

REFLEXIONES SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA UNIVERSITARIA

FERREYRA, ADRIANA y GONZÁLEZ, EDUARDO M.
Grupo de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología (GECYT).
Facultad de Matemática, Astronomía y Física (FaMAF).
Universidad Nacional de Córdoba. República Argentina.
E-mail: adrifer@famaf.unc.edu.ar

SUMMARY

In spite of the scientific and technological development and a worldwide increment in the number of university students, it is evident a decrease in the number of students of physics in this level. This work brings out some features of the university education, particularly the teaching of the firsts courses. At the same time it is stated that a poor didactic knowledge, a rutinary teaching, that is not participative from the part of the teachers can be linked to a growing loss of interest from the part of the students. Finally the authors give some trends to make a deep study of this problem.

INTRODUCCIÓN

Es común afirmar que el rasgo característico de esta época es el despliegue de fabulosos avances científicos y tecnológicos en todos los campos del conocimiento y de la producción. Ello está en consonancia con un gran interés de los gobiernos para insertarse adecuada y eficientemente en el intercambio comercial y económico que plantean la regionalización y la globalización de los mercados. Estos hechos son decisivos, sin duda, para impulsar la realización de fuertes inversiones para el mejoramiento de la calidad de la enseñanza universitaria, tendientes a formar profesionales en ciencia y tecnología con altos parámetros de capacidad y compromiso social. En este marco preciso, se ha generado una diversificación de la oferta educativa y un crecimiento importante en la población universitaria mundial, particularmente en el área científico-tecnológica.

Si las perspectivas arriba señaladas son fuentes de razonable optimismo para la realización de acciones que

permitan un avance en la enseñanza de las ciencias, debe advertirse, contra visiones simplistas, de un proceso que dista mucho de ser lineal u homogéneo. En efecto, es, al intentar acercarse a estos campos de desarrollo, cuando se aprecian otros aspectos menos evidentes y se ponen a la luz algunos problemas importantes –específicos de cada disciplina– de interés que deben ser abordados. Así, por ejemplo, la investigación educativa ha venido señalando en los últimos años una paulatina despoblación de estudiantes en las carreras de física de diversas universidades de todo el mundo. Como indicadores de esta afirmación pueden tomarse diferentes registros de deserción y abandono en dichas titulaciones y de una fuerte disminución de ingresantes a las mismas (Siviter, 1994, Bandiera, 1995).

Por otro lado, parece existir inquietud y preocupación entre los docentes y las autoridades universitarias, que han comenzado a plantearse si estas carencias de moti-

vación de los estudiantes de física por continuar sus estudios, y quizá también su desinterés por iniciarlos, no guarda una estrecha relación con algunas limitaciones y deficiencias de la enseñanza que se les ofrece (Hestenes, 1987, Monk, 1994; Muñoz-Chápuli, 1995; Chrobak, 1996) y con los bajos resultados académicos que obtienen, particularmente en los cursos introductorios. Al respecto, diferentes autores han señalado la existencia de grandes dificultades en los estudiantes universitarios para aprender significativamente los conceptos físicos que se les enseñan (McDermott, 1987, Goldberg y Bendall, 1995; Wells, 1995; Wainmaier y Plastino, 1995; Alurralde, 1995), asunto al que específicamente se hará referencia durante el desarrollo de este trabajo.

Esta sensibilización creciente de la comunidad universitaria se pone también en evidencia en la gestación de diversos proyectos de transformación de la enseñanza que se imparte. Se trata mayoritariamente de propuestas innovadoras, muy interesantes y creativas, que tienden a romper con la inercia tradicional que caracteriza la educación superior. Aunque el valor de estos trabajos está fuera de discusión, debe señalarse, sin embargo, que se trata, mayoritariamente, de aportes puntuales, específicos y, en buena medida, carentes de fundamentos didácticos.

En la misma dirección, los grandes proyectos de transformación de los sistemas educativos constituyen una poderosa fuente de interés por el estudio de la enseñanza de las ciencias en la universidad. Habiendo tomado conciencia de las dimensiones y expectativas creadas en torno al actual proceso de transformación educativa en marcha en Argentina, es conveniente detenerse y reflexionar brevemente sobre el mismo.

EL INICIO DE UNA TRANSFORMACIÓN EDUCATIVA EN LAS UNIVERSIDADES ARGENTINAS

Como se ha señalado, la Argentina está viviendo un proceso de transformación educativa que se ha hecho extensivo a todos los niveles de enseñanza. Este contexto resulta auspicioso para iniciar un análisis que permita definir distintos indicadores o quizás sacar a luz algunos aspectos sintomáticos de la enseñanza superior que pueden llegar a reproducirse en otros ámbitos universitarios. Nuestro conocimiento del tema y el estudio de campo realizado han permitido introducir en esta investigación algunos de dichos aspectos sintomáticos.

En ese contexto, el nuevo marco legal vigente en la Argentina—Ley Federal de Educación, núm. 24.195 (1993) y Ley de Educación Superior, núm. 24.521 (1995)—representa adicionalmente un fuerte apoyo y motivación para estudiar problemas y deficiencias que se detecten en todos los niveles educativos. Particularmente, la Ley de Educación Superior contempla la necesidad de un replanteamiento y enriquecimiento de la enseñanza universitaria, a fin de hacerla socialmente más atractiva para los jóvenes estudiantes. A modo de ejemplo, pode-

mos señalar que dicha ley posibilita: favorecer el tránsito de estudiantes de una universidad a otra, acreditar materias obtenidas en otro lugar, decidir personalmente un itinerario particular. Además, sugiere que una adecuada autoevaluación realizada en el seno de las instituciones permitiría revisar algunos aspectos de su trayectoria, detectar eventuales problemas o dificultades y proponer, a partir de ello, planes de mejoramiento para el futuro (Art. núm. 44).

En forma más específica, esta transformación educativa se vehiculiza por diferentes vías y proyectos, algunos de gran envergadura e impacto, como, por ejemplo, el Programa de Incentivos Docentes (apoyo económico adicional para docentes que realicen investigación) y el Programa Fondo para el Mejoramiento de la Calidad Universitaria (FOMEUC). En este marco, un grupo de especialistas universitarios en el área de la física realizó un estudio diagnóstico del estado actual de la enseñanza en las universidades argentinas, concluyendo que existía una «imperiosa necesidad de mejorar sensiblemente los laboratorios de enseñanza de la física» y sugiriendo que «habría que considerar distintos programas (acciones) para mejorar la calidad de la enseñanza de grado y postgrado» en estas universidades (FOMEUC, 1995).

Incuestionablemente, estas acciones y programas se constituyen, entonces, en un poderoso motor de transformación. Pero conviene señalar, sin dejar de considerar el indudable valor de este «impulso» institucional, que estas reformas se están realizando sin la mediación previa de un estudio evaluativo, que necesariamente involucra etapas que van desde la innovación hasta el desarrollo de investigación educativa, ya sea diagnóstica o de más largo alcance. Resulta oportuno subrayar que estos proyectos corren el riesgo de quedar atrapados en aproximaciones limitadas y parciales y que, de ese modo, podría eludirse la complejidad del problema y terminar recortando los esfuerzos a cuestiones puramente técnicas, como, por ejemplo, la falta de equipamiento. Al respecto, puede recordarse la opinión de Tamir (1992) cuando intenta alertar contra tratamientos simplistas o ingenuos de la cuestión, observando que, «a pesar de la gran inversión realizada para preparar ejercicios de laboratorio, el análisis de contenidos realizados por diversos autores ha revelado serias deficiencias en lo que respecta a oportunidades ofrecidas para la práctica de habilidades investigadoras importantes, tales como la definición de un problema de investigación, la formulación de hipótesis, la planificación de experimentos y la identificación de las limitaciones de un experimento».

Específicamente, en lo que se refiere al interés por el mejoramiento de los trabajos prácticos de laboratorio, diversos estudios realizados desde una perspectiva constructivista son contundentes en proponer el abordaje de situaciones problemáticas abiertas que aproximen dichas prácticas a la actividad de la ciencia (Tobin, 1990; Woolnough, 1991; González, 1994; Hodson, 1994; Salinas, 1994; Gil y Valdés, 1996).

Cabe mencionar también que, en el marco de esta transformación educativa argentina, se está trabajando en el

desarrollo de nuevas propuestas curriculares que contemplan cambios en la duración de las carreras universitarias (licenciatura en física), la diversificación de la oferta educativa, la proliferación de carreras de posgrado (máster en enseñanza de las ciencias, por ejemplo), y la apertura y promoción de proyectos que vinculen la universidad con la escuela media (cursos, pasantías, becas, proyectos de investigación conjuntos, consultorías).

¿DÓNDE APOYAR LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA DE CIENCIAS EN LA UNIVERSIDAD?

Los argumentos anteriores debieran ser suficientes para respaldar la necesidad de desarrollar investigaciones educativas en el área de las ciencias en el nivel universitario. Además, queremos agregar que el hecho de la promoción de la investigación educativa en ciencias para todos los niveles –incluido el universitario– ha tomado relevancia en esferas internacionales, en instituciones permanentemente preocupadas por el mejoramiento del desarrollo científico y su enseñanza. Una reciente publicación (*Tribuna Universitaria*, 1994), destaca que la agencia americana NSF identificó ocho áreas estratégicas para la investigación futura, entre las cuales la investigación en educación en ciencias ocupa el tercer lugar en orden de prioridad; los dos primeros lugares son ocupados por la investigación de ordenadores de altas prestaciones y en biotecnología.

Ahora bien, la investigación educativa universitaria es muy reciente y carece aún de marcos teóricos sólidos en los que apoyarse. Ésta es, quizás, una de las razones por las que los trabajos de innovación adquieren ese carácter poco fundamentado al que antes nos referíamos. Sin embargo, disponemos de importantes resultados obtenidos en el nivel medio y en la formación docente, que pueden utilizarse como punto de referencia. De hecho, es en este nivel en el que los trabajos han tenido mayor desarrollo y en el cual se han producido, en la última década, avances substanciales en la comprensión del proceso de enseñanza-aprendizaje y en el desarrollo de propuestas transformadoras acordes con las nuevas visiones de dicho proceso.

Las investigaciones sobre «preconcepciones» o «esquemas alternativos» de los estudiantes y, más recientemente, acerca de las visiones reduccionistas y «de sentido común» de los docentes sobre la ciencia y su enseñanza han originado un profundo cuestionamiento a la enseñanza habitual y han permitido alcanzar un amplio consenso en el sentido de concebir el proceso de enseñanza-aprendizaje como construcción de conocimientos (Resnick, 1983; Driver, 1988; Novak, 1988; Gil et al., 1991; Gil, Pessoa et al., 1994). La emergencia de este nuevo paradigma se apoya también en resultados provenientes de otros campos, como la psicología cognitiva y las corrientes actuales en epistemología, sociología e historia de las ciencias (Duschl y Hamilton, 1992).

Dichos estudios han producido resultados convergentes, y han generado experiencias y propuestas exitosas de transformación e innovación didáctica en muy diferentes actividades de la enseñanza de las ciencias: resolución de problemas, trabajos prácticos de laboratorio, introducción de conceptos, evaluación, relaciones ciencia-técnica-sociedad, desarrollos curriculares y en aspectos aparentemente más distantes como las actitudes, el clima de aula, las expectativas del docente, etc.

De ese modo, se comienza a considerar que ya existe una didáctica de las ciencias provista de un cuerpo teórico de conocimientos (Gil, 1994), que puede fundamentar tentativas de transformación o mejora de la enseñanza de las disciplinas científicas. En este contexto se fundamenta la incorporación de la investigación educativa a la transformación y desarrollo de la actividad docente, concibiéndola como una tarea compleja, que implica más que el mero conocimiento de la disciplina específica (física), más que la incorporación de diversos recursos o la adquisición de habilidades puntuales o estilos de enseñanza (Gil, 1991).

LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA DE LA FÍSICA EN LAS CARRERAS DE CIENCIAS

Planteada así la necesidad de la investigación educativa en la universidad y reconociendo como una opción posible para un marco teórico inicial los desarrollos de la didáctica de las ciencias construidos para el nivel medio, corresponde ahora señalar los aspectos específicos que pueden ser motivo de estudio. A continuación se indican algunos de los problemas detectados, que surgen de dichas investigaciones y de nuestra propia experiencia.

1) Algunos problemas relacionados con la despoblación y el bajo rendimiento

Como se ha anticipado al comienzo de este trabajo, tanto en Argentina como en otros países, se ha puesto de manifiesto el hecho de que el número de alumnos que estudia física en las universidades ha ido cayendo progresivamente en los últimos años. Siviter (1994) y Bandiera (1995) dan cuenta tanto de la disminución de ingesantes a carreras de física universitarias como del alto número de alumnos que abandonan continuamente los cursos de esas carreras en las universidades inglesas e italianas, respectivamente.

A modo de ejemplo, presentamos algunos datos obtenidos como resultado de una indagación realizada en la Facultad de Matemática, Astronomía y Física de la Universidad Nacional de Córdoba, que corrobora la existencia de despoblación y deserción en la licenciatura en física.

El gráfico 1 muestra cómo ha ido disminuyendo, en la última década, el número total de alumnos que cursan dicha carrera, evidenciando desde 1990 una caída del 40% de la matrícula total de estudiantes (notar el inicio

de una reversión en esta tendencia, en las carreras de matemática que se cursan en dicha facultad).

Por su parte, el gráfico 2 aporta datos –para el mismo intervalo de tiempo– sobre la evolución temporal de la matrícula de primer año, resultando notoria, desde 1989, la pronunciada disminución del número de estudiantes que eligen comenzar estudios superiores en física. Además, por ser un parámetro que podía ayudar en el análisis que estábamos realizando, estudiamos el índice de deserción estudiantil en toda la carrera de licenciatura en física. Se definió $D(n)$ al valor correspondiente a la deserción en el año n como:

$$D(n) = 100 \frac{[Población(n)Egresados(n) - Reinscriptos(n+1)]}{[Población(n)Egresados(n)]}$$

donde $Población(n)$ es la matrícula total de alumnos en todos los años de la carrera de física, y $Reinscriptos(n+1)$ es el número de estos estudiantes $[P(n)]$ que se volvieron a inscribir al año siguiente.

Los valores obtenidos para D entre los años 1989 y 1995 oscilan alrededor de un 30% para la carrera de física. De los datos arrojados por los gráficos 1 y 2, y del estudio del parámetro D , concluimos que la despoblación creciente encontrada para la carrera de física está claramente relacionada con la disminución continua de la matrícula de estudiantes en primer año.

Como indicador adicional de esta realidad, y particularmente referido al bajo rendimiento de los estudiantes, se ha determinado para la misma carrera que menos del 10% (promedio sobre diez promociones recientes y consecutivas) de los alumnos que comienzan a cursar la licenciatura en física termina sus estudios; los que logran completarla requieren alrededor de un año y medio más que los cinco estipulados por el plan de estudios. Por otra parte, pareciera que las dificultades u obstáculos

mayores para los alumnos se presentan durante el primer curso, ya que la deserción media que se calculó para el mismo es del 50%.

Llama la atención que hechos similares parecen haberse constatado en las carreras de física de varias universidades argentinas y de otros países. Es por ello que cabría aquí la necesidad de hacer una reflexión más profunda. Si bien existen importantes *causas externas*, como la creación de atractivas carreras relacionadas con la informática y las comunicaciones o la caída de programas de energía nuclear, entre otras, que seguramente pueden estar influyendo en esta realidad, el aumento de la despoblación nos obliga a iniciar un análisis hacia adentro y estudiar, por ejemplo, las características del proceso enseñanza-aprendizaje en la universidad. Es decir, resulta necesario detenerse y sacar a la luz algunos hechos a los que tradicionalmente no habíamos prestado la debida atención. Así, la extensión de los programas de estudio o las orientaciones habituales de la enseñanza, podrían resultar factores centrales para explicar esta pérdida de interés en los estudiantes.

En tal sentido cabe señalar que, en la mayor parte de las carreras de ciencias de las universidades argentinas, los primeros cursos de física son cuatrimestrales y están caracterizados por el desarrollo en forma separada de tres actividades: las clases teóricas, las clases de resolución de problemas de lápiz y papel y los trabajos prácticos de laboratorio. Así, el profesor responsable de la asignatura, que generalmente es un catedrático con amplia experiencia docente, expone, en una clase masiva para todos los estudiantes, los contenidos teóricos correspondientes al programa que él ha planificado y que, en general, responde a las orientaciones didácticas de los libros de textos tradicionales para este nivel. La actividad de resolución de problemas se estructura en forma de guías de trabajo que contienen cuestiones sobre la mayor parte de los temas de las clases teóricas. Durante el

Gráfico 1

Evolución temporal del número total de alumnos de la carrera de licenciatura en física de FaMAF-UNC. Se muestran como comparación el número de alumnos de otras carreras de la misma facultad.

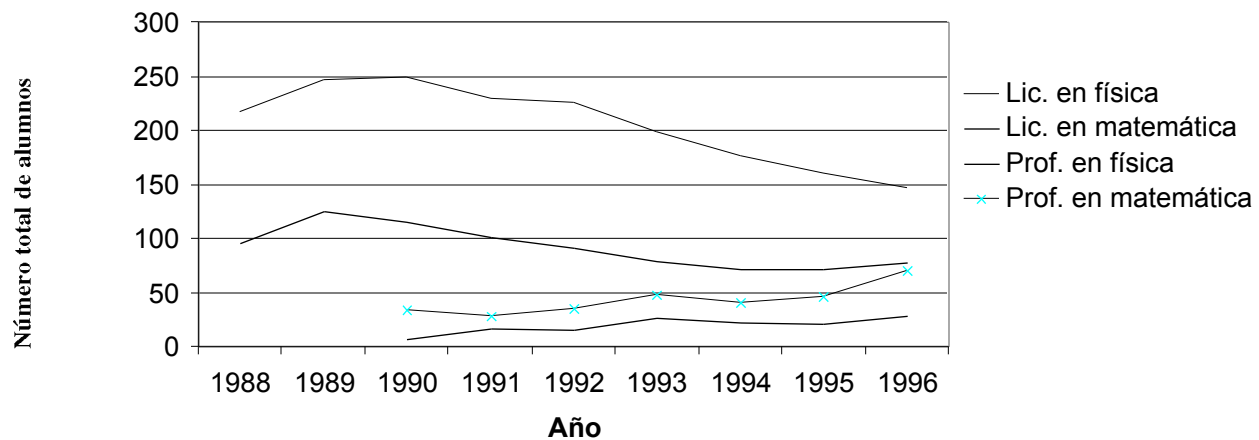
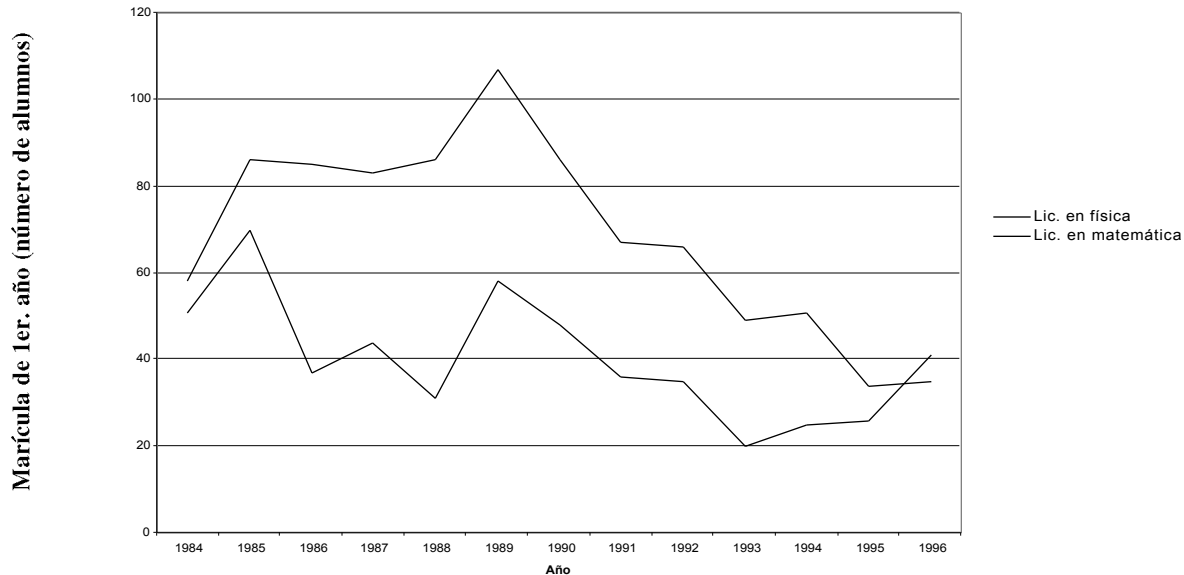


Gráfico 2

Número de alumnos ingresantes a primer año de las carreras de Licenciatura en Física y Matemáticas de la UNC.



desarrollo de estas clases, se resuelven una gran cantidad de problemas –extraídos en su mayoría de los correspondientes al final de capítulo de los textos más usados en todo el mundo–, y en ellas todos los estudiantes tienen la oportunidad de consultar sus dudas al grupo de profesores (jóvenes auxiliares docentes, en su mayoría recién egresados de la licenciatura) a cargo de las mismas. Finalmente, las actividades de laboratorio asociadas al curso se desarrollan en días y lugares especialmente asignados, se trabaja en grupos pequeños y en función de guías pautadas por el grupo de profesores a cargo –en general egresados jóvenes con experiencia en trabajo experimental, que son orientados en los aspectos generales de la tarea educativa por un profesor catedrático responsable de esta actividad.

La acreditación del curso se realiza a través de la aprobación de dos (o tres) exámenes parciales consistentes en la resolución de problemas de papel y lápiz, y un examen final consistente, por lo general, de tres partes: la resolución de tres a cuatro problemas escritos, la realización (repetición) de alguna práctica de laboratorio desarrollada durante el curso y, en caso de que algunas de estas actividades no resultara satisfactoria para el tribunal examinador, se interroga al alumno en forma oral.

La crítica de estos modos de concebir la enseñanza universitaria constituye un aporte central que debe realizar la investigación educativa en ciencias. Por ello, avancemos un poco más en esa dirección.

2) Otros resultados de la investigación educativa referidos a dificultades de aprendizaje y bajos rendimientos en estudiantes de física universitarios

Frente a estas perspectivas es interesante presentar nueva información que resulta de diferentes investigaciones realizadas en los primeros cursos de carreras de ciencias (física, ingenierías) de distintas universidades y que hacen aportaciones a la comprensión de esta compleja realidad.

Monk (1994) identifica la complejidad matemática de la física como uno de los factores que más inhiben a los alumnos y señala la rapidez indebida con que los profesores de física enseñan las representaciones matemáticas del mundo físico, como una de las causas de sus dificultades de comprensión. Recomienda comenzar la enseñanza de una manera fenomenológica, haciendo que los estudiantes se centren en hablar, escribir y leer sobre distintos fenómenos físicos e introduciendo en forma gradual las representaciones algebraicas de los mismos.

En relación con lo anterior, resulta interesante resaltar el bajo rendimiento académico obtenido por los estudiantes. Intentando realizar una descripción más precisa sobre este punto, diversos autores (McDermott et al., 1987; Goldberg y Bendall, 1995) opinan que las materias introductorias no permiten un entendimiento conceptual satisfactorio de la física básica, ya que se registran dificultades en conectar diversas representaciones como gráficos, diagramas y ecuaciones, conceptos bási-

cos y principios, con fenómenos del mundo real. Señalan, además, que el conocimiento que se consigue parece consistir en datos o hechos separados, fórmulas y ecuaciones organizadas pobremente, lo que les impide retenerlas y usarlas. Wells y otros (1995) consideran que este conocimiento adquirido es fragmentado y difuso y que los estudiantes rápidamente se sienten abrumados por la acumulación de detalles memorizados, trayendo como consecuencia un inevitable descontento y desinterés.

En Argentina, algunas investigaciones realizadas en los primeros cursos de distintas universidades, han puesto de relieve la existencia de los problemas mencionados. El análisis de los resultados obtenidos de pruebas diagnósticas, tests postinstruccionales y encuestas a estudiantes ponen en evidencia entre otros problemas: escasos (o nulos) logros referidos a aprendizajes conceptuales de la física que se les enseñó, una tendencia generalizada hacia un aprendizaje memorístico (Escudero, 1987; Wainmaier y Plastino, 1995), la existencia de ideas previas fuertemente arraigadas (Cotignola et al., 1987; Wainmaier y Plastino, 1995; Chrobak, 1996) y grandes dificultades en la comprensión e interpretación de los enunciados de las situaciones problemáticas planteadas (Cotignola et al., 1987; Escudero, 1987; Wainmaier y Plastino, 1995; Alurralde, 1995).

Datos registrados sobre los resultados obtenidos en los exámenes finales por los estudiantes de primer año de la licenciatura en física de la UNC son coherentes con los

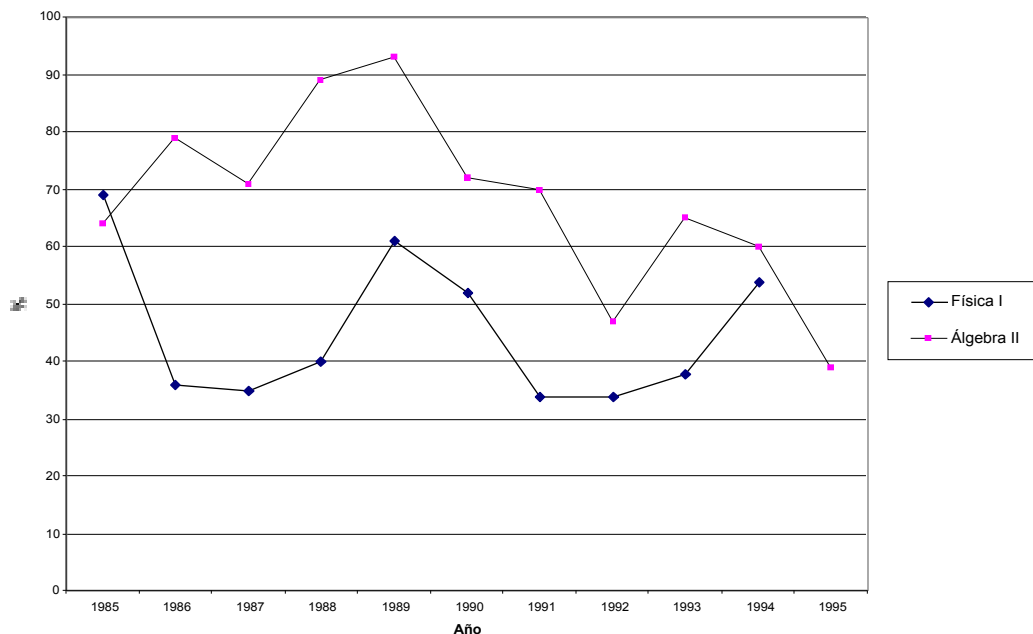
hechos mencionados. El gráfico tres da cuenta de dichos exámenes finales de los últimos diez años; en el mismo se encuentra que sólo un 45% de los alumnos que se presenta a rendir el primer curso de mecánica aprueba esa asignatura, frente a un 68% que consigue hacerlo en materias de matemática –álgebra, en este caso–, que cursan en forma simultánea.

3) Otros problemas específicos de la enseñanza de la física introductoria

Para avanzar con esta tarea de análisis inicial del problema, nos interesa hacer referencia a otros aspectos relacionados con la enseñanza de la física, específicamente referidos a los cursos introductorios universitarios. Como se ha afirmado anteriormente, es ahí donde parece radicar el problema más agudo y donde conviene iniciar las tentativas de transformación. A modo de avance en esta dirección hemos elaborado los siguientes enfoques de análisis:

– *Carencia de políticas especialmente adecuadas para el ingreso universitario:* No existe, en general, una política de nivelación o de tratamiento de los problemas propios del acceso al nivel universitario (Bandiera et al., 1995). Es obvio que una adaptación a la universidad requiere un proceso de modificación substancial de la visión que traen los estudiantes sobre los contenidos diversos de las materias que estudiarán y sobre cómo conseguir un aprendizaje significativo. Ésta es una cuestión muy importante para las carreras de tipo científico por sus exigencias

Gráfico 3
Porcentaje de alumnos aprobados en los exámenes finales de las materias de física y matemática que cursan en 1r. año de FaMAF.



particulares de profundidad conceptual y rigor metodológico. Ese proceso debe ser facilitado o encauzado de algún modo y esto no se reduce, obviamente, a la aplicación de cupos o a los cursos de ingreso habituales.

– *Existencia y persistencia de preconcepciones en los estudiantes*: Hay evidencias muy fuertes de la presencia de errores conceptuales, ideas previas o preconcepciones, en los estudiantes, que influyen obstaculizando su proceso de aprendizaje, que habitualmente no son consideradas en la enseñanza y que permanecen intactos después de la instrucción. Estos hechos fueron corroborados en diversas universidades argentinas: Santilli y Aveleyra (1995) determinan, a partir de entrevistas clínicas individuales de alumnos de primer año de ingeniería, el perfil de los modelos con que los alumnos resuelven cuestiones sobre mecánica durante los cursos. De la comparación de los mismos con los modelos científicos, concluyen, como otros autores (Bandiera et al., 1995; Goldberg y Bendall, 1995), que los estudiantes utilizan planteamientos intuitivos pregaleanos, usando la teoría del ímpetu para explicar el movimiento de los cuerpos; asocian fuerza con velocidad y suponen fuerza en el sentido del movimiento y, en general, notan una falta del significado preciso de los vectores velocidad, fuerza y aceleración. Hechos similares se han puesto de relieve en investigaciones realizadas en universidades argentinas (Ferreira et al., 1994; Rodríguez, Ferreira et al., 1995; Monmany y Alvarez, 1995).

– *Escasa articulación en el trabajo de los equipos docentes*: A diferencia de lo que ocurre en el nivel secundario, la enseñanza de las disciplinas universitarias suele abordarse en forma compartida por un considerable número de docentes (profesores encargados y auxiliares). Sin embargo, es poco frecuente que se formen verdaderos equipos de profesores con algún grado de estructura y de continuidad (debido a rotaciones periódicas). El tema de la carencia de equipos, con algún grado de integración y permanencia, se hace crítico en el primer curso de física, ya que es en ese momento cuando resulta necesaria una mayor coordinación, tanto para planificar, decidir y prever, entre todos, las actividades que resulten más adecuadas para desarrollar en las clases como para evitar un tratamiento fragmentado, e incluso disgregado, de los conocimientos.

– *Visión deformada de la ciencia*: González (1994) y Salinas (1994) muestran, en relación con los trabajos prácticos de laboratorio, que la física básica que se enseña en las instituciones formadoras de docentes y en el ciclo básico de las ingenierías no sólo no acerca a los estudiantes a las características del trabajo científico, sino que transmiten una visión deformada de la ciencia; es decir, que habitualmente no se incluyen como actividades a ser realizadas por los estudiantes, como por ejemplo, el tratamiento cualitativo de la situación planteada, la emisión de hipótesis, el diseño de experiencias, etc. Esto es así a pesar de que la mayoría de los docentes son investigadores en la disciplina; o sea, que no conectan su propia actividad profesional con las actividades que proponen a los estudiantes. De esta manera, al no transmitir vivencialmente las características de su pro-

pio trabajo científico (Gil et al., 1990), los profesores disminuyen las posibilidades de un real acercamiento de los estudiantes a la actividad de la ciencia. Naturalmente, debe reconocerse la gran distancia que existe entre una investigación científica real y una propuesta educativa enfocada como una investigación orientada sobre problemas abiertos y novedosos para el estudiante, pero bien conocidos por el profesor. Las diferencias entre ambas actividades son sustanciales y están referidas principalmente a las capacidades cognitivas, los conocimientos, la intencionalidad del trabajo que desarrollan, los intereses y el tiempo disponible asociados a un alumno universitario y a un investigador.

– *Desintegración de las distintas actividades de enseñanza*: El tema de los trabajos prácticos de laboratorio se relaciona con la orientación que se imparte en los restantes aspectos de la enseñanza. En tal sentido, se ha señalado (González, 1994; Gil et al., 1997) que las distintas actividades de la enseñanza (teóricos, prácticos y problemas) se presentan separadas en compartimentos estancos, es decir, incapacitadas para generar una visión coherente y de conjunto. Todo ello constituye un verdadero obstáculo al aprendizaje, que se transfiere a las etapas más avanzadas de la carrera (Hestenes, 1987; Wells et al., 1995).

Frente a esta realidad, algunos docentes investigadores, coinciden en que los problemas que presentan los estudiantes pueden deberse a carencias y deficiencias de los modelos instruccionales utilizados por sus profesores (Lopérgolo, 1987; Chrobak, 1996). Profundizar en estos aspectos implicaría una ruptura con las concepciones docentes habituales, que es la de eludir responsabilidades relacionadas con su propia actividad educativa, y atribuir los problemas encontrados a causas *externas* a estas instituciones, por ejemplo, a una mala formación en el secundario (Calatayud et al., 1992), a falta de estudio, etc.

UNA TENTATIVA DE CARACTERIZAR LAS ORIENTACIONES DIDÁCTICAS HABITUALES

El paso siguiente será, entonces, intentar encontrar aspectos generales que sean de utilidad para describir las características didácticas de la enseñanza universitaria impartida por los docentes.

En una investigación en la que se propone una alternativa para la enseñanza universitaria de las ciencias, Muñoz-Chápuli (1995) señala algunos problemas específicos que son conocidos y compartidos por la mayor parte de los profesores del nivel superior. Caracteriza las prácticas docentes habituales en las universidades diciendo que «la tendencia actual consiste en proporcionar un volumen cada vez mayor de información a los estudiantes y, desde el momento en que se exige que dicha información se reintegre en un examen, reforzar la noción de que el ejercicio memorístico a corto plazo es la base del aprendizaje».

Señala también la existencia de una enseñanza caracterizada por lecciones magistrales dirigidas a un gran número de estudiantes, que impide la actividad y participación de los mismos, así como una falta de creatividad, por parte de los profesores, en su tarea docente. Hestenes (1987) opina que ello es debido a una falta de evaluación de sus prácticas docentes, a una baja estima de los científicos universitarios por los desarrollos pedagógicos y didácticos y a una falta de programas de investigación coherentes para mejorar su enseñanza. Considera que en cierto modo «somos “profesores por accidente”», ya que la mayoría no se ha formado para enseñar, que la elección de la profesión se ha realizado observando más los aspectos científicos que los específicamente docentes y que, en general, la «promoción profesional va a depender mucho más de la cantidad y calidad de nuestra investigación que de la calidad de nuestra enseñanza».

Naturalmente, carece de sentido generalizar estas críticas a todos los docentes y, menos aún, descalificar la tarea que realizan. Sabemos que algunos docentes dedican un tiempo especial para planificar sus clases y exponen los temas con claridad y mucho detalle; es decir, que muestran algunas habilidades en la comunicación de los conocimientos que son propias de su calidad de investigadores científicos. La experiencia señala, sin embargo, que estos cuidados no garantizan por sí la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje. El problema radica en las orientaciones didácticas que están presentes en sus actividades, muchas de ellas producto de experiencias no reflexivas o de ideas de sentido común sobre la enseñanza, adquiridas a lo largo de su formación. La crítica que realizamos debe ser considerada en buena medida como autocrítica; es decir como síntoma de la necesidad de un proceso de reflexión interno de la comunidad universitaria sobre su propia enseñanza. Como un intento de síntesis descriptiva proponemos:

– La enseñanza universitaria es el resultado de una tradición empírica, fuertemente arraigada, carente de una fundamentación didáctica; es decir, orientada por concepciones (ideas, comportamientos y actitudes) de sentido común (Gil y Beléndez, 1990). Es razonable esperar, entonces, que ésta adolezca de los mismos vicios que la investigación educativa ha establecido en otros niveles del sistema educativo. No existe generalmente, entre los profesores, una reflexión colectiva, pública, en el plano didáctico o epistemológico. En cierto modo, los problemas relativos a la enseñanza se desvalorizan en las discusiones institucionales y quedan reservadas al ámbito de lo informal o lo privado.

– No existe, ni está prevista, en el desarrollo de los currículos de ciencia universitarios, una mínima formación docente; es decir, que no se crea escuela ni se integra a un trabajo común de equipo. Por el contrario, los docentes universitarios se incorporan a la enseñanza desde su experiencia de graduados, sin realizar ninguna tentativa de transformación de las condiciones didácticas adquiridas, por lo que se priorizan habitualmente los aspectos disciplinares, generalmente apreciados desde un punto de vista reduccionista del conocimiento termi-

nado. Este hecho crea limitaciones y carencias de perspectivas o criterios teóricamente fundamentados para abordar problemas que se detectan en la enseñanza, para proponer nuevas alternativas y, particularmente, para incentivar a sus estudiantes y acercarlos a los objetivos que se han propuesto (Trumbull y Kerr, 1993).

– El proceso de enseñanza-aprendizaje se realiza bajo la vigencia hegemónica del modelo de transmisión-recepción de conocimientos terminados. Este aspecto sería el central, puesto que pone al desnudo que no se está tratando con aspectos aislados y, por lo tanto, fáciles de modificar, sino con un verdadero modelo, con una concepción global, que se expresa en todas y cada una de las actividades (Gil et al., 1991; González, 1994).

PERSPECTIVAS PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA UNIVERSITARIA

Las reflexiones anteriores pueden ser asumidas como un estudio inicial de la compleja problemática de la enseñanza de las ciencias en la universidad. Se requieren nuevas aproximaciones y estudios sistemáticos y en profundidad para avanzar en el conocimiento de la misma. Planteamos, entonces, algunas preguntas orientadoras que podrían ser abordadas en el futuro:

– ¿Puede generalizarse la proposición que indica que la enseñanza universitaria actualmente está caracterizada por un modelo didáctico de transmisión-recepción de conocimientos?

– ¿Es posible vincular directamente las características de la enseñanza que se imparte en las universidades, con los bajos rendimientos académicos y los procesos de despoblación estudiantil?

– ¿Sería adecuado apoyarse en orientaciones constructivistas para elaborar propuestas transformadoras de la enseñanza de la física básica universitaria, de modo que la misma resulte una actividad creativa, actualizada y que produzca mejores resultados académicos en los estudiantes?

– ¿Cómo podría interesarse a los docentes universitarios para involucrarlos en propuestas transformadoras de la enseñanza habitual?

Abordar estas cuestiones resulta un asunto complejo. Por una parte, se trataría de confirmar y ampliar las evidencias parciales de problemas educativos en aspectos como la falta de continuidad de los estudios y las dificultades para un aprendizaje significativo de los estudiantes. Por otra, se trataría de establecer una relación entre estos problemas y las concepciones didácticas y la práctica docente habitual.

Nuestra visión actual de este problema puede resumirse, a manera de *hipótesis*, diciendo que la enseñanza universitaria del primer curso de física de carreras científicas,

como la licenciatura, tiene las características de estar *desproblematizada* (enseñanza de conceptos terminados, ausencia de los problemas que dieron origen a los mismos), *descontextualizada* (en relación tanto con el nivel para el que se imparte como con la realidad cotidiana que vive y conoce el alumno) y *desintegrada* (en cuanto a sus aspectos conceptuales, metodológicos y actitudinales).

Además, el trabajo debiera orientarse con un carácter de investigación participante, es decir, realizarse «desde dentro» de la comunidad docente. Ello favorecería una sensibilización y una reflexión de aquéllos que están interesados en el tema. Se trataría de un requisito esencial para avanzar en cualquier proceso de cambio; porque debemos señalar que la comunidad universitaria, si bien tiene tradición en investigar en ciencias y tecnología y eventualmente innovar en enseñanza de las ciencias, aún no participa significativamente en investigaciones en EC. Sería bueno conseguir que ambas tradiciones se unieran, ya que la IEC ha emergido, parcialmente, de la misma universidad, tratando problemas relacionados con la enseñanza de nivel medio. De este modo, la investigación en enseñanza de las ciencias se reflejaría sobre la misma universidad, adquiriendo el carácter de una verdadera autocrítica, completando los niveles de análisis y aprovechando los conocimientos adquiridos en su totalidad.

Al mismo tiempo debería concebirse como una investigación aplicada, es decir, muy ligada a problemas concretos y a propuestas de cambio. Puntualmente, en Argentina, ello acompañaría y complementaría el proceso de transformación educativa iniciado en la universidad. Por otra parte, se establecería una continuidad con estudios anteriores sobre los trabajos prácticos de laboratorio y se les daría una mayor perspectiva, al generalizarlos a todos los aspectos de la enseñanza (González, 1994). Ello sería convergente con visiones actuales de distintos investigadores que han señalado la imposibilidad de transformar en profundidad el proceso de enseñanza-aprendizaje, modificando separadamente actividades y aspectos aislados del mismo (Briscoe, 1991; Gil, 1993).

A efectos de la elaboración de una propuesta transformadora de la enseñanza de la física, sería importante articular algunos de los innumerables aportes recientes de la investigación didáctica. Entre ellos podemos mencionar: *a*) simulación de problemas físicos en la computadora (McDermott, 1990; Roth, 1995; Hennessy et al., 1995); *b*) definición de nuevos entornos de aprendizaje –coherentes con cambios en el rol del profesor, diversas formas de adquisición de la información que comparten docentes y alumnos, nuevas estrategias de evaluación– (Duschl, 1995); *c*) escribir para aprender (Muñoz-Chápuli, 1995); *d*) discursos compartidos entre estudiantes y profesores (Roth y Tobin, 1996); *e*) actividades educativas coherentes con un tratamiento científico de las cues-

tiones (González, 1994; Salinas et al., 1995a, 1995b, 1995c); *f*) rol del conocimiento conceptual en la resolución de problemas (Leonard, 1996); *g*) modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas (López y Costa, 1996); *h*) aproximaciones educativas centradas en el estudiante (Woolnough, 1994); *i*) conexiones entre distintos tipos de actividades de enseñanza (Menikheim y Ruiz, 1995); etcétera.

A MODO DE CIERRE

En este trabajo se han intentado recoger numerosas preocupaciones, inquietudes y demandas actuales, realizadas tanto por docentes e investigadores didácticos como por programas institucionales que se ocupan del estado actual de la enseñanza científica en las universidades, focalizando el estudio en el campo de la física introductoria de las carreras de ciencias.

Así, hemos intentado realizar una reflexión sobre un área particular del conocimiento –la física– y con un enfoque específico –la didáctica de las ciencias experimentales–, que es desde donde nos es posible aportar. A través de la misma, se propuso volver sobre lo obvio, lo que siempre se había hecho, explicitándose los componentes de la problemática tratada en forma conjunta, relacionada, lo que nos permitió tomar conciencia de la complejidad involucrada en la misma.

Se advierte sobre algunos contrastes que se dan en el mundo actual, como el que ocurre entre el aumento notorio de la despoblación estudiantil en carreras de física y el vertiginoso desarrollo científico-tecnológico en el ámbito mundial, y se resaltan estos hechos como razón importante para indagar la existencia de problemas específicos en la enseñanza. Por otro lado, el proceso de transformación educativo en marcha en la Argentina, con su marco legal y con el desarrollo de programas destinados al mejoramiento de la calidad de la enseñanza universitaria (Incentivos, FOMEC), constituyen otra importante motivación para iniciar esta investigación.

Particularmente interesa focalizar este estudio en primer año, porque el mismo representa una etapa de transición entre dos niveles educativos; es allí donde se detectan las mayores dificultades, donde la tasa de deserción suele ser máxima (50% para la UNC) y donde se registran los más bajos rendimientos académicos de los estudiantes.

Esperamos que las reflexiones realizadas en este trabajo, que desnuda distintos aspectos de la enseñanza universitaria, que describe las características de la misma compartida por docentes e investigadores de todo el mundo, y nuestros puntos de vista personales aporten para una toma de conciencia del importante desafío que la comunidad educativa tiene por delante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALURRALDE DE REVOL, E., JAVI, V., MARTÍNEZ, C., MONTERO, M.T., BÁRCENA, H., GALARZA DE MARTÍNEZ, R. y BIXQUERT DE RIVELLI, O. (1995). Aprendizaje de física básica. *Memorias REF IX*, pp. 102-112. Salta. Argentina.
- BANDIERA, M., DUPRÉ, F., IANNIELLO, M.G. y VICENTINI, M. (1995). Una investigación sobre habilidades para el aprendizaje científico. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), pp. 46-54.
- BRISCOE, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphores and teaching practices. A case study of teacher change. *Science Education*, 75(2), pp. 185-199.
- CALATAYUD ALEIXANDRE, M.L., GIL PÉREZ, D. y GIMENO ADELANTADO, J.V. (1992). Cuestionando el pensamiento docente espontáneo del profesorado universitario: ¿las deficiencias de la enseñanza como origen de las dificultades de los estudiantes? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 14, pp. 71-81.
- COTIGNOLA, M.Y., TUYAROT, D. y PUNTE, G., (1987). Fracaso de los alumnos en los cursos de física. I. ¿Por qué los alumnos no entienden la física que les enseñamos? *Memorias REF V-RELAFI IV*, pp. 22-31. Mar del Plata. Argentina.
- CHROBAK, R. (1996). Un modelo científico de instrucción para enseñanza de física basado en una teoría comprensible del aprendizaje humano y en experiencias de clase. *III Escuela Latinoamericana sobre Investigación en Enseñanza de la Física (III ELAIEF)*, 1 al 12 de julio. Canela. Brasil.
- DRIVER, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 109-130.
- DUSCHL, R.A. (1995). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), pp. 3-14.
- DUSCHL, R.A. y HAMILTON, R.J. (1992). *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Nueva York: State University of New York Press.
- ESCUADERO, C. (1987). Pruebas de diagnóstico: ingreso y egreso del curso de Física I en la Facultad de Ingeniería. *Memorias REF VRELAFI IV*, pp. 279-290. Mar del Plata. Argentina.
- FERREYRA, A., ARANEGA, C. P. DE e IPARRAGUIRRE, L.M. (1994). Algunos marcos o concepciones alternativas sobre el movimiento, en estudiantes de física de la Facultad de Ciencias Químicas de la UNC. *Resúmenes del II SIEF (II Simposio de Investigación en Educación en Física)*. Buenos Aires. Argentina.
- FOMECA (1995). *Documento de trabajo sobre la enseñanza de la física en las universidades*. Ministerio de Educación de la Nación. Buenos Aires. Argentina.
- GIL PÉREZ, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 69-77.
- GIL PÉREZ, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.
- GIL PÉREZ, D. (1994). Diez años en la investigación de la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 154-164.
- GIL PÉREZ, D. et al. (1997). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre el aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?
- GIL PÉREZ, D., BELÉNDEZ VÁZQUEZ, A., MARTÍN GARCÍA, A. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1990). La formación del profesorado universitario de materias científicas: contra algunas ideas y comportamientos de «sentido común». Trabajo presentado en las *II Jornadas Nacionales de Didáctica Universitaria*. Alicante.
- GIL PÉREZ, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Cuadernos de Educación, 5. Barcelona: ICE-HORSORI, Universitat de Barcelona.
- GIL PÉREZ, D., PESSOA, A.M., FORTUNY, J. M. y AZCÁRATE, C. (1994). *La formación del profesorado de las ciencias y la matemática: tendencias y experiencias innovadoras*. España: Editorial Popular, SA.
- GIL PÉREZ, D. y VALDÉS CASTRO, P. (1996). La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), pp. 155-163.
- GOLDBERG, F. y BENDALL, S. (1995). Making the invisible visible: a teaching/learning environment that builds on a new view of the physics learner. *Am. J. Phys.*, 63(11), pp. 978-991.
- GONZÁLEZ, E.M. (1994). *Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de física*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
- HENNESSY, S., TWIGGER, D., DRIVER, R., O'SHEA, T., O'MALLEY, C.E., BYARD, M., DRAPER, S., HARTLEY, R., MOHAMED, R. y SCANLON, E. (1995). Design of a computer-augmented curriculum for mechanics. *Int. J. Sci. Educ.*, 17(1), pp. 75-92.
- HESTENES, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *Am. J. Phys.*, 55(5), pp. 440-454.
- HODSON, D. (1994). Laboratory work as scientific method: thirty years of confusion. Documento presentado en *International Conference: Thinking science for teaching. The case of Physics*. Universidad de Roma La Sapienza. Roma.
- LEONARD, W.J., DUFRESNE, R.J. y MESTRE, J.P. (1996). Using qualitative problem-solving strategies to highlight the role of conceptual knowledge in solving problems. *Am. J. of Phys.*, 64(12), pp. 1495-1503.
- LOPÉRGOLO, A.M., LÓPEZ, M.J. y UTGES, G. (1987). Análisis académico-social de alumnos de física de primer año. *Memorias REF V-RELAFI IV*, pp. 482-490. Mar del Plata. Argentina.
- LOPES, B. y COSTA, N. (1996). Modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas: fundamentación, presentación e implicaciones educativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), pp. 45-61.
- MC DERMOTT, L.C., ROSENQUIST, M.L. y VAN ZEE, E.H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *Am. J. of Phys.*, 55(6), pp. 503-513.
- MC DERMOTT, L.C. (1990). Research and computer-based instruction: opportunity for interaction. *Am. J. Phys.*, 58(5), pp. 452-462.

- MENIKHEIM, M.C. y RUIZ DE EGUILAZ, M.A. (1995). Nexos entre aula, taller, laboratorio y producto tecnológico. *Memorias REF IX*, pp. 176-185. Salta. Argentina.
- MONK, M. (1994). Mathematics in physics education: a case of more haste less speed. *Phys. Educ.* 29(4), pp. 209-211.
- MONMANY DE LOMÁSCOLO, T.A. y ÁLVAREZ DE DÍEZ, C. (1995). Análisis de la incidencia de las preconcepciones sobre la resolución de problemas en alumnos universitarios. *Memorias REF IX*, pp. 213-221. Salta. Argentina.
- MUÑOZ-CHÁPULI, R. (1995). Escribir para aprender: ensayo de una alternativa para la enseñanza universitaria de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), pp. 273-278.
- NOVAK, J. D. (1988). El constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), pp. 213-233.
- RESNICK, L. B. (1983). Mathematics and science learning: a new conception. *Science*, 220, pp. 477-478.
- RODRÍGUEZ, N., FERREYRA, A., IPARRAGUIRRE, L.M., ARANEGA, C.P. DE y TRETTEL, O. (1995). Determinación de concepciones no científicas sobre tópicos de mecánica elemental en ingresantes universitarios. *Memorias REF IX*, pp. 236-244. Salta. Argentina.
- ROTH, W.M. (1995). Affordances of computers in teacher-student interactions: the case of interactive physics. *J. of Res. in Sci. Teach.*, 32(4), pp. 329-347.
- ROTH, W.M. y TOBIN, K. (1996). Staging Aristotle and natural observation against Galileo and (stacked) scientific experimental or physics as rhetorical events. *J. of Res. in Sci. Teach.*, 33(2), pp. 135-157.
- SALINAS DESANDOVAL, J. (1994). *Estrategias educativas para la enseñanza de la física en ciclos básicos de carreras científico-tecnológicas. Las prácticas de física básica en laboratorios universitarios*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
- SALINAS, J., GIL PÉREZ, D. y CUDMANI, L. (1995a). La elaboración de estrategias educativas acordes con un modo científico de tratar las cuestiones. *Memorias REF IX*, pp. 336-349. Salta. Argentina.
- SALINAS, J., GIL PÉREZ, D. y CUDMANI, L. (1995b). ¿Cómo adecuar las estrategias educativas a los requerimientos de modelos de aprendizaje basados en psicologías constructivistas? *Memorias REF IX*, pp. 350-362. Salta. Argentina.
- SALINAS, J., GIL PÉREZ, D. y CUDMANI, L. (1995c). Presentación de una propuesta superadora para las prácticas de física en laboratorios universitarios. *Memorias REF IX*, primera parte (pp. 363-370), segunda parte (pp. 371-378). Salta. Argentina.
- SANTILLI, H. y AVELEYRA, E. (1995). Modelos de los estudiantes versus modelos científicos. *Memorias REF IX*, pp. 121-130. Salta. Argentina.
- SIVITER, J. (1994). Bucking the trend. *Phys. Educ.*, 29(4), pp. 212-216.
- TAMIR, P. (1992). *La singularitat d'aprendre y d'ensenyar al laboratori. Reflexions sobre l'ensenyament de les ciències naturals*. Vic. Barcelona: EUMO.
- TOBIN, K. (1990). Alternative approaches to assessment of practical work in science. *School Science Review*, 71(256), pp. 127-131.
- TRIBUNA UNIVERSITARIA, 1(7), (1994). EEUU: un nuevo paradigma para la ciencia y la tecnología, en *Política científica*, de la sección *Ciencia*, p. 10.
- TRUMBULL, D.J. y KERR, P. (1993). University researchers' inchoate critiques of science teaching: implications for the preservice science teacher education. *Science Education*, 77(3), pp. 301-317.
- WAINMAIER, C.O. y PLASTINO, A. (1995). En búsqueda de una enseñanza que propicie aprendizajes significativos. *Memorias REF IX*, pp. 93-101. Salta. Argentina.
- WELLS, M., HESTENES, D., SWACKHAMER, G. (1995). A modeling method for high school physics instruction. *Am. J. Phys.*, 63(7), pp. 606-619.
- WOOLNOUGH, B. (1991). *Practical Science*. Filadelfia: Open University Press. Milton Keynes.
- WOOLNOUGH, B. (1994). Factors affecting students' choice of science and engineering. *Int. J. Sci. Educ.*, 16(6), pp. 659-676.

[Artículo recibido en marzo de 1998 y aceptado en septiembre de 1999.]