

# **Matemática para Ingeniería Química: Una propuesta de diseño curricular**

*Victor Martínez Luaces y Gladys Guineo-Cobs.*

Facultad de Química - Universidad de la República. Montevideo. Uruguay.

victor@bilbo.edu.uy gladysgc@bilbo.edu.uy

## **Resumen**

Este trabajo pretende exponer de manera resumida las experiencias de propuesta y puesta en práctica de un diseño curricular para la asignatura Matemática en la carrera de Ingeniería Química, estudiar sus posibilidades y optimizar su aprovechamiento. El diseño curricular al que se hace referencia fue puesto en práctica, con el advenimiento del plan 2000 en la Universidad de la República, en Montevideo, Uruguay. El proceso de diseño curricular tuvo lugar en varios ciclos de Investigación Acción: puesta en práctica, evaluación, obtención de conclusiones y realización de propuestas, cuyos elementos más importantes se intentan reflejar en este artículo.

Sobre la base de este proceso se formularan algunas conclusiones y recomendaciones.

## **Introducción**

El planteo presentado en este trabajo, constituye el objetivo central de la tesis doctoral de uno de los autores, para aspirar al título de Doctor en Ciencias Pedagógicas en la República de Cuba (Martínez Luaces, V., en preparación).

Para realizar un diseño curricular adecuado, resulta fundamental tener en cuenta el medio en el que tendrán aplicación directa las investigaciones educativas. En tal sentido cabe aclarar que los mencionados estudios se han realizado teniendo en cuenta las necesidades de la carrera de Ingeniería Química. En el Uruguay, dicha carrera es compartida por Facultad de Química y Facultad de Ingeniería, lo que plantea una serie de particularidades y “condiciones de contorno” muy especiales, que deben ser tenidas en cuenta.

Para lograr este objetivo, se ha instrumentado un proceso de mejora continua, en diversos ciclos de Investigación - Acción (Martínez Luaces, V. y Guineo Cobs, G., 2002. a). Para este tipo de proceso, resulta fundamental evaluar las experiencias realizadas (Gómez, A., Martínez Luaces, V, 2002) y extraer conclusiones que guíen las futuras modificaciones a proponer.

## **Antecedentes**

Entre los años 1995 y 1996 el Instituto de Ingeniería Química decidió iniciar los “contactos” a fin de elaborar una propuesta para un nuevo plan de estudio de la carrera de Ingeniería Química.

Con éste propósito se designó una pequeña comisión de trabajo, la cuál a su vez invitó a uno de los autores de éste artículo a colaborar en lo correspondiente a las materias de la asignatura Matemática. La propuesta resultó aprobada por el Instituto de Ingeniería Química en el año 1997, por los consejos de la Facultad de Ingeniería y Facultad de Química en el año 1999 y finalmente fue integrada al plan de estudios 2000 de las carreras que se dictan en Facultad de Química.

Para la elaboración de la propuesta se hizo (a) una revisión de programas y planes de estudio de Ingeniería Química en algunas de las más prestigiosas universidades de la región y (b)

un análisis crítico de los programas de otras carreras afines a Ingeniería Química, en particular Ingeniería Mecánica e Ingeniería de Alimentos. Además se tuvieron en cuenta (c) las recomendaciones y sugerencias que hicieron llegar los egresados a través de la Asociación de Ingenieros Químicos, (d) las opiniones de los estudiantes del ciclo técnico (4º, 5º y 6º año de la carrera) de Ingeniería Química y se tomó especial atención a (e) los resultados del “Foro de Ingeniería Química” realizado a principios de los ’90. De dicho foro participaron los principales docentes del Instituto de Ingeniería Química, docentes y autoridades de la Facultad de Química, estudiantes avanzados, egresados, etc.

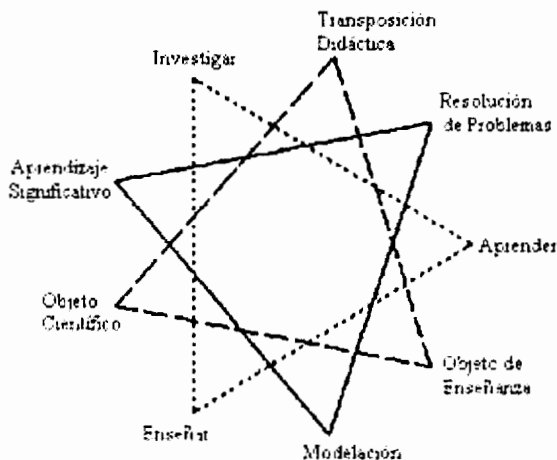
Finalmente se consideraron algunas experiencias piloto que se habían realizado en Facultad de Química y Facultad de Ingeniería.

### Marco teórico

Desde el punto de vista metodológico este diseño curricular ha sido desde sus orígenes una implementación concreta de los principios de la *Investigación – Acción*, ya que no se pretende lograr un diseño definitivo, sino ir solucionando los problemas que puedan surgir en el transcurso de su implementación, evaluar continuamente su funcionamiento y consecuentemente poner en práctica acciones correctivas (Contreras, J., 1995).

Con el nuevo plan de estudios las facultades involucradas pretenden que sus egresados tengan la capacidad creativa y crítica que les permita identificar y solucionar los problemas profesionales a que se enfrenten, con un mejor resultado para su país. Para ello en el plan el diseño curricular se organizó sobre la base de la *Resolución de problemas*, de modo que el alumno asuma un papel activo en el proceso de enseñanza aprendizaje. Es decir, se espera que el alumno logre *aprendizajes significativos*, a través de la *modelación, resolución e interpretación* de problemas de la vida real y/o profesional (Schöenfeld, A. H., 1983).

Este modelo de enseñanza-aprendizaje hace necesario, por parte de los docentes un trabajo interdisciplinario y un proceso de búsqueda continua de problemas que han de ser adaptados, transformándolos de *objetos científicos* en *objetos de enseñanza*.



Una adecuada *transposición didáctica* (Chevallard, Y., 1991) debería permitir que el problema convertido en objeto de enseñanza genere una *zona de desarrollo próximo* (Vigotsky, L. S., 1978). En otras palabras, la solución del problema se debe plantear de forma tal que se encuentre en el nivel de desarrollo potencial del alumno y su procedimiento de resolución permita (al estudiante) acceder a los conocimientos necesarios con la ayuda del docente o un compañero más avanzado.

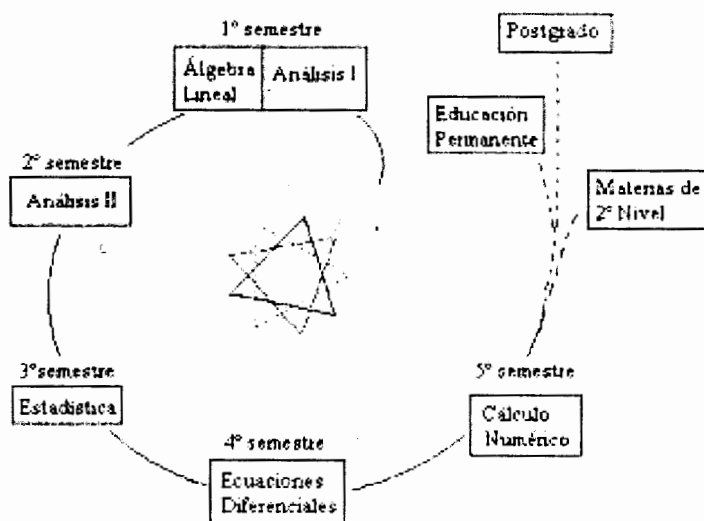
Como se puede ver, en este punto confluyen dos teorías importantes que fueron adoptadas por este nuevo diseño curricular en matemática, como marco teórico y metodológico para

el trabajo en el aula, las mismas son la teoría de aprendizaje de Vigotsky, denominada *Constructivismo Social*, y la *Ingeniería Didáctica*.

En estos procesos de búsqueda y transposición didáctica de problemas, y enseñanza e investigación quedan difuminadas las fronteras entre quien enseña y quien aprende, entre quien es el investigador y quien el docente. No hay separación de tareas. El proceso educativo es uno y consiste justamente en eso: *enseñar o aprender a investigar* y, para ello, *investigar cómo se aprende o enseña* (Fernández, V. et al, 1999).

## Diseño curricular

A partir de ese marco teórico que viene a ser el centro de la espiral en éste diseño curricular, van teniendo lugar a lo largo de los cinco primeros semestres las distintas materias de la asignatura matemática.



Comenzando por el 1º semestre las materias son Análisis Matemático I y Álgebra Lineal. Si bien no interesa especificar el detalle de los contenidos es conveniente aclarar que el curso de Análisis Matemático I no es sólo el típico curso de Cálculo Diferencial e Integral en una variable, en efecto, se agregan algunos temas como número complejo y una introducción a las Ecuaciones Diferenciales y a la Transformada de Laplace, vista esta última como una integral impropia paramétrica. La inclusión de número complejo y de algunas ecuaciones diferenciales es relativamente común pero lo que no se ha visto en ninguno de los programas y planes de estudio es la presencia de la Transformada de Laplace en el primer semestre. Esta innovación surgió de un pormenorizado estudio con el objetivo de facilitar la comprensión (Martínez Luaces, V., 2000) y optimizar el relacionamiento con otras materias (Martínez Luaces, V, Alfonso, M., 2000). Más allá de las innovaciones temáticas el enfoque de los temas (al menos en el plan) está orientado a la resolución de problemas químicos concretos.

De igual modo en álgebra se tratan los temas clásicos del Álgebra Lineal y se llega al final del semestre a tratar temas como diagonalización de matrices y forma canónica de Jordan

por su importante vinculación con otras materias como es el caso de Ecuaciones Diferenciales (Martínez Luaces, V, 2000).

Para el 2º semestre la única materia de Matemática programada es Análisis Matemático II en el cual prácticamente todos los temas de Análisis Matemático I se vuelven a ver con un enfoque más general al trabajar con funciones en varias variables (escalares y vectoriales) En este caso las aplicaciones y la orientación en general está más orientada a Fisicoquímica (Martínez Luaces, V., 2001, c) Este curso finaliza con un módulo de Cálculo Vectorial con un enfoque netamente aplicado a asignaturas como Física, Química General, Fluidodinámica (Martínez Luaces, V. y Guineo Cobs, G., 2001).

Para el 3º semestre de la carrera el plan prevé un curso denominado Estadística, en el cual se hace una introducción a la teoría de las probabilidades y luego se tratan los temas específicos que tienen que ver con el tratamiento estadístico de datos, dándole mayor relevancia a esta última a diferencia del programa correspondiente al plan anterior (Martínez Luaces, V, Cuitiño, E., 2000).

El hecho de que este curso esté ubicado en este semestre obedece a las necesidades de materias como Química Analítica y Fisicoquímica, fundamentalmente la primera de ellas. Por este motivo la resolución de problemas en Estadística está en esta propuesta orientada a la resolución de problemas de Análisis Químico Cuantitativo, Cualitativo e Instrumental. En el 4º semestre se dista el curso de Ecuaciones Diferenciales que comprende temas de EDO, Transformada de Laplace y EDP, integrando los enfoques algebraico, analítico y cualitativo, lo que permite volver a tocar temas de tres de los cursos anteriores Análisis Matemático I, Análisis Matemático II y Álgebra, pero con una mayor profundidad y aplicabilidad. Al mismo tiempo permite una fuerte conexión con las demás asignaturas, Física, Química General, Fisicoquímica (Cinética Química), etc. y con los problemas de la vida real (Martínez Luaces, V., Guineo Cobs, G., 2002. a).

En el 5º semestre tenemos el último curso obligatorio de Matemática para Ingeniería Química, se trata de Cálculo Numérico. Este curso funciona como materia integradora de todas las anteriores ya que se tratan resolución de ecuaciones algebraicas, derivación, integración, resolución de EDO, resolución de EDP y cálculos estadísticos con distribuciones especiales (Martínez Luaces, V., Guineo Cobs, G., 2002. b).

En este punto la currícula se ramifica en al menos tres posibilidades no excluyentes:

- a) Cursos de segundo nivel: se trata de cursos de grado semestrales con un número de créditos asignado igual que en cualquier otro curso, pero de carácter opcional. Los temas de estos cursos son más específicos e implican siempre alguna profundización de temas anteriores. Ejemplo: Estadística Avanzada y Optimización.
- b) Cursos de postgrado: hace algunos años se implementó la maestría en Ingeniería Química que cuenta entre sus cursos permanentes al menos un curso de Matemática denominado "Ecuaciones en Derivadas Parciales: Aplicación a la Ingeniería Química".
- c) Cursos de Educación Permanente: En estos cursos se profundizan algunos temas específicos que son de interés fundamentalmente para los egresados. Son cursos de poca duración, bastante intensivos y tiene una evaluación opcional. Su objetivo es actualizar al profesional en algún tema concreto que presente una importante

aplicabilidad, por ejemplo, “Diseño de Experimentos”, “Tratamiento Estadístico de Datos”, “Control de Calidad”, etc.

De estas tres opciones, la última se viene instrumentando desde 1995, la segunda desde 1997 y la primera, que es la más reciente, esta prevista para el próximo semestre.

Cabe agregar que el diseño curricular realizado no se limitó a los contenidos disciplinares. El mismo incluyó contenidos conceptuales, actitudinales y metodológicos, de acuerdo a las sugerencias de algunos investigadores reconocidos en el área del diseño curricular (Rico, 1998).

## **Resultados**

Este nuevo plan fue evaluado muy positivamente por los Consejos Directivos de ambas facultades ya que se logró una mejor articulación con otras asignaturas de la misma carrera, se consiguió una mejor adaptación a los requerimientos de cada una de las carreras químicas, se lograron subsanar las dificultades del plan anterior y fundamentalmente, se modificó la actitud de los estudiantes frente a las materias que imparte la cátedra. El cambio de actitud en el alumnado ha tenido como componente principal el enfoque aplicado de los cursos, los que a su vez se adaptan mejor a las necesidades de cada carrera (Martínez Luaces, V., Guineo Cobs, G. y Acher, R., 2001) y producen un efecto muy positivo en la motivación (Martínez Luaces, V., Guineo Cobs, G. y Acher, R., en prensa).

Todo lo anterior ha sido corroborado mediante análisis estadístico de los datos de las encuestas de evaluación de calidad de enseñanza, tanto utilizando técnicas del Análisis Multivariado (Gómez, A., Guineo Cobs, G. y Martínez Luaces, V., 2002) como de la Estadística Paramétrica y la Estadística No Paramétrica (Gómez, A., Martínez Luaces, V., 2002).

## **Conclusiones**

De todo el proceso anteriormente descrito surge que la Investigación-Acción es una herramienta idónea para el mejoramiento no sólo de un curso en particular (Martínez Luaces, V., Guineo Cobs, G., 2002. a), sino de toda la currícula matemática de una determinada carrera (Martínez Luaces, V., en preparación). Este mejoramiento continuo implica identificar el o los problemas a resolver, diseñar encuestas, analizar la información y sobre la base de las conclusiones obtenidas, realizar propuestas concretas que repercutan en el trabajo del aula. En tal sentido, es fundamental que no se produzca una separación entre quienes enseñan y quienes investigan (Contreras, J., 1995). Por el contrario, el docente debe investigar sobre su propia práctica (Stenhouse, 1984), ya que el proceso educativo es uno y consiste justamente en eso: enseñar o aprender a investigar y para ello, investigar cómo se aprende o enseña (Fernández, V. et al, 1999).

En cuanto a esta propuesta en particular, la resolución de problemas (Schöenfeld, A. H., 1983), en su mayoría provenientes de otras asignaturas y de situaciones de la vida real, resultó fundamental en el logro de una mayor motivación y un mejor ajuste a las necesidades específicas de la carrera de Ingeniería Química (Martínez Luaces, V., 2001)

Un capítulo aparte merece el equipo docente a cargo de la investigación y la puesta en práctica de la propuesta. Entendemos que dicho equipo debería tener una conformación interdisciplinaria (Fernández de Alaiza, B., 2001). En efecto, esto asegura una diversidad

de enfoques e intereses, que repercute en una mayor adaptación de la currícula matemática a la carrera en estudio y un mejor aprovechamiento de la misma.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que no se trata únicamente de lograr una yuxtaposición de disciplinas en un mismo equipo. Por el contrario, el trabajo del equipo debe dar lugar a un intercambio de ideas enriquecedor.

En definitiva, para realizar los cambios adecuados, es necesario un equipo docente con un genuino interés en la Matemática como asignatura de servicio, tanto en los referente a su enseñanza como en lo que tiene relación con la investigación en Matemática Educativa.

### Referencias bibliográficas

- Contreras, J. (1995). La investigación en la acción. *Cuadernos de pedagogía* 224. pp. 8 – 19.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique. Pp. 44 – 45.
- Fernández, B. (2001). *La Interdisciplinariedad como base de una estrategia para el perfeccionamiento del diseño curricular de una carrera de ciencias técnicas y su aplicación a la carrera de Ingeniería en Automática en la República de Cuba*, Tesis presentada ante el Tribunal Nacional de Ciencias Pedagógicas, La Habana, Cuba.
- Fernández, V. et al (1999). *Educación Matemática para no matemáticos* San Juan (Argentina): Editorial Fundación Universidad Nacional de San Juan.
- Gómez, A. & Guineo, G. y Martínez, V. (2002). Análisis Multivariado: una metodología para procesar encuestas sobre calidad de la enseñanza en carreras de Ingeniería, página web de las Memorias del X EMCI: , <http://ing.unne.edu.ar/emci>
- Gómez, A. y Martínez, V. (2002). Evaluación docente utilizando Análisis Multivariado, *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*.
- Martínez, V y Alfonso, M. (2000). La Transformada de Laplace en Química, sus aplicaciones y posibilidades educativas, *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 13. pp. 147 – 153.
- Martínez, V y Guineo, G. (2002a). Un trabajo de Investigación - Acción en un curso de Ecuaciones Diferenciales para Ingeniería de Alimentos. Página web de las *Memorias del X EMCI*: , <http://ing.unne.edu.ar/emci>.
- Martínez, V. y Guineo, G. (2001). Integrales Impropias, de Línea y de Superficie: un Relevamiento y una Propuesta para su Enseñanza en Carreras de Ingeniería. *Actas IN – MAT /2001*: <http://www.fi.uba.ar/novedades/congresoimat>.
- Martínez, V. (2000). Una innovación en los cursos de Matemática para algunas carreras de Ingeniería, CD: *IX EMCI*, Concepción del Uruguay, Argentina.
- Martínez, V. (2001c). Algunos teoremas del Cálculo Diferencial en Matemática y Fisicoquímica: Una propuesta de articulación. *Actas de COMAT 95, 97, 99*. Matanzas: UMCC. ISBN 959 – 160097 – 6.
- Martínez, V. (2001). Enseñanza de matemáticas en carreras químicas desde un enfoque aplicado y motivador. *Números. Revista de didáctica de las matemáticas* 45.43-52.
- Martínez, V. y Cuitiño E. (2000). Estadística para Químicos: ¿Qué enseñar?. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 13

- Martínez, V. (en preparación). Tesis sobre la curricula de Matemática en Ingeniería Química.
- Martínez, V. y Guineo, G. (2002). Numerical Calculus and Analytical Chemistry: An example of interdisciplinary teaching, CD: *Communications 2<sup>nd</sup> International Conference on the Teaching of Mathematics at the undergraduate level*.
- Martínez, V. & Guineo, G. y Acher, R. (2001). Distance learning in Uruguay: Two different experiences. *Proceedings Third Southern Hemisphere Symposium on Undergraduate, Delta'01*
- Martínez, V. & Guineo, G. y Acher, R. (en prensa). Enseñanza de Matemática en la modalidad de Educación a Distancia: algunas conclusiones de tres años de experiencias. *Actas del Foro sobre Innovaciones Pedagógicas en la Universidad de la República*.
- Rico, (1998). Complejidad del currículo de Matemáticas como herramienta profesional. *RELIME*. 1. pp. 22 – 39.
- Schöenfeld, A. H. (1983). Episodes and executive decisions in mathematical Problem solving. *Acquisition of Mathematics Concepts and Processes*, Academic Press.
- Stenhouse, (1984). *Investigación y desarrollo del curriculum*. Madrid: Morata.
- Vigotsky, L. S. (1978). *Mind in society. The Development of Higher Psychological Processes*, USA: Harvard University Press.