

MODELADO Y TICS EN LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS Y MATEMÁTICA

CHELQUER SHEJTMAN, J. (1) y MUTIS VADALÁ, Á. (2)

(1) Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Buenos Aires
jchelquer@yahoo.com.ar

(2) Universidad de Buenos Aires. ammuttis@yahoo.com.ar

Resumen

Los modelos y el modelado ocupan un lugar relevante en Ciencias Naturales y Matemática. En la enseñanza media, sin embargo, en tanto se usan los modelos como medio de comunicar el conocimiento científico, no se suele dedicar atención a las tareas de creación y refinamiento de modelos.

La introducción de tecnologías informáticas está permitiendo el acceso temprano al modelado de sistemas dinámicos, que tradicionalmente quedan relegados para cuando los alumnos dominan el análisis matemático.

En este trabajo se presentan observaciones surgidas de la experiencia en los cursos de formación de profesores del CEFIEC. Se reseñan aspectos significativos tanto de las actividades de modelado como de la simulación informatizada de modelos, la relevancia particular de los sistemas dinámicos y los obstáculos que se deben enfrentar en la formación docente y en la actividad de aula.

Objetivo

El uso de TICs para simulación de modelos presenta oportunidades didácticas largamente señaladas en las últimas décadas. El modelado, en cambio, ha sido menos tratado. Nos proponemos discutir

los motivos de interés, el impacto educativo y los obstáculos relativos al modelado a partir de nuestra experiencia en la formación de profesores en el CEFIEC.

Marco Teórico

En tanto herramientas culturales y cognitivas (Salomon, 1992), los modelos, sus representaciones y los instrumentos que permiten su formalización y simulación, tienen impacto en la forma de concebir la ciencia así como en la estructura cognitiva de quienes lo usan.

Así como el *uso* de modelos es central para la Ciencia y su enseñanza, también lo es el *modelado* que, aunque es un argumento de justificación para la enseñanza de la matemática, no suele tener lugar en el currículo, limitando el desarrollo de competencias básicas e impidiendo a alumnos (y profesores) entender el carácter simplificado y discutible de los modelos consagrados (Barquero et al., 2007).

En la enseñanza de las ciencias la *aplicación* de modelos varía según la disciplina pero se descuida su *producción* y uso *exploratorio*. En la enseñanza de la matemática, por otra parte, los modelos suelen encararse como *casos aplicados* de estructuras y funciones antes que la recíproca. El nivel de habilidades matemáticas requeridas para crear y manipular modelos dinámicos es responsable en buena medida de estos sesgos. La existencia de software que permite a sujetos con poco entrenamiento matemático abordar sistemas complejos y dinámicos y retroalimentarse con su simulación podría ayudar a revertir esta situación, a habilitar el abordaje de contenidos descuidados y a implementar nuevas metodologías de la enseñanza de ciencias y matemática.

Las **simulaciones, versiones interactivas** de los modelos donde el usuario controla variables y observa otras, hacen que se pueda encarar modelos más complejos que los que el alumno podría tratar analíticamente, tender un puente entre “el espacio psíquico de las ecuaciones” y el del conocimiento cotidiano (Larkin y Chabay, 1989), presentar un tipo de “objeto concreto-abstracto” con el cual interactuar (Teodoro, 1998), facilitar el ensayo masivo de casos y los estudios de sensibilidad y generar una situación donde el alumno puede interpelar activamente al modelo.

El **modelado** ofrece una oportunidad para valorar alcances y limitaciones de los modelos consagrados, mejorar su comprensión y participar en una actividad típicamente científica. Los sistemas más interesantes suelen ser los **dinámicos**, donde se conoce las fuerzas que motorizan el cambio en lugar de fórmulas de estado; requieren ecuaciones diferenciales –en particular ordinarias, EDO-, que captan las ideas subyacentes con mayor claridad que las horarias. La secuencia de enseñanza de contenidos matemáticos ha determinado, por eso, que sean postergados hasta el nivel universitario. No obstante, su tratamiento con TICs permitiría recuperar los SD como herramienta de comprensión sin depender del dominio de técnicas matemáticas superiores. El soft se hace cargo de integrar y derivar[1] y funciona como herramienta cognitiva.

Metodología

Nos interesa particularmente conocer los obstáculos que dificultan a los futuros profesores encarar tareas de modelado y diseñar situaciones didácticas para su uso así como identificar los elementos que facilitan su superación.

En nuestra actividad docente, dictamos dos veces al año una materia de Informática Educativa para los alumnos de todos los profesorados de ciencias y matemática, con un promedio de 25 alumnos por curso. Dos de las unidades están dedicadas a modelización y simulación.

Seguimos los lineamientos de la investigación-acción, en un proceso cíclico de exploración, actuación y valoración de resultados.

En las clases teóricas y prácticas uno de los integrantes asume un rol de observador, registrando para su análisis las intervenciones de los alumnos y sus discusiones, así como sus ensayos e ideas durante la resolución de problemas. El registro es narrativo y el procesamiento, interpretativo. La cantidad de observaciones es amplia (más de 12 cuatrimestres) pero no hacemos un procesamiento estadístico de las mismas.

Observaciones:

- Los alumnos de profesorado son ambivalentes respecto a la simplificación que introducen los modelos: les **cuesta relegar** parte de su conocimiento y temen confundir modelos con realidad.
- Simultáneamente, **naturalizan** los modelos aprendidos al punto de temer desarrollar los propios.
- Tienden a ver los modelos como un mecanismo útil para generar predicciones (como se suele hacer al resolver ejercicios) y reconocen menos a las predicciones y su contrastación como una forma de **mejorar la comprensión** de los modelos.
- No suelen ser conscientes de que el **conocimiento** de un modelo **no implica** automáticamente la **comprensión** de sus **implicancias**.
- Suelen confundir **predictibilidad** con **determinismo** y atribuyen las dificultades para usar modelos a que en su campo no se puede predecir fenómenos unívocamente. No contemplan modelos *probabilísticos* que ofrezcan predicciones en forma de distribuciones de probabilidad.
- En los sistemas dinámicos, tienden a describir estados **de equilibrio finales** (lo que habitualmente se enseña) **en lugar de** las **dinámicas** que los producen.

- Sobrevaloran los “**estados iniciales**” (característicos de los ejercicios) por sobre la idea de que todo estado es “inicial” en el momento de producirse.
- Tienden a querer explicitar **todas las relaciones** que hay entre las variables, aún las que resultan en forma transitiva de otras (como lo harían en un relato descriptivo).
- Ejercen **poco control** sobre los resultados de los **cálculos que delegan** –y que tradicionalmente harían por sí mismos.
- Les cuesta **sustituir temporariamente un problema complejo** por otro más manejable para perfeccionarlo después.
- Les **cuesta diferenciar** entre distintos tipos de relaciones entre variables tales como *influye en, determina y aporta al flujo o cambio de*.

Asimismo, se observa como **factores facilitadores** la introducción de modalidades de trabajo que rompen con las habituales:

- La presentación de modelos **sin indicar su origen** o bien relatados en **forma coloquial** en lugar de formulados con las ecuaciones conocidas-.
- El **solicitar predicciones rápidas y cualitativas** sin dar tiempo a la puesta en funcionamiento de la maquinaria de cálculo.
- El uso de **diagramas de Forrester** para aclarar los distintos tipos de relaciones.
- La realización de ejercicios de control de **sensibilidad** (cambiando ligera y sucesivamente el valor de las variables).
- El uso y desarrollo de **modelos probabilísticos**.
- La **complejización de modelos sencillos** como forma de mostrar la posibilidad del proceso inverso (de simplificación previa al abordaje de lo complejo).
- La **explicitación** metacognitiva de las dificultades y obstáculos indicados previamente.

Conclusiones

Los modelos ocupan un lugar central en ciencias y matemática. El modo tradicional de abordaje, centrado en la transmisión del modelo y su aplicación en casos individuales, puede ser superado atendiendo a las fases de creación de los modelos y a su conocimiento por vías experimentales simuladas. Las herramientas informáticas pueden facilitar el tratamiento de estos temas en forma temprana en la enseñanza media, pero su impacto no se produce en forma automática y requiere superar obstáculos que derivan en buena medida de tradiciones culturales. En la formación de profesores, resulta notable la pregnancia de las formas de trabajo tradicionales que tienden a percibirse como naturales. No obstante, el trabajo con herramientas de modelado y simulación, aún en períodos breves, puede facilitar la reflexión sobre las propias concepciones y su eventual modificación, a condición de que venga acompañado de propuestas diferenciadas de las tradicionales y sea orientado en forma explícita a ese logro.

Referencias Bibliográficas

BARQUERO, B., BOSCH, M., GASCÓN J. (2007) *La modelización matemática como instrumento de articulación de las matemáticas del primer ciclo universitario de Ciencias. Matemáticas, escuela y sociedad*. Jaén: Publicaciones de la Diputación de Jaén, pp. 531-544

LARKIN, J. y CHABAY, R. en RESNICK, L. y KLOPFER, L (1989) *Curriculum y cognición*. Argentina: Aique. pp. 241-275

SALOMON, G. (1992) *Las diversas influencias de la tecnología en el desarrollo de la mente*. Infancia y Aprendizaje, 58 pp. 143-159

TEODORO, V. D. (1998) *From formulae to conceptual experiments: interactive modelling in the physical sciences and in mathematics*. International CoLos Slovenia.

[1] En nuestro curso, Modellus, Vensim así como planillas de cálculo y aproximaciones discretas a procesos continuos.

CITACIÓN

CHELQUER, J. y MUTIS, Á. (2009). Modelado y tics en la enseñanza de ciencias y matemática. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 231-236
<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-231-236.pdf>