

## LA INTEGRACIÓN DE UNA COMPONENTE DIDÁCTICA EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES UNIVERSITARIOS

Anido, M., Rubio Scola, H.

FCEIA, FCEE, CIUNR, Universidad Nacional de Rosario (UNR)

Argentina

erubio@fceia.unr.edu.ar

Campo de investigación: Formación de profesores

Nivel: Superior

**Resumen.** *En este trabajo, como aporte a la inserción de una componente a la formación pedagógica de docentes de nivel terciario (universitario y no universitario), se describe la trayectoria de tres proyectos de investigación realizados por “docentes –investigadores” de la Universidad Nacional de Rosario, en el marco de una concepción de la Educación Matemática nominada por Wittman como “ciencia de diseño”. Esta trayectoria ha culminado en la constitución de equipos de investigación colaborativa constituidos por docentes de distintas facultades, en un trabajo dirigido a la construcción de una Didáctica de la Matemática Operativa para el nivel Terciario.*

**Palabras clave:** ciencia de diseño, didáctica de la matemática, investigación colaborativa

### El problema

La enseñanza inicial de la Matemática Básica en el nivel terciario (universitario y no universitario) enfrenta:

- \* Reformas curriculares que, tratando de dar respuestas al desarrollo científico - tecnológico, han comprimido algunos cursos de Matemática Básica,
- \* Incremento del número de alumnos en los primeros años de la Universidad y apertura de institutos en los que actualmente se cursan estudios terciarios no universitarios,
- \* Importantes cambios pedagógicos y curriculares en la enseñanza media,
- \* Dificultades generalizadas detectadas en el aprendizaje de los nuevos ingresantes.

Durante las últimas décadas, la Educación Matemática se ha desarrollado notablemente. Se la considera actualmente un área de Investigación en la que se pone en primer plano la especificidad de las relaciones entre la enseñanza y el aprendizaje ligados a la especificidad del contenido a enseñar, en ese sentido la escuela francesa con Brousseau,

538

Artigue, Douady; ha sido pionera y sus aportes de particular interés para el nivel universitario.

En relación a la Educación Matemática en dicho nivel coincidimos en los interrogantes básicos, que originaron nuestros trabajos, con algunos totalmente vigentes que ha formulado "The International Commission on Mathematical Instrucción" (ICMI, 1999) como un muy amplio abanico de preguntas, propuestas como semillero de investigaciones para los comienzos del siglo XXI; entre las que nos interesa destacar:

\* ¿Qué es lo que sabemos sobre la enseñanza y aprendizaje de tópicos específicos en, Geometría, Álgebra Lineal Cálculo, Probabilidad en la Matemática Básica? ¿Hay características que son relevantes sólo para tópicos específicos? ¿Hay características que son comunes a varios tópicos?

\* ¿Puede enseñarse Matemática con el debido rigor y de modo efectivo introduciendo los conceptos cuando se necesiten, motivados por problemas? ¿Cómo realizar en esa situación la formalización teórica? ¿Y el orden lógico? ¿Cómo mantener la coherencia curricular?

\* ¿Cómo debería estar reflejada la evolución en la enseñanza de matemáticas en el nivel terciario en nuestra región? ¿Debería darse más énfasis a la forma en que los matemáticos piensan y crean? ¿Cómo puede evaluarse el impacto de las clases basadas en resolución de problemas, o el uso de computadoras, o trabajos de proyectos, etc.?

\* ¿Cómo ha cambiado la tecnología el contenido y la filosofía del currículum? ¿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? Algunas áreas temáticas de matemática están declinando mientras que otras están en ascenso. ¿Cuál es la lógica detrás de estos cambios? ¿Deberían otras áreas tomar su lugar?

\* ¿Existen otras formas de enseñanza que tengan el potencial para realizar un mejor aprendizaje en los diversos temas, por ejemplo en laboratorios de matemáticas donde los estudiantes exploran familias de objetos matemáticos mediante computadoras?

\* ¿De qué formas puede cambiar la enseñanza para tener en cuenta las diferencias en formación, habilidades e intereses del alumno?

En relación a la formación del profesorado, sigue vigente la misma pregunta que ha formulado Artigue (1999):

\* ¿Por qué continúa siendo problemática la integración de una componente didáctica en la formación de los profesores? Cuestión a lo que nosotros añadimos, con carácter de problema esencial de este proyecto ¿Cómo incorporar esa componente didáctica desde la propia experiencia docente? ¿Qué objetos de estudio se imponen y cuál es su lógico impacto?

Dado que, no todos los conceptos matemáticos del nivel terciario, son análogos desde el punto de vista de su aprendizaje, se deberían delimitar distintos campos de análisis didáctico a nociones o unidades temáticas específicas (constitutivas de casos de estudio), contenidas en las asignaturas de la Matemática Básica inicial y en los que como consecuencia de los estudios exploratorios ya realizados y de la propia práctica docente; se desprenda su importancia y sus dificultades.

Anticipándose a muchas de estas cuestiones, un equipo de investigadores y docentes de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), está trabajando estos temas, desde comienzos de la década del 90. En los últimos años se han desarrollado tareas debidamente consignadas en tres proyectos PID (Proyectos de Investigación y Desarrollo de carácter complementario), aprobados por evaluadores externos.

PID: “La ingeniería didáctica en el diseño y seguimiento de unidades curriculares”. PID: “La elaboración y evaluación de los materiales curriculares para la matemática básica de las

carreras de ingeniería”. PID: “La elaboración y evaluación de los materiales curriculares para la matemática básica de las carreras de ciencias económicas”.

Los resultados preliminares y aportes del grupo al estudio de los problemas en cuestión; han sentado las bases para la articulación e integración de equipos de trabajo comprometidos en la “construcción de un marco teórico conceptual y operativo, adecuado al nivel básico terciario, que signifique un aporte al conocimiento en Didáctica la Matemática”.

### **Hipótesis de trabajo**

La hipótesis de trabajo, común a los tres proyectos que consideramos preliminares, se basa en la concepción de la Educación Matemática como "ciencia de diseño"(Wittmann, 1995).

Desde esta posición se considera posible, en el desarrollo la “construcción de unidades esenciales” en temas importantes en la formación del alumno, tanto como "objetos" en si mismos como por su carácter de "herramientas" para la comprensión de otros tópicos, y la investigación sobre su funcionamiento.

Se espera obtener así, conocimientos sobre las concepciones, aptitudes de los alumnos y los obstáculos y dificultades que intervienen en el aprendizaje, analizar las prácticas de enseñanza usuales y aportar estrategias de mejoramiento en la forma de Ingenierías Didácticas, que al jugar sobre el espacio de las restricciones reales o supuestas del sistema, deben “permitir un funcionamiento mas adecuado de la enseñanza” (Artigue, 1999).

En la realidad la calidad de esas construcciones dependerá de la estrategia constructiva de base, del ingenio de los diseñadores y de la evaluación sistemática, típicos todos, de una ciencia de diseño (Wittmann, 1995).

La denominación de Ingeniería Didáctica surge de una forma de trabajo didáctico equiparable al trabajo del ingeniero quien, para realizar un proyecto determinado, se basa en conocimientos científicos de su dominio y acepta someterse a un control de tipo científico (Artigue, 1999).

Histórica 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 (Wittmann, 1995).

En la opinión de Wittmann, la responsabilidad profesional se asume completamente solo, en cuanto los que la ejercen, puedan descubrir un sólido cuerpo intelectual parcialmente formalizable, parcialmente empírico y transmisibles doctrinas sobre los procesos de diseño. Según el mismo autor, el marco de una ciencia de diseño abre a la Educación Matemática una prometedora perspectiva para el completo cumplimiento de sus objetivos.

### **Objetivos del trabajo**

Presentar algunos lineamientos del marco teórico y resultados de tres proyectos de investigación complementarios, institucionalizados en la UNR, como aportes teóricos y experienciales preliminares a la inserción de componentes didácticas en la formación de docentes universitarios.

### **Fundamentos teóricos y pautas metodológicas**

Los alumnos que ha comenzado a matematizar un fragmento de la realidad pasan luego a analizar su propia actividad matemática en un proceso de matematización progresiva que comprende dos formas complementarias:

- la "matematización horizontal" que consiste en convertir un problema contextual en un problema matemático,
- la "matematización vertical" que con lleva a la reflexión, generalización, prueba, simbolización y lo que Freudenthal (1991) llama rigorización que hace a las limitaciones y validez.

¿Es posible, en este marco, basar la metodología, para desarrollar un currículum, en la resolución y modelización de problemas?- Freudenthal, en diverso trabajos, sostiene que es posible matematizar las situaciones, logrando coherencia a través del currículum y lo que realmente importa es: si un problema se puede o no integrar a los contenidos necesarios, o si es tan aislado que finalmente no dejaría huella en la formación matemática.

Wittman (1995) llama a este tipo de estudios, de aproximación específica a la investigación empírica: "Investigación Empírica Centrada Alrededor de Unidades de Enseñanza". Se trata de la propuesta de estrategias y modalidades de enseñanza centrada en el aprendizaje de temas de interés específicos para distintas carreras y en las formas de aprender y evaluar. Esto ha llevado, también a la consideración de los materiales didácticos en soporte papel o informático como mediadores, y a una indagación sobre las formas de elección o de desarrollo de los mismos, que los constituya en herramientas cognitivas, sobre todo en los cursos masivos donde se desarrolla la enseñanza básica y donde la formación en un aprendizaje autónomo es indispensable. La necesidad de modelos de análisis de material curricular, que oriente esta parte de la investigación, hay

que entenderla en la triple dimensión de, elaboración, selección y uso de materiales curriculares.

En investigaciones en el contexto de la Educación Matemática en el College (etapa de estudios terciarios de Estados Unidos, que comprende contenidos de lo que llamamos "formación matemática básica"), Schoenfel (1988) responde a la pregunta: ¿Qué es investigación en Educación Matemática? Afirmando que "es el trabajo disciplinado, basado en teorías, sobre las formas de mejorar nuestro entendimiento en relación al pensamiento matemático, al aprendizaje y la enseñanza" pero reconociendo, por otra parte, que esta respuesta no hace justicia a la vastedad del espectro que se abre.

Precisamente en ese espectro abierto que alude Schoenfel incluimos el concepto de "Estilos de aprendizaje" como el conjunto de rasgos cognitivos y afectivos que sirven como indicadores estables de como los alumnos perciben interaccionan y responden al ambiente de aprendizaje. Surge así, en una concepción de estilos de aprendizaje como "diferentes preferencias, actitudes y comportamientos ante el aprendizaje" (Alonso, C.M.; Gallego, D.J.; Y Honey, P.; 1999) un elemento de análisis que hemos considerado en alguno de nuestros trabajos.

También interesa citar, en el nivel terciario: el Proyecto CALC (Moore and Smith, 1992), que surge en Estados Unidos como una innovación sobre los cursos de Cálculo tradicionales en los que a 500.000 alumnos de los primeros años se les exigía muchas veces, enfáticamente la memorización de procedimientos, que pueden ser realizados por calculadoras y computadoras. Estas propuestas innovadoras, aún no consideradas por la mayoría de los profesores de Cálculo en nuestro país, proponen desarrollar en los estudiantes una comprensión de los conceptos del Cálculo utilizando laboratorios de computación interactivos, la constitución de pequeños equipos para investigación de problemas de cálculo del mundo real, un aprendizaje colaborativo, cuestionarios evaluativos a libro abierto y la formación en la expresión escrita. La revisión de la

enseñanza del Cálculo, en su nivel inicial, es un tema pendiente en muchas universidades argentinas, en las que las falencias se detectan en las áreas de aplicación.

Otro de los temas de vigencia y desarrollo actual, clave para el estudio de los procesos de aprendizaje de la Matemática Básica, es el relativo a los elementos de significado que juegan en la comprensión de un concepto. En ese punto se han considerado los trabajos de Godino sobre un enfoque ontológico y semiótico de la cognición matemática y sus aportes al análisis de datos, sobre todo, por los modelos de investigación que ofrece.

La Ingeniería Didáctica que se ubica en el “registro de caso” cuya validación es en esencia interna, basada en la confrontación entre el análisis a priori, ha constituido nuestra guía fundamental. No obstante, pensamos que, de acuerdo a las características y actividades de las fases de cada ingeniería, se puede requerir y enriquecer el control, por la utilización de técnicas e instrumentos propios de una metodología cuantitativa. Esta diversidad metodológica ha surgido naturalmente de las actividades que se han desarrollado en cada una de las fases de la Ingeniería.

### **Análisis de resultados**

Las tareas de equipo que desarrollan los integrantes de los proyectos en el diseño de las distintas Ingenierías Didácticas han implicado:

- análisis preliminar que comprende: el análisis epistemológico de los contenidos de Temas de la Matemática Básica de Carreras de Ingeniería y Ciencias Económicas y el análisis del campo de restricciones (campos matemáticos en juego (competencias de los alumnos, medios disponibles), donde se va a situar la realización didáctica efectiva,
- selección de problemas motivadores y análisis del juego de cuadros intervinientes en los problema (Douady, 1995),

- puesta en marcha de las ingenierías diseñadas en cada tema y seguimientos de los cursos experimentales por el análisis y categorización de situaciones didácticas,
- análisis de criterios y diseño de instrumentos de evaluación,
- confrontación de los análisis a priori y a posteriori realizado en cada ingeniería didáctica y propuesta de modificación de la ingeniería y para la reducción de las distorsiones que pueden invalidarlas,
- realización de cursos y talleres de formación docente para: el diseño y seguimiento de unidades de enseñanza en un proceso de revisión curricular

Se ha buscado modelizar, observar, contrastar empíricamente, y consignar, los fenómenos didácticos a partir de la problematización y cuestionamiento de un conocimiento matemático a enseñar llegando a una transferencia en ámbitos adecuados.-En el transcurso de la investigación se realizaron caracterizaciones de las condiciones que deben implementarse en la enseñanza para facilitar un aprendizaje que reúna ciertas características fijadas a priori. Se ha logrado la detección de obstáculos que devienen en errores generalizados. Los distintos docentes investigadores han trabajado en el diseño de ingenierías didácticas en el ámbito de la Geometría Analítica (distancias en el plano y el espacio, ecuaciones lineales en dos variables, ecuación general de segundo grado, cónicas, cuádricas, supercónicas, supercuádricas), del Álgebra Lineal (vectores, independencia lineal), del Cálculo (derivada, integral definida, ecuaciones diferenciales), Estadística (temas de inferencia) y temas vinculados a la optimización lineal y modelización por poliedros; en un proceso cíclico de análisis de condicionantes, diseño, ejecución, evaluación, ajuste; repetición de la experimentación y nueva evaluación de los resultados; para la detección de regularidades y situaciones replicables. En las distintas fases de cada ingeniería la hipótesis de trabajo se ha basado en concordancia con los objetivos en la concepción de la Educación Matemática como "ciencia de diseño". Esta

producción ha sido transferida en numerosas publicaciones.

A partir de la noción de “medio” (milieu) esencial en la teorización de Brosseau (1987) se ubicaron los “diferentes dispositivos” de ayuda al estudio (libro de texto, herramientas informáticas, etc.) a través de los cuales se contextualiza la matemática a enseñar. La incorporación de los materiales con soporte informático a los dispositivos disponibles en dicho “medio”, potenció la investigación de sus componentes. - Se estudiaron técnicas para el análisis de contenido de textos “manifiestos y latentes” (Fraenkel, 1996) y análisis de programas computacionales específicos. Se buscó, en el marco teórico que proporciona el modelo ontosemiótico de Godino, elementos que guíen el análisis didáctico de la producción elaborada en sus distintos soportes.

## **Conclusiones**

El campo de estudio, de los tres proyectos complementarios a que se hace referencia, ha llevado al diseño, análisis de unidades didácticas, y producción de material didáctico como aporte a los procesos de cambio curricular de dos facultades de la Universidad Nacional de Rosario. Se ha coordinado acciones para:

- identificar, publicar y someter a críticas, nuevas estrategias de enseñanza y los usos positivos de la tecnología en unidades curriculares específicas,
- estudiar el desarrollo de materiales didácticos basados en las Tecnologías de Información y Comunicación,
- seleccionar, adaptar o crear materiales que faciliten la generación controlada de las situaciones didácticas que caracterizan un aprendizaje significativo en asignaturas de la Matemática Básica de Carreras Universitarias,
- determinar criterios de análisis, y proponer y construir instrumentos evaluación formal y sistemática de materiales didácticos en el área de la Matemática.

Consideramos que sobre todo ha implicado un llamado al trabajo colaborativo que puede ser movilizador de un análisis crítico e inducción de una reflexión sobre la propia práctica docente y generador de una actitud innovadora, y creativa.

El campo multidisciplinar y la proyección al futuro que se abre en los proyectos descritos, en una propuesta de este tipo exige estudios y capacitación en áreas de mucho interés en la educación matemática, algunas poco transitadas aún en nuestro medio. La implicación de los Profesores en el diseño de sus propios materiales, supone una formación previa y un compromiso con la utilización eficiente de esos materiales.

### **Perspectiva**

*Este trabajo forma parte de estudios preliminares del Proyecto PICTO 36464 "La Educación Matemática como Ciencia de Diseño en la Formación Inicial Terciaria"*

### **Referencias bibliográficas**

Alonso, C.M.; Gallego, D.J.; Honey, P (1999). *Los Estilos de Aprendizaje*. Bilbao: Ediciones Mensajeros.

Artigue, M.(1999) The Teaching and Learning of Mathematics at the University Level: Crucial Questions for Contemporary Research in Education. *Notices of the American Mathematics Society*, 11, 1377-1385.

Brousseau, G. (1987) *Fondements et méthodes de la didactique*. Recherches en Didactique des Mathématiques, vol. 7.2. La Pensée Sauvage: Grenoble. pp 34-116.

Douady, R. (1995). La Ingeniería Didáctica y la Evolución de su Relación con el Conocimiento. En *Ingeniería Didáctica en Educación Matemática*. Bogotá: Grupo Editorial Iberoamericano. 61-97.

ICMI 1999 Teaching and Learning of Mathematics at University Level. *The International Commission on Mathematical Instruction*

Fraenkel, J. Y Wallen, N. (1996) *How to Design and Evaluate Research in Education*. New York: Mc Graw Hill Inc.

Freudenthal, H. (1991) *Revisiting Mathematics Education: China Lectures*. Dorrecht: Kluwer Academic Publishers.

Moore, L. Smith, D (1992). *Project CALC: Calculus as a Laboratory Course*, Tomek, J. (ed.) Computer Assisted Learning. Springer Verlag

Schoenfeld, A. (1988). *Problem solving in context(s)*. In R. Charles and E. Silver (Eds.), *The teaching and assessing of mathematical problem solving* (pp.82-92). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Wittmann, E.Ch. (1995). *Mathematics Education as a Design Science*. *Educational Studies in Mathematics*, 29. 355-274.