

2013-02

Tecnologías digitales en prácticas de enseñanza de las matemáticas

Sandoval Cáceres, Ivonne Twiggy

Sandoval Cáceres, Ivonne Twiggy. "Tecnologías digitales en prácticas de enseñanza de las matemáticas" 2013. In Preciado Babb, A. P., Solares Rojas, A., Sandoval Cáceres, I. T., & Butto Zarzar, C. (Eds.). Proceedings of the First Meeting between the National Pedagogic University and the Faculty of Education of the University of Calgary. Calgary, Canada: Faculty of Education of the University of Calgary.

<http://hdl.handle.net/1880/49731>

Downloaded from PRISM Repository, University of Calgary

TECNOLOGÍAS DIGITALES EN PRÁCTICAS DE ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS

Ivonne Twiggy Sandoval Cáceres
Universidad Pedagógica Nacional-Ajusco

En esta conferencia se presenta un proyecto de investigación donde se analizan prácticas de enseñanza de las matemáticas mediadas con Tecnologías Digitales con profesores de primaria en México. El objetivo del proyecto es comprender cómo se movilizan los conocimientos profesionales de estos profesores desde una dimensión tecnológica y del conocimiento matemático para la enseñanza. La recolección de datos incluye cuestionario, observaciones de clase y entrevistas. Los resultados que aquí se reportan, provienen de un análisis global de 20 profesores. El análisis se enfocará en los usos que se dan a recursos tecnológicos en las clases de matemáticas. Los hallazgos señalan una necesidad de generar programas formativos y de desarrollo profesional que fomenten la diversificación en los usos de las tecnologías digitales integrados al conocimiento matemático para la enseñanza, según los objetivos didácticos del profesor y del currículo.

In this conference, I present a research project which examines practices of teaching mathematics mediated digital technologies with primary teachers in Mexico. The interest of the research is to understand how to mobilize teacher's professional knowledge through the lens of a technological dimension and the mathematical knowledge for teaching. Data collection included a questionnaire, classroom observations and interviews. The results that I reported come from a pooled analysis of 20 teachers. The analysis focused on the uses of technological resources technologies into math classroom. The findings point to a need to create training programs and professional development to promote diversification in the use of digital technologies integrated mathematical knowledge for teaching, as per teacher's objectives and curriculum.

INTRODUCCIÓN

La integración de Tecnologías Digitales (TD) en la educación básica ha generado nuevos retos en la gestión del conocimiento escolar: contenidos, actores, recursos, objetivos y metas. En México se han implementado proyectos en este sistema educativo en la perspectiva de mejorar los aprendizajes de los alumnos. La Universidad Pedagógica Nacional se ha unido a estas iniciativas con programas formativos para los profesionales de la educación así como programas de investigación. En el *Área Académica 4: Tecnologías de la Información y Modelos Alternativos*, los académicos a través de diferentes equipos de trabajo (reconocidos como Cuerpos Académicos, CA), aportan conocimientos a problemáticas relacionadas con las Tecnologías en la educación. Uno de estos agrupamientos es el CA #78: *Matemáticas, Educación y Tecnología*. Los integrantes de este CA estamos interesados, precisamente, en profundizar y comprender los fenómenos que suceden dentro y fuera de la clase de matemáticas cuando se usan tecnologías para la construcción del conocimiento matemático. En este

sentido, se desarrollan proyectos de investigación centrados en los estudiantes, los profesores, el currículo, entre otros.

Describiré el proyecto de investigación #145735, “Prácticas de enseñanza de las matemáticas en la educación primaria con mediación de las tecnologías digitales: Relación entre las competencias tecnológica, didáctico-pedagógica y conceptual”¹, así como los resultados de un primer análisis global, dado que estaba en desarrollo cuando se presentó este reporte. El objetivo que nos hemos planteado en la investigación es *caracterizar cómo se movilizan los conocimientos profesionales de los profesores desde una dimensión tecnológica y del conocimiento matemático para la enseñanza*. Estos resultados nos permitirán comprender mejor este fenómeno y proponer líneas de desarrollo para futuros programas de formación y desarrollo profesional para docentes, teniendo como fin último mejorar los aprendizajes de los estudiantes de educación primaria en matemáticas.

ANTECEDENTES

En estas dos últimas décadas, la evolución de las Tecnologías Digitales² han permitido reflexionar sobre la necesidad de desarrollar nuevas competencias y cómo “pueden contribuir a una actualización permanente de las competencias personales y profesionales” (Unesco, 2005, p. 61). En este sentido, enfrentamos la necesidad de una nueva cultura que requiere de innovación y renovación permanente, lo que implica “poseer una formación para desempeñar una actividad específica que corre el riesgo de volverse rápidamente obsoleta a causa del progreso científico y tecnológico” por lo que “[...] la formación profesional tendrá que evolucionar forzosamente” (p. 64). En este marco de referencia, cabe preguntarnos ¿qué formación están recibiendo los profesores para enfrentar estos nuevos retos educativos?, ¿qué está sucediendo en las aulas hoy? Y ¿cómo y para qué están integrando los profesores las TD a sus clases, particularmente en matemáticas?

Un estudio realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en América Latina y el Caribe en lo que respecta al tema de TIC en educación (Chong, 2011), da cuenta que si bien los gobiernos han

¹ En este proyecto participan investigadores de México y España. El equipo está integrado por M. en C. Edda Jiménez (UPN, México), Dr. Armando Solares (UPN, México), Dr. José Luis Lupiáñez Gómez (Universidad de Granada, España), Dra. Nuria Climent Rodríguez (Universidad de Huelva, España) y Dra. Nadia Gil Ruiz (Servicios Educativos SEP, México). Estudiantes participantes con tesis: Doctorado (Andrés Faustino); maestría (Liliana Angel y Jazmín García) y licenciatura (Noemí Vázquez, Edgar Miranda y Emiliano Silva).

² Retomo a Clark-Wilson, Oldknow y Sutherland (2011) para diferenciar entre TIC y TD, por el uso dado en documentos educativos y en las propias instituciones educativas. Las Tecnologías Digitales (TD) incluyen aplicaciones de información y comunicación (*chat, Skype, redes sociales, correo electrónico,...*); aplicaciones para múltiples actividades de los usuarios (*programas de office, banca electrónica,...*); aplicaciones educativas (programas especializados) y aplicaciones técnicas. El término de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se utiliza para referirse al uso de software genérico (procesadores de textos, hojas de cálculo y herramientas de presentación) y herramientas de comunicación digital (correo electrónico e Internet). Por ello en este documento utilizaré el término de Tecnologías Digitales, porque incluye software educativo especializado.

centrado sus esfuerzos en dotar de infraestructura en las instituciones educativas (para cerrar la brecha digital), se han dejado de lado, otros “insumos” que en este estudio se consideran complementarios, como por ejemplo, equipos y programas informáticos adecuados, la capacitación de docentes y el apoyo técnico y pedagógico. Así pues, se enfatiza la necesidad de considerar en la planeación de estos proyectos, el financiamiento de cuestiones esenciales como es la capacitación docente y el desarrollo de software adecuado para los estudiantes. Para el caso de las matemáticas, se señalan estos dos elementos como cruciales cuando se busca generar un impacto positivo en las prácticas de enseñanza, siempre y cuando se incida en el cómo y para qué se utilizan estas tecnologías.

Algunos programas educativos que incorporan/integran TD al aula

Varios países de Latinoamérica, desde hace más de 20 años, han generado programas educativos enfocados en incorporar/integrar las tecnologías disponibles en el aula de educación primaria. Algunos de estos programas en este milenio son:³ Chile@aprende (en Chile), Programa de Informática Educativa (PIE, Costa Rica), Enciclomedia y Habilidades Digitales para todos (México). Durante ese período, la noción de integración⁴ se ha ido conceptualizando y refinando de manera que han ido reconfigurando la noción del propio aprendizaje mediado con TD.

En algunos de estos programas se han adaptado y/o desarrollado recursos digitales para la enseñanza de diversas asignaturas, y en particular, para las matemáticas. Sin embargo, en los documentos oficiales consultados (emanados de las instituciones oficiales, Ministerio o Secretaría de Educación, según el país), encontramos poca información y evidencia en cuanto a: 1) impacto de estos programas para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas; 2) cómo están insertos en los currículos específicos y 3) las características de la formación/actualización dada a los docentes y su seguimiento e impacto en la práctica cotidiana del aula. En este sentido, se evidencia la necesidad de generar investigaciones que den cuenta de cómo se están integrando las TD a las clases de matemáticas, vinculadas o no con los programas propuestos por las autoridades educativas. Es aquí, donde se inserta el proyecto que presento, precisamente en la transición de dos programas educativos mexicanos (a nivel nacional) donde las TD se integran: *Enciclomedia* y *Habilidades Digitales para todos*. Cabe señalar que, cada estado de la república (a través de sus Subsecretarías) o institución educativa, puede implementar otros programas a la par de los emanados de la propia Secretaría de Educación Pública (SEP). Por ejemplo, en el Distrito Federal desde 2009 se implementa “Aprender a aprender con TIC”. A continuación sólo presentaré brevemente los dos programas federales, previamente mencionados.

Enciclomedia fue el primer programa educativo en México (2001-2009) en el que se crearon e hipervincularon recursos multimedia (interactivos, videos, animaciones, glosarios, sugerencias

³ En Angel (2012) se analizan diversos proyectos implementados Latinoamérica.

⁴ Considero que los términos incorporación e integración no son sinónimos. Retomo lo propuesto por Sun *et al.* (2000) en cuanto a que la integración de TD requiere que se use como un medio para la enseñanza y el aprendizaje tomando como referente los objetivos curriculares de cada disciplina específica.

didácticas para el profesor, etc.) a los libros de textos obligatorios y gratuitos para 5to y 6to de primaria, para todas las asignaturas (véase Imagen 1). Para matemáticas, alumnos y profesores disponían de más de 300 recursos digitales.



Imagen 1. Presentación del portal de Enciclomedia

Con Enciclomedia se pretendía: a) brindarle al profesor diferentes recursos que le permitiera presentar y organizar los contenidos curriculares; b) sugerirle estrategias didácticas alternativas para la enseñanza de los diferentes contenidos, y c) enriquecer el ambiente de aprendizaje de manera que se propiciara una mejor comprensión y apropiación de los contenidos propuestos en los libros de texto. En matemáticas, para el diseño de los recursos digitales se tomó en cuenta aquellos temas de mayor dificultad para la enseñanza y el aprendizaje reportados en la literatura y referidos por profesores (Trigueros *et al*, 2006). Este programa llegó a más de 150,000 aulas y según reportes oficiales (www.encyclomedia.mx), fueron más de un millón los estudiantes que tuvieron acceso al mismo. En relación a la capacitación docente, si bien se mencionan más de 676 talleres impartidos, no se explicita el tipo de capacitación realizada. Por lo que se hace necesario, indagar en voz de los profesores, el tipo de la capacitación recibida y cómo les ayudó para utilizar recursos digitales en su clase de matemáticas.

El otro proyecto federal implementado en este milenio es el de *Habilidades Digitales para Todos* (HDT) cuyo propósito se ha centrado en certificar a los profesores en el uso y aplicación de las TIC, tomando como eje central lo tecnológico y pedagógico. Según lo planteado por la SEP (2007), lo que se pretende es “impulsar el desarrollo y utilización de tecnologías de la información y la comunicación en el sistema educativo para apoyar el aprendizaje de los estudiantes, ampliar sus competencias para la vida y favorecer su inserción en la sociedad del conocimiento” (p. 14). Si bien hay un portal educativo (<http://www.hdt.gob.mx/hdt/>) con una variedad de recursos digitales, éste adolece de sugerencias para los profesores relacionadas con los contenidos que se abordan, las dificultades para su aprendizaje y su

enseñanza con los recursos digitales sugeridos (por lo menos en los de matemáticas); sugerencias que en el caso del proyecto de Enciclomedia sí se abordaron (aunque no para todos los temas).

En HDT, solo para quinto grado hay 294 recursos digitales, de los cuales se han retomado recursos desarrollados en otros países. En la búsqueda de información relacionada con el impacto de esta certificación para un uso de TD que fomente los aprendizajes en los estudiantes (en matemáticas), no hemos encontrado reportes oficiales ni investigaciones que den cuenta de ello, en particular, para el caso de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

Ante esta complejidad en cuanto a la oferta de recursos digitales que tiene el profesor de primaria, emanados de los proyectos educativos, surgen otras variables a considerar: la cantidad de docentes en la educación primaria en México así como su movilidad entre los diferentes grados escolares y entre las escuelas. Según las estadísticas de la SEP para el ciclo escolar 2011-2012, son más de 573,000 docentes de educación primaria (SEP, 2012) con una diversidad de perfiles de formación y en una variedad de contextos/tipos de escuelas (urbana, rural, indígena; de organización completa, multigrado) y distintos niveles de logro educativo en matemáticas (según las pruebas nacionales, por ejemplo, Enlace). Implementar programas formativos que involucren a toda la población de profesores requiere de estrategias bien planificadas para lograr un impacto real en los aprendizajes de los estudiantes, reconociendo que hay otros factores que intervienen en este proceso. Por lo que este reto está vigente, dado que es la capacitación permanente de los docentes, un elemento clave (factor) para integrar tecnologías digitales en las aulas, y en particular, en las clases de matemáticas. Pero, ¿qué características debe tener esta capacitación? Esta reflexión sobre la capacitación está vinculada con la caracterización de conocimientos profesionales movilizados por profesores de primaria cuando enseñan matemáticas mediadas con TD, como una implicación del proyecto de investigación que aquí presento, dado que los resultados permitirán reconocer necesidades formativas de los profesores observados y así, se podrán sugerir líneas para futuros programas de actualización docente.

Investigaciones sobre el uso de TD para la enseñanza de las matemáticas

La investigación en Educación Matemática y Tecnologías Digitales evidencia con sus resultados, que si bien en la actualidad los profesores tienen a su disposición cada vez una mayor cantidad de recursos para sus clases, el reto sigue siendo qué tipo de recursos seleccionar acordes al contexto de cada profesor, el tipo de actividad matemática propuesta y el objetivo didáctico planteado desde el currículo (Ruthven, 2009). Por lo que se hace necesario un puente que permita retroalimentar y sustentar las propuestas educativas con lo que la investigación reporta y a su vez, que la investigación se acerque a la realidad educativa y de los profesores para construir conocimiento teórico más cercano al quehacer en las aulas, en las *clases cotidianas* (Laborde *et al.*, 2006), en el marco de lo que piensan y hacen los profesores, esto es, desde la experiencia del docente y la práctica de aula (Ruthven, 2009). En este sentido, es fundamental tener una visión más completa de los desafíos generados por las mismas innovaciones propuestas y que ya se están llevando a la práctica. En el caso de México, se hace necesario conocer cómo los maestros están integrando TD en sus clases de matemáticas, en particular, en la transición del proyecto “Enciclomedia” al de “Habilidades Digitales para Todos” y con otros recursos tecnológicos disponibles en su aula.

En cuanto a cómo los profesores utilizan TD en sus clases de matemáticas, diversas investigaciones (nacionales e internacionales) han encontrado que las adaptan a la cultura tradicional de enseñanza (ni su práctica ni las actividades se modifican, es el mismo patrón de actuación con o sin TD) y a sus concepciones sobre el papel de las TD en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas (Drijvers *et al*, 2009). Otros estudios reportan que los maestros prefieren aquellos recursos tecnológicos que les permitan a sus alumnos aprender más rápido y mejor las mismas matemáticas, y que sean adaptaciones de las actividades con lápiz y papel (Artigue, 2011).

El papel de las TD en educación y específicamente para la enseñanza de las matemáticas, coincide con lo reportado por McFarlane (2001). Su inclusión en el aula ha transitado por tendencias que van desde concebirlas como un objeto de enseñanza que se añade a la curricula; como una opción para tecnificar las estrategias de enseñanza y los contenidos existentes o como instrumentos que reconfiguran los contenidos curriculares, las prácticas de aula y el aprendizaje. Sin embargo, para esta última tendencia, como lo señala Clark-Wilson *et al* (2011, p.3), se necesita reconocer el papel de estas tecnologías para la enseñanza, el aprendizaje y el hacer matemáticas como “lápices de hoy”, aprovechando sus beneficios cuando los estudiantes las consideran indispensables para resolver un problema matemático complejo. Es decir, asumir el rol activo que tiene la tecnología en el aprendizaje y no concebirlas únicamente como complementarias en el proceso (Ertmer y Ottenbreit-Leftwich, 2010). Así pues, se requiere que el profesor realice cambios dentro de su propia práctica relacionada con diferentes elementos que la conforman, esto es, la planeación, el desarrollo y la evaluación de las actividades y su rol al enseñar (Trigueros *et al*, 2013; Granados, 2010), en otras palabras, en la cultura del salón de clase. Visualizar estos cambios en el salón de clase, involucra diferentes factores que deben considerarse, entre otros, políticos, culturales, sociales; de la institución educativa y de la formación de los docentes y de su conocimiento matemático y didáctico (Assude *et al*, 2010; Becta, 2004). En consecuencia, integrar las TD a las clases es un proceso a largo plazo, donde los profesores (en colegiado con otros colegas) requieren reflexionar y probar en sus clases cómo estas herramientas generan nuevas formas de actividad matemática, median el aprendizaje de contenidos matemáticos, y se complementan con otros recursos disponibles en el aula (Hennessy *et al*, 2005).

Preguntas de la investigación

Resultado de la revisión de la literatura esbozada en este apartado, se evidencia la diversidad de elementos involucrados en las prácticas de enseñanza de las matemáticas cuando se utilizan TD y por ende, esta complejidad deberá considerarse al momento de analizar dichas prácticas. Por este motivo, las preguntas que dirigen la investigación son:

- ¿Qué tipos de usos surgen en las prácticas de enseñanza, cuando se reconfigura la noción de aprendizaje mediado con TD?
- ¿Cómo se movilizan los conocimientos profesionales de los profesores desde una dimensión tecnológica y del conocimiento matemático para la enseñanza?

PERSPECTIVA TEÓRICA

Los profesores son quienes deciden en sus clases qué recursos emplear, cómo y para qué usarlos en su enseñanza. Consideramos que el primer elemento a tomar en cuenta es el contenido matemático a enseñar, para después identificar aquellos artefactos tecnológicos que podrían potenciar los aprendizajes de sus estudiantes (p.e., material concreto, actividades en lápiz y papel, software educativo) y los acercamientos didácticos-pedagógicos pertinentes. Ello implica, que los docentes requieren de conocimiento en estas tres dimensiones (contenido, tecnológicos y didáctico-pedagógico) y reflexionar sobre sus interacciones para el logro de los aprendizajes esperados en sus estudiantes. En la literatura revisada hemos encontrado un modelo teórico que intenta dar respuesta a la problemática de integración de TD a las aulas, es el modelo TPACK (*Technological Pedagogical and Content Knowledge* por sus siglas en inglés, Koehler y Mishra, 2009). En este modelo se proponen diferentes interacciones entre estos tres elementos, considerando la importancia de los contenidos específicos. Sin embargo, no señalan las particularidades de disciplinas como las matemáticas y tampoco, cómo analizar el conocimiento del profesor en sus diferentes componentes en prácticas de enseñanza. Este modelo ha sido utilizado para programas de formación inicial para profesores de matemáticas de secundaria, y los resultados señalan la necesidad de usar las TD en clases reales (p.e. en Estados Unidos en la Universidad de Midwestern, Özgün-Koca *et al*, 2010) pero, hasta este momento, no hemos identificado análisis de las prácticas con contenidos matemáticos específicos donde se vea la interacción del modelo. Por tal motivo, en nuestra investigación coincidimos con las interacciones propuestas en el modelo TPACK pero incorporamos las particularidades del contenido matemático y su didáctica, de igual manera, sustentamos por qué las herramientas tecnológicas median la construcción del conocimiento matemático y su enseñanza.

En nuestro acercamiento teórico hemos integrado dos perspectivas teóricas. La mediación instrumental (Rabardel, 2011) y el conocimiento matemático para la enseñanza (Ball *et al*, 2008). Estas dos miradas aportan los elementos que permiten analizar las acciones del profesor en las dimensiones TDC en sus prácticas de enseñanza.

Rabardel establece diferencias entre artefacto e instrumento, términos que algunos autores y otros enfoques los consideran como sinónimos. Un artefacto se utiliza para referirse a las cosas susceptibles de un uso, es lo que ha sido elaborado para “inscribirse en actividades intencionadas”, por lo que los artefactos pueden ser materiales o simbólicos, “concreta una solución a un problema o clase de problemas sociales” (Rabardel, 2011, p. 92). Mientras que el instrumento incluye las acciones del sujeto con el artefacto para realizar una tarea (los usos que le da) y a uno o varios esquemas de utilización asociados. Estos esquemas son construcciones propias o de la apropiación de esquemas sociales preexistentes. El instrumento por tanto, está “en una relación de adaptación y de dependencia con respecto a la situación” (p. 136), esto es, “es el artefacto en situación, inscrito en un uso, en una relación instrumental con la acción del sujeto, como medio de esta acción” (p. 92). Como este autor lo plantea, un mismo esquema de utilización puede aplicarse a diversos artefactos y viceversa. En este sentido, el instrumento es producción del sujeto en el marco de su actividad con el artefacto. Dado que los instrumentos no están dados, cada sujeto los elabora a través de la génesis instrumental. Esta

génesis es un proceso doble que se diferencia hacia donde se dirige la actividad: “los procesos de instrumentalización se refieren al surgimiento y la evolución de los componentes artefacto del instrumento [...]. Los procesos de instrumentación son relativos al surgimiento y a la evolución de los esquemas de utilización y de acción instrumentada” (p. 211). Entonces, en la instrumentalización la actividad está orientada hacia el artefacto mientras que la instrumentación está dirigida hacia el sujeto mismo. La mediación instrumental entonces considera que las interacciones entre el sujeto-objeto de conocimiento son mucho más amplias y diferenciadas, enmarcadas en un entorno donde hay condiciones dadas que el sujeto debe considerar al momento de realizar su actividad: entre sujeto e instrumento, entre instrumento y objeto sobre el cual permite actuar, y sujeto-objeto mediadas por el instrumento.

Para Rabardel, los instrumentos cumplen una función muy importante en la educación, su uso influye profundamente en la construcción del saber y en los procesos de conceptualización. Por lo tanto, los instrumentos no son únicamente auxiliares o neutros dentro de la enseñanza, son parte activa en la construcción del conocimiento. Cada artefacto genera un campo de acción y a su vez le impone al sujeto ciertas restricciones que debe identificar, comprender y aprender a administrar. Dichas restricciones hacen posible el surgimiento de nuevos tipos y formas de acción.

Para las situaciones donde se utilizan TD, se han identificado diferentes tipos de usos (Hughes, 2005), esta tipología nos permite identificar en que parte del proceso de la génesis instrumental está el sujeto. Estos usos son: 1) como *reemplazo* de los recursos y actividades sin modificar la dinámica de la clase, los roles de los actores ni las acciones cognitivas (por ejemplo, proyección de una lección del libro de texto, mostrar definiciones), 2) como *amplificador* de las actividades y algunas acciones cognitivas de manera que las complementan (adaptar actividades de papel y lápiz, comprobar un resultado, ilustrar conceptos, intercambiar informaciones y propuestas, entre otros), y 3) como *transformador* implica modificar sustancialmente las prácticas de enseñanza para que impacten en el aprendizaje y contribuyan al desarrollo cognitivo del estudiante. Consideramos que la primera y la segunda pueden dar cuenta del proceso de instrumentalización mientras que la segunda y tercera de la instrumentación.

En lo que se refiere al análisis del conocimiento del profesor en las dimensiones de contenido y didáctico-pedagógica, hemos considerado pertinente la diferenciación en subdominios dada por el marco del Conocimiento Matemático para la Enseñanza (*Mathematics Knowledge for Teaching*, Ball, Thames y Phelps, 2008). Este marco analítico surge de situaciones de aula, porque pone el énfasis en la especificidad del conocimiento del profesor respecto de la enseñanza de la matemática y permite analizar este conocimiento en acción. Consideramos que este conocimiento se moviliza cuando el profesor toma decisiones en los tres diferentes momentos de su práctica de enseñanza: antes, durante y después. Por ejemplo, planear secuencias didácticas con actividades matemáticas adecuadas y con recursos que medien el aprendizaje, considerando su conocimiento sobre la enseñanza y el aprendizaje del contenido matemático específico, escuchar los razonamientos de los estudiantes siendo capaz de responder de manera apropiada las inquietudes y dudas. En este marco analítico se consideran dos grandes dominios. Por una parte, el **Conocimiento Pedagógico del Contenido** que incluye al *Conocimiento del Contenido y los Estudiantes* (CC-Es), *Conocimiento del Contenido y la Enseñanza*

(CC-En) y el *Conocimiento del Contenido y el Currículo* (CC-Cu) que se relaciona con la dimensión Didáctico-pedagógico. Y por otra, el **Conocimiento del Contenido** que incluye el *Conocimiento Común del Contenido* (CCC), *Conocimiento del Horizonte Matemático* (CHM) y *Conocimiento Especializado del Contenido* (CEC) que tiene relación con la dimensión de Contenido.

La complementariedad de estas dos perspectivas teóricas nos permiten analizar el tipo de conocimiento movilizado en las prácticas de enseñanza de las matemáticas mediadas con TD.

METODOLOGÍA

El problema de investigación que estamos abordando se caracteriza por estar inmenso en un contexto social particular y nuestra atención se centra en el *conocimiento matemático para la enseñanza* y las prácticas que emergen cuando hay *mediación instrumental* de TD. Por esas razones la investigación se realiza en el contexto natural, tal y como sucede, para tratar de interpretar y comprender las acciones de enseñanza acordes con los significados que los propios docentes les atribuyen. Las acciones del profesor se desarrollan en un tiempo determinado y único; por ello, como investigadores aprendemos en este proceso y necesitamos de los investigados para comprender sus prácticas. En este sentido, nuestro estudio tiene un enfoque cualitativo con un alcance descriptivo (Rodríguez, Gil y García, 1999).

Para acercarnos a estas prácticas, es necesario observar y analizar las actividades de enseñanza que llevan a cabo en las clases cotidianas de matemáticas vistas desde las miradas de los investigadores participantes en este proyecto (“triangulación de investigadores”) y con diferentes instrumentos (“triangulación de datos”). Intentamos que los datos recolectados recuperen prácticas que en la clase de matemática realizan docentes de cuatro estados de la república (DF, Estado de México, Oaxaca y San Luis Potosí), de 5to y 6to de primaria. Seleccionamos estas entidades porque en ellos estamos en contacto con profesionales de la educación y estudiantes participantes en el proyecto (Licenciatura, Maestría y Doctorado) y consideramos que por su ubicación geográfica y las diferencias en cuanto a la implementación de los programas educativos con tecnologías, pueden servir de contraste.

Los profesores que participan en este proyecto cumplen con las siguientes características:

- Experiencia en el uso de TD para la enseñanza de matemáticas de por lo menos un año.
- Interés en participar en el proyecto, disponibilidad y tiempo.

La recolección de datos involucra una aplicación de un cuestionario a 100 profesores; videgrabaciones de observaciones no participantes de clases de matemáticas y entrevista a un grupo reducido de profesores que aportan información relevante de acuerdo a criterios “dinámicos” y “secuenciales” (Rodríguez *et al.*, 1999) en relación con el objetivo de la investigación. De este grupo de profesores, se seleccionan los sujetos que dan cuenta de cómo se movilizan los conocimientos matemáticos y tecnológicos para la enseñanza de las matemáticas para hacer un análisis a profundidad como estudios de caso. En el análisis triangulamos respuestas al cuestionario, notas de observación de cada investigador, videgrabaciones de observaciones de clases así como las entrevistas. En este escrito se presentará únicamente un análisis global de las observaciones de clase y de algunas entrevistas.

La observación se centra en las acciones realizadas por el profesor de manera que permitan identificar, posteriormente, los conocimientos profesionales movilizados en las dimensiones Tecnológica, Didáctico-Pedagógica y de Contenido (TDC). Cada observación abarca el desarrollo de una clase de matemáticas en la que se trabaja el tema correspondiente a su planeación didáctica semanal, respetando el tiempo, que tanto el profesor participante como los investigadores, han acordado para que se lleve a cabo la recolección de información. Por ello, la clase puede abordar una lección completa, el inicio de una lección o la continuación de una clase previa.

Para el análisis, cada clase observada se segmenta en episodios. Cada episodio se vincula con el uso dado a un mismo recurso tecnológico o más de uno, de manera simultánea. La unidad de análisis son aquellos fragmentos donde se identifican acciones que movilizan aspectos del conocimiento del profesor en las dimensiones TDC, en los términos descritos en la sección anterior. El proceso de identificación de unidades asociadas a manifestaciones del conocimiento del profesor se realiza primero individualmente y después es discutido por el equipo de investigación hasta obtener consenso.

Los espacios de observación, de los datos que aquí se presentan, fueron salones de clase en 18 escuelas. Véase una síntesis en tabla 1.

Estado de la República	Cantidad de profesores observados	Número de clases observadas
Estado de México	7	15
Distrito Federal	4	7
San Luis Potosí	9	9

Tabla 1. Relación de los sujetos participantes y clases observadas, por estado de la república mexicana

En el caso del Distrito Federal, 3 profesores están en la misma escuela y en el Estado de México, lo son 2 profesores. Estos 5 profesores que fueron observados en más de una ocasión, son los que participaron en dos tesis vinculadas con esta investigación (Angel, 2012 y García, 2012). Allí se presenta un análisis a profundidad de estas prácticas de enseñanza.

Si bien el tipo de equipamiento no se considera como una variable de análisis, con el fin de

contextualizar, cabe señalar la infraestructura de las instituciones donde se realizó estas observaciones:

- Doce (12) escuelas contaban con aula de medios o laboratorio de cómputo (3-4 alumnos por computadora).
- Seis (6) escuelas contaban únicamente con aulas equipadas con Enciclomedia en su aula (35 alumnos por una computadora).

A continuación se describen los datos en general y se analiza brevemente el caso de un profesor.

DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los profesores observados tienen formación diversa. Desde aquellos que han recibido su formación inicial como Licenciados de Educación básica en Normales, muy pocos con énfasis en matemáticas hasta profesores con Maestría en Educación, con especialidad en Matemáticas. Todos ellos tienen experiencia docente entre 3 y 30 años, algunos trabajan dos turnos (mañana y tarde) en la misma escuela o en dos diferentes, no necesariamente en el mismo grado escolar. Esta condición, dificulta la planeación diaria de sus clases y la revisión de los recursos tecnológicos disponibles para cada clase.

La mayoría de los docentes mencionan que en su formación no han utilizado TD para hacer matemáticas (resolver problemas y mediar sus propios aprendizajes) sino que la han utilizado como apoyo para cierto tipo de actividades (“realizar cálculos más rápido”, “visualizar información de manera más divertida y novedosa”).

En cuanto a la formación en el uso de TD, esta proviene de cursos de capacitación formal a cargo de instituciones como Universidades, Institutos o de la propia Secretaría de Educación Pública y en otros casos, de manera informal, con sus amigos, colegas o familiares. Esta última, es la manera como los profesores han encontrado respuesta a algunas inquietudes relacionadas con la incorporación de estas herramientas tecnológicas al aula. Los cursos ofertados, según lo manifestado por los profesores, se ha centrado o bien, en (a) aspectos técnicos de la tecnología, (b) aspectos de contenido matemático, (c) en aspectos de cómo mejorar prácticas de enseñanza y, en el mejor de los casos, (d) se abordan conjuntamente dos de estos aspectos como el contenido matemático y su didáctica. En este sentido se pone de manifiesto que uno de los factores clave para la integración de la tecnología se ha descuidado: la capacitación docente como un proceso continuo, vinculado con su realidad educativa y específico para cada disciplina. Para los profesores participantes en esta investigación, la integración de estas herramientas en sus clases ha sido difícil. Ellos subrayan que, además del aspecto formativo, los cambios en el currículo (reformas educativas en el 2009) y la falta de articulación de los recursos tecnológicos con los contenidos propuestos en los nuevos libros de texto gratuitos así como la discontinuidad en los programas educativos.

En el siguiente apartado se presentará grosso modo los usos de las TD en las clases de matemáticas. Sin embargo, para identificar el conocimiento Tecnológico, Didáctico-Pedagógico y de Contenido puesto en acción, es necesario centrar el análisis en cada profesor. Cuestión que en este documento no se presentará, dado que rebasa el objetivo de la misma. No obstante, de manera general, podemos comentar las mayores necesidades identificadas en los profesores se relacionan con el *conocimiento especializado de contenido, conocimiento del contenido y de los estudiantes y conocimiento del contenido y su enseñanza* así como de las potencialidades y restricciones de los recursos digitales utilizados.

Usos de TD disponibles para sus clases de matemáticas y tipo de recursos

En las observaciones de clase se han identificado diferentes tipos de uso de TD para la enseñanza de temas de matemáticas (ver Tabla 2) acorde con la clasificación dada por Hughes (2005), descrita en la perspectiva teórica.

Los resultados mostrados dan cuenta de una tendencia hacia uno de los usos, el de *reemplazo*. El hecho que en 51% de las clases observadas el uso de las TD sea como *reemplazo* mientras que el 6% la usa como *amplificador-transformador* parece coherente con el tipo de formación que han recibido los docentes.

A continuación se ilustrarán algunos de estos usos con breves descripciones de episodios de clases observadas.

Ejemplos de clases en las que se emplean TD como *reemplazo-amplificador* es el caso de un profesor (P1) quien aborda el tema de *Conversión de fracciones a decimales y su ubicación en la recta numérica* (SEP, 2009). Para ello utiliza una animación del programa Educativo Enciclomedia llamada “Fracciones” para, en términos del profesor (P1), “reafirmar lo que ya han visto”. En esta animación se representan a las fracciones en contextos de reparto (Ver Imagen 2). El objetivo de usarla, manifestado por el propio docente, es porque “van a mostrarnos ejemplos de cómo se reparten algunas cosas”. Aprovecha lo que muestra este recurso para recordar las partes de la fracción (numerador y denominador) y su significado.

Tipo de uso	Número de clases
Reemplazo	16
Reemplazo-amplificador	5
Amplificador	4
Amplificador – transformador	2

Tabla 2. Relación de los tipos de uso de TD en las clases observadas

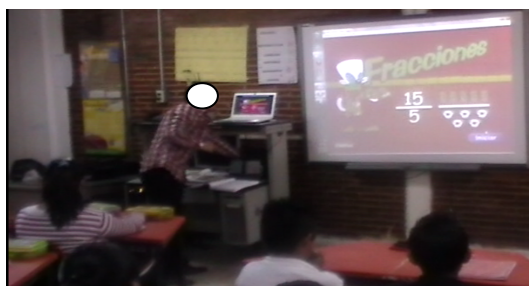


Imagen 2. Evidencia del uso de la animación en el salón de clase (García, 2012)

Una vez termina la animación, el profesor estableció el siguiente diálogo con sus alumnos:

Profesor: ¿Les gustó la animación?

Alumnos: Síiii!

Profesor: Con lo que aprendimos, vamos a tratar de resolver este ejercicio.

P1 no hace ninguna reflexión sobre lo visto en la animación respecto al tema de la clase ni lo retoma en las siguientes actividades que propone. Al parecer, la utiliza como motivación para sus alumnos. Inmediatamente después, inicia con otra actividad realizada en Word y proyectada en el pizarrón, en la que se presentan ejercicios de reparto para convertir fracciones con decimales. Un análisis más detallado de este profesor se puede ver en García (2012) y Trigueros, Lozano y Sandoval (2013).

Consideramos que el uso similar de recursos digitales al caso anterior, dan cuenta de un nivel inicial en el proceso de integración de la TD. Por ello, acciones que dan cuenta de usos como *reemplazo* o *reemplazo-amplificador* las clasificamos en el proceso de génesis instrumental dirigida hacia los procesos de instrumentalización. Los profesores adaptan estos artefactos a la diversidad de tareas que deben realizar en su labor docente (p.e., explicar, mostrar, presentar, ejemplificar) pero atribuyéndoles las mismas funciones que otros artefactos y poniendo en juego los esquemas familiares, es decir,

aquellos contruidos con otros artefactos. Verbigracia, utilizar programas ofimáticos para hacer presentaciones de sus clases, escribir las actividades a desarrollar (hojas de trabajo) y proyectar el libro de texto. Sin embargo, es importante destacar que estos nuevos recursos cuentan con elementos que no tenían anteriormente, por ejemplo, el pizarrón electrónico requiere estar calibrado para poder escribir. Por ello, en algunos casos, los profesores prefieren escribir con el teclado de la computadora y solo proyectar la información. Hemos identificado el uso de algunos interactivos para validar una respuesta dada por los alumnos (correcta o incorrecta), es decir, para reemplazar la voz del profesor por el mensaje/imagen del recurso. En este tipo de clasificación se evidencia el uso de fotografías, proyección de videos y consulta de definiciones de términos. Al igual que P1, una vez se usan estos recursos no se reflexiona sobre su relación con el tema visto.

Encontramos el caso de una profesora (P2) quien utiliza TD como *amplificador-transformador*. Para ilustrarlo describiremos brevemente una clase donde aborda el tema de equivalencia de números fraccionarios. El recurso utilizado es el de “Fracciones propias”, también del programa Enciclomedia. En este interactivo se utilizan fracciones propias y se comparación mediante representaciones numérica y gráfica. Los alumnos deber relacionar la representación gráfica con una situación de reparto o división de un entero en partes iguales (en el contexto de escudos de defensa de los romanos, la parte oxidada) y encontrar su correspondiente representación numérica En el interactivo los alumnos también deben tomar decisiones según la fracción representada, esto es, si la parte oxidada es mayor que la mitad de la unidad el escudo deberá ir a reparación. El uso dado por P2 es que con cada ejercicio mostrado en el interactivo, los alumnos seleccionan (arrastran) la respuesta correcta (al signo de interrogación que representa el escudo). Su intervención es para indagar por qué esa fracción numérica corresponde a la representación gráfica elegida por el estudiante. P2 aprovecha estas justificaciones para explicar el significado de la fracción en relación a “partes de un todo” (Ver imagen 3). Un análisis más detallado de P2 está en Angel (2012)

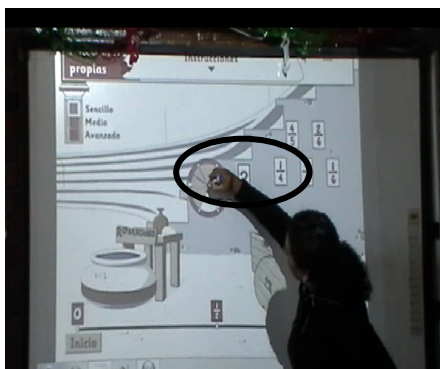


Imagen 3. P2 abordando el tema fracciones, divide el escudo para representar $1/6$ (Angel, 2012)

P2: [...] quiero hacerles una pregunta [proyecta el interactivo con la fracción $4/6$ y divide una sexta parte en dos y señala una de estas dos nuevas partes ($1/12$) ¿Qué nombre recibiría [...]? ¿Haber este...E20?!

E20: $1/12$

P2: $1/12$ ¿Por qué E20?

E20: Porque son 6 partes y se dividió y multiplica por 2...

En este caso, P2 retoma las respuestas de sus alumnos para establecer el vínculo entre la representación gráfica y numérica de $1/6$. La profesores aprovecha esta situación para explicar que las fracciones $1/6$ y $2/12$ aunque están formadas con distintos números, la cantidad que representan es la misma lo que implica su equivalencia.

Las seis clases en las que identificamos que los profesores usan recursos como *amplificador* y *amplificador-transformador* (como es el caso de P2) muestran que su objetivo es posibilitar la comprensión de los conceptos matemáticos involucrados, sus significados y representaciones en los contextos propuestos en los interactivos y en los libros de texto. Aquellos profesores que usan las TD como *amplificador*, *amplificador-transformador* y *transformador* consideramos su proceso de génesis instrumental más dirigido hacia la instrumentación, esto es, hacia el sujeto. En este caso, los profesores reconocen potencialidades y restricciones del artefacto, y pueden utilizarlas en su práctica de enseñanza. Parece ser, que su conocimiento en las tres dimensiones (contenido, tecnológico y didáctico), les permiten aprovechar lo que hacen los recursos como rapidez para hacer cálculos, o la diversidad de representaciones que se pueden visualizar del mismo objeto matemático y adecuan las acciones que se pueden realizar, en función de la situación que se les presenta. En esta adecuación los artefactos pueden sufrir transformaciones, esto es, ser utilizados para que realicen otras funciones extras a las contempladas en su propio diseño.

CONCLUSIONES

Los resultados que he esbozado en esta presentación dan cuenta de la complejidad que implica la integración de las TD a las clases de matemáticas pues hay diversos factores que influyen y que pocas veces son considerados al momento de evaluar los resultados. Como se ha ilustrado, uno de los elementos clave es la formación de los docentes, no solamente inicial sino permanente. El hecho que el 51% de las clases observadas den cuenta de un uso de TD como *reemplazo* mientras que el 6% como *amplificador-transformador* aun cuando la mayoría de recursos son interactivos, cuyo potencial es usarlos como transformadores de la clase de matemática, parece estar vinculado con sus conocimientos en las dimensiones que hemos señalado. Es decir, los programas formativos deben ajustarse a la realidad educativa de los profesores y sus propias necesidades, reconocer la diversidad de usos de las TD según los propios objetivos didácticos. Los profesores necesitan reconocer no solo la diversidad de recursos ofertados sino desarrollar estrategias que les permitan identificar las potencialidades y restricciones de estos para generar aprendizajes de contenidos matemáticos específicos en sus alumnos y en ellos mismos. Esto es, reconocerlos como mediadores de sus acciones en su práctica profesional y que por ende, influyen también en los aprendizajes de sus estudiantes. Considero necesario reflexionar con los profesores, durante su formación, cómo transformar las restricciones que tienen recursos en potencialidades para el aprendizaje a partir del análisis tanto en la planeación como durante el desarrollo de la clase. Sin dejar de lado, por supuesto, que es el contenido matemático y el objetivo didáctico el punto de partida para seleccionar la TD a utilizar en la clase.

Agradecimientos

Agradecemos al Conacyt y a la SEP/SEB su financiamiento para realizar este proyecto (#145735: “Prácticas de enseñanza de las matemáticas en la educación primaria con mediación de las tecnologías digitales: Relación entre las competencias tecnológica, didáctico-pedagógica y conceptual”) y a los miembros del equipo de investigación y los estudiantes participantes en el proyecto.

Referencias

- Angel, L. (2012). *Integración de Tecnologías Digitales en las prácticas de enseñanza de las matemáticas en educación primaria*. Tesis de Maestría en Desarrollo Educativo. Universidad Pedagógica Nacional, México
- Assude, T., Buteau, C., y Forgasz, H. (2010). Factors influencing implementation of Technology-Rich Mathematics curriculum and practices. En Hoyles, y Lagrange (Eds), *Mathematics Education and Technology-Rethinking the Terrain*. Springer Science+Business Media, LLC.
- Ball, D; Thames, M. y Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59 (5), 389-407
- Becta (British Educational Communications and Technology Agency), (2004). *A review of the research literature on barriers to the uptake of ICT by teachers*. <http://www.becta.org.uk> [Consultado 8-03-2013]
- Chong, A. (2011). *Conexiones del desarrollo: Impacto de las nuevas tecnologías de la información*. Washington DC, Desarrollo en las Américas BID.
- Drijvers, P.; Doorman, M.; Boon, P.; Gisbergen, S y Reed, H (2009). Teachers using technology: Orchestrations and Profiles. In Tzekaki, M., Kaldrimidou, M. y Sakonidis, H. (Eds.). *Proceedings of the 33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. 1. Thessaloniki, Grecia, pp. 481-488.
- Ertmer, P. A., y Ottenbreit-Leftwich, A. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(3), 255–284.
- García, E. (2012). *Desarrollo profesional y enseñanza de las matemáticas en sexto grado de educación primaria: el papel de la mediación de tecnologías digitales*. Tesis de Maestría en Desarrollo Educativo. Universidad Pedagógica Nacional, México
- Granados, S (2010). *Uso de herramientas tecnológicas y Enciclomedia por profesores de primaria en sus clases de matemáticas*. Tesis de Maestría en Educación con especialidad en matemáticas. Cinvestav, México.
- Hennessy, S., Ruthven, K., y Brindley, S. (2005). Teacher perspectives on integrating ICT into subject teaching: Commitment, constraints, caution and change. *Journal of Curriculum Studies* 37(2), 155-192.
- Koehler, M. J., y Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Özgün-Koca, S.; Meagher, M. y Todd, M. (2010). Preservice Teachers' Emerging TPACK in a Technology-Rich Methods Class. *The Mathematics Educator*, Vol. 19, No. 2, 10–20.
- Rabardel, P. (2011). *Los hombres y las tecnologías. Visión cognitiva de los instrumentos contemporáneos*. Acosta, M. (Trad.). Ediciones Universidad Industrial de Santander, Colombia.
- Rodríguez, G; Gil, J y García, E. (1999). *Metodología de la investigación cualitativa*. Ediciones Aljibe. España.
- Ruthven, K. (2009). Towards a naturalistic conceptualisation of technology integration in classroom practice: The example of school mathematics. *Education y Didactique* 3(1), 131-152
- SEP (2012). *Sistema Educativo de los Estados Unidos Mexicanos. Principales cifras del ciclo escolar 2011-2012*. Consultado 12-02-2013 de http://www.sep.gob.mx/wb/sep1/sep1_Estadisticas
- SEP. (2009). *Plan de Estudios 2009. Educación básica. Primaria (2da ed.)*. México: Secretaría de Educación Pública.
- Sun, J.; Heath, M.; Byrom, E.; Phlegar, J. y Dimock, V. (2000). *Planning into Practice. Resources for planning, implementing, and integrating instructional technology*. Austin, Texas: South East and Islands Regional

Technology in Education Consortium (SirTec), pp. 53-98. Consultado 1-02-2013 en <http://www.seirtec.org/p2p.html>

Trigueros, M.; Lozano, M.D. y Sandoval, I. (2013). Integrating Technology in the Primary School Mathematics Classroom: The Role of the Teacher. En Clark-Wilson, A.; Robutti, O y Sinclair, N. (Eds). *The Mathematics Teacher in the Digital Era: An International Perspective on Technology Focused Professional Development*. Springer.

Trigueros, M., Lozano, M. D., Sandoval, I., Lage, A., Jinich, E., García, H. y Tovilla, E. (2006) Developing resources for teaching and learning mathematics with digital technologies in Enciclomedia, a national project. In Son, L. H, Sinclair, N. Lagrange, J. B. and Hoyles, C. (Eds.) *Proceedings of the ICMI 17 Study Conference: background papers for the ICMI 17 Study*, Hanoi University of Technology, Vietnam.

Unesco (2005). *Hacia las sociedades del conocimiento*. París: Ediciones UNESCO. Consultado el 1 de marzo de 2013 en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001419/141908s.pdf>

www.enciclomedia.mx [Consultado 15-05-2011]