

2015-01-01

Acerca de la investigación en educación matemática desde las tecnologías de la información y la comunicación

Jorge Enrique Fiallo Leal

Universidad Industrial de Santander, jfiallo@uis.edu.co

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/ap>

Citación recomendada

Fiallo Leal, J. E.. (2015). Acerca de la investigación en educación matemática desde las tecnologías de la información y la comunicación. *Actualidades Pedagógicas*, (66), 69-83. doi:<https://doi.org/10.19052/ap.3436>

This Artículo de Investigación is brought to you for free and open access by the Revistas científicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Actualidades Pedagógicas by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Acerca de la investigación en educación matemática desde las tecnologías de la información y la comunicación

Jorge Enrique Fiallo Leal

Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

jfiallo@uis.edu.co



Resumen: El presente artículo busca proporcionarle al lector un panorama y algunas consideraciones sobre la investigación en educación matemática, en relación con el uso de las tecnologías de la información y la comunicación como mediadores pedagógicos en la enseñanza y el aprendizaje de esta disciplina. Inicialmente se hace una descripción del panorama internacional y luego se hace lo propio con el panorama nacional y local. En todos ellos se abordan algunas revisiones y resultados de proyectos que incorporan la tecnología en la enseñanza de las matemáticas. Durante este recorrido se realizan algunas sugerencias didácticas para la incorporación de la tecnología en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, y finalmente se formulan algunas reflexiones acerca del tema.

Palabras clave: educación matemática, tecnología, mediación pedagógica, ambientes de aprendizaje, procesos matemáticos.

Recibido: 12 de mayo del 2015

Aceptado: 10 de junio del 2015

Cómo citar este artículo: Fiallo Leal, J. E. (2015). Acerca de la investigación en educación matemática desde las tecnologías de la información y la comunicación. *Actualidades Pedagógicas* (66), 69-83. doi: <http://dx.doi.org/10.19052/ap.3436>





*Concerning Research in
Mathematics Education from
Information and Communications
Technology*

Abstract: This paper aims to provide an overview and some considerations about the research in mathematics education regarding use of information and communications technology as educational mediators in teaching and learning of this discipline. The international scenario is described first, followed by the national and local context, including review and results of projects incorporating technology in the teaching of mathematics. The paper includes some teaching suggestions for incorporating technology in teaching and learning of mathematics and, finally, some thought is given to this matter.

Keywords: mathematics education, technology, teaching mediation, learning environments, mathematical processes.



*Acerca da pesquisa em educação
matemática partir das tecnologias
da informação e a comunicação*

Resumo: O presente artigo busca proporcionar ao leitor uma panorâmica e algumas considerações sobre a pesquisa em educação matemática, em relação ao uso das tecnologias da informação e a comunicação como mediadores pedagógicos no ensino e na aprendizagem desta disciplina. Inicialmente faz-se uma descrição do panorama internacional, e logo se faz o próprio com o panorama nacional e local. Em todos eles abordam-se algumas revisões e resultados de projetos que incorporam a tecnologia no ensino da matemática. Durante este recorrido se realizam algumas sugestões didáticas para a incorporação da tecnologia no ensino e a aprendizagem da matemática, e finalmente se formulam algumas reflexões sobre do tema.

Palavras chave: educação matemática, tecnologia, mediação pedagógica, ambientes de aprendizagem, processos matemáticos.



Panorama internacional

En el ámbito mundial, la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación en la educación matemática es un tema que puede ubicarse alrededor de los años setenta. Según Kaput y Thompson (1994), en esta década se empezaron a usar las calculadoras o los computadores como una ayuda para el cálculo o para la gestión de contenido. No obstante, por razones metodológicas, estos estudios reportaron impactos débiles del uso de la tecnología tanto en la actitud como en el rendimiento en matemáticas.

En las dos décadas siguientes, los estudios involucraron el análisis del papel de la tecnología en la enseñanza y el aprendizaje, o la forma en que pueden utilizarse para apoyar la resolución de problemas. En estos estudios, los investigadores estaban más orientados hacia conceptualizaciones matemáticas de los estudiantes y pusieron menos énfasis en las comparaciones controladas. Algunos de ellos lograron impactar el currículo, dado que surgieron nuevos contenidos que podrían ser estudiados con el uso de la tecnología.

Otras investigaciones se centraron en la formación de conceptos matemáticos en el estudiante, sin dar demasiado énfasis al medio computacional en sí o pensando cómo funcionaba. Los ambientes fueron diseñados para promover la idea de que los estudiantes tenían que interactuar con un modelo que se comporta matemáticamente, en lugar de dar al computador una secuencia de instrucciones de programación. Algunos de estos estudios implicaron cambios en la metodología de investigación de los estudios comparativos de base estadística hacia la construcción de modelos cognitivos sustentados en estudios cualitativos. También implicó el cambio de enfoque en los contenidos curriculares de la geometría, la aritmética y

el álgebra de procedimiento hacia la resolución de problemas y al razonamiento matemático, lo que implicó un cambio pedagógico que requería de una participación más activa y responsable por parte del estudiante (Kaputt y Thompson, 1994).

En las tres últimas décadas se ha dado paso una perspectiva constructivista en un sentido amplio, generalmente adoptada en la investigación sobre el papel y el uso de la tecnología en la enseñanza de la matemática. La visión del aprendizaje de las matemáticas pasa de ser el proceso simple de incorporación de conocimiento prescripto y dado para potenciar ahora una reconstrucción individual de la matemática. Desde esta perspectiva, se da más atención a la estructura del conocimiento que será reconstruida, al ambiente de aprendizaje, a las interacciones sociales en las cuales el aprendizaje tiene lugar, así como a las restricciones institucionales de la institución “responsable” del aprendizaje. Este *énfasis* se movió hacia el ambiente educativo, en particular hacia el papel del profesor, las interacciones sociales que él podría organizar en el aula y las normas sociales en desarrollo en este contexto.

72 ■ La perspectiva instrumental, desarrollada independientemente por psicólogos a mediados de los noventa, fue también adoptada por investigadores en educación matemática para entender las estrategias usadas por los estudiantes cuando han comenzado a usar *software* para solucionar tareas matemáticas (Laborde *et al.*, 2006). Desde esta época son numerosas las investigaciones acerca del uso de la tecnología en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. De hecho, *International Journal of Computers for Mathematical Learning* publica contribuciones teóricas, empíricas, prácticas y visionarias que exploran el potencial de las nuevas tecnologías para profundizar nuestra comprensión del campo de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.

Las herramientas computacionales generaron un cambio denominado *nuevo realismo matemático*, pues allí se pueden manipular los objetos matemáticos sobre la pantalla y bajo el control del individuo. Por eso se consideran precisamente *objetos matemáticos manipulables* (Moreno, 2014). Dichos modelos permiten la exploración y flexibilidad de representación de objetos matemáticos que ayudan a que el educando comprenda muchos elementos que difícilmente se perciben con los modelos tradicionales. Allí se manipulan los objetos en la pantalla, y a través de esta exploración se comprueban conjeturas y se crean modelos. Por ello se destaca el uso de

sistemas de geometría dinámica (SGD), especialmente para la enseñanza y el aprendizaje de la geometría, que aportan sugerencias didácticas para su uso.

Según Hoyles y Noss (1992), la simple interacción en un ambiente dinámico no garantiza que se aprecien las matemáticas que yacen detrás de su intento pedagógico. El *software* en el corazón de un micromundo modela fragmentos matemáticos, pero él mismo no encarna intenciones pedagógicas. Un micromundo matemático debe ser pensado como algo más que un *software*. Las piezas de conocimiento son apropiadas (o no) dependiendo de las agendas de los estudiantes, de cómo se sienten con su participación, de la intervención del profesor y, sobre todo, del escenario en el cual las actividades son emprendidas. Los estudiantes están forzados (y, puede ser, potenciados) por las herramientas que tienen disponibles, por la sintaxis y por la semántica del medio expresivo que tienen a mano.

Puede señalarse que el SGD proporciona herramientas a los estudiantes para construir y experimentar con objetos y relaciones geométricas. Sobre la base de su experimentación, los estudiantes hacen conjeturas que pueden probarse con las herramientas disponibles. El SGD favorece la interacción entre construir y demostrar, entre hacer sobre el computador y justificar por medio de argumentos teóricos (Laborde, 2000).

Laborde (2001) identifica y analiza los pasos de la integración de la tecnología en la enseñanza, y para ello utiliza como ejemplo la evolución a lo largo del tiempo (tres años) en el diseño de escenarios de enseñanza basados en Cabri para estudiantes de escuela secundaria. Esta autora plantea que el papel desempeñado por la tecnología ha cambiado: pasó de ser un proveedor de datos o amplificador visual a ser un componente esencial significativo de las tareas; en consecuencia, afecta las concepciones de los objetos matemáticos que podrían construir los estudiantes.

Como resultado de su investigación, Laborde (2001) concluye que la tecnología no es solo un elemento adicional en el sistema educativo, ya que interactúa con todos los componentes del sistema. Integrar la tecnología en la enseñanza implica un proceso para los profesores, porque toma tiempo para que ellos acepten que el aprendizaje puede ocurrir en situaciones basadas en el ordenador, sin hacer referencia a un entorno de lápiz y papel, así como para poder crear situaciones de aprendizaje adecuadas; tiempo también para que acepten que podrían perder parte de su control sobre lo que hacen los estudiantes; y más tiempo para comprender sobre el terreno

en el aula acerca de las estrategias de los estudiantes frente a una tarea con SGD que no son capaces de describir. Los profesores toman la decisión de introducir estas nuevas tareas solo si están seguros de que el aprendizaje que se espera favorecerá a la institución.

En los últimos años, el desarrollo de equipos portátiles y las redes inalámbricas ha permitido movilidad y acceso a internet desde cualquier lugar, proceso que ha dado lugar a múltiples investigaciones y a otras estructuras teóricas que muchas veces dependen del tema y del enfoque dado por el investigador. De hecho, algunos investigadores ya no hablan de tecnologías de la información y la comunicación, sino de tecnologías digitales o tecnologías portátiles. La presencia de computadores y equipos personales ha llevado a un cambio cultural en la manera de pensar. Evidentemente, hay una necesidad de que se generen espacios en los que los profesores exploren las bondades y limitaciones del hecho de incorporar las tecnologías en la clase de matemáticas. Asimismo, es importante que reflexionen sobre cuándo y cómo implementarlas, según los objetivos de aprendizaje previstos. Parada (2011) menciona que la conformación de comunidades de práctica (CoP) de educadores matemáticos puede ser una posibilidad para fomentar el uso de la tecnología.

Por su parte, Trouche y Drjvers (2010) señalan algunos aspectos que debemos aprender y tener en cuenta con el uso de las tecnologías portátiles en la educación matemática:

- a. Debemos ser menos ingenuos acerca de las máquinas. Su mediación afecta principalmente al estudiante que utiliza las herramientas, pero también al profesor que aprende a integrar las tecnologías portátiles en su enseñanza.
- b. Estas tecnologías no están diseñadas para hacer computación, gráficos, investigación, resolución de problemas, o suplir el aprendizaje o la enseñanza. Hacerlo requiere apropiarse de una determinada herramienta, lo que supone “poner en la máquina algo de uno mismo”. Este fuerte punto de vista conduce a la consideración de cada usuario como un socio esencial en el proceso de diseño de objetos, situaciones matemáticas, orquestaciones y recursos.
- c. La enseñanza es una responsabilidad del profesor, por supuesto, pero también de los estudiantes.

- d. Teniendo en cuenta la amplia gama de dispositivos portátiles y de herramientas para el aprendizaje de las matemáticas, debemos preguntarnos cómo la educación matemática podría beneficiarse de las actividades extraescolares de los estudiantes.
- e. Debemos ver el futuro de la investigación en una doble dirección: el desafío que se extiende de las nociones de situaciones matemáticas y sus orquestaciones de ambientes de aprendizaje fuera de la escuela. Hay muchas preocupaciones tendientes a renovar, a partir de la práctica y el punto de vista teórico, la noción de *artefactos* para el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas.

Panorama nacional

En Colombia, podemos afirmar que las tecnologías de la información y la comunicación se empiezan a considerar en la educación matemática a partir de los años noventa. Algunas instituciones privadas de educación básica secundaria y media, especialmente de Bogotá, comenzaron a incorporar el uso de calculadoras algebraicas y gráficas en la enseñanza de las matemáticas, lo cual dio paso a la conformación de un grupo de educadores matemáticos interesados por el uso de las tecnologías computacionales en los procesos de enseñanza y aprendizaje de esta disciplina.

Este grupo empezó a mostrar sus experiencias en los diferentes eventos de educación matemática del país, y con ello sus integrantes lograron contagiar a otros profesores y funcionarios del Ministerio de Educación Nacional (MEN) encargados del planteamiento de los *Lineamientos curriculares de matemáticas*, publicados en 1998. En este documento se planteó por primera vez la necesidad y las ventajas del uso de la tecnología en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

En 1998, desde el MEN, con el apoyo de la Organización de Estados Americanos, se lideró la primera experiencia de uso de las tecnologías en las clases de matemática. El resultado fue la publicación del documento *Nuevas tecnologías y currículo de matemáticas* (MEN, 1999). Y producto de esta experiencia, en el periodo comprendido entre 2000 y 2004, el MEN apoyó y ejecutó el proyecto *Incorporación de nuevas tecnologías al currículo de matemáticas de la educación básica secundaria y media de Colombia*, con la asesoría de expertos nacionales e internacionales. Este proyecto significó un gran avance en el proceso de formación de profesores de matemáticas de

la educación básica y media de Colombia, al igual que en profesores universitarios. La experiencia trascendió en el planteamiento de actividades para la enseñanza de la matemática con el uso de las calculadoras graficadoras y sensores de medición de fenómenos físicos.

El impacto del proyecto llevó a la consolidación de grupos de investigación en educación matemática en las universidades, dedicados a estudiar los elementos teóricos y metodológicos de la incorporación de las tecnologías en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Debido a la asesoría y capacitación de expertos internacionales como Luis Moreno Armella, Luz Manuel Santos Trigo, David Tall, Jean-Marie Laborde, Colette Laborde y Jean Kaput; a la coordinación y colaboración de expertos nacionales como Martín Acosta, Hugo Cuéllar, Leonor Camargo, Ernesto Acosta, y la coordinación regional a cargo de profesores universitarios, de casi todas las universidades públicas y algunas privadas del país, podemos afirmar que Colombia se puso al día en las investigaciones del uso de la tecnología en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas y fue pionero en desarrollar proyectos de carácter nacional y reconocido en el ámbito internacional.

76 ■ Así lo manifiestan Moreno y Laborde en la publicación del *handbook* del proyecto, denominado *Tecnología informática: innovación en el currículo de matemáticas de la educación básica y media* (MEN, 2004a). Igualmente, hubo reconocimiento del proyecto en los ámbitos nacional e internacional debido a la participación de los profesores de secundaria y universitarios con ponencias en diferentes eventos realizados en Argentina, Chile, Colombia, Cuba, Panamá, España, México y Japón.

En este proyecto se plantearon objetivos como estos: mejorar la calidad de la enseñanza de las matemáticas y la capacidad de aprendizaje, mediante los recursos que la tecnología puso al alcance de las 120 instituciones educativas participantes; consolidar una comunidad de 500 docentes comprometidos con la diseminación de la cultura informática en el país; implementar en 120 colegios y 23 universidades el uso de calculadoras gráficas basadas en un modelo pedagógico. No obstante, quedaron pendientes algunos propósitos, especialmente los relacionados con el seguimiento de las experiencias de los profesores y su formación docente, así como la consolidación de los grupos de investigación.

Como productos de este proyecto se publicaron varios documentos en los que se ofrecen elementos curriculares, teóricos y metodológicos para la incorporación de las tecnologías computacionales a favor del desarrollo del

pensamiento geométrico, variacional, numérico y estadístico (MEN, 2004b, 2004e). Igualmente se publicaron otros documentos divulgativos y de consulta para la realización de un proyecto de esta índole.

El proyecto también trascendió en los programas de formación de profesores de matemáticas, hasta el punto de que suscitó cambios en los programas de formación inicial y continuada. La mayoría de las licenciaturas en matemáticas y las especializaciones en educación matemática de las universidades participantes del proyecto incorporaron el uso de la tecnología a sus planes curriculares como mediadora de los aprendizajes en la formación matemática de los estudiantes, y también como instrumento que potencia prácticas docentes innovadoras. Algunos de los profesores universitarios que participaron del proyecto continuaron estudios de doctorado en la línea de investigación del uso de las tecnologías digitales en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas y han continuado desarrollando procesos investigativos en esta línea, a través de sus propios trabajos de investigación o de la dirección de tesis de maestría o doctorado.

Posteriormente, el MEN decidió apoyar el programa Computadores para Educar como un esfuerzo del Gobierno, la empresa privada y la comunidad para dotar a las escuelas y los colegios públicos con equipos de cómputo, con el propósito de facilitar a todos los niños y jóvenes el acceso a las tecnologías digitales de información y comunicación. Actualmente, el programa está liderado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, pero no ha tenido el impacto del anterior proyecto, debido a múltiples razones, como la deficiencia de los computadores donados, la falta de infraestructura para su ubicación y la falta de formación de los profesores en el uso de *software* para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.

Panorama local

En Santander, el proceso empezó en el 2000, en la fase inicial del proyecto “Incorporación de nuevas tecnologías al currículo de matemáticas de la educación básica secundaria y media de Colombia”, bajo la coordinación de la Universidad Industrial de Santander (UIS) y con la participación de seis instituciones del departamento. Los profesores responsables del proyecto en cada una de las instituciones y el coordinador de la UIS se reunían al

menos una vez por semana para socializar y discutir los aspectos teóricos y metodológicos del proyecto, planear y analizar las actividades, evaluar el desarrollo de las actividades y elaborar los informes para el MEN. Ello dio lugar a la creación del Subgrupo de Tecnologías del Grupo de Investigación en Educación Matemática de la UIS (EDUMAT-UIS).

Los profesores que estuvieron en los procesos de formación adquirieron experticia en el manejo de calculadoras y *software* para la enseñanza de las matemáticas. El departamento se destacó en el territorio nacional por los logros y avances alcanzados, especialmente por la consolidación del grupo de profesores que continuaron desarrollando el proyecto en cada una de las instituciones, con el apoyo de la UIS y las directivas de las instituciones hasta el 2008. Sin embargo, no se logró la vinculación de otros profesores de estas u otras instituciones.

Con el paso de los años se abandonó el uso de la tecnología en algunos de los colegios participantes. Los profesores formados no lograron multiplicar la formación recibida hacia el interior de las instituciones y terminaron aislados de sus colegas de trabajo. Algunos se vieron sobrecargados con la responsabilidad de los equipos y no recibieron apoyo de las directivas de la institución para continuar con el proceso. Además, aunque los profesores capacitados aplicaron con sus estudiantes las actividades diseñadas por el grupo, no lograron crear nuevas actividades.

En respuesta a esas debilidades, desde el 2008 y hasta la fecha, EDUMAT-UIS ha liderado en algunas instituciones de Bucaramanga el “Proyecto institucional de uso de la geometría dinámica”, fundamentado metodológicamente en la ingeniería didáctica y conceptualmente en la teoría de las situaciones didácticas. Producto de este trabajo, se han planteado y desarrollado actividades de geometría para los primeros tres grados de la básica secundaria, y está en proceso de evaluación el libro *Enseñando geometría con tecnología digital: una propuesta desde la teoría de las situaciones didácticas*, escrito por Martín Acosta y Jorge Fiallo. Esta experiencia está siendo replicada y liderada por Martín Acosta en algunas instituciones de Cundinamarca, con el uso de tabletas y *software* libre.

Adicionalmente, en el departamento se han realizado experiencias aisladas, resultado de trabajos de investigación o del interés de algunos profesores o instituciones por el uso de la tecnología en el currículo de matemáticas. Dentro de ellas, cabe destacar varios trabajos de grado de Licenciatura en Matemáticas, Especialización en Educación Matemática y

Maestría en Educación Matemática de la UIS. Actualmente se están desarrollando los proyectos de maestría “Estudio de la construcción de pasos de razonamiento en el proceso de justificación teórica en la resolución de problemas de geometría”, que aborda el uso de un *software* (asistente de demostración) utilizado en la actividad de exploración de teoremas, definiciones y postulados de la geometría euclidiana, y en el proceso de construcción de demostraciones por estudiantes de un curso de geometría euclidiana de la carrera de Licenciatura en Matemáticas de la UIS. Planteamos la hipótesis de que “el uso del asistente de demostración, caracterizado por un proceso de razonamiento abductivo, se transformará progresivamente en propiedad del individuo”.

Por su parte, el proyecto “Situaciones adidácticas para la enseñanza de la homotecia usando Cabri Elem como medio” estudia la influencia del uso de *software* Cabri Elem en el aprendizaje de la geometría y la enseñanza de la homotecia, al igual que su incidencia en el pensamiento matemático de los estudiantes. Así, se busca dar respuesta a las siguientes preguntas: *¿cómo diseñar situaciones* adidácticas que aprovechen las posibilidades de programar retroacciones didácticas que ofrece Cabri Elem para producir aprendizaje por adaptación? ¿Cuál es el potencial de las retroacciones didácticas para lograr aprendizaje por adaptación del concepto de homotecia? ¿Cómo usar las retroacciones didácticas para lograr aprendizaje por adaptación del concepto de homotecia?

En bachillerato se han desarrollado y se están implementado los resultados de varios proyectos. El primero es “Enseñanza de las razones trigonométricas en un ambiente Cabri para el desarrollo de las habilidades de demostración” (Fiallo, 2006), basado en el diseño, la experimentación y la evaluación de una unidad de enseñanza que permite acercar a los estudiantes al estudio de la trigonometría y la demostración, desde una metodología que sustenta varios aspectos:

- a. A partir de un enfoque geométrico en un ambiente de geometría dinámica se favorece la formación de objetos mentales de los conceptos de las razones trigonométricas.
- b. El uso de Cabri favorece la visualización, generalización y conjetura de propiedades de las razones trigonométricas.

- c. El uso de Cabri contribuye al desarrollo de habilidades de demostración empíricas y deductivas en el estudio de las razones trigonométricas.

Una vez diseñado, este proyecto se implementó en tres instituciones. En concreto, se evaluó una unidad de enseñanza de las razones trigonométricas en un entorno de geometría dinámica, enfocándola además hacia el desarrollo de las habilidades de la demostración en los estudiantes de décimo grado. Se analizaron también los tipos de demostración que emergen con el uso de Cabri en el proceso de demostración de propiedades trigonométricas de los estudiantes que inician este grado, al tiempo que se analizaron los procedimientos, las estrategias de razonamiento, los errores y las dificultades detectados en el desarrollo de las actividades planteadas en la unidad de enseñanza.

En la experimentación se comprobó que los ambientes de geometría dinámica favorecen la interacción entre construir y demostrar, entre actuar con el ordenador y justificar por medio de argumentos teóricos. Las construcciones en Cabri permiten conectar las representaciones aritméticas, geométricas, algebraicas y analíticas de los conceptos y las propiedades de las razones trigonométricas. En efecto, se ve una transición de lo numérico hacia lo algebraico y de lo empírico hacia lo deductivo, con base en la visualización y el análisis de propiedades geométricas y analíticas producto de la exploración.

Por otro lado está el proyecto “Estudio del proceso de demostración en el aprendizaje de las razones trigonométricas en un ambiente de geometría dinámica” (Fiallo, 2010), donde se aporta información y herramientas para el análisis y la mejor comprensión del proceso de aprendizaje de la demostración, en el contexto del estudio de las razones trigonométricas en un ambiente de geometría dinámica.

Otro proyecto del grupo EDUMAT-UIS ha consistido en promover y fortalecer la constitución de comunidades de práctica (CoP) de educadores matemáticos que incorporan las tecnologías digitales en su ejercicio profesional, a favor de la construcción colaborativa de conocimiento que favorezca la actividad matemática que se espera con la implementación de dichos recursos. Para el logro de dicho objetivo, se han posibilitado espacios presenciales y virtuales para discutir en comunidad el diseño de recursos y el uso de las tecnologías digitales en clase de matemáticas; evaluar los recursos (tecnológicos, archivos, unidades didácticas, entre otros

materiales didácticos) implementados en el aula desde lo didáctico y lo tecnológico; y analizar el impacto del uso de las tecnologías digitales en el desarrollo del pensamiento matemático de los profesores en la actividad matemática desarrollada en clase, así como en el desarrollo del pensamiento matemático de los estudiantes que se ven beneficiados por los profesores que participan en la comunidad de práctica (Parada y Fiallo, 2013).

Hoy EDUMAT-UIS está desarrollando el proyecto “Caracterización de las habilidades básicas del pensamiento variacional”, que busca formar las competencias necesarias para la comprensión del cálculo diferencial. Así, en concreto se plantea un curso de precálculo con el uso del *software* libre GeoGebra. A diferencia de un curso tradicional de precálculo, donde predomina el carácter estático de las representaciones de los objetos matemáticos y su objetivo principal apunta al repaso de los preconceptos necesarios para el curso de *cálculo* diferencial, o de los conceptos vistos en la secundaria, en este curso se incluyen representaciones generadas por GeoGebra y se enfatiza en el desarrollo del pensamiento variacional, a partir de un enfoque de resolución de problemas y de lo que el estudiante comprende y puede hacer con el uso del *software*.

Proveer a los estudiantes de representaciones dinámicas sobre ideas centrales del cálculo, como la variación y la acumulación, puede generar en ellos un pensamiento dinámico que contribuye a la construcción de significados de las ideas estudiadas y a sentar las bases necesarias para afrontar con éxito su proceso formativo (Fiallo y Parada, 2014). De este proyecto se tienen resultados de algunas estrategias que surgen en el desarrollo de las actividades con el uso del GeoGebra (López y Fiallo, 2014). Además, está en proceso de escritura el libro *Curso de precálculo con la mediación de software matemático interactivo: estudio dinámico del cambio y la variación*.

Reflexiones finales

En la actualidad, los estudiantes y las instituciones cuentan con computadores, tabletas, calculadoras y *smartphones* con sus diferentes programas o aplicaciones que permiten realizar cálculos y procedimientos rutinarios que antes requerían mucho entrenamiento, mecanización y memoria. Esta dinámica, por supuesto, obliga a realizar cambios en las formas de enseñar las matemáticas. En efecto, los artefactos de mediación han cambiado, y

sabemos que el conocimiento producido con la mediación de un artefacto nunca es independiente del artefacto:

La cognición humana cambia, en particular porque cambian los mecanismos de mediación y en consecuencia son más los artefactos culturales que pueden ser internalizados. Hoy en día, con la perspectiva histórica que se tiene, se puede extraer mayores beneficios que los que estaban al alcance de los estudiantes de entonces (Moreno, 2014, p. 101).

Los profesores de matemáticas e investigadores en educación matemática de las diferentes regiones de nuestro país deben formar comunidades de práctica que permitan incorporar el uso de las tecnologías portátiles en el área de matemáticas por medio de actividades diseñadas, evaluadas y compartidas por la comunidad; actividades sustentadas en marcos teóricos y metodológicos que den cuenta del aprendizaje del estudiante, tanto de conocimientos como del desarrollo de habilidades de los procesos de resolución de problemas, comunicación, representación, comparación, ejercitación de procedimientos, razonamiento y demostración.

82

Referencias

- Fiallo, J. (2006). *Enseñanza de las razones trigonométricas en un ambiente Cabri para el desarrollo de las habilidades de la demostración* (memoria de investigación). Valencia: Universidad de Valencia.
- Fiallo, J. (2010). *Estudio del proceso de demostración en el aprendizaje de las razones trigonométricas en un ambiente de geometría dinámica* (tesis doctoral). Valencia: Universidad de Valencia.
- Fiallo, J. y Parada, S. (2014). *Caracterización de las habilidades básicas del pensamiento variacional que son necesarias para la comprensión del cálculo diferencial* (Proyecto 1341 de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Hoyles, C. y Noss, R. (1992). A pedagogy for mathematical microworlds. *Educational Studies in Mathematics*, 23(1), 31-57.
- Kaput, J. y Thompson, P. (1994). *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(6), 676-684.

- Laborde, C. (2000). Dynamic geometry environments as a source of rich learning contexts for the complex activity of proving. *Educational Studies in Mathematics*, 44, 151-161.
- Laborde, C. (2001). Integration of technology in the design of Geometry tasks with cabri-geometry. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6, 283-317.
- Laborde, C., Kynigos, C., Hollebrands, K. y Strässer, R. (2006). Teaching and learning geometry with technology. En A. Gutiérrez y P. Boero (Eds.), *Handbook of research on the Psychology of Mathematics Education: Past, Present and Future* (pp. 275-304). Rotterdam/Taipei: Sense Publishers
- López, E. y Fiallo, J. (2014). *Estrategias que emergen de la resolución de problemas de variación de estudiantes de precálculo* (tesis de pregrado). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Ministerio de Educación Nacional (1999). *Nuevas tecnologías y currículo de matemáticas*. Bogotá: Autor.
- Ministerio de Educación Nacional (2004a). *Tecnología informática: innovación en el currículo de matemáticas de la educación básica y media*. Bogotá: Autor.
- Ministerio de Educación Nacional (2004b). *Pensamiento estadístico y tecnologías computacionales*. Bogotá: Autor.
- Ministerio de Educación Nacional (2004c). *Pensamiento numérico y tecnologías computacionales*. Bogotá: Autor.
- Ministerio de Educación Nacional (2004d). *Pensamiento geométrico y tecnologías computacionales*. Bogotá: Autor.
- Ministerio de Educación Nacional (2004e). *Pensamiento variacional y tecnologías computacionales*. Bogotá: Autor.
- Moreno, L. (2014). *Educación matemática: del signo al pixel*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Parada, S. (2011). *Reflexión y acción en comunidades de práctica: Un modelo de desarrollo profesional* (tesis de doctorado). México: Instituto Politécnico Nacional.
- Parada, S. y Fiallo, L. (2013). *Reflexiones en una comunidad de práctica de profesores de matemáticas sobre el uso de las tecnologías digitales* (Proyecto 5718 de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Trouche, L. y Drjvers, P. (2010). *Handheld technology for mathematics education: flashback into the future*. ZDM Mathematics Education.