

UNA PROPUESTA DE TRABAJO COLABORATIVO CON LIBRE ELECCIÓN DE TIC EN EL AULA DE MATEMÁTICA

Patricia C6, M6nica del Sastre y Erica Panella

Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Exactas, Ingenieria y Agrimensura.

Argentina

co@fceia.unr.edu.ar, delsas@fceia.unr.edu.ar, panella@fceia.unr.edu.ar

Resumen. Asistimos a una aut6ntica revoluci3n en relaci3n al acceso a la tecnologa y consecuentemente se nos impone una inminente reconceptualizaci3n de los diseos curriculares actuales. Los docentes universitarios enfrentamos el desafio de poder incorporar las Tecnologas de la Informaci3n y Comunicaci3n como herramientas cognitivas promoviendo en nuestros alumnos un aprendizaje colaborativo que favorezca la construcci3n del conocimiento. De este modo decidimos llevar cabo una experiencia innovadora en un curso de An6lisis Matem6tico II de la carrera de Ingenieria Mec6nica (Facultad de Ciencias Exactas, Ingenieria y Agrimensura, Argentina), en la que los estudiantes, para desarrollar las actividades propuestas, pudieron elegir cualquier recurso tecnol3gico disponible. En este trabajo describimos tal experiencia y reflexionamos sobre la misma desde un enfoque socioepistemol3gico con prospectiva al diseo de materiales did6cticos y con base en la idea de propiciar un aprendizaje aut3nomo y colaborativo en entornos virtuales.

Palabras clave: Reconceptualizaci3n. Recursos inform6ticos. Aprendizaje colaborativo

Abstract. An authentic revolution is taking place in relation to technology's access and as a result an imminent reconceptualization of the current curriculum designs is essential. University teachers face the challenge of being able to incorporate Information and Communication Technologies as cognitive tools promoting a collaborative learning that enables knowledge construction. We have carried on an innovative experience within a Calculus course in a Mechanical Engineering career (Facultad de Ciencias Exactas, Ingenieria y Agrimensura, Argentina), in which the students could choose any available technological resources to deal with the proposed activities. In this work we describe this experience from a socio-epistemologic perspective with foresight to the didactic materials design. The experience was based on the idea of promoting autonomous and collaborative learning in virtual environments.

Key words: Re-conceptualization. Computer resources. Collaborative learning

Introducci3n .

Estamos asistiendo en nuestros d6as a una aut6ntica revoluci3n en todo lo relativo al acceso a la tecnologa. El hecho de estar conectados en cualquier lugar y a cualquier hora, ha posibilitado el desarrollo de much6simas aplicaciones que ofrecen d6a a d6a m6s potencialidades, resultando cada vez m6s familiares t6rminos como sincronizaci3n, portabilidad, nube, geolocalizaci3n. Muchas empresas optaron r6pidamente por el cambio desarrollando sistemas operativos para todo tipo de dispositivos y nuevas plataformas para la b6squeda y descarga de todas esas aplicaciones. Tambi6n se crean continuamente nuevos sitios que permiten, entre otras cosas, instalarlas y actualizarlas.

Esta cambiante perspectiva nos lleva a una inminente reconceptualizaci3n de los diseos curriculares actuales, implementados en su mayoria en un contexto de educaci3n formal, presencial y fuertemente centrada en el aprendizaje de contenidos disciplinares. En este marco las instituciones educativas, particularmente las universidades, han mostrado un progresivo inter6s en

la incorporación de la tecnología al currículum.

Uno de los principales desafíos que enfrentamos los docentes de Matemática Básica en las Carreras de Ingeniería (en realidad de cualquier asignatura universitaria) está vinculado con las formas de incorporar a nuestras prácticas las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como herramientas cognitivas, promoviendo en los alumnos un aprendizaje colaborativo que favorezca la construcción del conocimiento.

Desde hace algunos años integramos distintos grupos de investigación de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (UNR) y actualmente participamos del proyecto denominado: “Análisis Socioepistemológico de los contenidos del Cálculo en carreras de Ingeniería. Un puente entre la investigación y el aula”, bajo la dirección de la Dra. Beatriz Introcaso. En todo este tiempo hemos llevado a cabo múltiples experiencias relacionadas con la implementación de las TIC en el aula, y en particular con el uso de software matemáticos (Có, del Sastre y Panella, 2009, 2011a, 2011b). Lamentablemente, salvo en casos aislados no se llegó a resultados totalmente satisfactorios. Algunos de los inconvenientes detectados estuvieron asociados a: insuficiencia de recursos, inadecuación de infraestructura, fallas en la conectividad y escasa participación e interés de los docentes.

Con la intención de superar tales inconvenientes e influenciadas por las afirmaciones de Coll (2004) repensamos la inclusión de las TIC en nuestras aulas, a sabiendas de que en educación las *recetas* no son adaptables a cualquier contexto. Todo por el contrario, consideramos que así como debemos planificar cuidadosamente nuestras prácticas intentando dotar de significatividad a las construcciones matemáticas que se llevan a cabo en el aula, también debemos hacerlo atendiendo al saber cultural de nuestros alumnos para lograr un rediseño efectivo de nuestras prácticas.

Así surgió la idea de realizar una experiencia innovadora en un curso de Análisis Matemático II de Ingeniería Mecánica, en la que los estudiantes, para desarrollar cada una de las actividades propuestas, pudiesen elegir cualquier recurso tecnológico disponible como por ejemplo: software matemático libre o propietario, plataforma educativa virtual, servicio de alojamiento de archivos en la nube, redes sociales, netbooks, tabletas, teléfonos celulares, proyector.

En este trabajo describimos tal experiencia y reflexionamos sobre la misma desde un enfoque socioepistemológico (Cantoral y Farfán, 2003) con perspectiva al diseño de materiales didácticos y con base en la idea de favorecer un aprendizaje tanto autónomo como colaborativo en entornos virtuales (Díaz Barriga y Morales Ramírez, 2009).

El aprendizaje colaborativo y los recursos informáticos

El aprendizaje colaborativo se basa en el enfoque constructivista que sostiene que el conocimiento es aprehendido por los propios sujetos para transformarlo en conceptos con los que ellos pueden relacionarse y reconstruirlo a medida que avanzan en nuevas experiencias. Más allá de esta instancia individual de análisis, conceptualización y apropiación, el aprendizaje es entendido como un proceso social de construcción del conocimiento, en el que se evidencia la necesidad de compartir conocimiento para lograr una meta que trascienda las posibilidades individuales. De este modo, una de las principales características del aprendizaje colaborativo es la *interacción*, ya que posibilita la construcción activa y conjunta de significados.

Vygotsky (1979), plantea que la génesis de todos los procesos mentales hay que buscarla en la interacción de los seres humanos con los demás, como lo expresa en su conocida ley de la doble formación en los procesos de desarrollo. Esto quiere decir que para este autor en el proceso de desarrollo cultural del individuo, toda función aparece dos veces, primero a nivel social y más tarde, a nivel individual; primero entre personas (interpsicológico) y después, en el interior del propio individuo (intrapsicológico).

Según Lakala, Rahikainen y Hakkarainen (2001, citado en Díaz Barriga y Morales Ramírez, 2009) el aprendizaje colaborativo se concibe como un proceso donde interactúan dos o más sujetos para construir aprendizaje, a través de la discusión, reflexión y toma de decisiones; los recursos informáticos actúan como mediadores psicológicos, eliminando las barreras espacio-tiempo. Se busca no sólo que los participantes compartan información, sino que trabajen con documentos conjuntos, participen en proyectos de interés común, y se facilite la solución de problemas y la toma de decisiones.

La Socioepistemología y el empoderamiento docente

Dentro de la Matemática Educativa (disciplina surgida en México en la década de los '70s), se distinguen distintas corrientes de investigación cuya diferencia principal es la manera de entender y atender al conocimiento matemático según la posición epistemológica respecto a él. Una de esas corrientes es iniciada por el Dr. Ricardo Cantoral y se plasma como Teoría Socioepistemológica hacia fines de los '80s. Esta teoría sostiene que la construcción del conocimiento se basa en las prácticas sociales y que el tipo de racionalidad con la cual un individuo o grupo -como miembro de una cultura- construye conocimiento quedará determinado por el contexto. Al ser significado y puesto en uso el conocimiento se afirma como un saber y su validez competereá al individuo o al grupo, ya que de ellos surgió su construcción y sus respectivas argumentaciones. Con el transcurrir de la vida del individuo o grupo y su interacción con diferentes contextos, se

resignificarán esos saberes enriqueciéndolos con nuevos significados.

En este marco, Reyes (2011) define al proceso de empoderamiento docente como aquél que le permite al docente adueñarse del saber que enseña, problematizándolo, favoreciéndose de este modo tanto la innovación a la hora de diseñar e implementar situaciones de aprendizaje como la generación de cuestionamientos, debates y reflexiones con sus alumnos que hagan emerger los distintos significados del saber matemático.

Creemos que el empoderamiento del docente induce empoderamiento de los estudiantes, resultando una relación dialéctica en la que ambos empoderamientos se afianzan y fortalecen mutuamente.

Los elementos fundamentales que permiten describir un proceso de empoderamiento, según Montero (2006) son la *participación*, referida a la acción desarrollada por los miembros de la comunidad en función de objetivos definidos colectivamente; la *conciencia*, que implica desarrollo de la crítica; la *autogestión*, expresada en la autonomía de las acciones y en la toma de decisiones concernientes a la comunidad, y el *compromiso*, que concierne al sentimiento ético de apego y obligación para con la comunidad, que lleva a involucrarse en acciones colectivas que pueden producir beneficios para todos. Se desarrolla entonces una identidad social, en este caso comunitaria.

El uso de la tecnología aparece hoy como una de las prácticas sociales inherentes a casi todas las actividades humanas, y es reconocido como fomentador de conductas participativas, de autogestión y de compromiso con actividades colectivas. Consideramos entonces a la experiencia descrita en este trabajo inmersa en un fenómeno didáctico de naturaleza social, en el cual los eslabones principales son el saber matemático puesto en juego y las interacciones efectuadas entre los actores del sistema didáctico en pos de un empoderamiento compartido. Por eso es que concebimos a la Socioepistemología como la disciplina desde la cual posicionarnos para llevar a cabo nuestra tarea.

Las TIC en el contexto educativo actual

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).

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.

En diversos estudios conducidos en el contexto de la educación mexicana e iberoamericana (ver al respecto Coll, 2007; Rueda, Quintana y Martínez, 2003, Soto y González, 2003, citados por Díaz Barriga y Morales Ramírez, 2009) los investigadores concluyen que los usos más frecuentes de las TIC en las aulas, tanto por profesores como por alumnos, tienen que ver más con la búsqueda y procesamiento de la información que con la construcción del conocimiento o la colaboración. El uso se enfoca habitualmente en el trabajo personal (búsquedas de información en Internet, utilización del procesador de textos, preparación de las clases y realización de tareas), menos frecuentemente en el apoyo a la labor docente en el aula (presentaciones, simulaciones, utilización de software educativo, etc.) y rara vez en la comunicación y el trabajo colaborativo entre los alumnos.

Resultados de experiencias propias a través de varios años de investigación sobre temas relacionados con las TIC y con el uso de software matemáticos, corroboran, en nuestro contexto educativo, las conclusiones arriba mencionadas. En Córcoles et al. (2011b), exhibimos un análisis de las respuestas dadas por profesores a un cuestionario mixto (de acuerdo al tipo de preguntas que se plantean) elaborado para caracterizar la relación entre su valoración del impacto del uso de los software matemáticos en el aprendizaje y la implicancia en su práctica docente. El cuestionario fue dirigido a los docentes de las asignaturas de Matemática de las carreras de Ingeniería que se dictan en la FCEIA, y fue contestado por el 59% de los profesores que integran el Departamento de Matemática de la Escuela de Formación Básica. Los resultados se analizaron categorizando la valoración del impacto que los docentes hacen del uso de software matemáticos en relación a su formación, al aprendizaje de los estudiantes y a la práctica docente. En ese trabajo destacamos que los docentes expresaron una valoración positiva de este impacto y sin embargo, según pudimos verificar, en general esa valoración no se reflejaba en el diseño e implementación de propuestas didácticas pertinentes.

Nuestra propuesta

Como ya dijimos, al tratar de incorporar las TIC a nuestras clases encontramos numerosos

escollos. Tratando de superarlos y tomando como referente las premisas del abordaje socioepistemológico, pensamos una actividad de enseñanza dirigida a alumnos del primer año de la carrera Ingeniería Mecánica que se encontraban cursando Análisis Matemático II, asignatura correspondiente al segundo cuatrimestre.

La misma consistió en proponerles la realización de un trabajo grupal sobre un tema específico que consideramos relevante: *Aplicaciones de derivadas parciales en Ingeniería Mecánica*, alentando la utilización de cualquier recurso tecnológico.

Para asegurar la posibilidad de su implementación realizamos un relevamiento de la tecnología disponible en el aula, encontrando: cañón y notebook facilitados por la cátedra, conexión a Internet suministrada por la Facultad y recursos diversos (netbooks, notebooks, tabletas, teléfonos celulares y graficadoras) propios de los estudiantes.

Se buscó principalmente que la tarea a realizar fomentara la comprensión de problemas propios de la especialidad, tratados tradicionalmente en forma teórica y que alentara a los alumnos a buscar situaciones que les plantearan el reto de la incertidumbre o el conflicto.

También, al propiciar el uso libre de TIC, nos propusimos que:

- ❖ se constituyera en un complemento viable para la educación presencial.
- ❖ el aprendizaje se basara en el razonamiento y la discusión grupal, y no en la memorización y repetición.
- ❖ ese entorno de aprendizaje generara en los alumnos la necesidad de asumir un rol activo para seleccionar y organizar la información disponible, favoreciendo el desarrollo del espíritu crítico.
- ❖ los alumnos tuvieran diversidad de buenos recursos para interactuar con situaciones reales o representaciones de las mismas (por ejemplo simulaciones) optimizando la asimilación de conocimientos y la internalización de prácticas.
- ❖ el rol de expositor en la clase dejara de ser exclusividad del profesor para pasar a ser un lugar compartido por todos.
- ❖ cada alumno tuviese la oportunidad de autogestionar su aprendizaje transitando por una experiencia distinta (definida por sus elecciones) a la del resto de sus compañeros.

Durante aproximadamente quince días los alumnos trabajaron en el tema y prepararon su presentación grupal para ser exhibida en la última semana del ciclo lectivo. Utilizaron los recursos tecnológicos que les resultaron más familiares, más sencillos o más accesibles: plataforma virtual,

redes sociales, correo electrónico, software matemático en computadoras y/o celulares (Máxima, Matlab, Maple, Mathway, Calculus Tools, Mathlab Graphing Calculator, entre otros).

Algunas de sus producciones se refirieron a:

- ❖ *Ingeniería en Sonido. Aplicaciones de las derivadas en la acústica y electroacústica.*
- ❖ *Búsqueda del menor costo de maquinado por medio de la optimización de la duración del filo de herramientas con plaquitas de metal duro recubiertas.*
- ❖ *Estimación del divergente de fluido en un tanque de combustible de un automóvil.*
- ❖ *Condiciones para mejorar el número de Sommerfeld en el diseño de cojinetes de ejes.*
- ❖ *Resistencia aerodinámica. Conjunto ciclista-bicicleta.*
- ❖ *Cálculo de la variación aproximada del volumen de un gas necesario para producir la misma variación en la presión.*
- ❖ *Cálculo del incremento aproximado del volumen de un pistón cilíndrico circular recto cuando cambia su altura y su radio.*

A continuación narramos brevemente el desarrollo de la primera presentación:

Los alumnos comenzaron mostrando algunas aplicaciones de la Ingeniería en sonido (grabación y producción de música, medicina, seguridad industrial, estudio de materiales) y destacaron la importancia de la Matemática, particularmente de las derivadas, utilizada como recurso para plantear y resolver distintas cuestiones. Luego plantearon el problema de la captura de sonido, que varía según el principio físico que se utilice para transformarlo en ondas electromagnéticas. Se enfocaron en diferentes patrones de captura de sonido a través de micrófonos (cardiodes, supercardiodes, omnidireccionales) y mostraron la relación entre ellos y las sinusoides, a través de la comparación entre diagramas de los patrones y las gráficas en coordenadas polares de las funciones sinusoidales.

Posteriormente analizaron un problema típico de la Ingeniería en sonido y la Arquitectura, referente a las propiedades físicas del ambiente en el cual se realiza la grabación de un sonido determinado. Debido a una gran cantidad de fenómenos físicos complejos, como la reflexión, la interferencia y la reverberancia de ondas, resulta necesario conocer con qué intensidad se percibe un sonido de una frecuencia determinada a lo largo del tiempo en un lugar específico. Modelizaron matemáticamente la situación a través de una función en dos variables que relaciona la frecuencia de la onda sonora con el tiempo y la intensidad del sonido. Interesa el estudio de la gráfica de esta función y de sus curvas de nivel (que representan las frecuencias sonoras de igual intensidad en un

tiempo dado), como así también el vector gradiente que en este caso proporciona información de la dirección donde se manifiestan las mayores irregularidades en la percepción de los diversos sonidos.

Algunos de los recursos utilizados por este grupo de alumnos (citados textualmente de su informe):

- ❖ Páginas de Internet: http://hofa-akustik.de/pages/startseite_eng/messungen_eng.php (realiza gráficas que muestran las grabaciones de sonidos en ambientes con y sin acústica).

www.behringer.com, www.neumann.com, www.shure.com, www.charteroakacoustics.com (brinda información sobre los patrones de captura de distintos micrófonos).
http://www.neumann.com/?lang=en&id=current_microphones&cid=u87_data, http://www.neumann.com/zoom.php?zoomimg=./assets/diagrams/u87ai_diagrams.htm&zoomlabel=Diagram&w=878&h=295 (ficha técnica de micrófono Neumann y sus patrones de captura).
<http://www.presonus.com/products/Virtual-StudioLive/Smaart-M> (mediciones de acústica).

- ❖ Graficador online: footplot (www.fooplots.com), software matemático: Maple.
- ❖ Edición de imágenes: Paint y Photoshop 6.0.
- ❖ Libros: Modern Recording Techniques, séptima edición, de Miles, H. y Runstein, R. "Recording Tips for Engineers", de Tim Crich.
- ❖ Correo electrónico y Facebook para comunicarse con los docentes y con sus compañeros de grupo. Cañón para la presentación del trabajo.

Reflexiones finales

Esta experiencia nos brindó la posibilidad de reconsiderar el rol de las propuestas de enseñanza para fundamentar el diseño de materiales teniendo en cuenta un aprendizaje autónomo y colaborativo con miras a construir conocimiento apoyándonos en la tecnología.

Pudimos observar que actividades como ésta, en la que se propicia el uso de recursos tecnológicos, produce un “empoderamiento del alumno” en una dimensión tecnológica conocida más por ellos que por nosotros los profesores. Precisamente se trata de aprovechar esta situación concebida como un proceso comunitario en el cual es el empoderamiento de los estudiantes el que induce el empoderamiento de los docentes.

Creemos que en el futuro las propuestas de enseñanza deben promover ambientes de aprendizaje flexibles, fomentando la participación activa de todos los actores involucrados, favoreciendo el cambio de roles e identidades mediados por la tecnología.

Consideramos que nuestra propuesta se ajustó a estos requerimientos en el sentido de haber propiciado un entorno de aprendizaje en el que el uso de TIC ayudó a complementar la educación presencial en el escenario y las condiciones institucionales actuales. Más aún, no sólo vimos a un alumno usando y haciendo matemática con TIC, sino también gestionando su propio aprendizaje, interactuando con situaciones reales o simuladas y comprometido en la adquisición de saberes y habilidades propios de la comunidad profesional a la que se pretende integrar.

Referencias bibliográficas

- Cantoral, R. y Farfán, R. (2003). Matemática Educativa: Una visión de su evolución. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*. 16. 27-40.
- Có, P., del Sastre, M. y Panella, E. (2009). Visualización y TIC en la enseñanza universitaria de la Geometría Analítica. En *XV Encuentro Nacional y VII Internacional de Educación Matemática en carreras de Ingeniería*. Tucumán, Argentina
- Có, P.; del Sastre, M. y Panella, E. (2011a). *Representaciones con CAS. Un puente hacia la aprehensión conceptual*. Ponencia presentada en International Program Committee of XIII Inter American Conference on Mathematics, Recife, Brasil. Recuperado de <http://www.cimm.ucr.ac.cr/ocs/files/conferences/1/schedConfs/1/papers/669/supp/669-760-1-SP.pdf>.
- Có, P., del Sastre, M., Panella, E. y Sadagorsky, A. (2011b). Valoración del impacto de los software matemáticos en el aprendizaje y la enseñanza de la matemática básica en carreras de Ingeniería. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*. 24. 1134-1141.
- Coll, C. (2004). Psicología de la educación y prácticas educativas mediadas por las tecnologías de la información y la comunicación: una mirada constructivista. *Sinéctica*. 25. 1-24.
- 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 de <http://redie.uabc.mx/vol10no1/contenido-coll2.html>.
- Díaz Barriga, F. y Morales Ramírez, L. (2009). Aprendizaje colaborativo en entornos virtuales: un modelo de diseño instruccional para la formación profesional continua. *Tecnología y Comunicación Educativas*, 22-23(47-48), 4-25.
- Montero, M. (2006). *Teoría y práctica de la psicología comunitaria. La tensión entre comunidad y sociedad* (3era ed.). Buenos Aires: Paidós.
- Reyes, D. (2011). Empoderamiento docente desde una visión Socioepistemológica: Estudio de los

factores de cambio en las prácticas del profesor de matemáticas. *Tesis de Maestría*, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, D.F., México:
www.matedu.cicata.ipn.mx/tesis/maestria/reyes_2011.pdf

Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.