tecnología para evaluar (Ponte *et al.*, 2002). Además, sus argumentos permitieron identificar una diferencia entre evaluar ‘con’ y ‘a través’ de la tecnología.

“El juego [*Math vs Zombies*] permite hacer una evaluación de operaciones mentales rápidas, al tratar que el niño haga operaciones rápidas y evaluar cómo las está haciendo. Es más, puede que no sea conceptual, que sea por no tener experiencias con

este tipo de tecnologías o le cuesta la manipulación [motricidad]; [...]. La evaluación debe ser integral para analizar su proceso de forma general. Una forma de evaluar desde el juego es en parejas y que cuando uno pierda el otro pueda intentarlo, y que sigan el control del otro grupo en torno a las veces que jugaron y la distancia recorrida en el juego” (Andrea 24/10/16)

Se procedió, en la discusión de clase, al análisis de la experiencia desarrollada en el videojuego *Plants vs Zombies* (Ilustración 3). Los futuros profesores resaltaron la motivación de los estudiantes y afirmaron: “los procesos son más amenos y el conocimiento es más fácil de adquirir, pero la experiencia no se puede quedar solo en motivación, es necesario problematizar la apropiación que se hace” (Clara, 22/08/16). Este argumento evidenció reflexiones sobre los conocimientos didácticos, puesto que reconoce la importancia de trascender la motivación a una construcción de conocimiento (Radford, 2014). En ese sentido, Clara evidenció criterios para un uso consciente de tecnología, pero no se registraron argumentos para un uso eficiente de la misma (Drijvers *et al.*, 2016). Por otra parte, en las verbalizaciones citadas en este último eje se resalta que los futuros profesores tienen mejor actitud para usar tecnología, pues su discurso permite identificarlos comprometidos, conscientes y entusiastas por las posibilidades educativas que la experiencia les permitió reconocer (Ponte *et al.*, 2002).



Ilustración 3: Interfaz de *Plants vs Zombies*

Necesidades de formación para desarrollar los conceptos disciplinares con el uso de tecnología: en el desarrollo del primer eje temático se analizaron las ideas y comprensiones que tenían los futuros profesores acerca del concepto de igualdad al explorar el efecto que tenía presionar repetidas veces el

signo ‘=’ de la calculadora. Allí surgió la necesidad de ampliar las comprensiones que tenían al respecto y para ello se preguntó: ¿cuál es la definición apropiada para la igualdad? ¿cuál es la interpretación del concepto de igualdad implícita en el uso de la calculadora simple?

A menudo, el concepto de igualdad es interpretado en las matemáticas escolares como dar una respuesta, en este sentido se pregunta ¿ $X+Y$ es un resultado? ¿cómo se puede interpretar $X+Y$? Al respecto, Camila argumentó que “este tipo de expresiones son difíciles de comprender por los estudiantes, pues no se puede sumar vacas y gallinas para hallar un resultado” (08/08/16). Esta afirmación evidenció una necesidad formativa de carácter conceptual y didáctico sobre la forma de articular los conceptos matemáticos y el contexto (Ponte *et al.*, 2002) en cuanto está dando un significado cercano a los estudiantes, pero alejado y erróneo respecto a la abstracción matemática, puesto que ambas letras hacen parte de un conjunto numérico y la interpretación de “vacas y gallinas” es cuestionable.

Para ampliar la discusión respecto al concepto con el uso de la calculadora se propuso la tarea digitar $5+7$ y presionar la tecla igual ‘n’ cantidad de veces. Luego se solicitaron algunos resultados y se preguntó si podían indicar cuántas veces se presionó el igual en el valor indicado. En la discusión se logró establecer que, al restar 5 al resultado y dividirlo después por 7, se puede encontrar la cantidad de veces que se presionó el igual. Se indica digitar $5 + 4 = \dots (n \text{ cantidad de veces}) + 7 = \dots (n \text{ cantidad de veces})$. De forma análoga se pidieron algunos resultados y se planteó identificar la cantidad de veces que se presionó el igual. El ejercicio ya no fue tan simple y surgió la propuesta de transformar la expresión aritmética en el contexto del álgebra de la siguiente manera: $5+4X+7Y=?$ (la cantidad posterior al igual varía, según cada estudiante). En este contexto y según el resultado, se solicitó analizar los posibles valores que pueden tomar las variables X y Y, adicional a esto, se indicó traer una respuesta para la próxima clase.

Al inicio de la siguiente clase, Manuel tomó la iniciativa y describió en el tablero su análisis en relación la solución que él obtuvo: formuló la ecuación $5+4X+7Y=300$, la simplificó a $4X+7Y=295$, operó al asumir $Y=0$ y como el valor obtenido es decimal, limita los valores de X y Y a números naturales, puesto que “no puedo presionar 0.5 veces la tecla igual” (22/08/16). Además, Manuel mencionó “a esto [señala la Y] se le dice contador al operarlo como progresión aritmética” (22/08/16). El razonamiento intuitivo y exploratorio le permitió a Manuel afirmar que cuando Y vale 1 y 5, la X cumple las condiciones formuladas al inicio porque obtiene números naturales. El observó que entre ambos números (1 y 5) existía una diferencia de 4 unidades y planteó “¿será coincidencia?”, por tanto, continuó la exploración hasta $Y=9$,

siguiente valor que cumplía las condiciones planteadas al inicio. Esto le permitió ratificar la idea de una relación numérica, pero que solo debería funcionar hasta el valor de 195; concluyó que solo eran posibles 10 resultados diferentes.

Con los valores hallados para la X y la Y, se discutió con el grupo si existía alguna relación entre ellos y de qué naturaleza sería; algunos manifestaron que era una relación inversamente proporcional. Esta afirmación denotó una necesidad de refinar la noción de relaciones inversas e inversamente proporcionales. Al examinar ambos significados, los futuros profesores concluyeron que solo cumplía una relación inversa y no inversamente proporcional.

En relación con la definición apropiada para la igualdad, los futuros profesores usaron varios significados asociados al signo igual, tales como: condicional, de balanza, de equivalencia y de resultado. Estos enunciados permitieron identificar una necesidad de formación emergente referente a la apropiación conceptual de los futuros profesores, en donde es un error asumir el igual como una equivalencia por las relaciones de orden. En consecuencia, se logró conciencia en ellos a través de la experiencia vivida y reconocer las características que están implícitas en los conceptos matemáticos (Artigue, 2003). Al indagar cuántas veces se presionó la tecla igual en las situaciones previamente descritas, se logró explicitar un uso de la tecnología que favorece la enseñanza de conceptos matemáticos ya que la calculadora simple no se usaba solo para reducir la carga operativa o verificar resultados. Además, evidenció un uso consistente de tecnología al indicar que este ejercicio es limitado a la calculadora simple.

En los procesos desarrollados por los futuros profesores, se evidenció una limitación a razonamientos inductivos que no lograron trascender al nivel deductivo propio de los procesos matemáticos (Artigue, 2003). En este sentido, se registró como una necesidad de formación indagar por el aprendizaje de los contenidos disciplinares que fueron discutidos a lo largo de la licenciatura, en especial, la connotación del igual, la relación inversa y las ecuaciones diofánticas que permitieron interpretar de forma general la segunda situación propuesta con la calculadora simple. Además, se resalta que esta necesidad de formación fue atendida al transformar los conocimientos previos de los conceptos igualdad, relación inversa y relación inversamente proporcional.

Durante el desarrollo del eje final, los futuros profesores exploraron el videojuego *Plants vs Zombies* y trataron de establecer algunas relaciones. Una de ellas fue la formación de un patrón entre disparos lanzados por un guisante y los cuadros que recorre un zombi antes de morir; definieron que para quitarle la cabeza a un zombi eran necesarios 10 disparos y para caer derribado necesitaban un disparo más. Otra relación estuvo vinculada con el tiempo que avanza un zombi por casilla, pero decidieron que el tiempo no era la mejor opción, que sería más adecuado analizar los pasos por casilla, concluyendo que un zombi realiza cuatro pasos por cada una. Esta exploración permitió interpretar que los futuros profesores se empoderaron conceptualmente de las condiciones necesarias para identificar razones de cambio en el uso de los videojuegos.

Un grupo de cuatro estudiantes pasó a discutir ¿cada cuánto un lanzaguisantes lanza un guisante? Uno de ellos planteó la necesidad de analizar el periodo entre lanzamientos y fue interpelado por otro integrante que afirmó:

“Sí es necesario pero no obligatorio, porque si se establece la relación de la distancia podemos establecer la relación del lanzaguisante, porque sabemos que a 10 muere (el zombi) y ha sido diez siempre” (Paula, 24/10/16)

“¿Pero diez qué?” (Andrés, 24/10/16)

“Diez disparos. Yo digo que si analizamos los espacios que recorre el zombi, solo es necesario definir dos cosas, estamos relacionando los pasos del zombi y los disparos” (Paula, 24/10/16)

“Bueno, establezcamos la relación de los pasos y los disparos. Cada paso es un guisante lanzado, o sea que da diez pasos antes de morir” (Mario, 24/10/16)

“¡Por eso!, son dos casillas y media. Si cada casilla son 4 pasos, sería dos casillas y media” (Paula, 24/10/16)

“¡¡Ah!! Miren éste (un nuevo zombi con cono de tránsito en la cabeza), uno diferente, miremos qué pasa” (Andrés, 24/10/16)

Luego de contar 20 disparos y eliminarle el cono de la cabeza, Andrés afirmó que “muere a los 30 disparos” (24/10/16). Esto sugirió que la exploración le permitió al estudiante establecer nuevas conjeturas, basado en inferencias y en el reconocimiento

de patrones en el videojuego (Rangel, 2016), puesto que retomó la experiencia anterior en donde un zombi pierde la cabeza a los 10 disparos, y cuando este nuevo zombi perdió su cono se asumió de la misma manera. La discusión en torno al tiempo entre los disparos que hace un lanzaguisantes, permitió ratificar la apropiación conceptual de razones de cambio entre diferentes situaciones puntuales. Además, permitió que los futuros profesores vivieran una experiencia con los videojuegos donde la tecnología fuera parte de la construcción del conocimiento matemático (Radford, 2014). Es importante resaltar que a diferencia de la calculadora simple y el videojuego *Math vs Zombies*, el contenido matemático del videojuego es implícito y requiere de criterios más refinados para identificar los aspectos específicos de la disciplina.

Usos de tecnología que hacen los futuros profesores de matemáticas al proyectar su enseñanza en el ejercicio profesional:

esta línea de fuerza permitió reconocer dos tipos de usos tecnológicos que hacen los futuros profesores de matemáticas, uno para explorar diferentes tecnologías al resolver problemas matemáticos y el otro para trascender esa exploración personal a un uso educativo. A continuación, se amplía cada uso.

Exploración de diferentes tecnologías al resolver problemas matemáticos:

en el desarrollo del primer eje temático, específicamente en la tarea de digitar $5+7$ y presionar la tecla *igual* n cantidad de veces, los futuros profesores indicaron que, al usar la calculadora, el concepto de igualdad es el habitual; solo se varía el resultado de la operación implícita al presionar de forma reiterativa la tecla igual; la suma, la resta y la división se operan de forma repetitiva según el segundo valor y la multiplicación según el primero. Además, puntualizaron que esto solo sucede con la calculadora simple, pues al realizar la operación en una calculadora científica, en el computador o en el celular, los resultados pueden coincidir, pero es necesario desarrollar la operación de otra manera. Eso puso en evidencia que los distintos recursos tecnológicos generan diferentes procesos y favorecen otras formas de acercarse a las nociones matemáticas. Estos argumentos dieron cuenta de una apropiación de tecnología al resolver el problema planteado en el primer eje, evidenciando que el proceso interno de la calculadora se modifica según la operación matemática (Ponte *et al.*, 2002). Además, logran trascender las reflexiones al establecer paralelos con otras tecnologías como el computador o celular.

En el desarrollo del último eje del curso, la tarea fue descargar el videojuego *Plants vs Zombies* y explorar su interfaz. Al consultar por la actividad, los futuros profesores manifestaron haberlo explorado, pero fue difícil descargarlo. Algunos informaron que la segunda versión pesaba casi dos gigas y la versión uno no funcionaba en el celular a pesar de iniciar. La mayoría indicó haber descargado la primera versión para computador, puesto que la segunda no estaba disponible para dicha plataforma. Esta descripción permitió argumentar que ellos se relacionaron de forma fluida con diferentes tecnologías y no es prioritario dedicarle tiempo en una formación técnica. Se complementó la discusión al explicitar las posibilidades de indagar videos promocionales, tutoriales y blogs como alternativas para ampliar la exploración del videojuego.

Luego continuaron la exploración del videojuego, llegando a un nuevo escenario (lanzar nueces para detener zombis). Enseguida se les preguntó si las conjeturas generadas permitían continuar con la misma estrategia en este nuevo nivel. Ellos respondieron que no porque “a medida que se avanza, el nivel aumenta y es necesario mirar qué otras cosas se habilitan. Yo estaba en un escenario de noche y no sabía que el honguito amarillo daba soles y por eso no logré avanzar” (Mario, 24/10/16). Este argumento presentó dos elementos importantes: el primero, en relación a cómo los escenarios del videojuego se convirtieron en situaciones retadoras que implicaron que los futuros profesores elaboraran nuevas estrategias y conjeturas para avanzar; el segundo, atendían una necesidad de refinar los criterios de exploración en diferentes tecnologías (Ponte *et al.*, 2002) pues, al cambiar de escenario, el videojuego orientaba sobre las nuevas plantas y condiciones a tener en cuenta, aspectos que Mario no reconoció.

Empoderamiento para usar tecnología al enseñar matemáticas: la discusión en el cuarto eje temático permitió establecer una diferencia sustancial entre usar tecnología para resolver problemas en matemáticas y usarla con otros fines educativos, en este caso, para enseñar matemáticas. La exploración del videojuego *Math vs Zombies* permitió evidenciar cómo los criterios de los futuros profesores, en el uso de tecnología para enseñar matemáticas, fueron refinados pero insuficientes para consolidar propuestas proyectadas a la práctica profesional, al argumentar:

“Pensamos [el uso de *Math vs Zombies*] como una domesticación de la tecnología hasta cierto punto,

porque es un algoritmo y ya, y solo genera la necesidad de practicar la suma y, por ser un videojuego, los motivará. Pero como tal, no pienso que el juego promueva un tipo de proceso: ¿qué razonará el niño en el algoritmo y ya?, ¿hasta qué punto se debe llegar a usar la tecnología en el aula? Es muy importante saber cómo usarla, porque somos profesores” (Paula, 24/10/16).

Cuando Paula se refirió a una “domesticación de la tecnología”, evocó la noción del uso de tecnología discutida por Borba y Villarreal (2005), quienes la denotan como limitada a ciertos usos de ella y no al máximo de sus potencialidades. En otras palabras, usar la tecnología para sostener el *status quo* de las prácticas de los docentes. El argumento de Paula evidenció la capacidad de identificar el contenido matemático que se puede discutir con el uso de dicho videojuego, pero este no se logró de forma inmediata en *Plants vs Zombies* por presentar el contenido matemático de forma implícita. Al respecto, Carlos afirmó: “yo lo he jugado mucho [*Plants vs Zombies*], pero nunca pensé las relaciones matemáticas” (24/10/16); otros futuros profesores asintieron con afirmaciones similares.

Los argumentos de Paula y Carlos dejaron en evidencia que las posibilidades educativas de la tecnología, que identificaron los futuros profesores, están influenciadas por lo explícito de los conceptos matemáticos en los recursos tecnológicos y por los tipos de experiencias que tienen en el uso de estos. Además, dichos argumentos permitieron afirmar que identificar los conceptos matemáticos no implica necesariamente una comprensión para usar tecnología al enseñar matemáticas, esto es un poco más claro al final de la verbalización de Paula, al interrogar “¿hasta qué punto se debe llegar a usar la tecnología en el aula?” y complementar con argumentos que justificaban la importancia del uso, pero no logró proponer alguno.

A pesar de ser el eje temático final, y uno de los últimos encuentros del semestre, los futuros profesores evidenciaron unas necesidades formativas de carácter experiencial, en donde se les es necesaria la posibilidad de ampliar las prácticas para refinar criterios pedagógicos, didácticos, tecnológicos y, en especial, conceptuales (Koehler y Mishra, 2009). Por otro lado, las experiencias les deben permitir la apropiación de la tecnología a tal punto que puedan generar propuestas educativas concretas, conscientes y eficientes (Drijvers *et al.*, 2016).

Consideraciones finales

La primera línea de fuerza permitió reconocer y evidenciar cómo el diseño del curso atendió necesidades de formación en el uso de la tecnología al enseñar matemáticas, específicamente, aspectos de carácter didáctico y disciplinar. Se observó, en el análisis de los ejes temáticos inicial y final, un aumento en la participación y reconocimiento para trascender sus usos habituales y criterios para proyectarlos en el ejercicio profesional dentro del contexto colombiano. En este sentido, se consideran como características significativas, identificadas en el curso: una metodología teórico-práctica, que permitió realizar reflexiones a partir de lecturas académicas y ampliarlas al vivir experiencias en el uso de tecnología; que los talleres estuvieran centrados en las necesidades de formación que la literatura reporta.

En relación con la segunda línea de fuerza, el Seminario de Especialización II permitió establecer diferencias entre los usos de tecnología que hacen los futuros profesores. Por un lado, se evidenció que cursos específicos como dicho seminario, no deben centrar sus contenidos en aspectos técnicos de la tecnología, pues los futuros profesores se relacionan de forma fluida con ella. Sin embargo, los contenidos están ligados a los enfoques y conocimientos que los orientadores tienen; en este sentido, es importante prestar atención a la idoneidad de los profesionales a cargo de dichos cursos. Por otro lado, con el fin de trascender los usos de tecnología a usos educativos para resolver problemas matemáticos, es necesario ampliar experiencias que permitan trascender las reflexiones personales a desarrollos curriculares, en los cuales se atiendan aspectos de inclusión escolar articulados con los Lineamientos Curriculares (MEN, 1998) y Derechos Básicos de Aprendizaje (MEN, 2016) (para el caso de Colombia). En este sentido, es importante que cursos específicos, como el Seminario, sean articulados con los demás cursos que son orientados en el programa de formación.

Para finalizar, considerar la sistematización como una mirada de saberes propios sobre las prácticas, permitió dar cuenta de la producción de conocimiento de los futuros profesores a partir de los usos de tecnología para enseñar matemáticas. En ese sentido, sus actuaciones son saberes y conocimientos importantes para comprender su proceso formativo. Por tanto, las reflexiones presentadas en este artículo obligan a generar otros lugares y for-

mas de comprender la transformación curricular que se adelanta en el programa de formación al cual está adscrito el curso.

Bibliografía

- Artigue, M. (2003). ¿Qué se puede aprender de la investigación educativa en el nivel universitario? *Boletín de la Asociación Matemática Venezolana*, X(2), p. 207–220.
- Borba, M., y Villarreal, M. (2005). Information technology, reorganization of thinking and humans - with - media. *Humans-with-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking*, p. 9–27. doi: 10.1007/0-387-24264-3_2
- Bowers, J. S., & Stephens, B. (2011). Using technology to explore mathematical relationships: a framework for orienting mathematics courses for prospective teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 14(4), p. 285–304. <https://doi.org/10.1007/s10857-011-9168-x>
- Carmona-Mesa, J. A., y 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), p. 169–185.
- Drijvers, P., Ball, L., Barzel, B., Heid, M. K., Cao, Y., y Maschietto, M. (2016). *Uses of Technology in Upper Secondary Mathematics Education*. Cham: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-33666-4
- Gueudet, G., y Trouche, L. (2009). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71(3), p. 199–218. doi: 10.1007/s10649-008-9159-8
- Kay, R. (2006). Evaluating Strategies Used To Incorporate Technology Into Preservice Education. *Journal of Research on Technology in Education*, 38(4), p. 385–410. doi: 10.1080/15391523.2006.10782466
- Koehler, M. J., y Mishra, P. (2009). What Is Technological Pedagogical Content Knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), p. 60–70.
- MEN (1998). *Lineamientos Curriculares*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Educación Nacional.

MEN (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Educación Nacional.

Mejía, M. R. (2012). *Sistematización. Una forma de investigar las prácticas y de producción de saberes y conocimientos* (Viceminist). La Paz, Bolivia: Ministerio de Educación.

Parra-Zapata, M. M., & Villa-Ochoa, J. A. (2016). Interacciones y contribuciones. Formas de participación de estudiantes de quinto grado en ambientes de modelación matemática. *Actualidades Investigativas En Educación*, 16(3), p. 1–27. <https://doi.org/10.15517/aie.v16i3.26084>

Pierce, R., & Stacey, K. (2013). Teaching with new technology: four ‘early majority’ teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 16(5), p. 323–347. <https://doi.org/10.1007/s10857-012-9227-y>

Ponte, J. P. Da, Oliveira, H., y Varandas, J. M. (2002). Development of pre-service mathematics teachers’ professional knowledge and identity in working with information and communication technology. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 5(2), p. 93–115. doi: 10.1023/A:1015892804607

Psycharis, G., & Kalogeria, E. (2017). Studying the process of becoming a teacher educator in technology-enhanced mathematics. *Journal of Mathematics Teacher Education*. <https://doi.org/10.1007/s10857-017-9371-5>

Radford, L. (2014). On the role of representations and artefacts in knowing and learning. *Educatio-*

nal Studies in Mathematics, 85(3), p. 405–422. doi: 10.1007/s10649-013-9527-x

Rangel, D. (2016). *El proceso de Modelación Matemática mediado por los videojuegos (Tesis de maestría)*. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Richit, A. (2014). Formação de Professores em Tecnologias Digitais: desdobramentos nas práticas escolares em face do Programa Um Computador por Aluno. *Uni-Pluri/Versidad*, 14(3), p. 81–93.

Selva, A., y Borba, R. (2014). *Uso de la calculadora en los primeros grados de escolaridad*. Medellín: Sello Editorial Universidad de Medellín.

Sokhna, M., y Trouche, L. (2015). Formation mathématique des enseignants : quelles médiations documentaires? Recuperado a partir de <https://goo.gl/y2YQKY>

Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P., y Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education*, 59(1), 134–144. doi: 10.1016/j.compedu.2011.10.009

Thurm, D. (2018). Teacher Beliefs and Practice When Teaching with Technology: A Latent Profile Analysis. In L. Ball, P. Drijvers, S. Ladel, H. Siller, M. Tabach, & C. Vale (Eds.), *Uses of Technology in Primary and Secondary Mathematics Education*. ICME-13 Monographs, p. 409–419, Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76575-4_25

