

LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS: EL NUEVO PARADIGMA.

¿ES UNA OPORTUNIDAD DE CAMBIO O UN SIMPLE ENGAÑO?

Agustín de la Villa, Alejandro Lois, Liliana Milevicich Gerardo Rodríguez Sánchez
Universidad Pontificia Comillas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI. Madrid España
Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional General Pacheco Argentina
Escuela Politécnica Superior de Zamora.Universidad de Salamanca España
avilla@dmc.ica.upcomillas.es, alelois@hotmail.com, liliana_milevicich@yahoo.com.ar, gerardo@usal.es

Resumen. Sobre la base de las experiencias de los Grupos de Discusión desarrollados en dos encuentros anteriores (RELME 23 y RELME 24) y en el marco de los Convenios de cooperación entre la Universidad Pontificia Comillas y Universidad de Salamanca de España, por una parte, y la Universidad Tecnológica Nacional, de Argentina, por la otra; en este nuevo encuentro, y en consonancia con los objetivos de la RELME 26 desarrollamos un curso corto que contribuya con el análisis y evaluación: a) del impacto de las nuevas tecnologías en la enseñanza superior, b) de los cambios que se están operando en las universidades, c) de los cambios en la enseñanza superior de la Matemática, d) de la inserción de los recursos tecnológicos en las cátedras.

Palabras clave: TIC – enseñanza superior – matemática – EEES – EIES

Abstract. Based on the experiences of the Discussion Groups developed in two previous meetings (RELME 23 and RELME 24) and in the framework of the cooperation agreements between the Pontificia Comillas University and Salamanca University in Spain, on the one hand, and Tecnológica Nacional University, Argentina, on the other; in this new event, and consistent with the objectives of the RELME 26, we developed a short course to help with the analysis and evaluation about: a) the impact of new technologies in higher education , b) the changes that are taking place in universities, c) the changes in Mathematics higher education, d) the integration of technology resources in the subjects.

Key words: ICT – higher education – mathematics – EEES – EIES

Introducción

El presente trabajo se funda en el Curso Corto desarrollado durante la RELME 26, con el propósito de contribuir con el análisis y evaluación:

- ❖ *del impacto de las nuevas tecnologías en la enseñanza superior,*
- ❖ *de los cambios que se están operando en las universidades,*
- ❖ *de los cambios en la enseñanza superior de la Matemática,*
- ❖ *de la inserción de los recursos tecnológicos en las cátedras.*

El impacto de las nuevas tecnologías

La irrupción de las nuevas tecnologías ha supuesto un cambio muy importante en la labor profesional de docentes e investigadores de todos los niveles educativos. Con independencia de la mayor o menor frecuencia en el uso de los recursos tecnológicos en los diferentes

países, es innegable que la aparición de los ordenadores y su difusión masiva, de los primeros CAS y de los gestores de contenidos, junto con el imparable desarrollo social de Internet, han llenado los diferentes niveles educativos de nuevas palabras que son de uso cotidiano en la actualidad: e-learning, b-learning, acción tutorial on-line, blogs educativos, etc. (UNESCO, 2008; Tünnermann, 2008).

La primera parte del documento estará destinada a revisar de manera breve esta historia y su incidencia en los entornos educativos

Nuevos tiempos en la enseñanza universitaria: ¿Caminamos hacia un espacio mundial de enseñanza superior?

Es evidente que se están operando cambios en la forma de concebir la enseñanza y el aprendizaje en los niveles universitarios (Facundo, 2005). Poco a poco se abre paso la idea de que ya no es posible enseñar en las universidades de la misma forma en que se hacía en la década de los sesenta del siglo pasado. Facundo (2005) cita las modificaciones en la normativa, los contenidos y hasta la metodología de la enseñanza universitaria. Un caso interesante es el modelo español, donde los cambios normativos tras la Declaración de Bolonia y la creación del Espacio Europeo de Enseñanza Superior (EEES), han supuesto un terremoto epistemológico, es decir: *la enseñanza universitaria debe estar centrada en el alumno y debe ser una enseñanza basada en la adquisición de diferentes competencias por parte del alumno*. Las directivas actuales ponen el acento, fuertemente, en cambiar el modo de enseñar: de la enseñanza basada en contenidos donde, por ejemplo, los teoremas, corolarios, etc. era lo más importante, hay que ir a una enseñanza basada en competencias, tanto competencias generales, que deben impregnar todas las materias de una titulación tales como la capacidad para trabajar en grupo, el autoaprendizaje, capacidad de comunicación, etc. como competencias específicas tales como la capacidad de aplicar los conceptos matemáticos a la modelización de problemas de ingeniería (García, García, Rodríguez y de la Villa, 2010).

En mayor o menor medida, estas reflexiones se van imponiendo con diferentes ritmos en los distintos países. Y además, empieza a ser frecuente la tendencia a agrupaciones supranacionales en el ámbito educativo. Con la creación del EEES empieza a hablarse a ambos lados del Atlántico de la conveniencia de crear o no un Espacio Iberoamericano de Educación Superior (EIES) que permita, además, una estrecha colaboración entre los distintos sistemas universitarios (Rodríguez, 2007).

Una segunda parte del curso estará destinada al análisis de estos aspectos: documentos, convenios, normativas y otros elementos que brindan evidencia sobre estos cambios.

Y entonces, ¿qué hacemos con las matemáticas?

La enseñanza de las matemáticas, en particular en las escuelas de ingeniería, no se ha mantenido al margen de todo el proceso comentado anteriormente. En este caso particular, se ha producido un cambio en la selección de contenidos y un cambio metodológico en el que aparecen de manera inevitable nuevos escenarios de aprendizaje. La elaboración de material docente de calidad ha dejado de ser una necesidad como vehículo de la enseñanza presencial para empezar a ser una necesidad en la enseñanza a través de plataformas virtuales (Milevicich y Lois, 2011a). Los alumnos aprenden no sólo en las clases presenciales, sino que la existencia de una potente tecnología educativa, permite la existencia de nuevos escenarios de aprendizaje, trabajando on-line con materiales diseñados de manera personal.

Este nuevo escenario general que, por ejemplo, permite la utilización de los potentes paquetes de cálculo simbólico como herramientas importantes de realización de complejos, tediosos y rutinarios cálculos matemáticos, exige de los profesionales de la educación matemática un análisis profundo de los nuevos retos docentes planteados (Milevicich, 2012)

La tercera parte del trabajo está destinada al análisis del rol docente en el nuevo entorno educativo.

Desarrollo

Desde los tiempos más remotos que registra la historia, las matemáticas han estado presentes. En cuanto el primer homo sapiens tuvo la necesidad de contar, numerar y agrupar los diferentes elementos que constituían su mundo cotidiano, surgió la noción más elemental de las matemáticas.

En las primeras culturas que se desarrollaron sobre la tierra aparecen ya representaciones y sistemas numéricos, conceptos avanzados e instrumentos contables que, con el paso de los siglos, vienen a constituir la base de las matemáticas y de las máquinas más avanzadas de nuestro tiempo.

Pueblos tales como: caldeos, sumerios, babilonios o egipcios utilizaban todos los días números, cuentas, representaciones, procesos matemáticos en sus operaciones más elementales. Los mayas, por ejemplo, inventaron el concepto del cero, principio de un sistema numérico tan complicado y perfecto que les permitió resolver complejísimo problemas matemáticos y astronómicos. Los árabes introdujeron, no sólo el sistema decimal, el más usual de los sistemas numéricos que se utilizan hasta la fecha, sino que aportaron también el álgebra, punto de partida de la trigonometría, el cálculo integral y diferencial y otros tantos procesos matemáticos que constituyen las principales herramientas de los científicos modernos. Los

griegos también hicieron grandes descubrimientos y aportaciones en este campo: el concepto de infinito a partir de la concepción euclidiana que permaneció vigente hasta nuestro siglo.

Muchas de estas nociones, que se remontan hasta los tiempos más lejanos de la historia de la humanidad, siguen siendo para nosotros los puntos de partida para efectuar los cálculos y las operaciones matemáticas necesarias para resolver los problemas de nuestra era. Y a la par de estos conceptos, como un complemento natural, fueron surgiendo las diferentes máquinas contables para llevarlos a la práctica. Conforme la humanidad ha ido progresando, efectuando nuevos descubrimientos científicos, geográficos, astronómicos, obviamente ha surgido la necesidad de producir máquinas cada vez más complejas que registren todas estas operaciones.

Algunos autores (Bashe, Johnson, Palmer y Pugh, 1985) sostienen que el éxito alcanzado por la computadora parece ser el resultado de la labor de muchas personas que han tratado de resolver múltiples problemas en diversos campos. En resumidas cuentas: es la consecuencia natural del desempeño de nuestras actividades diarias.

La información es un elemento de primera importancia en la sociedad moderna, caracterizada por miles de millones de datos, que representan los infinitos aspectos de la realidad técnica, económica y social del mundo de hoy. Para conservar, organizar y utilizar la información, el hombre precisa de instrumentos adecuados como los procesadores electrónicos. En ese sentido, la importancia para el hombre de una nueva tecnología, reside en gran medida en su carga innovativa y en su papel de factor de transformación social.

Lo que se espera es que ese proceso evolutivo siga acelerándose, aumentando la disponibilidad de información en espacios más diminutos y procesándolos a velocidades cada vez mayores.

Conviene puntualizar que el procesador electrónico es simplemente una máquina, pero es una máquina que para el hombre ha significado la liberación de los trabajos repetitivos, y que le permite pensar y crear nuevas ideas para expandir su creatividad y su imaginación. Por medio de una técnica de simulación matemática es posible experimentar y valorar todas las consecuencias de una acción futura; por ejemplo, la decisión del hombre o un evento natural, sin tener que correr el riesgo de enfrentarse en realidad a esas consecuencias.

Se puede, por ejemplo, conocer con anticipación si el agua de un río se desbordará cuando las lluvias rebasen un cierto nivel, la actividad sísmica, las condiciones meteorológicas actuales y predecirlas a futuro, los efectos que se podrían producir en la economía de un país con una modificación de tipo fiscal o prever las reacciones de los consumidores ante un nuevo producto que se acaba de lanzar al mercado.

Para poder resolver estos problemas, es necesario realizar un modelo matemático, es decir, una serie compleja de ecuaciones que puedan construir matemáticamente la conexión entre todos los elementos que constituyen e influyen en el fenómeno que estamos estudiando.

En este nuevo contexto surge, entre otras, la pregunta sobre si *la accesibilidad a la nueva tecnología posibilita la incorporación o no del uso de los CAS dentro de la estrategia docente, y más aún: ¿Cuándo y cómo se han de utilizar los CAS en el aula?*

Las tecnologías digitales han sido vistas como elementos catalizadores del cambio pedagógico, que demanda la construcción de nuevos espacios y oportunidades para el aprendizaje, así como la redefinición de los roles de todos los actores que intervienen en el proceso educativo.

Por otra parte, en el contexto de la educación superior existe una convicción generalizada entre docentes e investigadores sobre las dificultades en ofrecer una buena formación universitaria, ya que supone un cambio en los modelos de enseñanza-aprendizaje, en las metodologías, en las formas e instrumentos de evaluación, en el papel del profesor y del estudiante. Todo ello también implica un cambio en el desarrollo de los materiales de aprendizaje, para lo cual se debiera pautar la organización de los contenidos a partir de una labor de equipo interdisciplinaria (Milevicich y Lois, 2011a).

La sociedad actual requiere que nuestros egresados universitarios no sean sólo expertos en una determinada materia, se pretende que hayan desarrollado múltiples habilidades, a la vez que una serie de características y competencias fundamentales tales como la capacidad de resolver problemas, de trabajar en equipo, las habilidades comunicativas, las habilidades para el aprendizaje autónomo y para la toma de decisiones, etc. (Milevicich y Lois, 2011a).

Numerosas publicaciones, investigaciones, actas de congresos y producciones de otros encuentros abordan la problemática de la alfabetización científica. En particular, en la Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el siglo XXI, auspiciada por la UNESCO y el

Consejo Internacional para la Ciencia, se declaraba:

Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y de la tecnología es un imperativo estratégico. Como parte de esa educación científica y tecnológica, los estudiantes deberían aprender a resolver problemas concretos y a atender a las necesidades de la sociedad, utilizando sus competencias y conocimientos científicos y tecnológicos. (Declaración de Budapest, 1999)

Más aún, frente al cuestionamiento: “¿En qué medida esta mayor atención que se reclama para la tecnología no supone una desviación que perjudica a la formación más ‘propiamente científica’?” (Gil Pérez, 1998, p. 6), se han publicado numerosos documentos que explican que el desarrollo científico resultaría imposible sin las aportaciones de la tecnología, y que, en consecuencia, una mayor atención a la tecnología es un requisito para una educación científica de calidad, capaz de favorecer la adquisición significativa de conocimientos científicos, el interés hacia la ciencia y la toma fundamentada de decisiones en diversos contextos.

En particular nos referiremos al Espacio Iberoamericano del Conocimiento, tal como se definió en la XVI Conferencia Iberoamericana de Educación celebrada en Montevideo en 2006. Allí se definió al Espacio Iberoamericano del Conocimiento (EIC) como un ámbito en el cual promover la integración regional y fortalecer y fomentar las interacciones y la cooperación para la generación, difusión y transferencia de los conocimientos sobre la base de la complementariedad y el beneficio mutuo, de manera tal que ello genere una mejora de la calidad y pertinencia de la educación superior, la investigación científica e innovación que fundamente un desarrollo sostenible de la región.

En proyectos recientes como Tuning (González, Wagenaar y Beneitone, 2004), se ha hecho un especial esfuerzo por emplear el término competencia para expresar lo que deberían lograr los estudiantes al término de su formación universitaria. El mismo se refiere a objetivos a largo plazo que debieran ser observables al término de todo un ciclo de enseñanza mediante un conjunto de habilidades y capacidades que las caractericen.

En ese sentido, el proyecto Tuning busca iniciar un debate cuya meta es identificar e intercambiar información, y, mejorar la colaboración entre las instituciones de educación superior para el desarrollo de la calidad, la efectividad y la transparencia.

Uno de los objetivos principales es el de contribuir al desarrollo de titulaciones fácilmente comparables, desde los perfiles buscados para los egresados en forma articulada y en toda América Latina. En la búsqueda de perspectivas que puedan facilitar la movilidad de los poseedores de títulos universitarios en la región, el proyecto trata de alcanzar un amplio consenso a escala regional sobre la forma de entender los títulos desde el punto de vista de las actividades que los poseedores de dichos títulos serían capaces de desempeñar. De esta forma, el punto de partida del proyecto estaría en la búsqueda de puntos de referencia comunes, centrándose en las competencias y en las destrezas, basadas en el conocimiento. (Rodríguez, 2007)

Llegamos de este modo a la tercera y última de nuestras preguntas iniciales: *¿Qué hacemos con las matemáticas?*

Las decisiones y acciones que implica enseñar matemáticas en las Escuelas de Ingeniería a partir de nuevas necesidades donde, por otra parte, seguimos conservando los viejos problemas (formación inicial de los alumnos, mecanismos de evaluación, etc.) están estrechamente vinculadas a las nuevas herramientas. (Milevicich y Lois, 2011b).

Las TIC son vistas por docentes e investigadores como las herramientas pertinentes para cubrir algunas de las asignaturas pendientes tales como la renovación de los contenidos y del sistema de evaluación. Frente a un currículo tradicional en el que la adquisición de conocimientos sigue siendo preponderante, que además es poco flexible y donde el conocimiento continúa organizado en asignaturas y por grados, las TIC se presentan como un medio eficaz para avanzar hacia una redefinición curricular que busca, sobre todo, proveer de las estrategias de análisis y resolución de problemas indispensables hoy en día para los alumnos.

Las tecnologías digitales exigen y facilitan la emergencia de nuevos sistemas de evaluación (de alumnos, de profesores, del propio sistema) más aptos, más justos y que una estrategia pedagógica para el beneficio del evaluado. Un ejemplo de esto son las evaluaciones formativas de los alumnos que consisten en valoraciones personalizadas, permanentes, con diferentes elementos y con una retroalimentación regular que busca hacer énfasis en el reconocimiento, el mérito, y la identificación de las áreas de oportunidad.

En el aspecto metodológico, es destacable el hecho que las TIC ofrecen nuevas formas de comunicación, colaboración y participación en procesos formativos y que las innovaciones tecnológicas y metodológicas han propiciado también mejoras en las oportunidades que ofrece la educación a distancia, permitiendo que estudiantes con limitaciones temporales o espaciales puedan ahora acceder a cursos y titulaciones a su conveniencia.

El rápido crecimiento de la educación a distancia, es decir: los modelos basados en *e-learning*, *b-learning* y otras variantes de modalidades semipresenciales, se practican en la actualidad a lo largo y ancho del mundo. Estos modelos, diseñados adecuadamente, pueden proporcionar un alto nivel de calidad formativa a la vez que permiten construir entornos de enseñanza-aprendizaje flexibles y sin restricciones de espacio, distancia o tiempo. En ese nuevo contexto, el profesor deja de ser un agente de transmisión de conocimientos y podría asumir el rol de un agente especialista en la materia que diseña el curso, guía y supervisa el proceso formativo de sus estudiantes.

Conclusiones

En relación con el área de la formación matemática las reformas son extensas, no sólo en el ámbito de la educación a distancia sino también en la educación universitaria presencial, y muchos profesores han propuesto y desarrollado estrategias innovadoras basadas en: el apoyo on-line a los estudiantes, el aprendizaje colaborativo, la integración del software matemático en los cursos, y el diseño de nuevos currículos formativos que promuevan la comprensión de los conceptos y sus aplicaciones por parte del estudiante en lugar del aprendizaje de procedimientos de cálculo mecánicos y repetitivos.

En particular, la interacción con el software matemático, tanto en el caso de cursos presenciales como en el caso de cursos *on-line*, puede proporcionar beneficios adicionales a los estudiantes, puesto que esta interacción les permite obtener una mejor comprensión de algunos conceptos, procedimientos y aplicaciones de las mismas. Específicamente, el uso de software matemático facilita:

- ❖ Una mejor comprensión de los conceptos matemáticos mediante la representación gráfica y/o numérica.
- ❖ Una aproximación constructivista al conocimiento matemático mediante los procesos de interacción entre experimentación y simulación.
- ❖ El desarrollo de un espíritu crítico mediante la posibilidad de:
 - a) comparar distintos métodos de resolución de problemas (analítico, geométrico, numérico, etc.)
 - b) realizar análisis más detallados de los resultados.
- ❖ Una reducción del trabajo mecánico: una vez el estudiante ha asimilado los conceptos y el proceso de resolución para casos sencillos, puede utilizar ordenadores para resolver cálculos más complejos, tal y como hará en su carrera profesional futura. En este sentido, los ordenadores permiten ahorrar tiempo que tradicionalmente ha sido empleado en resolver operaciones manualmente.

Este tiempo, a su vez, puede ser empleado en procesos más constructivos, tales como el aprendizaje de un conocimiento más extenso de sus posibles aplicaciones.
- ❖ Una reducción en la distancia que habitualmente separa la teoría de la práctica: el uso de software matemático permite el modelado y solución de problemas reales, donde las condiciones de entorno y los datos pueden ser usados sin necesidad de añadir restricciones simplificadoras.

Además de los beneficios mencionados, en la formación en Matemática encontramos, cada vez más la contribución al desarrollo de *habilidades tecnológicas*. Las habilidades y competencias tecnológicas de un estudiante pueden verse significativamente mejoradas gracias a:

- i) la interacción con el software matemático,
- ii) la comunicación con profesores y otros estudiantes vía *e-mail*, foros o chats, y
- iii) la participación activa en proyectos colaborativos mediante plataformas web tales como Moodle.

Estas experiencias sociales y tecnológicas pueden ser muy valiosas para la futura carrera profesional del estudiante en un mundo globalizado.

Referencias bibliográficas

- Bashe, C., Johnson, L., Palmer, J., Pugh, E. (1985). *History of Computing*. Massachussets: The MIT Press
- Declaración de Budapest. (1999). *Marco general de acción de la declaración de Budapest*. Recuperado en marzo de 2007 de: <http://www.oei.org.co/cts/budapest.dec.htm>
- Facundo, A. (2005). *Antecedentes, situación y perspectivas de la educación superior virtual en América Latina y el Caribe*. Caracas: lesalc/Unesco.
- García, A., García, F., Rodríguez, G., De la Villa, A. (2010). Calculus in one variable: One Spanish overview according EHEA. *15th SEFI MWG Seminar and 8th Workshop GFC Mathematical Education of Engineers, Wismar, Germany*.
- Gil Pérez, D. (1998). El papel de la Educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. *Revista Iberoamericana de Educación, 18*.
- González, J., Wagenaar, R. y Beneitone, P. (2004). Tuning-América latina: Un Proyecto de las universidades. *Revista iberoamericana de educación 35*, pp.151-164.
- Milevicich, L. y Lois, A. (2011a). El aprendizaje de los conceptos matemáticos en entornos virtuales. *VI Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, Salta, Argentina, 14 al 16 de junio de 2011.
- Milevicich, L. y Lois, A. (2011b) Perspectiva de las TIC'S en la educación superior en Iberoamérica. En P. Lestón (Ed), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa 24*, pp. 1170-1178. México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Milevicich, L. (2012). Enseñanza y aprendizaje del Cálculo Integral. Una propuesta para cursos iniciales en la universidad. *Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española*

Rodríguez, G. (2007). Un proyecto europeo para la enseñanza de las matemáticas: el proyecto EVLM. *II Jornadas de Innovación Educativa de la EPS de Zamora*. Zamora.

Tünnermann, C. (2008). *UNESCO. La educación superior en: diez años después de la Conferencia Mundial de 1998*. Cali: lesalc-Unesco.

UNESCO. (2008). *Estándares de competencias en TIC para docentes*. Recuperado el 20 de julio de 2008 de <http://cst.unesco-ci.org/sites/projects/cst/default.aspx>