VALORACIÓN DE PROPUESTAS DIDÁCTICAS QUE IMPLICAN LA UTILIZACIÓN DE SOFTWARE MATEMÁTICOS EN EL NIVEL UNIVERSITARIO

Mgtr. Patricia Có – Prof. Mónica del Sastre – Prof. Erica Panella
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura – Universidad Nacional de Rosario – Argentina
co@fceia.unr.edu.ar, delsas@fceia.unr.edu.ar, panella@fceia.unr.edu.ar.

Área Temática: Investigación educativa.
Palabras claves: Software matemático en el aula. Herramienta cognitiva. Valoración de las TIC.

Resumen
Desde el año 1995, en el marco de proyectos radicados en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería, y Agrimensura de la U.N.R., se han desarrollado y publicado numerosas investigaciones sobre la utilización de la herramienta computacional como herramienta cognitiva. En el presente trabajo, y siguiendo esta línea de investigación, se muestran los resultados parciales de una encuesta realizada a los docentes de Matemática de las carreras de Ingeniería de esta Facultad. Se indagó acerca de la valoración que los profesores hacen del impacto de los software matemáticos en el aprendizaje y la enseñanza, con el fin de analizar la relación existente entre su implementación en las clases, la disposición de tecnología y la capacitación tecnológica docente.

Introducción

La relevancia del uso de las TIC en la educación, y en particular en la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática es un tema ampliamente documentado. Las teorías psicológicas fundadas en las ideas de Vygotsky y sus continuadores, sostienen por ejemplo, que los procesos psicológicos superiores se caracterizan por la utilización de instrumentos de origen cultural adquiridos socialmente, particularmente instrumentos simbólicos como el lenguaje u otros sistemas de representación, los cuales facilitan su adaptación activa al medio. Desde esta perspectiva, las TIC constituyen un medio de representación y comunicación cuyo uso puede introducir modificaciones importantes en determinados aspectos del funcionamiento psicológico de las personas, ya que crea, a partir de la integración de diversos sistemas semióticos (lenguaje oral y escrito, imagen audiovisual, representaciones gráficas, etc.) condiciones totalmente nuevas de tratamiento, transmisión, acceso y uso de la información (Coll, Mauri y Onrubia, 2008).

Desde hace algunos años existe en la sociedad un incremento generalizado del uso de las tecnologías de la información y la comunicación, y en este marco las instituciones educativas, particularmente las universidades, han mostrado un progresivo interés en la incorporación de la tecnología al currículum. Sin embargo a doce años de su publicación, aún se buscan respuestas a las cuestiones planteadas en el Documento de Discusión sobre la Enseñanza y Aprendizaje de Matemática en el Nivel Universitario propuesto por The International Commission on Mathematical Instrucción (ICMI, 1998). Estas cuestiones se refieren por ejemplo a: ¿Cuáles son los efectos del uso de la tecnología en la enseñanza y aprendizaje de las Matemática? ¿De qué maneras puede usarse la tecnología para mejorar la comprensión? ¿Cómo influye la tecnología en el contenido y la filosofía del currículum?¿Deberían desarrollarse los programas existentes de la misma forma que en el pasado, o puede la tecnología asistir en el desarrollo de habilidades superiores o más importantes?

Si bien reconocemos que las TIC modifican esencialmente los entornos de enseñanza y de aprendizaje, sigue siendo un tema de permanente discusión la forma de llevar a cabo su adecuada integración al aula para transformarlas en instrumentos cognitivos. Al respecto, Jonassen(1995) nos dice que una herramienta cognitiva es todo aquel instrumento del que pueden servirse las personas para amplificar su capacidad de comprender y operar en el mundo y que la cualidad de herramienta cognitiva no es intrínseca a un instrumento. Podemos interpretar entonces, que por sí sola la computadora no es un medio cognitivo y para llegar a serlo tiene que utilizarse dentro de un cierto dominio conceptual (en nuestro caso la Matemática) de manera que ayude al usuario a comprender mejor dicho dominio y actuar con mayor eficacia en el mismo.

Sabemos que, la repetición de tareas, generalmente de bajo orden cognitivo, no promueve un aprendizaje significativo en los estudiantes, sólo les muestra una visión restringida de la Matemática como una disciplina que se ocupa únicamente de cuentas y algoritmos formada por una cantidad de conocimientos aislados sin interconexión alguna. Por el contrario, cuando la computadora es utilizada como herramienta cognitiva es posible plantear situaciones problemáticas de alto orden cognoscitivo que van más allá de la simple ejecución de operaciones aritméticas y de la mera repetición de conceptos y algoritmos. En este caso, los estudiantes son expuestos a actividades en las que se trata de comunicar una visión de la Matemática como una ciencia inacabada en constante proceso de evolución y desarrollo en el cual la computadora juega un papel cada vez más importante.

Coincidimos con Litwin (2005) en que la mayor dificultad no radica en el uso de una nueva herramienta sino en concebir un proyecto en el cual tenga sentido la utilización de la misma y, a partir de él, los nuevos recursos tecnológicos puedan potenciar la propuesta educativa o enmarcarla.

Las Normas UNESCO sobre Competencias en TIC para docentes describe las mismas clasificándolas en ciertos módulos. En el documento se explicita que:

> Los docentes que muestren poseer competencias en el marco del enfoque de creación de conocimientos podrán: concebir recursos y entornos de aprendizaje basados en las TIC; utilizar las TIC para apoyar el desarrollo de la creación de conocimientos y del espíritu crítico de los estudiantes; apoyar el aprendizaje permanente y reflexivo de éstos. (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2008, p. 22)

Particularmente, ya se ha reflexionado mucho en torno al papel que pueden desempeñar los software matemáticos en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Su incorporación está cambiando la manera en que docentes y estudiantes conciben las actividades matemáticas y desarrollan investigaciones en torno a distintos temas de la disciplina. Su gran potencialidad gráfica y de procesamiento, así como su cada vez más accesible y dinámica interfaz, constituyen características de gran relevancia en relación con los sistemas de representación y las representaciones semióticas que resultan de vital importancia para que los alumnos conciban la construcción del conocimiento matemático.

Si bien existen numerosas experiencias publicadas en revistas internacionales (Gomes Allevato, 2007; Eisnberg, 2007; Olivero y Robutti, 2007; Torregosa y Quesada, 2007) en las que se concluye que una adecuada incorporación de las herramientas computacionales como recurso didáctico facilita el aprendizaje de la Matemática, en nuestra Facultad su implementación es un tema aún pendiente.

Fundamentación

Desde el año 1995, en el marco de los proyectos radicados en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería, y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario: "Enseñanza de la Matemática con Herramienta Computacional" y "La Ingeniería Didáctica en el diseño y seguimiento de unidades curriculares", ambos dirigidos por la Dra. Mercedes Anido, se han desarrollado y publicado numerosas investigaciones sobre la utilización de la herramienta computacional como herramienta cognitiva (Anido, 1998, 1999; Anido y Rubio Scola, 1999; Anido, Có y Guzmán, 1999; Có, del Sastre y Panella, 2004; Anido, Có, del Sastre y Panella, 2008).

Tales investigaciones pueden considerarse un antecedente en las líneas de estudio que se abren en el proyecto actual: "El rol de las representaciones en el aprendizaje de la Matemática básica en carreras donde su carácter se considera instrumental", entre cuyos objetivos se encuentran:

- Diseñar, experimentar, evaluar, modificar y reproducir actividades de enseñanza con utilización de software matemáticos como herramienta cognitiva.
- Diseñar y validar instrumentos que permitan conocer la opinión de alumnos y docentes en cuanto a la motivación, facilitación y utilidad del trabajo interactivo con la computadora.

Este proyecto implica por su naturaleza, concepción y desarrollo, una intencionalidad didáctica y una reflexión sobre la propia práctica docente.

No se puede dejar de mencionar que también implica la formación de docentes en la utilización de la herramienta informática como herramienta cognitiva en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esto conlleva a una preparación no sólo en el uso de software específicos sino también en la planificación de actividades y en la elaboración de materiales didácticos pertinentes.

En el año 2004 la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) al informar los resultados de la evaluación de algunas de las carreras que se dictan en la Facultad, resaltó que:

> En el área de Matemática no se trabaja sistemáticamente con software específico según se analizó en la reunión con docentes del área respectiva, y la razón que se menciona es la falta de infraestructura. .... Por último, dada la envergadura y el nivel de equipamiento de los laboratorios del bloque de ciencias básicas se ha puesto de manifiesto en reuniones con los docentes respectivos la necesidad de disponer de un sistema de mantenimiento y desarrollo de nuevas prácticas, lo que no aparece en los planes de mejora y por lo tanto se puntualiza como recomendación. (Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria, 2005, p. 24)

Atendiendo a este requerimiento en ese momento se impulsó, desde la Dirección del Departamento de Matemática de Ciencias Básicas, la realización de talleres de capacitación, cursos de perfeccionamiento y jornadas de divulgación de experiencias, que contaron con el apoyo y la participación masivos. Su principal intención fue la actualización de los docentes en el manejo de distintos software y en el diseño de nuevas propuestas didácticas, en un espacio en donde siempre se privilegió el trabajo en equipo. Una vez finalizado el Taller se llevó a cabo una encuesta de opinión a los docentes participantes (aproximadamente un 43 % del total de la planta del área Matemática de este Departamento). A pesar de que la mayoría de los docentes afirmaron

que era necesario incorporar el uso de algún software matemático en el desarrollo de sus clases y del diseño de unas pocas propuestas para llevarlo a cabo, en los años siguientes no se produjeron, salvo casos aislados, experiencias que resultaran coherentes con esa intención.

A partir del año 2009, gracias a la implementación de programas de mejora, se dispone de un laboratorio de Informática de uso exclusivo para nuestro Departamento. Desde ese momento la Dirección impulsa la aplicación sistemática de las propuestas que oportunamente fueron generadas por los docentes alumnos del taller y todas aquellas que los profesores pudiesen proponer.

Sin embargo, y a pesar de la convocatoria, se observa la escasa implementación de tales propuestas en las clases. A raíz de esta situación nos preguntamos: **¿es esto resultado de una actitud o valoración desfavorable hacia su instrumentación?**

Para dar respuesta a esta cuestión y conforme con los objetivos de nuestro proyecto, al finalizar el primer cuatrimestre del año 2010, se realizó una nueva encuesta a los profesores de Matemática del ciclo básico de nuestra facultad (muchos de los ellos ya habían sido consultados en el año 2004).

En este trabajo se presentan los resultados parciales de la misma.

Desarrollo

El instrumento básico de la observación por encuesta es el cuestionario, que no es otra cosa que un conjunto de preguntas, cuidadosamente preparado, sobre los hechos y aspectos que interesan en una investigación para su contestación por la población o la muestra a que se extiende el estudio emprendido. El cuestionario cumple la función de enlace entre los objetivos de la investigación y la realidad de la población observada. Por ello, las condiciones fundamentales que debe reunir, dependen de la investigación y de la población. Se pueden sintetizar, por una parte, en traducir los objetivos de la investigación en preguntas concretas sobre dicha realidad y, por otra parte, en ser capaz de suscitar en los encuestados respuestas sinceras y claras a cada pregunta, que puedan después ser tratadas científicamente, es decir clasificadas y analizadas. (Sierra Bravo, 1996).

El cuestionario confeccionado para llevar a cabo la encuesta a la que nos referimos en este trabajo consta de 8 ítems y puede ser tipificado como mixto de acuerdo a las respuestas que se solicita, ya que plantea preguntas de ítem cerrado y abierto. Las primeras deben contestarse por sí o por no, y las segundas brindan un espacio libre para comentarios, que se interpretan como "síntomas" de la valoración hecha por los docentes. En ese sentido se realiza una categorización con respecto a sus sentimientos y actitudes.

El criterio que guió su construcción está sustentado en la búsqueda de opinión de los docentes interrogados en cuanto a la confirmación de la pregunta de investigación de la que derivan las siguientes variables:

Valoración del impacto de los software matemáticos en relación:

- a la capacitación que recibió en su formación docente.
- al aprendizaje de los estudiantes.
- a la práctica profesional en la enseñanza.

Comentarios e interpretación de los resultados

El 59 % de los profesores que integran el Departamento de Matemática de la Escuela de Ciencias Básicas (Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura - Universidad Nacional de Rosario) completaron el cuestionario, muestra representativa de una población total de 75.

De sus respuestas se desprende la valoración que hacen **del impacto de los software matemáticos en el aprendizaje y la enseñanza de la Matemática básica:**

- **En relación a la formación del docente**

El 70% de los encuestados manifiesta haber recibido capacitación formal en el manejo de algún software, mayormente cursos de perfeccionamiento y actualización en Maple, Mathematica y Cabri. Sólo 2 de ellos expresan haber obtenido la capacitación en su formación de grado.

Los docentes que se consideran capacitados para el uso de un software matemático representan el 75%, y de ellos el 79% lo utiliza efectivamente en situaciones tales como la preparación de clases y exámenes, la verificación de resultados, el análisis de situaciones problemáticas, la visualización gráfica y trabajos de investigación.

- **En relación al aprendizaje de los estudiantes**

La mayoría de los docentes concuerda en que la utilización de un software matemático como recurso didáctico favorece en el alumno el desarrollo de conductas hacia un aprendizaje autogestionado (83%), posibilita que se alcancen nuevas destrezas y nuevos resultados en el aprendizaje (86%) y permite que los alumnos alcancen sus objetivos de aprendizaje con mayor facilidad y/o rapidez (69%).

- **En relación a la práctica docente**

Casi la totalidad de los encuestados (93%) manifiesta estar de acuerdo con la utilización de algún software matemático como una herramienta didáctica más. Al preguntarles el por qué, algunos de ellos responden:

Es útil para corroborar resultados
Desarrolla capacidades cognitivas
Permite acelerar las prácticas supervisadas por el profesor
Motiva a los alumnos a indagar sobre otros temas conceptuales
Facilita la visualización de los problemas
Facilita la visualización de los resultados obtenidos teóricamente
Porque la computadora forma parte de la vida cotidiana de los alumnos
Favorece a la visualización de ciertos conceptos matemáticos, también ayuda a construir conceptos a partir de la manipulación por parte del alumno
Porque en los libros actuales se incluyen aplicaciones de distintos software

Sin embargo merece destacarse que estas respuestas, en muchos casos (41%), aparecen acompañadas de "peros":

…hay que desarrollar muchos contenidos en poco tiempo, con lo cual una actividad que sumaría en un sentido restaría en otro
…como herramienta extra clase
…primero deben aprenderse todos los conceptos teóricos para no mecanizarse
…será útil siempre que el docente esté convencido de que realmente es un recurso didáctico importante
No se puede negar el rol de las tecnologías, pero hay que evaluar y ponderar prioridades
…no como sustitutivo de la función docente
…se deben modificar las prácticas, además no se debe sustituir el lápiz y el papel
…con mucho cuidado: no debe perderse de vista la metodología de cálculo
…con el control del docente
…faltan computadoras para cada alumno y aulas
…debe ser supervisado muy bien por el profesor

Además:

- el 64% de los profesores reconoce no utilizar software matemático en la preparación y/o desarrollo de sus clases y los argumentos son los siguientes:

Porque me falta destreza en el manejo del software
Extensión de los programas a desarrollar
Falta de tiempo
Falta de infraestructura
El nivel de los alumnos ingresantes
No es imprescindible
Porque no lo tengo instalado en casa
Por requerir tiempo y esfuerzo adicional
El software que conozco no se adapta al desarrollo de clases
No tengo computadora en mi casa
Porque elegimos lo conocido y tenemos miedo y pereza hacia los nuevos conocimientos

- el 36% restante declara utilizar algún software matemático para la verificación de resultados, la resolución de problemas y/o desarrollo de las clases.

Conclusiones

Los resultados de este trabajo de investigación demuestran que los profesores valoran positivamente el impacto de los software matemáticos en el aprendizaje y la enseñanza de la Matemática, por lo que han atendido

a su capacitación en la materia. Sin embargo, en general no se observa que tanto ese conocimiento como esa valoración positiva se transfieran efectivamente al diseño e implementación de estrategias didácticas que impliquen la utilización de estos recursos TIC en las clases. Esta situación nos conduce a una reflexión acerca de cuestiones como: ¿Qué motiva y qué desalienta al docente a integrar la computadora al proceso de enseñanza y de aprendizaje? ¿Qué objetivos se propone y cómo evalúa el logro de los mismos?¿Cuál es la ubicación curricular que debemos darle al uso de la herramienta computacional? ¿Cómo equilibrar los espacios destinados a la exploración del conocimiento con los tiempos curriculares? ¿Será necesario "sacrificar" contenidos en cada asignatura en que se la desee emplear? ¿O sólo es una cuestión de estrategia metodológica? ¿Qué criterios seguir para diseñar y evaluar los materiales didácticos? ¿Debemos tender a transformar nuestras aulas en laboratorios de computación?

Creemos que la discusión podría extenderse y enmarcarse en cuestiones más amplias tales como:

- La incorporación de la tecnología al currículum.
- La selección de materiales didácticos con utilización de software que faciliten la conceptualización.
- El diseño y evaluación de propuestas didácticas.

Se hace necesario el análisis y la modificación de nuestras concepciones docentes para introducir exitosamente la tecnología en la enseñanza de la Matemática. Dado que algunos usos de esta tecnología no encajan muy bien en el currículo tradicional, los profesores deberíamos involucrarnos en una experiencia innovadora como parte de un equipo, para su rediseño, implementación y evaluación, siendo la Institución quien avale e impulse dicho replanteamiento curricular. Todo esto en un espacio que propicie el intercambio de opiniones y la revisión de la propia práctica, con miras a una reflexión que supere los límites físicos del aula.

Referencias bibliográficas

- Anido, M. (1998). Un proyecto sobre el uso de herramientas C.A.S. en el aprendizaje de la matemática básica. *Memorias de las 3º Jornadas de investigación en la F.C.E. y E. U.N.R.*, 20-22. Argentina: UNR Editora.
- Anido, M. y Rubio Scola, H. (1999). Un Programa sobre el Uso de Herramientas C.A.S. en el Aprendizaje de la Matemática Básica en las Universidades Nacionales de la Provincia de Santa Fe. *Lecturas Matemáticas*, *21*(1).
- Anido, M. (1999). El Mejoramiento de la Enseñanza de la Matemática a partir del uso de Herramientas Computacionales. *Revista INFOMEC, 4*(7), 20 - 23.
- Anido, M., Có, P. y Guzmán, M. (1999). La Enseñanza de la Geometría en el Nivel Universitario con Herramienta Maple. *Revista IRICE, 13*, 155-168.
- Có, P., del Sastre, M. y Panella, E. (2004). La compresión de conceptos geométricos. Obstáculos surgidos en el trabajo con diferentes representaciones. *Mathema, 1,* 95-104.
- Anido, M., Có, P., del Sastre, M. y Panella, E. (2008). Una trayectoria Didáctica para la Enseñanza de la Geometría Analítica en un Laboratorio de Informática. Análisis de su Idoneidad. *Memorias de la VII Conferencia Argentina de Educación Matemática.,* 249-257. Argentina: Sociedad Argentina de Educación Matemática.
- Coll, C., Mauri, T. y Onrubia, J. (2008). Análisis de los usos reales de las TIC en contextos educativos formales: una aproximación sociocultural. *Revista Electrónica de Investigación Educativa,* 10 (1). Recuperado el 09 de diciembre de 2009 de http://redie.uabc.mx/vol10no1/contenido-coll2.html.
- Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (2005). Resolución Nº: 386/05. 24.
- Eisnberg, M. (2007). Mathematical String Sculptures: A case study in Computationally – Enhanced Mathematical Craft. *International Journal of Computers for Mathematical Learning,* 12(2),157-166.
- Gomes Allevato, N. (2007). As Concepcones dos alunos sobre resolucao de problemas ao utilizarem computador no estudo de funcoes. *Revista Paradigma*, 28(1), 131- 156.
- Jonannsen, D. (1995). Computers as Cognitive Tools. Learning with Technology. Not from Technology. *Journal of Computing in Higher Education,* 6, 40-73.
- Litwin, E. (2005). *La tecnología educativa en el debate didáctico contemporáneo*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Hernández Zampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2003). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill.
- Olivero, F. y Robutti, O. (2007). Measuring in Dynamic Geometry. Environments as Tool for Conjecturing and Proving. *International Journal of Computers for Mathematical Learning,* 12(2), 135-156.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2008). *Normas UNESCO sobre Competencias en TIC para Docentes.* Recuperado 03 de marzo de 2010 de http://www.portaleducativo.hn/pdf/Normas_UNESCO_sobre_Competencias_en_TIC_para_Docentes.pdf
- Sierra Bravo, R. (1996). *Tesis Doctorales y Trabajos de Investigación Científica*. Madrid: Paraninfo
- The international Commission on Mathematical Instruction (ICMI) (1998). *Documento de Discusión: "Sobre la Enseñanza y Aprendizaje de Matemáticas en el Nivel Universitario"*.

- Torregosa, G. y Quesada, H. (2007). Coordinación de procesos cognitivos en Geometría. *Revista Latinoamericana de investigación en Matemática Educativa*. 10(2), 275-300.
- Universidad Nacional de Rosario (2007). Proyecto académico ING202: *El rol de las representaciones en el aprendizaje de la matemática básica en carreras donde su carácter se considera instrumental*. (2007-2010). Argentina.