

Condiciones iniciales para la formación fisicomatemática en arquitectura (Initial conditions for physics and mathematics education in architecture)

Carlos Becerra Labra¹, Albert Gras-Martí^{1,2,3}, Elizabeth Mora-Torres³ y Teresa Sancho⁴

¹Instituto de Matemáticas y Física, Universidad de Talca, Talca, Chile

²Laboratorio de Investigación y Desarrollo sobre Informática en Educación, Centro de Investigación y Formación en Educación, y Departamento de Física, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

³Facultad de Educación, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia

⁴Estudis d'Informàtica, Multimèdia i Telecomunicació, Universitat Oberta de Catalunya, Catalunya, Spain

Recibido em 28/9/2010; Aceito em 1/3/2012; Publicado em 23/4/2012

Se confrontan las expectativas de formación competencial y fisicomatemática de los estudiantes de primer curso de arquitectura, contenidas en el plan de estudios de pregrado, con los resultados de la investigación didáctica. Se analizan las actitudes y modelos de aprendizaje que desarrollan de forma espontánea los estudiantes. A partir del contraste entre los objetivos propuestos y el modelo mental que tienen los estudiantes sobre qué significa aprender física y matemáticas, se propone un rediseño del proceso de enseñanza/aprendizaje, que incluye materias y métodos docentes.

Palavras-chave: competencias, investigación didáctica, física, matemáticas, arquitectura, enseñanza, aprendizaje.

We compare the expectations in skills development and in physics and mathematics education of first year undergraduates in architecture, as described in the syllabus, with the results of education research. We analyze the attitudes and the models of learning that students develop spontaneously. From the contrast between the desired objectives and the mental model that students have about what learning physics and mathematics entails, we suggest a redesign of the teaching and learning process which includes subject matters and teaching methodologies.

Keywords: skills, education research, physics, mathematics, architecture, learning.

Los estudiantes no saben lo que no saben hasta que no lo intentan...
(Anónimo)

1. Introducción

Los modernos planes de estudios universitarios se han diseñado teniendo en cuenta las propuestas didácticas que ponen el énfasis en los aprendizajes de los alumnos, más que en las enseñanzas del docente. En particular, los planes enumeran una serie de competencias generales que, acompañadas de un proceso de enseñanza/aprendizaje (E/A) adecuado, deberían conducir a los objetivos deseados.

En el campo de investigación sobre la enseñanza de la física o PER (Physics Education Research) se han analizado diversas metodologías docentes así como las preconcepciones o concepciones alternativas sobre fenómenos físicos que poseen los estudiantes cuando ingresan en el aula. Sin embargo, un aspecto poco estudiado es el de las metodologías de estudio y de aprendizaje que tienen estos alumnos.

En este trabajo se presenta una investigación sobre los hábitos de estudio de 119 alumnos de la asignatura de elementos de matemáticas y física, de primer curso de Arquitectura de la Universidad de Talca. Se han analizado entrevistas semiestructuradas aplicadas a los estudiantes, así como los materiales y los procedimientos que utilizan éstos (apuntes de clase, guías de trabajo, dedicación a la materia, etc.). Se trata de comprobar si hay un buen ajuste entre los objetivos propuestos y las metodologías y los materiales de trabajo. La importancia del tema lo demuestran debates frecuentes, incluso en la prensa especializada [1].

En la sección siguiente se citan algunos de las competencias contenidas en el plan de estudios de la carrera. En la sección 3 se enumeran las conclusiones de la PER más relevantes para el problema planteado. La sección 4 muestra los resultados de nuestra investigación y la sección final contiene conclusiones y propuestas.

¹E-mail: albertgrasmarti@gmail.com.

2. Objetivos competenciales

El nuevo plan de Arquitectura fija determinadas competencias en tres áreas: formación fundamental, ciencias básicas (física y matemáticas), y formación disciplinaria. Entre el gran número de competencias genéricas que se proponen, tanto de tipo cognitivo como transversal, destacaremos algunas:

- capacidad de abstracción, análisis y síntesis,
- capacidad para organizar y planificar el tiempo,
- capacidad de comunicación oral y escrita,
- capacidad crítica y autocrítica,
- habilidad para trabajar en forma autónoma y en equipo.

Las competencias genéricas se deben de abordar en todas las materias del plan de estudios, para garantizar la formación adecuada de los arquitectos. Como veremos en la sección siguiente, estas competencias son también básicas para el aprendizaje de la física y, a su vez, el aprendizaje de la física puede ayudar a desarrollarlas [2].

3. Investigación didáctica y enseñanza de la física

Como muestra el trabajo de revisión de Redish [3] la PER ha avanzado enormemente en pocas décadas. Los estudios cognitivos (estudios de los procesos de comprensión y aprendizaje) se pueden sintetizar en cuatro principios básicos: constructivismo (las personas tendemos a formar patrones mentales), asimilación (es razonable aprender algo que se adapte o extienda un modelo mental preexistente), acomodación (es muy difícil modificar sustancialmente un modelo mental establecido) e individualidad (los estudiantes tienen diversos modelos mentales para los fenómenos físicos, y diferentes modelos mentales para aprender). Estos principios ayudan al docente a replantearse su trabajo y a analizar las consecuencias y resultados del mismo [4].

Uno de los hallazgos de los estudios cognitivos más interesantes para la enseñanza de la física y de las matemáticas es que el aprendizaje de cualquier materia conlleva el desarrollo de modelos mentales, es decir, de esquemas o patrones de interpretación del mundo que nos rodea, que organizan e intentan explicar nuestras experiencias y observaciones. Los modelos mentales que tienen los alumnos no coinciden, en general, con los planteamientos científicos. Pero esos modelos “espontáneos” se pueden asimilar, modificar y extender, y esa es una de las tareas que tiene que abordar el docente.

La física es una disciplina que requiere que los aprendices empleen diversos métodos de comprensión, y que sean capaces de realizar transferencias de una a otra modalidad: palabras, tablas de valores numéricos, gráficos (cualitativos y cuantitativos), ecuaciones, diagramas, etc. Aquí nos encontramos uno de los sentidos

de estudiar física en el ciclo básico de la carrera, y cómo esta disciplina puede contribuir al desarrollo de los objetivos competenciales propuestos.

Para poder construir modelos mentales sobre la visión del mundo que nos proporciona la física, se ha de tener una determinada actitud hacia su aprendizaje y desarrollar hábitos y metodologías adecuadas de estudio. Por ello en este artículo nos centraremos en un modelo más básico, el de metaaprendizaje. Es decir, en el modelo que utilizan los alumnos sobre cómo aprender.

La hipótesis que formulamos, a partir de la experiencia de años de docencia a alumnos de primeros cursos universitarios, es que los alumnos carecen de un modelo de estudio adecuado. Los docentes tal vez recuerdan el placer con que trabajaban en sus tiempos de estudiantes los libros de texto y los apuntes de clase, reorganizaban los materiales, rellenaban los huecos y los pasos que faltaban en las deducciones, al tiempo que se planteaban cuestiones sobre la materia. Pero pocos de nuestros estudiantes parecen saber cómo hacer esto, o ¡incluso no saben que esto es lo que espera de ellos [5]! Estas consideraciones llevan a formular la hipótesis que “muchos de nuestros estudiantes no tienen modelos mentales apropiados sobre qué significa aprender (y, en particular, cómo se estudia la física y las matemáticas)”. En la sección siguiente proporcionaremos datos de una investigación cualitativa que corrobora la hipótesis formulada.

4. Modelo de estudio de los alumnos

Hemos analizado las rutinas de aprendizaje de los estudiantes mediante los siguientes instrumentos cualitativos: encuestas, entrevistas semiestructuradas y análisis, mediante una planilla, de materiales de estudio (apuntes, fotocopias).

Se parte de una situación bien conocida: los alumnos ingresan en la Universidad con un *background* limitado o deficiente [6]. Por ejemplo, los estudiantes carecen de los conocimientos básicos de trazar gráficas cualitativas de funciones, incluso las más elementales (rectas, parábolas, etc.). Y la E/A habitual no remedia esta situación. Las habilidades de lectura y de comprensión de textos son bajas, como han demostrado investigaciones diversas [7] y hemos corroborado con nuestras encuestas, que incluyen análisis de textos breves de física y de matemáticas. Además, los materiales de estudio no se han elaborado teniendo en cuenta estos hechos, lo cual conduce a altos índices de abandono y frustración.

Es sabido que los alumnos no usan eficientemente el tiempo disponible para el estudio [8]; según nuestro estudio, por ejemplo, apenas un 14% de los estudiantes prioriza y planifica semanalmente sus tareas, y sólo un 7% lo hace diariamente. Además, a partir de las encuestas realizadas así como de la inspección de los

materiales de trabajo de los alumnos se observa que:

- los alumnos no saben tomar notas durante las clases;
- por mala gestión del tiempo disponible, los estudiantes no organizan, corrigen, amplian o estudian las notas de clase;
- no se confrontan los apuntes de clase con los materiales de estudio; y éstos no están adecuadamente trabajados por el alumno;
- la preparación a fondo de exámenes y de pruebas parciales se convierte en una barrera insuperable porque, al no disponer de resúmenes bien elaborados, el proceso de repaso en el poco tiempo disponible resulta poco eficiente.

Los resultados apuntan además a que, de acuerdo con Redish [5], el modelo mental más frecuente para el aprendizaje de las ciencias en el aula universitaria es, en síntesis, el siguiente:

- copiar las fórmulas que el profesor escriba en la pizarra, aunque estén en el libro, y memorizarlas;
- hacer suficientes problemas para reconocer qué fórmulas se deben de aplicar en cada caso;
- superar el examen seleccionando las fórmulas correctas para los problemas del examen;
- olvidar toda esta información tras el examen, y prepararse para el próximo paquete de materiales.

En su valoración de cada punto del modelo anterior mediante una escala de Lickert, la mayoría de los alumnos (63%) han mostrado total acuerdo con la descripción anterior, y sólo un 12% han discrepado fuertemente con alguno de los enunciados.

El modelo de estudio “nativo” de los estudiantes es consecuencia de los años de estudios previos, y se debe de modificar por un modelo que permita alcanzar las competencias diseñadas en el plan de estudios de la carrera, como requisito previo para tener un éxito en el mismo. Pero la investigación didáctica demuestra que no es sencillo conseguir que los estudiantes saquen beneficio de cursos sobre técnicas y hábitos de estudio, e incluso se resisten a ellos [9]. Los alumnos son reacios a participar en sesiones dedicadas a técnicas de estudio y las aprovechan poco cuando se ofrecen como complemento a la carrera, a pesar de que hay estudios que demuestran su utilidad [10]. Hay varias causas para esta resistencia: a) no desean (o no son capaces, o sienten temor de) modificar sus hábitos de estudio, b) creen que los nuevas técnicas de estudio no les serán útiles, o c) opinan que no son parte de la responsabilidad de su carrera. Además, los psicólogos nos advierten que la modificación de hábitos es un proceso lento y oneroso.

5. Conclusiones y propuestas

Aunque disponemos de muchos más datos que corroboran la hipótesis formulada, los datos señalados son suficientes para tener una visión general. Además, y como era previsible, las respuestas a la cuestión y a las

encuestas por parte de los alumnos remitentes no muestra un mejor dominio de las técnicas de estudio que en los alumnos nuevos. La mayor debilidad se identifica en la gestión del tiempo de estudio, en la toma de notas en clase, en la comprensión lectora y en la elaboración de síntesis. Este hecho demuestra que el paso por la Universidad no es garantía de avanzar en estas habilidades tan básicas.

De acuerdo con otros estudios similares [11] creemos que los docentes deben de proporcionar, en tareas bien diseñadas, oportunidades a los alumnos para que practiquen técnicas de estudio adecuadas, además de entregarles conocimientos de la disciplina. Se trata de proporcionar, en cada materia del plan de estudios, ocasiones repetidas para practicar las habilidades de estudio (resumir, esquematizar, sintetizar, realizar transferencias del lenguaje gráfico o algebraico al textual y viceversa, etc.). Esta vía es más eficiente que la de proporcionar a los alumnos conocimientos teóricos sobre cómo estudiar.

Se trata de seguir poniendo énfasis en los contenidos que enseñamos, pero teniendo siempre presente el contexto en que los alumnos los aprenden, si deseamos progresar y llegar a la mayor fracción de estudiantes posibles. No hemos de preguntar tan solo qué deseamos que aprendan, sino qué saben cuando llegan a nuestras aulas, y cómo interactúan con el entorno de aprendizaje y de contenidos que les proporcionamos, y también cómo responden a ellos. La ausencia de un modelo de estudio correcto es un hándicap para la adquisición de las competencias que integran la formación de un arquitecto.

Con este fin estamos desarrollando y poniendo a prueba un nuevo modelo de E/A que, orientado específicamente a los alumnos de Arquitectura, incluye el rediseño de los materiales de estudio, de las actividades de aula y del sistema de evaluación continua; el modelo incluye un seguimiento online de las tareas de los alumnos. Los resultados de este modelo son esperanzadores, y se comunicarán oportunamente.

Agradecimientos

Uno de nosotros (AGM) agradece a la Universidad de Talca y a la Universidad de los Andes la oportunidad de trabajar en las mismas, durante el período de realización de esta investigación.

Referencias

- [1] J. Kever, (2010), in *Houston Chronicle*, 24 de mayo. En línea: <http://www.chron.com/disp/story.mpl/metropolitan/7018694.html>.
- [2] E. Harskamp y N. Ding, *International Journal of Science Education* **28**, 1669 (2006).
- [3] E.F. Redish, in: *International School of Physics “Enrico Fermi”*, Varenna, July 15-25 (2003), p. 1-50. En

- línea: <http://crcst1.cns.msu.edu/LinkClick.aspx?fileticket=ldjt2%2F8uTC0%3D&tabid=208>.
- [4] C. Becerra-Labra, A. Gras-Martí y J. Martínez-Torregrosa, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **27**, 299 (2005).
- [5] E.F. Redish, *American J. of Physics* **62**, 796 (1994).
- [6] A. Gras-Martí, J.V. Santos Benito, M. Pardo Casado, J.A. Miralles Torres, A. Celdrán Mallol and M. Cano-Villalba, *Academic Exchange Quaterly (AEQ)* **7**, 312 (2003).
- [7] I. Vardi, in: *HERDSA Annual International Conference, Melbourne, Adelaide*, 12-15 July (1999), p. 92. En línea: <http://www.herdsa.org.au/branches/vic/Cornerstones/pdf/Vardi.PDF>.
- [8] A.W. Chickering and Z.F. Gamson, *New Directions for Teaching and Learning, number 47* (Jossey-Bass Inc, San Francisco, 1991).
- [9] S. Yuksel, *College Student Journal* **40**, 158 (2006).
- [10] A.J. Onwuegbuzie, J.R. Slate y R.A. Schwartz, *The Journal of Educational Research* **94**, 238 (2001).
- [11] K. Durkin y A. Main, *Active Learning in Higher Education* **3**, 24 (2002).