

NUEVAS CONCEPCIONES EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: UNA EXPERIENCIA DE INVESTIGACIÓN - ACCIÓN

MARICARMEN GRISOLÍA*

marygri@ula.ve
Universidad de Los Andes.
Escuela de Educación.
Mérida, edo. Mérida.
Venezuela.

Fecha de recepción: 19 de octubre de 2006

Fecha de aceptación: 22 de febrero de 2007



Resumen

En el curso *Masa, Movimiento y Energía* de la Escuela de Educación de la Universidad de Los Andes los estudiantes han mostrado un rendimiento poco satisfactorio en los últimos semestres. Los estudiantes presentan inconvenientes para resolver problemas de análisis de situaciones físicas en las que deben utilizar ecuaciones y operaciones matemáticas. También presentan dificultades para relacionar los contenidos conceptuales con las actividades planteadas en las prácticas de laboratorio. Para modificar la rutina de trabajo en el curso, inicialmente se propuso llevar a cabo sesiones de teoría en las que los estudiantes intentan resolver los problemas planteados, propiciando la discusión colectiva de las posibles soluciones y evitando la utilización de procedimientos preestablecidos por parte del docente. También se decidió disminuir el número de experiencias de laboratorio realizadas en cada sesión, y discutir los significados de los resultados experimentales al final de la práctica. Evaluando estas acciones, se encontró que debe ocurrir también una modificación de las estrategias de evaluación. En este sentido, se ha planteado abordar la asignatura con una visión constructivista que permita la participación de los estudiantes al decidir los criterios e instrumentos de evaluación.

Palabras clave: enseñanza de la física, investigación-acción, resolución de problemas.

Abstract

NEW CONCEPTS IN SCIENCE TEACHING. AN ACTION-RESEARCH EXPERIENCE IN A GENERAL PHYSICS COURSE AT UNIVERSITY OF LOS ANDES.

At the Mass, Movement and Energy course at the School of Education at the University of Los Andes, the students have shown less than satisfactory results in the last few semesters. Students show inconveniences when solving physics situation analysis problems where they have to apply mathematical equations and operations. They also show difficulties when relating conceptual contents with the activities approached in lab practice. In order to modify the course's work routine, it was initially proposed to carry out theory sessions in which students tried to solve the approached problems, leading to collective discussions of the possible solution and avoiding the use of pre-established procedures by the teacher. It was also decided to reduce the number of performed lab experiences in each session, and to discuss the meaning of the experimental results at the end of the practice. When evaluating these sessions, it was found that there also has to be an evaluation strategy modification. In this sense, it has been proposed to approach the subject with a constructivist view that allows participation from the students when deciding the criteria and evaluation mechanisms.

Key Words: physics teaching, action-research, problem solving.



El curso de *Masa, Movimiento y Energía* (MME) es el primer curso de Física en el currículo de la Licenciatura en Educación

mención Ciencias Físico-Naturales, de la Escuela de Educación de la Universidad de Los Andes. Este curso está conformado por una serie de temas de Física General con los que se pretende que los estudiantes aprendan algunos de los conceptos fundamentales en Física, así como las herramientas necesarias para la resolución de problemas analíticos sencillos de tipo práctico.

Para lograr un buen desempeño en la asignatura, los estudiantes deben desarrollar destrezas en la resolución analítica de problemas simples que ilustran los principios teóricos, mediante el uso y aplicación de ecuaciones físicas. Sin embargo, en los últimos semestres han surgido ciertas inquietudes en relación con el desenvolvimiento de los estudiantes cuando se trata de resolver problemas de tipo analítico-matemático. En general, los estudiantes muestran grandes dificultades en el uso de operaciones matemáticas, el manejo de ecuaciones y el desarrollo de habilidades para el análisis lógico-matemático de situaciones problemáticas.

Además de los inconvenientes relacionados con la resolución de problemas, preocupa también un hecho relacionado con los informes de laboratorio, en los que los estudiantes reportan los resultados y las observaciones de las experiencias realizadas, realizan el análisis y discusión de las mismas, y establecen las conclusiones y recomendaciones que de éstas se deriven. Existen grandes deficiencias en lo que respecta a los análisis y discusiones, los cuales son insuficientes, no relacionan los conceptos y principios físicos básicos y/o carecen de significado; análogamente, las conclusiones en muchos casos son ausentes o poco significativas. Los estudiantes no logran identificar las situaciones experimentales con los contenidos conceptuales correspondientes y la experiencia de laboratorio pierde sentido, transformándose en una repetición de los procedimientos indicados sin que exista una relación con los principios físicos subyacentes.

En vista de todo esto, se decidió realizar un ejercicio de Investigación-Acción (I-A) mediante el cual fuese posible introducir o modificar estrategias de enseñanza para encontrar soluciones adecuadas a estos problemas, con la participación de los estudiantes, el seguimiento sistemático de las estrategias utilizadas y, principalmente, la reflexión profunda y continua sobre el proceso.

A continuación se narran los detalles de la experiencia de Investigación-Acción, desarrollada durante los últimos semestres (marzo de 2005 a febrero de 2006). Luego, se presentan los resultados obtenidos, así como una interpretación de los mismos, y las reflexiones que permitieron decidir qué metodologías adoptar en los próximos semestres. Finalmente, se muestran algunas conclusiones del trabajo realizado.

1. Reconstrucción de la experiencia

Mediante una prueba diagnóstica realizada al comienzo de cada semestre se pudo conocer que la mayoría de los estudiantes de MME poseen deficiencias marcadas en lo que se refiere a sus habilidades matemáticas. En la Tabla 1 se muestran los resultados de esta prueba, indicando el contenido matemático evaluado y los porcentajes de respuestas satisfactorias a los largo de los semestres durante los que se llevó a cabo la presente investigación. Estos resultados han servido en semestres anteriores para orientar los contenidos de la asignatura y hacer énfasis en aquellos aspectos necesarios para el desarrollo de la misma. Aun así se seguía observando que los estudiantes, en general, mostraban dificultades en la comprensión de los conceptos, principios y/o procedimientos, y olvidaban con facilidad los contenidos trabajados tanto en las sesiones de teoría como en las de práctica.

TABLA 1. Resultados de pruebas diagnósticas para identificar habilidades matemáticas en los estudiantes de MME para los semestres comprendidos entre septiembre de 2004 y febrero de 2005 (aprox. 15 estudiantes en cada semestre; se muestran sólo los porcentajes de respuestas correctas).

SEMESTRE	B-04	A-05	B-05
Notación científica	---	27%	11%
Despeje	42%	27%	72%
Regla de tres simple	25%	73%	11%
Sistema de ecuaciones	17%	13%	6%
Álgebra vectorial	0%	0%	0%

En semestres anteriores se realizó un cambio respecto a la forma de enfrentar la resolución de problemas en clase, y, en lugar de resolver varios ejercicios en la pizarra, un solo ejercicio era resuelto en la pizarra y los demás ejercicios eran resueltos por cada estudiante, individual-

mente o en pareja, con la orientación del profesor. Esta estrategia dio mejores resultados que la anterior (en la que el profesor resuelve todos los problemas en la pizarra), pero ocurrió que aún muchos alumnos no pudieron superar sus dificultades.

En lo referente a las prácticas de laboratorio, se hizo énfasis en la corrección de los informes. A cada parte del informe se le dio una puntuación en función de la cual se pueden tomar en cuenta los aspectos relacionados con la comprensión de la experiencia realizada, y las habilidades de los estudiantes para analizar los resultados y relacionarlos con los aspectos teóricos estudiados. La corrección detallada de cada parte del informe ayudó a los estudiantes en semestres anteriores a enfocar su atención en aquellos aspectos en los que presentaban mayor deficiencia. Sin embargo, se siguieron observando dificultades a la hora de generar explicaciones válidas para los resultados experimentales y derivar de ellas las conclusiones que permiten complementar el proceso de aprendizaje de cada tema.

Analizando esta situación, se decidió implementar nuevos cambios, tanto en lo referente a la resolución de problemas como a las prácticas de laboratorio y elaboración de informes. En ese punto, la estrategia a adoptar consistió en lo siguiente:

- 1) Con base en los resultados de una prueba diagnóstica realizada al comienzo del semestre, se indicó a cada estudiante los prerrequisitos que debía alcanzar para aprovechar las oportunidades que le brinda la asignatura.
- 2) La primera semana de clases se distribuyó a los estudiantes una guía con sugerencias acerca de cómo resolver un problema de Física (Verdugo, s.f.).
- 3) La resolución de ejercicios en cada clase se dirigió en forma grupal, de la siguiente manera: se dictaba el enunciado del ejercicio o problema y se pedía al grupo que explicaran con sus propias palabras la situación planteada; una vez que todos habían contribuido a formar una imagen general de la situación, se pedía a un estudiante que pasara a la pizarra a hacer un dibujo o diagrama representando los datos y las incógnitas (todos los estudiantes podían hacer sugerencias acerca del dibujo, construyendo una representación gráfica con la que todos estaban de acuerdo); luego se pedía a los estudiantes que sugirieran una vía de solución; se pedía a cada grupo que llevara a cabo su propuesta, discutiendo las similitudes y diferencias entre estas; una vez que se había encontrado la solución, los estudiantes la analizaban para comprobar que era aceptable.
- 4) En cada clase se permitió que los estudiantes se tomaran el tiempo necesario para resolver cada problema, sin que hubiera presiones para terminarlo más rápido o para hacer más ejercicios.

En lo referente a las prácticas de laboratorio, se realizaron los siguientes cambios:

- 1) Se disminuyó el número de experiencias en cada práctica, hasta un máximo de cuatro, considerando su complejidad y su alcance respecto a los contenidos correspondientes.
- 2) Durante el transcurso de las prácticas, se hacían preguntas a cada grupo referentes a las teorías y principios involucrados, métodos alternativos para realizar la experiencia, etc.
- 3) Se destinó la última hora de la clase para realizar una discusión acerca de los principios que se pudieron evidenciar en las experiencias y las implicaciones y significados de los resultados obtenidos. Los grupos comparaban sus resultados y explicaban lo observado, teniendo la oportunidad de hacer los análisis necesarios para consolidar el aprendizaje de los contenidos trabajados y plasmar estos resultados en el informe de práctica.

Mediante entrevistas con algunos de los estudiantes al finalizar el primer semestre en que se realizó el ejercicio de I-A, se pudo conocer que tienen gran preocupación por las formas de evaluación utilizadas. Así, para el siguiente semestre se modificó el Plan de Evaluación de la asignatura para incluir evaluaciones formativas. De esta forma se esperaba que, a medida que se desarrollaran los contenidos en clase y se propiciara en el estudiante la adopción de una estrategia exitosa para la resolución de problemas, se le diese también la oportunidad de identificar las debilidades que pudiera presentar al enfrentarse a situaciones problemáticas, y que pudiera superar estas dificultades antes de ser evaluado en forma sumativa. Con esta nueva acción se pretendió propiciar una mayor concienciación del estudiante acerca de sus propias dificultades, dándole la oportunidad de interactuar con sus compañeros y con el docente para ayudarse a lograr mejores aprendizajes.

Los cambios introducidos obedecen a un proceso de reflexión que se ha venido llevando desde semestres anteriores. Algunos autores, como Campanario (2002), sugieren que se dé una orientación a los estudiantes durante la resolución de problemas que les permita organizar las ideas y desarrollar una estrategia coherente y exitosa. Por su parte, los cambios que se introdujeron en las prácticas de laboratorio responden a la observación realizada desde semestres previos de que el tiempo se tornaba insuficiente para llevar a cabo las varias experiencias que se planteaban originalmente para cada sesión. Varios autores (Campanario, 2002; Pozo & Gómez, 1998; entre otros) coinciden en la importancia de destinar un tiempo prudente para discutir detalladamente y en grupo los resultados obtenidos, permitiendo que los estudiantes generen las explicaciones y puedan llegar a conclusiones satisfactorias mediante el análisis de estos resultados, tomando en cuenta las ideas de todos.



2. Resultados obtenidos

La experiencia llevada a cabo se registró mediante la elaboración de un diario por parte del docente, en donde se plasmaron sus impresiones en cada sesión de clases. Asimismo, se llevó registro de las calificaciones obtenidas por los 30 estudiantes con los que se realizó la investigación (15 estudiantes en cada semestre), comparándolas con las de estudiantes de los semestres anteriores. Para conocer la opinión de los estudiantes, se realizó una serie de tests referentes a las estrategias para la resolución de problemas y las actividades prácticas. También se tomaron varias fotografías de los estudiantes en las diferentes sesiones de clase durante los semestres en que se realizó el ejercicio, donde se pudo observar cómo se organizaron en grupos para llevar a cabo las actividades planteadas (de resolución de problemas y de experiencias prácticas).

Tabla 2. Resultados de los tests aplicados a los estudiantes durante el ejercicio de I-A acerca de la Resolución de Problemas.

ASPECTO	SEMESTRE A-2005	SEMESTRE B-2005
Cantidad de problemas resueltos en clase	70% opinó que no es determinante (lo importante es cuánto se estudia)	56% opinó que se resolvieron pocos ejercicios, el resto opinó que fueron suficientes o que no es importante
Relevancia de los problemas resueltos en clase	90% consideró que fueron adecuados y significativos	56% consideró que fueron adecuados y significativos, el resto opinó que no representaron todos los aspectos
Efectos que los problemas resueltos en clase tienen sobre el aprendizaje de la asignatura	70% manifestó que con los problemas fue posible aclarar dudas, complementar el tema, y comprender mejor la teoría	55% manifestó que con los problemas fue posible aclarar dudas, complementar el tema, y comprender mejor la teoría; 44% indicó que surgieron más dudas
Efectividad del método cooperativo	80% consideró que los problemas sí fueron resueltos con la participación de todo el grupo	89% consideró que los problemas sí fueron resueltos con la participación de todo el grupo
Tiempo dedicado a la resolución de problemas en clase	70% opinó que fue suficiente	44% opinó que fue suficiente, 56% consideró que fue muy corto

Comparación de la nueva estrategia con el método tradicional	60% juzgó que la nueva estrategia es mejor	67% juzgó que la nueva estrategia es mejor
Preferencia hacia el empleo de la nueva estrategia	40% opinó que se debería seguir empleando la nueva estrategia; el resto opinó que el profesor debería resolver los problemas en la pizarra, o que deben ser resueltos en paja	44% opinó que se debe seguir empleando la nueva estrategia, 56% opinó que el profesor debería resolver los problemas en la pizarra
Razón por la que el rendimiento es bajo	100% indicó que es su responsabilidad (por no estudiar suficiente, tener problemas con la matemática y necesitar más tiempo para comprender)	100% indicó que es su responsabilidad (por no estudiar suficiente, tener problemas con la matemática y necesitar más tiempo para comprender)

Tabla 3: Resultados de los tests aplicados a los estudiantes durante el ejercicio de I-A acerca de las Prácticas de Laboratorio.

ASPECTO	SEMESTRE A-2005	SEMESTRE B-2005
Cantidad de experiencias realizadas en el Laboratorio	100% opinó que fueron muchas y que se debía disminuir la cantidad de experiencias realizadas en cada práctica	78% opinó que fue adecuada
Relevancia de las experiencias realizadas en el Laboratorio	92% consideró que fueron adecuadas y significativas	100% consideró que fueron adecuadas y significativas
Efectos que las experiencias realizadas en el Laboratorio tienen sobre el aprendizaje de la asignatura	85% manifestó que con las experiencias fue posible complementar y comprender mejor el tema	100% manifestó que con las experiencias fue posible complementar y comprender mejor el tema
Efectividad de la discusión realizada al final de la Práctica	46% indicó que con la discusión fue posible aclarar dudas sobre la práctica; el resto opinó que sirvió para aclarar dudas sobre el tema y comprenderlo mejor	44% indicó que con la discusión fue posible aclarar dudas sobre la práctica; el resto opinó que sirvió para aclarar dudas sobre el tema y comprenderlo mejor

Tiempo empleado para realizar la discusión	85% opinó que fue suficiente	56% opinó que fue suficiente, 44% consideró que fue muy corto
Comparación de la nueva estrategia con el método tradicional	77% opinó que la nueva estrategia es mejor	56% opinó que la nueva estrategia es mejor; 44% opinó que no hubo cambios
Preferencia hacia el empleo de la nueva estrategia	100% opinó que se debería seguir empleando la nueva estrategia	33% opinó que se debe seguir empleando la nueva estrategia; 44% sugirió que los estudiantes deberían proponer las experiencias a realizar en las prácticas

Al analizar los diferentes registros, se encontró que se produjeron los siguientes efectos intencionales (ver Tablas 2 y 3):

- Se aumentó la participación de los estudiantes en las clases al discutir los procedimientos en la resolución de problemas.
- Se observó una mejora en las habilidades de los estudiantes para resolver problemas de física mediante el abordaje de los mismos con un enfoque sistemático, haciendo énfasis en la comprensión de los principios físicos involucrados.
- Se fomentó en los estudiantes la reflexión acerca del hecho de que pueden existir varias vías para solucionar un problema, y que la colaboración y participación grupal pueden contribuir a encontrar las mejores soluciones.
- Se favoreció la comprensión y el aprendizaje de los conceptos y principios trabajados en la asignatura a través de la comparación y discusión de los resultados obtenidos por los diferentes grupos en las prácticas de laboratorio.

Igualmente, se observó que se produjeron los siguientes efectos no previstos (ver Tablas 2 y 3, y Gráfico 1):

- No se logró propiciar la toma de conciencia por parte de los estudiantes al comienzo del semestre respecto a sus debilidades en cuanto a los prerrequisitos de la asignatura.
- Los estudiantes no le dieron importancia a las pruebas diagnósticas. Muchas veces no se interesaron por saber las deficiencias que presentaron en las pruebas realizadas.
- Los estudiantes no obtuvieron mejores calificaciones, pero aumentó su motivación hacia la asignatura.
- En ocasiones, al trabajar los problemas en forma grupal se pusieron en evidencia las diferencias individuales de los estudiantes en cuanto a la habilidad para resolver

problemas, lo cual provocó que los estudiantes con más dificultades se sintieran marginados por aquellos con mayor habilidad.

- En las prácticas de laboratorio, los estudiantes se vieron motivados hacia la realización de nuevas experiencias, sugiriendo que en el futuro ellos mismos podrían proponerlas.
- En algunas ocasiones sucedió que los estudiantes no estaban bien preparados para la práctica, provocando que las discusiones perdieran importancia o fueran confusas, y no contribuyeran al aprendizaje de los temas.

3. Interpretación de los acontecimientos y los resultados

Entre los resultados obtenidos llama la atención el hecho de que, a pesar de la realización del diagnóstico al comienzo del semestre y de pruebas formativas durante el mismo, dándole a cada estudiante recomendaciones específicas sobre las dificultades que debía superar para poder tener éxito en la asignatura, no se produjo el efecto esperado de crear conciencia en los estudiantes acerca de sus debilidades, por lo que se observó que el rendimiento no fue satisfactorio. Sin embargo, al final del curso la mayoría de los estudiantes aceptó que no tuvieron la dedicación que demandaba la asignatura, y que la realización de las pruebas formativas debía tomarse más en serio (ver Tabla 2).

Gráfico 1. Promedio de las calificaciones obtenidas por los estudiantes de MME (aprox. 15 estudiantes cada semestre) en la evaluación de la comprensión de contenidos teóricos (Quices), la habilidad en la resolución de problemas (Exámenes) y la elaboración de Informes de Laboratorio (Informes), para los semestres del A-2004 al B-2005. Los semestres durante los que se llevó a cabo el ejercicio de I-A fueron el A-2005 y el B-2005.

Como punto importante se debe resaltar que se observó un progreso en cuanto a las habilidades de los estudiantes para resolver problemas que involucraran un análisis de la situación física. Como grupo, los estudiantes mostraron superación de las dificultades para interpretar los problemas e identificar las situaciones físicas específicas, aunque no lograron mayor éxito en la aplicación de las ecuaciones correspondientes a la situación planteada.

Con la aplicación de la estrategia grupal para resolución de problemas se presentó el inconveniente de que, al dar a los estudiantes más tiempo para que resolvieran los ejercicios en clase, no fue posible cumplir con la planificación del semestre y no pudieron trabajarse todos los contenidos que estaban planteados. También varios estudiantes consideraron que la cantidad de problemas resueltos, o el tiempo dedicado a los mismos, no fue suficiente. Sin embargo, esta estrategia permitió integrar a los estudiantes en las clases e inducir su participación, mejorando las relaciones entre ellos y con el docente. También se notó que



los estudiantes estuvieron muy motivados hacia la participación en el ejercicio de I-A mediante los tests que se aplicaron como método de registro, y se mostraron muy dispuestos a dar sus opiniones para el mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura. Esto permitió comprender que es muy importante involucrar a los estudiantes activamente en los procesos educativos y

a aquellos estudiantes que presenten más dificultades, y que se distancien del resto del grupo; y dinamizar más la clase, propiciando una actitud positiva por parte de los estudiantes y, por ende, aumentando su motivación hacia la asignatura.

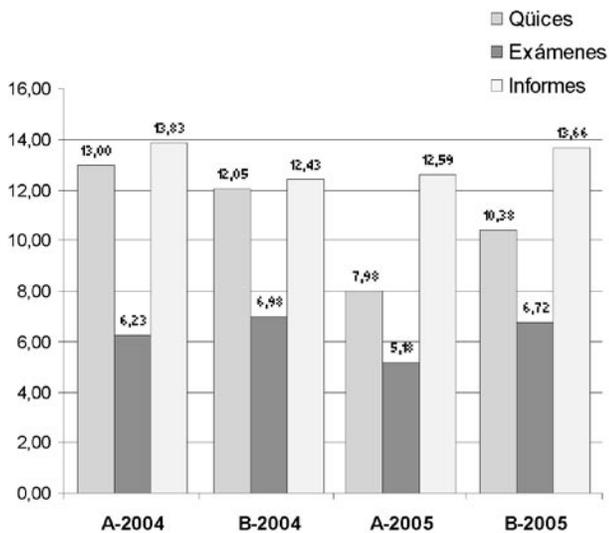
4. Conclusiones

Es importante comprender que el espíritu del ejercicio de I-A radica en proponer cambios en la propia práctica docente, y no cambios en actividades que sean asignadas a los estudiantes. Si bien el aprendizaje es un proceso que corresponde al estudiante, y está en cada alumno la responsabilidad de construir sus propios aprendizajes, somos nosotros los docentes quienes debemos facilitar este trabajo. Así, no se trata sólo de aplicar una estrategia didáctica diferente, sino de involucrarse realmente en el proceso, de comprender y aceptar que formamos parte de éste, y de propiciar cambios en nuestra actitud, en nuestra forma de ver las cosas, en nuestras acciones, para de esa forma contribuir a que nuestros estudiantes recorran un camino menos accidentado mientras aprenden, y que su experiencia educativa sea lo más productiva posible.

Mediante este ejercicio de I-A fue posible notar que, para que se produzca un cambio real en la práctica docente, no es suficiente aplicar un número determinado de estrategias específicas para intentar mejorar una situación, sino que es necesario que se produzca todo un cambio de concepciones del docente acerca de su propia práctica. En este sentido, los procedimientos a aplicar en los ejercicios de I-A deben ser coherentes y complementarios, por lo que se pudo entender que, además de los cambios en la forma de afrontar la resolución de problemas en clase y la realización de actividades prácticas, debe también existir un cambio verdadero en las estrategias de evaluación. Este cambio de concepción del proceso de enseñanza y aprendizaje no se da de un día a otro, pero si reflexionamos y nos hacemos conscientes de que es necesario, entonces ya habremos avanzado buena parte del camino. ©

La autora agradece al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes (CDCHT-ULA) por el financiamiento otorgado a través del proyecto investigación registrado bajo el código H-878-05-04-A.

* Licenciada en Química y Licenciada en Educación, Profesora Instructora de la Escuela de Educación, Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad de Los Andes. Integrante fundadora del Grupo para la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias.



considerar sus opiniones, permitiéndoles hacerse responsables de sus propios aprendizajes.

En cuanto a los cambios realizados en las prácticas de laboratorio, se observó que los estudiantes sacaron mucho provecho de las discusiones al final del trabajo práctico, sirviéndoles para aclarar dudas sobre la práctica o sobre el tema, para comprender mejor los contenidos trabajados, y para profundizar en algunos aspectos relacionados con estos.

Tomando en cuenta estos resultados, se pueden plantear nuevas modificaciones para los próximos semestres, las cuales incluirían: participación activa de los estudiantes en la elaboración del Plan de Evaluación de la asignatura, de modo que desde el comienzo reflexionen sobre su responsabilidad en el proceso educativo que protagonizan; realización de pruebas formativas con ayuda del preparador de la asignatura, para el monitoreo del progreso de los estudiantes en cuanto a sus habilidades para la resolución de problemas; la distribución por escrito de los problemas a resolver en clase (para aprovechar mejor el tiempo evitando el dictado y copiado de los enunciados); prestar mayor atención (en trabajo conjunto con el preparador)

Bibliografía

- Campanario, J. M. (2002). *La enseñanza de las ciencias en preguntas y respuestas*. Extraído el 24 Noviembre, 2003 de <http://www2.uah.es/jmc/webens/portada.html>
- Pozo, J. I. y Gómez-Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencias*. Madrid: Morata.
- Verdugo, H. (s.f.). *Resolución de problemas en Física*. Extraído el 7 de abril, 2005, de <http://www.galeon.com/aprenderaaprender/general/hernan.htm>