

## EL TALLER DE PRODUCCIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO: UNA EXPERIENCIA DE PRODUCCIÓN COLABORATIVA

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

Campo de investigación: Formación de profesores

Palabras Claves: Producción colaborativa, Material didáctico, Scilab, Herramienta computacional.

### Resumen

En este reporte se muestra la estrategia desarrollada para afrontar uno de los problemas, históricamente más difíciles en carreras en las que la Matemática tiene un carácter predominantemente instrumental: la “integración de los profesores de distintas áreas de conocimiento en un trabajo de investigación colaborativa”. En este caso se ha tratado del estudio de potencialidad de la herramienta computacional en cuanto a la facilitación de un aprendizaje significativo y su efectiva incorporación a la práctica docente. La estrategia empleada, ha sido el diseño de un taller cuyo objetivo inmediato es 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.

### LA UBICACIÓN DEL 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 Instrucción” (ICMI-1998) se propone: “considerar formas de mejorar la preparación de los docentes de matemáticas de nivel universitario”.

El documento plantea las siguientes preguntas como generadoras de investigación: ¿Cómo ha cambiado la tecnología el contenido y la filosofía del currículum? ¿Cómo pueden beneficiarse los estudiantes del uso de la tecnología de las computadoras? ¿Cómo pueden beneficiarse los que se especializarán en otras disciplinas? ¿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? ¿Existen otras formas de participación que tengan el potencial para realizar un mejor aprendizaje en los diversos temas? (en "laboratorios de matemáticas" donde los estudiantes exploran familias de objetos matemáticos mediante computadoras) ¿Cómo puede evaluarse el impacto de las clases basadas en resolución de problemas, o el uso de computadoras, o trabajos de proyectos, etc.?

Con relación a estos problemas y con una visión precursora, en la Universidad Nacional de Rosario, se comienza a trabajar en 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 herramientas CAS (Computer Assistant System) en la enseñanza de la Matemática. Estas investigaciones han surgido en cátedras autónomas por la comunidad de intereses de docentes, participantes de un Programa de hecho en el sentido de Lakatos que estudia la potencialidad de esas herramientas computacionales para la enseñanza de la llamada Matemática Básica en el nivel universitario. Este proyecto fue

institucionalizado originariamente, tanto en el Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Rosario como en la Secretaría de Ciencia y Técnica, bajo el nombre: “La enseñanza de la Matemática con herramientas computacionales” (Anido; Rubio Scola; 1999)

Se ha partido del supuesto: “el docente universitario incorpora la herramienta computacional a su práctica docente a partir de su propia experiencia de aprendizaje y producción en talleres de reflexión docente en los que se trabaje sobre la potencialidad matemática y didáctica del computador”. A partir del mismo se han desarrollado institucionalmente más de 30 cursos y/o talleres de formación.

Con el objeto de evaluar la aplicación de las competencias adquiridas a la práctica docente y conocer la valoración del propio docente de las herramientas C.A.S. como herramientas cognitivas; se ha realizado una encuesta dirigida a los que participaron en al menos uno de los cursos de formación.

Ante los interrogantes:

- ¿Se utiliza la herramienta computacional en cursos de Matemática Básica de la Universidad, como fruto de la formación impartida; o las capacidades adquiridas han quedado como bagaje personal de conocimientos?
- Si no ha concretado la formación adquirida en la práctica docente, ¿cuáles son las causas?

Dos tercios de los docentes encuestados dicen haber aplicado en algún momento la herramienta C.A.S. a su práctica docente. Justifican la no aplicación permanente de las competencias adquiridas, en orden de prioridad, a las siguientes razones: cursos demasiado numerosos de alumnos (lo que impide el trabajo en el laboratorio donde existe un requerimiento mayor del apoyo del docente), carencia de tiempo curricular en virtud de la densidad de los contenidos, estructura curricular rígida de la Cátedra, temor a los imprevistos técnicos que pueden presentarse en el trabajo computacional frente a una clase, carencia de un laboratorio debidamente equipado (software legal actualizado , por ejemplo), carencia de material didáctico especialmente preparado para esta modalidad, exigencia de tiempo y esfuerzo que debe dedicarse a los procesos demostrativos formales....

Se define así un nuevo problema:

¿Cómo realizar un trabajo de formación docente en la utilización adecuada de herramientas computacionales, que promueva un mayor compromiso de gestión y aplicación de las competencias adquiridas, a la propia práctica?
---

En respuesta a esta situación problemática y con el objeto de romper la inercia propia del sistema universitario y lograr un mayor compromiso de gestión de los docentes de la universidad con lo que ya podemos considerar un reclamo social; se presenta como respuesta y propuesta, una estrategia desarrollada para resolver conjuntamente otro de los problemas, históricamente más difíciles en carreras en las que se asigna a la Matemática un carácter instrumental: la “integración de los profesores de distintas áreas en un trabajo de investigación colaborativa” cuyo objetivo específico es el análisis y elaboración de materiales didácticos.

#### FUNDAMENTOS

En un sentido muy amplio Parceriza Arán (1996) define como materiales curriculares “cualquier tipo de material destinado a ser utilizado por el alumno juntamente con los materiales dirigidos al profesorado que se relacione directamente con aquellos, siempre

y cuando estos materiales tengan como finalidad ayudar al profesorado en al proceso de planificación y/o desarrollo y/o evaluación del currículum”.

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 deberán tomar 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.

La secuencia de actividades y problemas que se proponen como material didáctico desde un contexto matemático, a partir de una situación didáctica fundamental (Peltier, 1993), permiten 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.

#### LA INVESTIGACIÓN EVALUATIVA DE LA EXPERIENCIA

Se elige, como estrategia, una propuesta de taller para un trabajo en los siguientes ejes:

- conocimiento y manejo de una herramienta apta para la operatoria en la Matemática Básica en Carreras de Ingeniería, Ciencias Exactas, Ciencias Económicas, etc.,
- reflexión sobre la potencialidad didáctica de dicha herramienta y sus posibilidades de inserción en algunas asignaturas de la Matemática Básica;
- tratamiento computacional de algunos problemas específicos con un enfoque actualizado.
- análisis, desarrollo y producción de materiales didácticos;
- experimentación de su utilización, con un criterio específico, en función de un proyecto educativo y con un marco teórico que justifique las decisiones;
- análisis a posteriori para la evaluación de dichos materiales.

#### PROPUESTA DEL TALLER

En el año 2004, comienza el “El primer Taller de Producción de Material Didáctico con Software Libre” en el que participan docentes de diferentes departamentos y escuelas de la FCEIA. En este taller se están diseñando guías de trabajo autocontenidas en distintas áreas de la Matemática Básica, la Física y la Ingeniería.

##### *Metodología de trabajo*

La producción de material didáctico, del taller que estamos describiendo, se ha nucleado en la utilización del software libre Scilab, disponible en <http://scilabsoft.inria.fr>. Este software científico, desarrollado por el INRIA (Instituto Nacional de Investigaciones en Informática y Automática) en Francia, es utilizado por las universidades francesas y de otros países, como así también por institutos de investigación y laboratorios. Es un sistema totalmente interactivo que ofrece una gran comodidad para la visualización de las soluciones obtenidas, sean gráficas o alfanuméricas. Le permite al usuario definir nuevas funciones, crear nuevos tipos de variables y definir sus propias operaciones. Scilab es de distribución gratuita y se encuentra disponible para diversos sistemas operativos tal como Unix, Linux, Windows/98/NT, etc.

##### *Los participantes*

El taller está orientado a dos tipos de participantes:

- a) los que ya conocen el software Scilab: aplican directamente su conocimiento a la elaboración de material didáctico correspondiente a una unidad curricular. Para ellos se proporcionan pautas didácticas para la integración de conceptos teóricos y propuestas de actividades y problemas. En esa situación el taller constituye un espacio de consulta sobre cualquier dificultad en el manejo del software.

b) los que lo hayan tenido muy olvidado o no lo conozcan para los que se proponen actividades de estudio y trabajo en computadora, con el apoyo del docente, sobre la base de las guías teórico prácticas contenidas en el libro “Laboratorio de Análisis Numérico Matricial. Módulo 1” (Anido, Medina, Rubio. 1993). Una vez adiestrados en el manejo del software y conocida su potencialidad seleccionan las herramientas informáticas que pueden ser útiles en su práctica docente, estando en las condiciones indicadas en el punto anterior.

#### EL DESARROLLO Y LOS PRIMEROS RESULTADOS

Se ha diseñado material didáctico a partir de la reflexión del propio docente en cuanto al rol que este material cumple en la gestión de situaciones de aprendizaje. Esto ha conducido a que docentes de cursos de formación básica en Matemática y en áreas de Física y distintas especialidades de la Ingeniería trabajasen en el análisis y propuestas de problemas propios de las distintas áreas de aplicación de la Matemática. Muchos docentes carecían de experiencia en el manejo de un software de las características del Scilab y la oportunidad de un trabajo colaborativo en el ámbito del taller, la facilidad de acceso a un software libre y la posibilidad que este hecho abre a todos sus alumnos, ha sido motor de un trabajo que ha excedido las expectativas iniciales. Se podría hablar de consecución de objetivos cognitivos, procedimentales y sobre todo actitudinales, llegándose a la producción conjunta entre docentes de distintos departamentos que incluso no se conocían previamente.

La idea y metodología puesta en juego en el diseño y seguimiento del taller, concebido en un comienzo como “taller integrado” para docentes, se ha extendido a través de los mismos participantes a algunos cursos de Análisis Matemático II de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario. Se propone a los alumnos la búsqueda y gestión de problemas de funciones de varias variables, con mínimas indicaciones en cuanto a la utilización del software Scilab. Los alumnos han logrado propuestas interesantes y creativas de problemas, entusiasmados sobre todo por sus funciones de graficación, y por la exploración de las posibilidades del software en cuanto a la aplicación de los conceptos teóricos desarrollados en clase. Incluso han recurrido (algo no usual) a la bibliografía vinculada a su especialidad de ingeniería donde aparecen problemas que en su resolución utilizan las herramientas matemáticas de la asignatura y en los que pueden trabajar con datos reales al ser encarados con los recursos del software. Se prevé realizar otros guías en los temas cálculo de integrales como suma de Riemann, extremos relativos, derivadas parciales, etc.

#### ALGUNOS TRABAJOS REALIZADOS POR LOS INTEGRANTES DEL TALLER

Adjuntamos a título de ejemplo algunos de los temas en producción

1) Material didáctico para los alumnos de la materia “Sistema de Posicionamiento Satelital”, correspondiente al cuarto año de la carrera Ingeniería en Agrimensura, de la FCEIA. Se desarrolla un ejemplo de aplicación del Sistema Scilab en la docencia dentro del área geodesia, constituyendo un trabajo práctico a desarrollar por los alumnos que conozcan los fundamentos del posicionamiento satelital utilizando el Sistema de Posicionamiento satelital (GPS). El GPS se encuentra operativo desde hace poco más de una década y constituye actualmente el método más preciso y eficiente utilizado para determinar la posición (coordenadas) de puntos respecto de un único sistema de referencia mundial. Está integrado por un conjunto de satélites que son monitoreados continuamente por estaciones terrestres que determinan una serie de parámetros propios de cada satélite (parámetros orbitales, estado y deriva de los osciladores atómicos, etc.).

Estos parámetros son transmitidos a cada satélite constituyendo el denominado mensaje de navegación. Cada satélite emite una señal en la cual es incluido el mencionado mensaje. Finalmente las señales llegan a los receptores ubicados sobre los puntos cuyas coordenadas se quieren determinar.

Los parámetros orbitales recibidos permiten determinar las coordenadas de los satélites para la época. Otros componentes de la señal recibidos por el receptor (observables), permiten determinar la distancia satélite receptor para la misma época  $t$ , al medir el desfase del observable recibido respecto de una réplica sincronizada generada en el receptor. En la señal hay varios observables disponibles y además es posible aplicar distintos métodos de observación. El método y el observable utilizado determinan la precisión con que se obtienen las coordenadas. Finalmente a partir de observaciones realizadas desde un punto y de la información provista por los satélites se deberá proceder a la resolución numérica del problema derivado. El planteo original del problema se modeliza con un sistema de ecuaciones no lineales con mayor número de ecuaciones que de incógnitas. La resolución numérica consiste en hallar en forma iterativa una solución del sistema rectangular linealizado a través del método de mínimos cuadrados que se implementa en el software Scilab. La solución del sistema representa las coordenadas del punto donde se efectúa la medición.

El desarrollo del trabajo práctico planteado resultaría sumamente dificultoso de realizar si no se contara con una herramienta con la potencia y versatilidad de Scilab.

2) Material didáctico para los alumnos de la materia “Física II, Ondas”, correspondiente al ciclo de formación Básica de las carreras de Ingeniería de la FCEIA.

Se desarrolla una guía didáctica donde se analiza la propagación de pulsos denominados "Lorenzianos" (por su forma) que se trasladan, por ejemplo, por una cuerda de longitud infinita. La forma de onda queda representada en el caso de pulsos Lorenzianos por funciones del tipo

$$y(x,t) = \frac{A}{(bx + ct)^2 + 1}$$

La utilización de macros permite visualizar el significado de cada uno de los parámetros que aparecen en esa expresión, ya que los valores de los mismos pueden ser variados en forma sencilla y, como su representación gráfica es inmediata, pueden notarse los cambios que se producen. Puede también analizarse la superposición de más de un pulso de estas características. En cada caso se define el vector  $x$ .

3) 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.

Se desarrollaron guías didácticas en los temas: Curvas en coordenadas polares, graficación

Gráficas de funciones de dos variables Cálculo de integrales como suma de Riemann, integrales simples y dobles.

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.

4) 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.

Una guía didáctica se está desarrollando en el tema estudio de funciones. Se explota las posibilidades gráficas del sistema para estudiar corrimientos, contracciones, dilaciones, superposiciones.

## **CONCLUSIONES**

Se han producido materiales didácticos para una variedad de asignaturas, algunas del ciclo profesional, la mayoría del ciclo básico.

No obstante el mayor logro ha sido en el terreno de lo humano y social. Los trabajos realizados han permitido una valoración mutua entre docentes de distintas asignaturas o áreas y su integración a una investigación y producción colaborativa. 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. Esto constituye un avance hacia el desarrollo científico de la Universidad.

## **LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN**

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 (Artigue, 1995), deberá ser evaluada en ciclos de análisis previo, desarrollo y análisis a posteriori, en relación a cada curso.

Se abre así un abanico de investigaciones que pueden constituir aportes a la Educación Matemática, en el nivel universitario, en la concepción de Wittman (1995) que la considera “ciencia de diseño”.

## **Bibliografía**

Anido, M.; Medina, M.; Rubio Scola, H (1993) Análisis Numérico Matricial. Sistema BASILE. Módulo I. Libro publicado por la Facultad de Cs. Ex., Ing. y Agrim. UNR.

Anido, M.; 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. Revista Lecturas Matemáticas, No 1, Vol 21, 2000, pp. 67-77

Artigue, M. (1995) “La Enseñanza de los Principios del Cálculo: Problemas Epistemológicos, cognitivos y didácticos”. En Ingeniería Didáctica en Educación Matemática. *Grupo Editorial Iberoamericano*. Bogotá, Colombia. 98-99; 128; pp.134-135.

Cook, T.D. y Reichard, Ch. S. (1995) “Métodos Cualitativos y Cuantitativos en Investigación Evaluativa”. Ed. Morata: Madrid. 27-79; 131-145.

Parceriza Arán, A. (1996) Materiales curriculares, Ed. Graó: Barcelona.

Wittmann, E.Ch. (1995) “Mathematics Education as a Desing Science”. Educational Studies in Mathematics, 29. Belgium Kluwer Academic Publishers. 355-274.

Peltier, M.L. (1993) Una Visión General de la Didáctica de la Matemática en Francia. Revista Educación Matemática. 5 ( 2). 4-9.