

## UNA PROPUESTA GENERADORA DE APRENDIZAJE AUTÓNOMO

Mabel Medina, Héctor Rubio Scola, H. Mercedes Anido  
FCEIA, CIUNR, FCEE, Universidad Nacional de Rosario. (Argentina)  
[erubio@fceia.unr.edu.ar](mailto:erubio@fceia.unr.edu.ar)

Campo de investigación: estudios socioculturales. Nivel educativo: superior  
Palabras clave: materiales curriculares, scilab, aprendizaje autónomo

### Resumen

En este trabajo se describen las motivaciones que llevaron al inicio de una experiencia de enseñanza en proceso de evaluación implementada en cursos de Análisis Matemático de las carreras Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y de la Universidad Nacional de Rosario (UNR). Se proponen algunos temas para trabajos prácticos en computadora con el software libre Scilab que los alumnos logran realizar exitosamente a través del material didáctico generado por los docentes y de los conceptos teóricos desarrollados en clase. Para su ejecución se contó con las computadoras de los alumnos y su conexión a Internet. El material didáctico generado fue una guía “paso a paso” donde se transmite la filosofía del software lo que permite luego la exploración del mismo por el alumno. Lo más importante en esta experiencia es el inicio de una formación en el aprendizaje autónomo, desde una propuesta de trabajo que no necesita de la infraestructura de un laboratorio de la universidad con capacidad para cientos de alumnos.

### Introducción

La tecnología computacional ha hecho que las matemáticas se conviertan en una ciencia más empírica y esa misma tecnología le ha permitido al estudiante trabajar más fácilmente con una gran cantidad de información relacionada con problemas que no habría podido resolver de otra manera (Kilpatrick, 1995). A pesar de los años transcurridos, esta afirmación de Kilpatrick aún no se ha hecho realidad en algunas asignaturas de la Matemática Básica del nivel universitario por distintas razones. En una encuesta realizada a más 100 docentes que han participado en cursos de formación en el tema, se revela entre otras causas que retrasan la incorporación de las nuevas tecnologías, el “temor” de los docentes a afrontar una nueva situación áulica. Este temor se genera por los imprevistos que pueden presentar los distintos programas computacionales y la inseguridad que sienten algunos docentes por carencias de formación en el tema en su carrera de grado profesional, no obstante sus esfuerzos de actualización. Pese a estas reticencias, existe ya tanta literatura en Educación Matemática con aportes positivos en cuanto al rol estimulador y facilitador de una utilización adecuada de las herramientas computacionales en el aprendizaje, que se impone la necesidad de nuevas estrategias que superen los obstáculos expuestos. Una de ellas sería la utilización de las herramientas computacionales en un esquema de enseñanza semipresencial, en el que la distancia actuaría como “mediador tranquilizante” de la ansiedad del docente, siendo lo realmente esencial que es contribuir a la formación en un aprendizaje autónomo e incluso colaborativo cuando se aceptan producciones grupales. En esta línea de trabajo se inscriben las experiencias realizadas en cursos de Análisis Matemático II de la carrera Ingeniería en Sistemas de la UTN y en la Facultad de Ingeniería de la UNR. En estos cursos se proponen trabajos prácticos en computadora con el software libre Scilab en un contexto de heurística, abierto a la exploración del software por el alumno, a la producción colaborativa y al aprendizaje autónomo.

### El problema de investigación

En el Documento de Discusión sobre la Enseñanza y Aprendizaje de Matemáticas en el Nivel Universitario propuesto por: “The International Commission on Mathematical Instruction” (ICMI-

1998) (\*) en relación al tema de este trabajo se recomienda: “considerar formas de mejorar la preparación de los docentes de matemáticas de nivel universitario” para lo que formula una serie de preguntas para investigación.

En este trabajo tratamos sólo de enfocar la siguiente cuestión planteada ¿Deberían darse 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?

## **Marco teórico y objetivos**

A fines de la década del 80 comienzan a aparecer distintos programas computacionales que operan numérica, simbólica y gráficamente como formidables herramientas matemáticas del matemático. Esas herramientas actualmente de uso generalizado por los matemáticos o los que aplican la Matemática, tales como Mathematica, MatLab, Scilab, MAPLE, Derive, etc.; se pueden considerar como calculadoras numéricas, simbólicas y gráficas, no requieren conocimientos de programación y se la designa herramientas CAS (Computer Algebra System). Con relación a estos problemas y con una visión precursora, en la U N R, se trabaja desde 1992 en lo que ya se ha consolidado como una “investigación evaluativa” (Cook-Reichardt, 1995) de experiencias innovadoras, respecto a la clase expositiva tradicional. El común denominador de todas ellas ha sido la utilización de dichas herramientas CAS en la enseñanza de la Matemática. Estas investigaciones han surgido en cátedras autónomas por la comunidad de intereses de docentes, participantes de un proyecto que estudia la potencialidad de esa herramienta computacional para la enseñanza de la llamada Matemática Básica en el nivel universitario. Las unidades didácticas son concebidas como conjunto integrado, organizado y secuenciado de los elementos básicos que integran el proceso de enseñanza-aprendizaje, Los propios docentes toman parte directa en la producción de materiales.

Wittman (1995) propone “experimentos clínicos de enseñanza” en los que los materiales didácticos no sólo son instrumentos, sino objetivo de estudio. Llama “corazón” de la educación matemática a una variedad de componentes que incluyen en particular el desarrollo y evaluación de unidades de enseñanza. La Educación Matemática, según el mismo autor, es asignada a la larga clase de las llamadas ciencias de diseño. Históricamente y tradicionalmente ha sido tarea de las escuelas de ingeniería enseñar sobre cosas artificiales, como hacer artefactos que tengan propiedades deseadas y como enseñarlas. El diseño para la construcción, es el corazón de entrenamiento profesional y la principal marca que distingue las profesiones de las ciencias, así también las escuelas de arquitectura, negocio, educación, leyes y medicina, conciernen con procesos de diseño.

En la opinión de Wittmann, el marco de una ciencia de diseño abre a la educación matemática una prometedora perspectiva para el completo cumplimiento de sus objetivos. El marco que soporta la posición descripta para el corazón de la educación matemática se concentra en la construcción de “objetos artificiales” llamados unidades de enseñanza, conjunto de coherentes unidades de enseñanza y el curriculum, así como también la investigación de sus posibles defectos en diferentes “ecologías” educacionales. En la realidad la calidad de esas construcciones depende de la fantasía constructiva de base, del ingenio de los diseñadores y de la evaluación sistemática, ambos típicos de la ciencia de diseño. Los intentos de organizar la Educación Matemática usando disciplinas relacionadas como modelo (como ocurre en la enseñanza universitaria en los que muchas veces se

---

\* El propósito de este Documento de Discusión es destacar importantes temas relacionados con el estudio de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas de nivel universitario, y estimular la discusión e investigación de estos tópicos. Las publicaciones relacionadas con este estudio tendrán muy posiblemente una influencia positiva en la comprensión y práctica de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en el nivel universitario en estos primeros años del siglo XXI.

identifica el desarrollo de un tema de enseñanza con el desarrollo matemático del tema) pierde el objeto porque subvaloran la importancia del diseño creativo para innovaciones conceptuales y prácticas.

El conocimiento no es visto ya como el resultado de la transmisión de un docente a un estudiante pasivo, más bien es concebido como el logro productivo del estudiante que aprende en interacción social con otros estudiantes y el docente. No obstante los materiales desarrollados por educadores matemáticos deben ser construidos tanto como el conocimiento y permitir esta aproximación interactiva. En particular los materiales desarrollados deben proveer a docente y estudiantes, libertad para hacer elecciones por si mismos.

Siguiendo a Wittman (1995) coincidimos en que el desarrollo de la educación matemática como una ciencia de diseño implica como encontrar maneras de cómo diseñar, por un lado una investigación empírica y por otro lado como relacionarlas con otras. Wittman propone una aproximación específica a la investigación empírica y la llama “Investigación Empírica Centrada Alrededor de Unidades de Enseñanza”. Estas deben ser caracterizadas por las siguientes propiedades: representar objetivos centrales, contenidos y principios de la enseñanza de la matemática; proveer una rica fuente de actividades matemáticas; envolver aspectos matemáticos, psicológicos y pedagógicos de la enseñanza y el aprendizaje en una forma holística y, además, ofrecer un amplio potencial para la investigación empírica.

Así, una unidad de enseñanza es esencialmente abierta. Sólo los problemas clave son fijos. Durante cada episodio, el docente tiene que seguir la idea del estudiante en un intento de resolver los problemas. Este rol del profesor es completamente diferente del punto de vista tradicional. Enseñar una unidad sustancial es básicamente análoga a la conducción de una entrevista clínica durante la cual sólo las cuestiones claves están definidas y el trabajo del entrevistador es seguir el pensamiento del entrevistado.

Consideramos como supuesto básico del que parte nuestro trabajo la afirmación de Peltier (1993):”La secuencia de actividades y problemas que se proponen como material didáctico desde un contexto matemático, a partir de una situación didáctica fundamental, permitirán al investigador, seguir las ideas del estudiante en las situaciones donde el conocimiento interviene como instrumento explícito de resolución, o en su descontextualización y relación con conocimientos anteriores”.

De esta hipótesis se deriva naturalmente como objetivo: desarrollar materiales didácticos y experimentar su utilización, con un criterio específico, en función de un proyecto educativo y con un marco teórico que justifique las decisiones en el momento de analizar y evaluar dichos materiales.

## **Metodología**

La estrategia pedagógica aplicada tanto en la relación áulica como semipresencial se sustenta en las ideas que diversos educadores introdujeron en las últimas décadas, a saber:

- la concepción del educando como sujeto activo de los procesos educativos.
- la concepción de la relación interactiva y dialógica entre el educador y el educando cuyo resultado es el cambio de actitudes, comportamiento y grado de conocimiento de ambos sujetos, sin que ello implique la pérdida de sus identidades y roles específicos.
- la valoración de la importancia de la motivación y la experiencia vivencial para obtener aprendizajes significativos y perdurables.

- la valoración de la relevancia de la interacción entre los aspectos cognitivos, psicomotrices y afectivos que intervienen en los procesos de aprendizaje.

En esa concepción educativa describimos la metodología de trabajo y las opiniones de los alumnos. La metodología del trabajo áulico consiste en desarrollar la teoría, ya sea de integrales definidas o de varias variables, luego se brinda una explicación general del trabajo práctico y se entrega el material didáctico.

El material didáctico es una unidad teórico-práctica donde se reiteran conceptos teóricos, se instruye cómo obtener el software, se brindan pautas sobre la utilización del mismo y se formulan algunas preguntas que faciliten la resolución de un problema. Se solicita al alumno la realización de otros problemas y la redacción de un informe. Se transmite la filosofía del software y se posibilita la exploración del mismo. Por ejemplo, las etapas en el caso particular de la graficación en varias variables son: a) Obtención del software (Scilab). b) Exploración de las capacidades gráficas. c) Cómo graficar una función de dos variables. d) Cómo graficar otras superficies. e) Realización de un informe.

En la realización del informe se les solicita a los alumnos una conclusión de tipo técnico, por un lado y por otro que manifestaran las ventajas y dificultades respecto de la metodología del trabajo.

Para la obtención del software tienen dos opciones: lo bajan de Internet (se les da las indicaciones para ello) o compran un CD con software libre provisto por el laboratorio de informática de la FCEIA UNR. Con estas dos opciones pueden trabajar en sus casas o en un ciber café. Una tercera opción es trabajar en el laboratorio de la Facultad para alumnos, en el cual disponen de horarios donde los alumnos pueden hacer los trabajos prácticos. Las tres modalidades son utilizadas por los grupos de alumnos.

En ninguna de estas modalidades tienen un docente cerca para consultar, sin embargo la gran mayoría puede realizar exitosamente el trabajo. Se les ofrece consulta una vez por semana frente a la computadora PC, la cual es raramente solicitada. Las consultas se resuelven normalmente en clase con papel y lápiz. Manifiestan en sus informes que esto fue posible debido a la claridad del material didáctico confeccionado. Es de destacar la independencia con la que actuaron los alumnos, no presentando ningún inconveniente en la obtención e implementación del software.

### **Análisis de contenido de los informes**

Se han recogido y analizado las opiniones de los alumnos expresadas en sus informes en los que, entre otras preguntas, se solicitaba que expresasen las ventajas o desventajas de utilización del software en la resolución de problemas.

Manifiestan haber encontrado por propia exploración más funciones del software que las solicitadas, por ejemplo animaciones de soluciones de ecuaciones diferenciales (en el caso específico de movimiento de un péndulo) y otras funciones como las referidas a la parte de Estadística.

Transcribimos algunas de las expresiones enunciadas por los alumnos en sus informes muchos de los cuales tenían ya experiencia acumulada en el manejo software de otros tipos de software no matemático:

“El programa es sencillo y bastante completo, muestra en detalle las gráficas definidas”

“Tiene una gran variedad de funciones y aplicaciones que, con ayuda del paso a paso brindado por la profesora y el incorporado en el programa, se pueden aplicar sin problemas”.

“Para descargar el software no tuvimos ningún inconveniente. Tampoco para instalarlo”.

“Es un programa que ocupa poco espacio en disco y que no requiere demasiados recursos de máquina para su ejecución, puede considerarse como un atractivo software destinado a fines matemáticos”.

“La posibilidad de hacer ‘zoom’ y rotaciones es muy rápida y sencilla, lo que hace del manejo de las gráficas algo realmente simple en comparación con otros softwares existentes. Se puede mover la figura, para visualizar todas las aristas y partes ocultas”

“La capacidad de exportar de manera fácil y rápida los gráficos en distintos formatos para su posterior manipulación es realmente uno de los puntos fuertes del programa a la hora de compararlo con otros existentes en el mercado”.

“Debido a la forma de trabajo del software, es sencillo repetir sentencias previamente ingresadas y luego hacer los cambios pertinentes, pues de manera segura almacena todas las órdenes que fueron dadas y puede “navegarse” por ellas con solo presionar las flechas “abajo” y “arriba”.

“Lo más importante, por ser gratuito, es que si uno conoce exactamente como está hecho, es decir puede obtener el código fuente, con lo que todas las desventajas mencionadas pueden corregirse en un breve tiempo teniendo los conocimientos adecuados”.

“Con una cantidad mínima de comandos se pueden obtener interesantes resultados, sin embargo parece ser un requisito indispensable tener algún conocimiento mínimo de programación para la utilización del software”.

“Las demostraciones que acompañan al programa son de utilidad, pero la realización del trabajo hubiera sido muy difícil sin la guía, ya que el programa se encuentra únicamente en inglés o francés, y se encuentra redactado en forma muy técnica. De todas formas estos inconvenientes no invalidan la eficiencia del programa, el cual logra con sus herramientas cumplir con nuestros requerimientos”.

### **Limitaciones y concreciones de la experiencia**

Del análisis documental de la producción de los estudiantes y de sus opiniones surge una aproximación positiva al supuesto inicial, en cuanto a seguir las ideas del estudiante en las que el software ha intervenido como un instrumento explícito de resolución y donde las opiniones también son favorables a la metodología empleada. No obstante creemos que deben ser consideradas las palabras de Artigues (1995) “Estos enfoques (computacionales) sin duda alguna, proveen al estudiante una familiaridad, un contacto enriquecedor con un cierto número de fenómenos o de objetos relevantes en el campo del cálculo. Sin embargo, nuestra experiencia didáctica debe incitarnos a desconfiar un poco de los discursos muy entusiastas que acompañan con frecuencia las reacciones ante la caída de un orden tradicional”. Como limitación también debemos señalar una reflexión de Kilpatrick (1995): “el conocimiento matemático debe estar inmerso dentro de un contexto. No obstante, para que este conocimiento pueda ser utilizado, el contexto debe ser eliminado y el conocimiento debe hacerse general”. Cuando los estudiantes trabajan en un problema matemático, el carácter y el significado del conocimiento que ellos construyen está cambiando. Uno de los trabajos más delicados del profesor es el guiar a los estudiantes, partiendo de sus errores y concepciones deficientes, hacia un conocimiento oficial que pueda ser validado matemáticamente”.

Como aporte concreto detallamos las siguientes producciones:

\* Material didáctico para los alumnos de la materia “Análisis Matemático I”, correspondiente al ciclo de formación Básica de las carreras de Ingeniería de la FCEIA. Se está desarrollando una guía

didáctica en el tema estudio de funciones. Se explotan las posibilidades gráficas del sistema para estudiar corrimientos, contracciones, dilaciones, superposiciones.

\* Material didáctico para los alumnos de la materia “Análisis Matemático II”, correspondiente la carrera de Ingeniería en Sistemas de la UTN Facultad Regional Rosario. Se desarrollaron y utilizaron guías didácticas en los temas: Gráficas de funciones de dos variables, cálculo de integrales como suma de Riemann, integrales simples y dobles

En estos cursos se propone un trabajo práctico sobre análisis de funciones de varias variables, con mínimas indicaciones en cuanto a la utilización del software Scilab. Los alumnos logran realizarlo exitosamente a través de la exploración del mismo y de los conceptos teóricos desarrollados en clase. Manifiestan en sus informes que es un software mucho más amigable que otros softwares que conocían antes.

\* Material didáctico para los alumnos de la materia “Análisis Matemático II”, correspondiente al ciclo de formación Básica de las carreras de Ingeniería de la FCEIA. Curvas en coordenadas polares, graficación, Se propuso realizar una guía didáctica de funciones trigonométricas, estudiando sus ampliaciones y corrimientos con el objetivo final de visualizar una función representada por un polinomio formado con los primeros términos de la serie de Fourier.

## Conclusiones

Se han producido materiales didácticos para una variedad de asignaturas, algunas del ciclo profesional, la mayoría del ciclo básico. La riqueza y proyección de los temas en estudio permiten ubicar al taller como generador de una producción que en el marco de distintas Ingenierías Didácticas deberá, posteriormente, ser evaluada en un ciclo de análisis previo, desarrollo y análisis a posteriori en relación a cada curso. Estas producciones han sido disparadoras a su vez de interesantes y creativas propuestas de problemas por los mismos alumnos y situaciones didácticas inesperadas para el propio docente, originadas en una exploración de las posibilidades del software. Esta experiencia es el inicio de una formación en el aprendizaje autónomo, desde una propuesta de trabajo que no necesita de la infraestructura de un laboratorio de la universidad con capacidad para cientos de alumnos. También, los docentes, han logrado adquirir el conocimiento de un software libre, en un país donde una mayoría de alumnos de la Universidad y la misma institución no están en condiciones económicas para acceder a un software comercial actualizado.

## Referencias bibliográficas

- Artigue, M. (1995). *La Enseñanza de los Principios del Cálculo: Problemas Epistemológicos, cognitivos y didácticos*. En Ingeniería Didáctica en Educación Matemática. Bogotá, Colombia: Grupo Editorial Iberoamericano. pp 98-99; 128; 134-135.
- Cook, T.D. y Reichard, Ch. S. (1995). *Métodos Cualitativos y Cuantitativos en Investigación Evaluativa*. Madrid, España: Ed. Morata. pp 27-79; 131-145.
- Kilpatrick, K.; Gomez, P. Rico, J. (1995). *Educación matemática*. Bogotá, Colombia: Editorial Iberoamérica.
- PELTIER, M.L. (1993). Una Visión General de la Didáctica de la Matemática en Francia. *Revista Educación Matemática*, 5(2). pp 4-9.