

ANÁLISIS Y PRIMEROS RESULTADOS DE UNA INNOVACIÓN FUNDAMENTADA EN UN CURSO DE TECNOCiencias EN INGENIERÍA

ANALYSIS AND PRELIMINARY RESULT OF A TECHNOCiencias COURSE FOUNDED INNOVATION IN ENGINEERING EDUCATION

Jaime Corena Parra*
Joaquín Martínez Torregrosa**
Pablo Valdés Castro***

RESUMEN

En este trabajo se presenta un proceso de transformación fundamentada de la enseñanza habitual de las tecnociencias en la universidad y algunos de los resultados iniciales obtenidos que aportan evidencias sobre la mejora producida en el aprendizaje de los estudiantes de tercer curso de ingeniería.

Palabras clave. Enseñanza de las ciencias como actividad de investigación orientada; enseñanza de las ciencias en ingeniería; enseñanza/aprendizaje basada en la resolución de problemas.

ABSTRACT

In this work a process of transformation of the habitual teaching of the matters of technology in the university is presented and some of the initial results obtained that contribute evidences on the improvement produced in the learning of the students of third course of engineering.

Key words. Teaching of the sciences as activity of investigation oriented; teaching of the sciences in engineering; problem-solving based teaching & learning.

* Universidad de la Paz de Barrancabermeja, jacoparina@hotmail.com

** Universidad de Alicante .

*** Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas de La Habana.

¿DIFICULTADES EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS EN LA UNIVERSIDAD? ¿PODEMOS MEJORAR LA SITUACIÓN?

Aunque la mayor parte de la investigación en didáctica de las ciencias se ha desarrollado en el nivel preuniversitario, la reciente investigación didáctica en la universidad muestra que las dificultades en el aprendizaje se extienden también a este nivel de enseñanza y conciernen tanto a conocimientos conceptuales, como procedimentales y actitudinales. Ello trae consigo elevados porcentajes de fracaso y abandono, especialmente entre el alumnado de algunas facultades de ciencias (Coll, 2003).

Entre estas dificultades sobresalen la escasa familiaridad con aspectos esenciales del trabajo científico y con formas de pensamiento divergente (Gallego y Pérez Miranda, 1994; De Zubiría y De Zubiría, 1995; Martín, Gómez y Sagrario, 2000; Furió et al., 2000), la persistencia generalizada de concepciones alternativas a las científicas y el uso de procedimientos inadecuados al tratar de resolver problemas (Gabel, 1994; Fraser y Tobin, 1998; Perales y Cañal, 2000), todo lo cual evidencia una escasa integración de conceptos y procedimientos (Carrascosa, Gil y Valdés, 2004). Pero además los estudiantes, particularmente los de ingeniería, adquieren una concepción reducida de la tecnología, en la cual ésta se subordina a la ciencia, o simplemente es interpretada como ciencia aplicada (Acevedo, 1998), no perciben las implicaciones de las relaciones ciencia-tecnología en la vida cotidiana (Valdés et al, 2002) y manifiestan escasa familiarización con

elementos claves del desarrollo científico tecnológico en campos que influyen de modo importante en la vida actual (Latorre y Sanféliz, 2000). A esto se suma que suelen reflexionar poco sobre lo aprendido y sobre las vías para conseguir dicho aprendizaje, lo que impide alcanzar uno de los objetivos básicos de toda enseñanza en la actualidad, “aprender a aprender”, y no los prepara para enfrentar con relativa autonomía su formación profesional (Monereo y Pozo, 2003).

Tales dificultades, en palabras de Furió (1994), ponen en cuestión la enseñanza, pero también constituyen un serio traspie en la formación de los futuros profesionales que, en regiones como Latinoamérica, son importantes para apoyar el tipo de desarrollo científico tecnológico requerido. En este sentido, de acuerdo con Gil et al. (1999b), el aprendizaje deficiente del creciente número de estudiantes universitarios se convierte en un *problema social*. Ello obliga a movilizar esfuerzos para mejorar la enseñanza, a pesar de que muchos profesores lo consideren innecesario (Campanario, 2003), quizá porque creen que basta con saber la ciencia para enseñarla (Gallego y Pérez Miranda, 2002; Monereo y Pozo, 2003), o simplemente porque consideran que es culpa y responsabilidad únicamente de los alumnos.

Por nuestra parte, un grupo de profesores de Unipaz, entre los que se encuentra uno de los coautores de este trabajo (JC) –convencidos de que la enseñanza debía contribuir a superar esta situación– tomó conciencia de la necesidad de pro-

fundizar en propuestas para mejorar la enseñanza de la ciencia, basadas en los avances ya consolidados por la investigación didáctica. Dicha profundización permitió, en primer lugar, un mejor análisis de las dificultades encontradas en nuestros estudiantes y de las deficiencias de la enseñanza habitual, y, en segundo lugar, fundamentar las innovaciones a introducir en nuestras clases, convirtiendo el voluntarismo inicial en una actividad planificada y guiada por logros anteriores de la investigación en la didáctica de las ciencias. En este trabajo presentamos algunos aspectos relevantes de este proceso de análisis e innovación fundamentada, acompañados de resultados obtenidos durante dos cursos en que hemos ensayado la propuesta innovadora.

FUNDAMENTACIÓN DE LA INNOVACIÓN

Podemos resumir los avances de la investigación didáctica que consideramos más relevantes para fundamentar la innovación en los siguientes puntos:

1. Los estudios sobre el aprendizaje de conceptos y la existencia y persistencia de concepciones alternativas en los estudiantes –que llegaron a convertirse en una línea de investigación prioritaria (Gil, 1994), en la cual se registran más de tres mil estudios (Pfundt y Duit, 1998)– ayudaron a cuestionar el modelo de enseñanza basado en la transmisión de conocimientos y a reforzar la construcción de propuestas alternativas de enseñanza (Furió, 1994). El aprendizaje de los conocimientos científicos pasó a considerarse como un proceso de evolución y
2. Las carencias conceptuales y metodológicas en el conocimiento científico de los estudiantes se ponen especialmente de manifiesto cuando se enfrentan a la resolución de problemas de “papel y lápiz” y pueden ser superadas cuando se les enseña a hacer esta tarea de un modo coherente con lo que caracteriza el trabajo científico. Son numerosas las Tesis Doctorales (Martínez Torregrosa, 1987; Ramírez, 1990; Reyes,

cambio conceptual, en vez de un proceso de adquisición de conocimientos transmitidos en su estado final. No obstante, el mismo modelo de aprendizaje por cambio conceptual (con énfasis en la sustitución de los conceptos erróneos mediante conflicto cognitivo), que se originó y desarrolló a la par de esta producción didáctica, resultó insuficiente por cuanto las ideas equivocadas de los estudiantes en campos concretos del conocimiento persistían después de ser instruidos con ese modelo (De Cudmani, Pesa y Salinas, 2000). Se abrió espacio para que los aspectos no conceptuales adquirieran gran importancia en el aprendizaje de las ciencias, pues se vio que las concepciones espontáneas estaban relacionadas con una forma de producir y aceptar conocimiento (una “epistemología de sentido común”) arraigada y distinta de la epistemología científica. De manera que una de las conclusiones más relevantes de la investigación en didáctica de las ciencias ha sido que el cambio conceptual está profundamente ligado a cambios metodológicos, a las formas de producir y aceptar conocimientos.

1991; Oñorbe, 1993; Varela, 1994) y libros (Gil y Martínez Torregrosa, 1987; Gil et al., 1991, cap. II; Oñorbe et al., 1993; Ramírez, Gil y Martínez Torregrosa, 1994; Pozo et al., 1994; Carras-cosa y Martínez, 1997) dedicados a la resolución de problemas y producidos en lengua castellana.

3. La producción relacionada con los trabajos prácticos ha resaltado la importancia de desarrollarlos como parte integrante del tratamiento de un problema más global y no como mera ilustración de leyes y teorías ya dadas o como fruto de un proceso inductivo de seguimiento de una "receta". Se considera que su integración dentro de un proceso de resolución de problemas ayuda a formar a los estudiantes en aspectos esenciales del trabajo cooperativo científico (Del Carmen, 2000; González de la Barrera, 2003; Salinas, 2004; Hofstein y Lunetta, 2004).
4. Los estudios sobre el contexto del aprendizaje y su evaluación han mostrado que sin una adecuada contextualización CTSA de la enseñanza ésta no tendría sentido para los estudiantes (Solbes y Vilches, 1992 y 1997), estaría al margen de la relevancia social y personal de los temas científicos y de la territorialización del currículo (Membiela, 2001). La implicación actitudinal necesaria para el cambio conceptual y metodológico se ve favorecida cuando los estudiantes tienen conciencia del interés y la finalidad de lo que se va a tratar, y cuando se encuentran orientados (saben por qué y para qué están haciendo lo que hacen, y dónde

se encuentran en ese proceso) (Verdú, 2005). La evaluación ha superado el concepto reduccionista que limitaba sus funciones a una valoración cuantitativa del rendimiento de los alumnos y se ha transformado en un instrumento de "intervención" que proporciona información acerca de todos los elementos del proyecto educativo (Geli, 2000) e interviene para mejorarlo antes de que finalice. Por ello es comprensible concebir la evaluación como un proceso que favorece el aprendizaje de las ciencias y no que lo obstaculiza o meramente constata (Alonso, Gil y Martínez Torregrosa, 1994).

Los esfuerzos por integrar el conocimiento didáctico en el desarrollo de cursos se han concretado por medio de propuestas de diseño de unidades didácticas (Sanmartí, 2000; Verdú, 2005) y de modelos de orientación de cursos (Jiménez Aleixandre, 2000; Verdú, 2005). Ejemplos de dicha integración en el nivel universitario son trabajos doctorales recientes, como los de Salinas (1994), Romo (1998), Almudí (2002); González de la Barrera (2003) y Becerra (2004), que abren una amplia posibilidad de hacer de la universidad el nivel privilegiado de la educación para un aprendizaje como investigación orientada (Martínez Torregrosa, Gil y Martínez, 2003).

Esta profundización en los logros de la investigación didáctica permitió a los profesores implicados orientar sus propuestas innovadoras en torno a tres ejes:

1. La necesidad de identificar y partir de las dificultades de los estudiantes, o

- sea, de conocer lo que los estudiantes ya sabían (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983), tanto conceptual como *metodológica y actitudinalmente* (lo que se evidencia en su comportamiento al enfrentarse a problemas de lápiz y papel) en el campo específico a tratar (en nuestro caso “mecánica de fluidos”, en tercer curso de carrera).
2. La organización de la enseñanza y el aprendizaje mediante la estrategia del tratamiento de situaciones problemáticas abiertas de interés (para favorecer simultáneamente el cambio conceptual, metodológico y la implicación actitudinal necesaria para hacerlo posible), considerada como la más coherente con la orientación constructivista y las características del razonamiento científico (Furió y Gil, 1978; Osborne y Wittrok, 1983; Driver y Oldham, 1986; Gil y Martínez Torregrosa, 1987; Burbules y Linn, 1991; Weatley, 1991; Duschl, 1995; National Research Council, 1996; Furió y Guisasola, 1998; Gil et al, 1999a) y cuyos aspectos más destacados (cuadro 1) son, según Gil *et al.*, (1999b):

Cuadro 1
Aspectos más destacados del tratamiento de situaciones abiertas

La consideración del posible interés y relevancia de las situaciones propuestas que dé sentido a su estudio y evite que los alumnos se vean sumergidos en el tratamiento de una situación sin haber podido siquiera formarse una primera idea motivadora.

El estudio cualitativo de situaciones problemáticas planteadas y la toma de decisiones, para acotar problemas y operativizar qué es lo que se busca (oportunidad para que los estudiantes comiencen a explicitar funcionalmente sus concepciones).

La invención de conceptos y emisión de hipótesis (oportunidad para que las ideas previas sean utilizadas para hacer predicciones susceptibles de ser sometidas a prueba).

La elaboración de estrategias de resolución (incluyendo, en su caso, diseños experimentales) para someter a prueba las hipótesis, a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone.

La resolución y el análisis de los resultados, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de estudiantes y por la comunidad científica. Ello puede convertirse en una oportunidad de *conflicto cognoscitivo entre distintas concepciones (tomadas todas ellas como hipótesis)* y obligar a concebir nuevas conjeturas y a replantear la investigación.

El manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones, poniendo un énfasis especial en las relaciones ciencia-tecnología-sociedad-ambiente (CTSA) que enmarcan el desarrollo científico, favoreciendo para ello la realización de actividades de síntesis y la divulgación de los nuevos problemas y algunas perspectivas que abre el estudio.

3. La transformación de la evaluación, de manera que apoyara el cambio pretendido, lo que exigía, por un lado, seguir frecuentemente el aprendizaje de los estudiantes, mediante tutorías extra-aula donde debían presentar sus avances y dificultades en la solución a los problemas de interés y recibir retroalimentación, y, por otro, asegurar la calidad del trabajo realizado por ellos (al mismo tiempo que se desarrollaba una característica fundamental del trabajo científico: la comunicación de la investigación desarrollada), enfrentándolos a la elaboración de una memoria de la labor llevada a cabo al resolver los problemas y a su defensa ante un tribunal de ingenieros. Dicho tribunal debía valorar en qué medida la actividad realizada había sido coherente con las características del trabajo científico-técnico.

En definitiva, el período de familiarización con la investigación didáctica permitió que la innovación estuviera guiada por la hipótesis de que *es posible enseñar de forma integrada conceptos y resolución de problemas en las asignaturas de tecnologías que se cursan en las carreras de ingeniería, siguiendo el modelo de aprendizaje como investigación orientada, y ello favorece el aprendizaje significativo de los temas por los estudiantes.*

No obstante, la apropiación de propuestas didácticas exige adaptarlas, a la hora de concretarlas, a las características de la materia específica y las condiciones del contexto. Es decir, la participación de los estudiantes en actividades parecidas

a las científicas no puede traducirse en fórmulas sencillas, sino que ha de contemplarse como una actividad abierta y creativa, debidamente orientada por el profesor (Hodson, 1992), quien debe definir criterios coherentes con la fundamentación teórica, planificar el contexto investigativo y la secuencia de actividades. Las condiciones en Unipaz (excesivo número de alumnos por aula, programas establecidos institucionalmente), las características de los estudiantes (universitarios de tercer curso, formándose para ser ingenieros industriales y ambientales) y las propias condiciones del profesorado implicado (con escaso contacto continuo con líneas de investigación en desarrollo), han hecho que el tipo y la organización de las actividades desarrolladas con los alumnos se diferencien de la forma en la que se han planificado en el modelo de enseñanza problematizada (Verdú, Martínez Torregrosa y Osuna, 2002; Martínez Torregrosa, Gil y Martínez Sebastián, 2003; Becerra, 2004; Verdú, 2005). En este sentido, los resultados que presentaremos posteriormente deben ser considerados como indicadores preliminares de una innovación fundamentada que, sin duda, sufrirá futuros cambios y requerirá de nuevas pruebas para avanzar en su profundización. Exponemos, pues, a continuación los criterios que hemos seguido para el diseño de las secuencias de actividades de un tema o de un curso de tecnociencias.

ORIENTACIONES PARA LA ORGANIZACIÓN DE LAS SECUENCIAS DE ACTIVIDADES EN LA INNOVACIÓN DESARROLLADA

¿Qué problema o problemas se han elegido para organizar la enseñanza/aprendizaje a partir de su tratamiento? En primer lugar es necesario resaltar que no es difícil encontrar problemas para orientar la enseñanza de la mecánica de fluidos. El desarrollo histórico de las ciencias y la tecnología, muestra cómo la producción de conocimientos en este campo se ha realizado mediante el tratamiento de cuestiones abiertas de interés, como, por ejemplo, *¿cómo vaciar las bodegas de los barcos y las galerías de las minas?, ¿cómo descubrir si el joyero del rey era un falsificador? y ¿cómo conseguir que los barcos floten?* Las soluciones que propuso Arquímedes para estas preguntas forman parte de la tecnología actual: su tornillo eleva el agua de las depuradoras, identificamos sustancias por sus densidades y mantenemos a flote barcos de acero (Escalas, 1998).

El desarrollo posterior de la mecánica de fluidos, expresado en diseños y realizaciones de la infraestructura hidráulica, la revolución en la producción industrial, la navegación y la medicina, ha tenido lugar condicionado por una conexión fructífera entre distintos cuerpos de conocimientos y la imbricación entre las dimensiones científica y tecnológica del conocimiento, con una interdependencia de aspectos conceptuales, técnicos y procedimentales. Para ser investigados podemos encontrar, pues, desde problemas estructurantes, fundamentales, que contribuyeron

a la (re)construcción de grandes síntesis (Martínez Torregrosa y Verdú, 1997; Verdú, 2005), hasta problemas de interés práctico actual y problemas denominados “auténticos” (Duschl y Gitomer, 1996).

Debido a las condiciones ya citadas, la opción de los profesores implicados en la innovación fue seguir una doble vía de problematización: por un lado, seleccionar un problema tecnocientífico real de interés local (*“¿Cómo transportar en las condiciones adecuadas el agua a los cultivos?”*) sobre el que trabajaron los alumnos fuera del aula en pequeños grupos que realizaban tutorías periódicamente y, por otro, desarrollar las clases habituales de la asignatura con todos los alumnos, en un trasfondo problematizado, donde se hacía énfasis en los conceptos relevantes (que incluyeron los conceptos fundamentales de mecánica de fluidos, y también aspectos de tipo tecnológico) para que los pequeños grupos de estudiantes pudieran avanzar en las cuestiones que se planteaban al tratar el problema de interés. En las clases con todos los alumnos los problemas de “papel y lápiz” y las prácticas de laboratorio se desarrollaron como investigaciones y no como ejercicios de aplicación o seguimiento de instrucciones. La mayor parte de las prácticas de laboratorio que se realizaron se justificaron por su importancia para avanzar en el problema sobre cómo transportar el agua a los cultivos.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, presentamos en el cuadro 2 las pautas que han guiado la innovación del curso de tecnociencias en la universidad.

Cuadro 2
Pautas que han guiado el diseño de un curso de tecnociencias con una estructura problematizada (Mecánica de fluidos)

- **Favorecer la construcción de una concepción preliminar, inicial, del interés de la materia a estudiar**

Ello supone que al inicio del curso deben existir oportunidades para: Decir a qué preguntas sobre el mundo intenta responder la materia, qué relaciones tiene con otras materias, cuál es su conexión específica con una o varias ciencias de la naturaleza, cuál es su relación específica con la matemática y la informática, cuáles han sido algunas de las preguntas concretas que han orientado su desarrollo, qué aporta a la formación de ingenieros en campos específicos, qué preguntas trata de ayudar a responder en la actualidad, qué problemas del contexto local aborda. Aquí aparecerán tanto preguntas que están en el origen de los conocimientos fundamentales de la mecánica de fluidos como problemas de interés social a los que un ingeniero –mejor, un grupo de ingenieros– deberá enfrentarse.

En esta primera fase es necesario que los estudiantes tomen conciencia de lo que supone un abordaje científico de un problema de interés (planteamiento, revisión bibliográfica, identificación de subproblemas, hipótesis, elaboración de posibles estrategias, desarrollo, evaluación de resultados, identificación de nuevos problemas y propuestas de mejora).

- **Propiciar la problematización inicial del campo de estudio**

Esto requiere generar una secuencia de problemas concretos, cuyo tratamiento será necesario para resolver las preguntas iniciales. En esta secuencia deben plantearse problemas y conocimientos que permitan avanzar en la solución del problema real seleccionado, y que inevitablemente conducirán también a la necesidad de abordar problemas donde se planteen aspectos clave (teórico-prácticos) de la mecánica de fluidos.

- **Ayudar por medio de distintas actividades y la aplicación de variados instrumentos a que los estudiantes manifiesten lo que ya saben sobre las cuestiones a estudiar y reflexionen sobre sus dificultades en el aprendizaje y cómo superarlas**

Se trata tanto de conectar con lo que ya saben para cuestionar posibles ideas erróneas que puedan obstaculizar el aprendizaje de los nuevos conocimientos como de crear el hábito de la metacognición, tan importante para la autonomía.

- **Planificar una estrategia coherente con la metodología científica para tratar el problema real**

... y planificar el curso como respuesta a las necesidades surgidas al tratar de llevar a cabo con sentido la estrategia propuesta, teniendo presente que no hay que sobrecargar el temario. Lo importante es ganar en coherencia y profundidad en lo enseñado y aprendido. Las tutorías a los pequeños grupos de estudiantes sobre lo planificado, lo hecho y los obstáculos por superar en el tratamiento del problema real, son oportunidades privilegiadas para las reflexiones metodológicas y una fuente de interés para el aprendizaje conceptual en las clases en gran grupo.

Continúa...

...Continuación

- **Presentar la red de conceptos y/o modelos que deben ser aprendidos en el curso como hipótesis, de una manera tentativa**

Su adquisición se hará integrada a la resolución de problemas y trabajos prácticos. Se consideran conceptos fundamentales los que tienen capacidad para hacer avanzar en la solución a problemas relevantes. Un tratamiento adecuado de dichos conceptos y modelos requiere conocer qué sería nuevo en la asignatura y qué no, y asegurar que lo ya tratado se encuentra bien aprendido y "disponible" para desarrollar en consecuencia las actividades. Esto permite además mejorar el trabajo en equipo del profesorado, conectando los diseños de cursos precedentes, simultáneos y posteriores.

- **Propiciar que la evaluación de los productos y propuestas del avance de los estudiantes en el problema real, sea un proceso público**

En primer lugar, y en varias ocasiones a lo largo del curso, ante todos los equipos de estudiantes, y, una vez elaborada la propuesta final de solución al problema, ante un tribunal de ingenieros. Para favorecer esta evaluación se dispondrá de las reflexiones recogidas mediante un instrumento adecuado: cuadernos de trabajo individual (CT) e informes periódicos de grupo, en los que se reflejan los productos y propuestas elaboradas a lo largo del curso.

- **Favorecer la integración y síntesis, de manera que el curso represente mucho más que la suma de temas tratados**

Deben aspirar a constituir concepciones globalizadoras, unitarias de un determinado aspecto del mundo y un ejemplo funcional para aproximar a los estudiantes a un trabajo de ingeniería. Ello exige la elaboración de actividades sintetizadoras (recapitulaciones problematizadas, mapas conceptuales, informes de "estado de la cuestión", etc.).

Aunque la realidad del proceso de enseñanza y aprendizaje en un aula universitaria es muy compleja, y existe el riesgo de simplificar al anticipar lo que debe ocurrir en ella, un conjunto de pautas como el presentado debe contribuir a mejorar la enseñanza. Se trata de unos criterios de planificación suficientemente flexibles para contemplar esta complejidad y, simultáneamente, coherentes con los aspectos básicos de la fundamentación teórica aceptada.

ALGUNOS RESULTADOS DE LA INNOVACIÓN DESARROLLADA SEGÚN LOS CRITERIOS ANTERIORES

El curso se desarrolló por medio de un programa de actividades, diseñado y aplicado según las pautas del cuadro 2. Por medio de estos programas los estudiantes (re)construyen los conocimientos esenciales correspondientes a cada tema (Driver y Oldham, 1986; Gil, 1987; Gil et al., 1991). El programa de actividades se aplicó durante los cursos de mecánica de

fluidos en los dos semestres académicos de 2002, y en el primer semestre de 2003. Un semestre es un periodo prudente para que el estudiante se familiarice con el uso de la estrategia de tratamiento de cuestiones abiertas y, al mismo tiempo, es un periodo mínimo para que los profesores puedan analizar y mejorar la innovación emprendida (fase en la que se encuentra actualmente nuestro el estudio). En esta fase inicial hemos buscado resultados sobre el efecto de nuestra propuesta en los estudiantes, teniendo en cuenta aspectos conceptuales y metodológicos. Se han utilizado, entre otros instrumentos, cuestionarios pasados al principio y al final del curso (diseño de un solo grupo con pruebas Pre-Post (Carrasco y Calderero, 2000)) y una red de análisis sobre los aspectos metodológicos puestos en juego por los estudiantes.

El primer cuestionario utilizado buscaba detectar las posibles deficiencias en conceptos básicos de mecánica (fuerza/movimiento) de los alumnos (tras dos años de enseñanza universitaria) al principio del curso, y el segundo, deficiencias conceptuales y metodológicas (plantear preguntas investigables, formular hipótesis e identificar estrategias para hallar lo que se busca, basadas en principios fundamentales, como la conservación de energía, cantidad de movimiento o el principio de continuidad) que, en todo caso, deberían haber sido superadas o adquiridas por estudiantes de tercer curso de ingeniería. Dicho cuestionario consistió en lo siguiente:

1) *Analice los siguientes hechos y dibuje las fuerzas que actúan sobre el cuerpo:*

- a. *Una pelota que ha sido lanzada por un plano inclinado moviéndose hacia arriba.*
- b. *Una pelota que oscila sujeta a una cuerda que cuelga del techo.*
- c. *Una pelota lanzada al aire que se está moviendo según una trayectoria parabólica.*
- d. *Una roca sumergida en agua que se hace ascender tirando de ella mediante una cuerda.*

El segundo fue:

2) *Analice los siguientes hechos y plantee preguntas concretas que tendría interés tratar de responder en cada uno de ellos. Haga suposiciones sobre de qué dependerá lo que busca y exprese qué estrategias utilizaría para evaluar su suposición. Tal vez: Haga suposiciones sobre las posibles respuestas a las preguntas formuladas y exprese qué estrategias utilizaría para evaluarlas.*

- a. *Un cuerpo sólido que se desliza siguiendo una trayectoria rectilínea sobre el suelo es frenado hasta detenerse.*
- b. *Una bala penetra en un bloque de madera que cuelga de un techo. El bloque se mueve oscilando hacia arriba.*
- c. *Una masa de fluido se desliza entre dos puntos de un conducto de diámetro constante siguiendo una trayectoria rectilínea y luego empieza a subir por otro conducto de diámetro menor.*

Los cuestionarios fueron contestados por grupos de alumnos que no participaron en la innovación y por el grupo experimental. En el primer caso (estudiantes de

las universidades de Barranquilla y Bucaramanga) los cuestionarios se pasaron hacia la mitad del curso y en el segundo, al comenzar y al finalizar. En ningún caso los alumnos habían sido avisados de que se pasarían los cuestionarios.

El otro instrumento consistió en un análisis descriptivo de lo que ocurre en el aula cuando los alumnos del grupo experimental, ya familiarizados con el tratamiento de situaciones abiertas, abordan el problema de interés local. Sólo presentaremos la descripción de un pequeño fragmento de la secuencia de actividades.

Los resultados obtenidos en el cuestionario 1, podemos resumirlos como

sigue: más del 70% de todos los estudiantes ($n = 424$) de tercer curso de ingeniería (de tres universidades distintas) expresaron errores conceptuales en todas las cuestiones. Sus concepciones espontáneas sobre fuerza/movimiento, habían quedado inalteradas tras años de instrucción, incluso universitaria.

En la tabla 1 presentamos los resultados comparativos sobre la forma en que resuelven el cuestionario 2 los estudiantes. Al no haber diferencias entre los grupos de control y el experimental al principio de curso, los hemos unido en una sola columna (*la primera columna con datos*).

Tabla 1.
Resultados comparativos del desempeño conceptual y metodológico de los estudiantes en la cuestión 2

Características de las respuestas de los estudiantes a cada una de las situaciones planteadas en el cuestionario 2.	Al comienzo del curso y alumnos no tratados de igual nivel ($n= 424$) % (Sd)	Al final del curso (alumnos tratados) ($n=139$) % (Sd)
Situación a): cuerpo que frena		
a) Se expresa una pregunta adecuada, soluble, y se hace un gráfico de la situación.	67 (2'2)	95 (1'8)
I. Se expresa de qué puede depender lo que se busca y se proponen, con sentido físico, estrategias cinemática-dinámicas o energéticas.	22 (2'0)	85 (3'0)
	45 (2'4)	10 (2'6)
II. No se expresan concepciones cualitativas adecuadas, se pone en evidencia una clara tendencia al formulismo.	33 (2'2)	5 (1'8)
b) En blanco o prácticamente en blanco.		

Continúa...

..Continuación

<p>Situación b): bala/bloque</p> <p>c) Se expresa una pregunta adecuada, soluble, y se hace un gráfico de la situación.</p> <p>I. Se expresa de qué puede depender lo que se busca y se propone, con sentido físico, una estrategia basada en la conservación de la cantidad de movimiento y en la conservación y transformación de la energía.</p> <p>II. No se expresan concepciones cualitativas adecuadas, ni se formulan hipótesis, ni se propone estrategia alguna.</p>	<p>45 (2'4)</p> <p>15 (1'7)</p> <p>30 (2'2)</p> <p>55 (2'4)</p>	<p>95 (1'8)</p> <p>85 (3'0)</p> <p>10 (2'6)</p> <p>5 (1'8)</p>
<p>Situación c): fluido que se mueve horizontal y verticalmente por ductos de distinto diámetro.</p> <p>e) Se expresa una pregunta adecuada, soluble, y se hace un gráfico de la situación.</p> <p>I. Se expresa de qué puede depender lo que se busca y se propone, con sentido físico, una estrategia basada en la conservación y transferencia de la cantidad de movimiento, en la conservación y transformación de la energía y el principio de continuidad.</p> <p>II. No se expresan concepciones cualitativas adecuadas, ni se formulan hipótesis ni se propone estrategia alguna.</p> <p>En blanco o prácticamente en blanco</p>	<p>45 (2'4)</p> <p>15 (1'7)</p> <p>30 (2'2)</p> <p>55 (2'4)</p>	<p>95 (1'8)</p> <p>85 (3'0)</p> <p>10 (2'6)</p> <p>5 (1'8)</p>

En primer lugar, llama la atención la consistencia de los resultados en las tres situaciones planteadas. A pesar de encontrarse en tercer curso de ingeniería, los estudiantes no son capaces de ir más allá de plantear preguntas y hacer un gráfico ante una situación abierta. Manifiestan una falta de hábito de realizar análisis cualitativos y de concretar qué se busca, pensar en factores de los que dependerá y proponer estrategias para evaluar lo que se ha supuesto. Con toda seguridad, los estudiantes han tratado

en cursos anteriores (y buena parte de ellos en el mismo curso en que se pasó el cuestionario) las estructuras conceptuales de trabajo y energía o cantidad de movimiento, pero ellas sólo han sido utilizadas en "ejercicios" y los estudiantes, en el caso más frecuente, sólo se limitan a indicar las fórmulas que se podrían utilizar en estas situaciones, sin que éstas estén incorporadas dentro de una posible estrategia para someter a prueba las suposiciones planteadas.

Los alumnos, después de participar en el curso donde han tenido oportunidades reiteradas para enfrentarse a situaciones abiertas, cambian su comportamiento inicial y ponen en práctica características necesarias para poder abordar con éxito estas situaciones: análisis cualitativos donde no aparecen errores conceptuales como los detectados en el cuestionario 1, formulación de lo que se busca, emisión de hipótesis y propuesta de estrategias (expresadas cualitativa y significativamente, no como fórmulas a utilizar) para resolverlas. Este comportamiento es estable en las tres situaciones planteadas en el cuestionario.

El cambio producido es reflejo de la forma en que se han tratado en clase las situaciones abiertas. A título de ejemplo describimos lo ocurrido en la clase cuando los estudiantes respondieron a las actividades planteadas.

(...) A.17 Plantear preguntas concretas –que permitan acotar para poder avanzar– sobre la situación que nos hemos planteado (¿Cómo transportar la cantidad de agua requerida a los cultivos de la finca de la Universidad de la Paz?).

Descripción de lo que ocurre en clase: Esta actividad favorece que los estudiantes aprendan funcionalmente una parte de la red conceptual clave de la mecánica de fluidos. Las preguntas que surgen tras una reflexión son las siguientes: ¿cuáles son las características del fluido a captar?, ¿qué sistema utilizamos para captar el fluido?, ¿habrá que construir una represa?, ¿qué tipo de bomba utilizar en la captación?, ¿cuál es el caudal a captar en la

fuente?, ¿cómo transportar el fluido captado, por qué tipo de conducto?, ¿cuáles serán sus longitudes y diámetros?, ¿será necesario un almacenamiento temporal antes de distribuirlo en el riego?, ¿qué tipo de riego es el adecuado para cada cultivo?, ¿cuál es el impacto del sistema de riego en el ambiente?, ¿cuánta energía se requiere para mantener en funcionamiento el proyecto y cómo obtenerla?, ¿cuáles son sus costos?

El profesor plantea la necesidad de hacer una clasificación de las preguntas y se acuerda comenzar por tratar las relacionadas con las características físico-químicas de los fluidos y la forma de determinarlas (densidad, viscosidad, análisis físico-químico del fluido). Este trabajo es encomendado a los pequeños grupos que se reúnen fuera del aula, estudian la literatura apropiada y mantienen tutorías dos veces por semana con los profesores implicados:

A.18 (Trabajo extraaula) Profundicen sobre las propiedades que caracterizan los fluidos habitualmente transportados. Presenten un informe de la revisión de la literatura y del trabajo práctico que debemos realizar para conocer las características del agua a captar de la fuente.

A.19 Realicen una síntesis de la red de conocimientos conceptuales que necesitamos para describir la estructura de los fluidos y predecir su comportamiento cuando se almacena o transporta.

A.20 Aborden la siguiente cuestión abierta: ¿cuánto durará el lubricante de un vehículo?

A.21 (Trabajo extraaula) ¿Qué consideraciones debemos hacer cuando los fluidos a transportar por medio de conductos son, por ejemplo, gas propano, agua o leche?

Con las actividades A.19 y A.20 se generan oportunidades para que los estudiantes expresen sus ideas sobre las relaciones entre conceptos tales como volumen, masa, densidad, viscosidad, tensión superficial, capilaridad, fluido newtoniano y no newtoniano, y eviten caer en el operativismo ciego al enfrentarse a un enunciado abierto. Surgen sus dificultades, que permiten intervenir con sentido al profesor y que los estudiantes reflexionen sobre sus carencias conceptuales y metodológicas y la forma de superarlas.

De este modo se va avanzando en el aprendizaje de las ideas básicas de mecánica de fluidos y en la solución al problema de interés local planteado. Es lógico, pues, que se produzcan los cambios presentados en la tabla 1. Como fruto de todo este trabajo deben presentar y defender la solución científico-técnica que ha elaborado cada pequeño grupo ante un tribunal de ingenieros.

Es necesario resaltar las valoraciones otorgadas por los tribunales de ingenieros a las soluciones aportadas por los estudiantes: El 80% fueron valoradas positivamente y el 20% restante requirió modificaciones y ampliación antes de su aceptación.

Al ser entrevistados, el 90% de los 22 profesores implicados en la innovación y en los tribunales afirmaron que: a) la innovación desarrollada generaba situaciones

en las que los estudiantes se acercaban a aspectos claves del trabajo científico; b) los temas desarrollados de esta forma eran más motivadores para los alumnos; c) los mismos profesores habían experimentado cambios en sus concepciones sobre la enseñanza de la ciencia y se sentían atraídos por investigar en la enseñanza de su materia, y d) los estudiantes aprenden de forma menos superficial que habitualmente y en concordancia con lo requerido para su formación profesional.

ALGUNAS CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La principal virtud de una innovación fundamentada debería ser generar un mayor interés por profundizar en el tema, debido a las expectativas iniciales que produce. La innovación desarrollada ha cumplido este objetivo: los profesores implicados han tomado conciencia de que la enseñanza habitual de las ciencias y tecnociencias en los dos primeros años de las carreras de ingeniería, centrada en la introducción de conceptos como simple transmisión de conocimientos ya elaborados y la resolución de problemas como mera aplicación o ilustración de éstos, no crea situaciones favorables para que los estudiantes aprendan temas clave para su formación como ingenieros. Más aún, los resultados obtenidos muestran que los estudiantes olvidan fácilmente lo que han aprendido en cursos precedentes realizados bajo la enseñanza habitual, manifestando serias carencias conceptuales y metodológicas.

La innovación desarrollada, basada en organizar el curso a partir del tratamiento

de problemas de interés, con características (dentro de las limitaciones indicadas) de una actividad de investigación, ha ayudado a identificar y superar una serie de carencias en el aprendizaje en temas de tecnociencias. Para ello ha sido necesario introducir también cambios en la evaluación y jornadas continuas de trabajo extraaula asistido por el profesor, para apoyar el aprendizaje.

No obstante, consideramos imprescindible profundizar en la experiencia didáctica realizada, explorando la elección de un problema estructurante que permita integrar mejor conceptos, resolución de problemas y prácticas de laboratorio, con

el tratamiento de problemas de interés local. Por otra parte, la actitud positiva generada en los profesores implicados en la innovación abre el camino para modificar los diseños de temas en otras materias de ciencias y tecnociencias que se cursan durante los tres primeros años de las carreras de ingeniería en las universidades, siguiendo el modelo de aprendizaje como actividad de investigación. El objetivo sería crear equipos de profesores que contribuyan al necesario cambio didáctico en la enseñanza universitaria, lo que contribuiría a una mejor integración de las funciones de enseñanza, investigación y extensión de las universidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, J. (1998). Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología. En *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), pp. 409-420.
- Alonso, M.; Gil, D., y Martínez Torregrosa, J. (1994). Los exámenes de física en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación. En *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), pp. 127-138.
- Almudí, J. M. (2002). *Introducción del concepto de campo magnético en primer ciclo de universidad: Dificultades de aprendizaje y propuesta de enseñanza alternativa de orientación constructivista*. Departamento de Física aplicada I. Universidad del País Vasco. Tesis doctoral.
- Ausubel, D.; Novak, J., Y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas: México.
- Becerra, C. (2004). *La enseñanza de la mecánica newtoniana con una estructura problematizada en el primer curso universitario*. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante.
- Burbules, N., y Linn, M. (1991). Science Education and Philosophy of Science: Congruence or Contradiction? En *International Journal of Science Education*, 13(3), pp. 227-241.
- Campanario, J. M. (2003). Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la didáctica de las ciencias. En *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), pp. 319-328.
- Carrasco, J., y Calderero, J. (2000). *Aprendo a investigar en educación*. Rialp: Madrid.
- Carrascosa, J., y Martínez, S. (1997). *Problemas, cuestiones y ejercicios de Física*. Santillana: Madrid.

- Carrascosa, J.; Gil, D., y Valdés, P. (2004). El problema de las concepciones alternativas hoy. En *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 18, pp. 41-63.
- Coll, C. (2003). El currículo universitario en el siglo XXI. En Monereo, C y Pozo, J., (Eds.). En *La universidad ante la nueva cultura educativa. Enseñar y aprender para la autonomía*, pp. 271-283. Síntesis: Madrid.
- De Cudmani, L.; Pesa, M., y Salinas, J. (2000). Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias. En *Enseñanza de las ciencias*, 18(1), pp. 3-13.
- Del Carmen, L. (2000). Los trabajos prácticos. En Perales, F. J. y Cañal, P. (Eds.). En *Didáctica de las ciencias Experimentales*, pp. 267-287. Marfil : Alcoy.
- De Zubiría, J, y De Zubiría, M. (1995). *Fundamentos de pedagogía conceptual*. Plaza y Janes: Bogotá.
- Driver, R., y Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum. En *Studies in Science Education*, 13, pp. 105-122.
- Duschl, R. (1995). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. En *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), pp.3-14.
- Duschl, R., y Gitomer, D. H. (1996). *Project Sepia Design Principles. Paper Presented at the annual meeting of AERA*. Chicago, abril de 1991.
- Escalas, M. (1998). Arquímedes en el agua. En *Ciencia y Vida*, 7, pp. 136-137.
- Fraser, B. J., y Tobin, H. K. G. (1998). *International Handbook of Science Education*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.
- Furió, C., y Gil, D. (1978). *El programa guía: una propuesta para la renovación de la didáctica de la Física y la Química*. Valencia: ICE de la Universidad de Valencia.
- Furió, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. En *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), pp. 188-199.
- Furió, C., y Guisasaola, J. (1998). Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. En *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), pp. 441-452. [1]
- Furió, C.; Domínguez, C.; Azcona, R., y Guisasaola, J. (2000). La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento químico. En Perales, F. J., y Cañal, P. (Eds.), *Didáctica de las ciencias Experimentales*, pp. 421-448. Marfil: Alcoy.
- Gabel, D., (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. McMillan Pub. Co.: Nueva York.
- Gallego, R., y Pérez Miranda, R. (1994). *Representaciones y conceptos científicos. Un programa de investigación*. Universidad Pedagógica Nacional. Departamento de Química: Santafé de Bogotá.
- Gallego, R., y Pérez Miranda, R. (2002). El problema del cambio de las concepciones de estudiantes de formación avanzada. En *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), pp. 401-414.
- Geehen, R.; Wiedy,h.; Louden,w., y Wallace, J. (2004). Teaching for understanding and/or teaching for the examination in high school physics. En *International Journal of Science Education*, 26(4), pp. 447-462.
- Geli, A. M. (2000). La evaluación de los procesos y de los resultados de la enseñanza de las ciencias. En Perales, F. J. Y Cañal, P. (Eds.). En *Didáctica de las ciencias Experimentales*, pp. 187-205. Marfil: Alcoy.

- Gil, D. (1987). Los programas guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. En *Investigación en la escuela*, 3, pp. 3-12.
- Gil, D., y Martínez Torregrosa, J. (1987). Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de la ciencias. En *Investigación en la Escuela*, 3, pp. 3-12.
- Gil, D.; Carrascosa, J.; Furió, C., y Martínez, J. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Ice-Horsori: Barcelona.
- Gil, D. (1994). Diez años de investigación en Didáctica de las Ciencias: realizaciones y perspectivas. En *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp.154-164.
- Gil, D.; Furió, C.; Valdés, P.; Salinas, J.; Martínez-torregrosa, J.; Guisasola, G.; González, E.; Dumas-carre, A.; Goffard M., y Pessoa De Carvalho, A. (1999a). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? En *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), pp. 311-320.
- Gil, D.; Carrascosa, J.; Dumas-carre, A.; Furió, C.; Gallego, R.; Gene, A., González, E.; Guisasola, G.; Martínez-torregrosa, J.; Pessoa De Carvalho, A.; Salinas, J.; Tricárico, H., y Valdés, P., (1999b). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? En *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), pp. 503-512.
- González de la Barrera, L., (2003). *Las prácticas de laboratorio de química en la enseñanza universitaria. Análisis crítico y propuesta de mejora basada en la enseñanza/aprendizaje por investigación orientada*. Universidad de Valencia: Tesis doctoral.
- Hodson, D., (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. En *International Journal of Science Education*, 14(5), pp. 541-566.
- Hofstein, A., y Luneta, v. (2004). The laboratory in science Education: Foundations for the twenty-first century. En *Science Education*, 88(1), pp. 28-54.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2000). Modelos didácticos. En Perales, F. J. y Cañal, P. (Eds.), *Didáctica de las ciencias Experimentales*, pp. 165-186. Marfil: Alcoy.
- Latorre, A., y San Félix, F. (2000). Alfabetización científico/tecnológica en estudiantes de secundaria y universidad. Un análisis experimental. En *Enseñanza de las Ciencias*, 18(1), pp. 55-69.
- Martín, M.; Gómez, M., y Sagrario, M. (2000). *La Física y la Química en secundaria*. Narcea: Madrid.
- Martínez Torregrosa, J. (1987). *La resolución de problemas de física como investigación: un instrumento de cambio metodológico*. Universidad de Valencia: Tesis doctoral.
- Martínez Torregrosa, J., y Verdú, R. (1997). La construcción de grandes síntesis como criterio para organizar y secuenciar los cursos: el caso de la mecánica. En *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra. V Congreso, pp. 479-480.
- Martínez Torregrosa, J.; Gil, D., y Martínez Sebastián, B. (2003). La universidad como nivel privilegiado para un aprendizaje como investigación orientada. En Monereo, C., y Pozo, J. (eds.), *La universidad ante la nueva cultura educativa. Enseñar y aprender para la autonomía*, pp. 231-244. Síntesis Madrid.
- Membriela, P. (2001). Una revisión del movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias.

- En Membiela, P. (ed.). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía*, pp. 91-103. Narcea: Madrid.
- Monereo, C., y Pozo, J. (2003). La cultura educativa en la universidad: nuevos retos para profesores y alumnos. En Monereo, C., y Pozo, J. (eds.), *La universidad ante la nueva cultura educativa. Enseñar y aprender par la autonomía*, pp. 17-30. Síntesis: Madrid.
- National Research Council, (1996). *National Science Education Standards*. National Academy Press: Washington, DC.
- Oñorbe, A. (1993). *Análisis y dificultades en la enseñanza-aprendizaje de la resolución de problemas de Física y Química*. Universidad de Alcalá de Henares. Tesis Doctoral.
- Oñorbe, A., et al. (1993). *Resolución de problemas de Física y Química ESO. Una propuesta metodológica de enseñanza-aprendizaje*. Akal: Madrid.
- Osborne, R., y Wittrock, M. (1983). Learning Science: a generative process. En *Science education*, 67, pp. 490-508.
- Perales Palacios, F. P., y Cañal, P. (2000). *Didáctica de las ciencias Experimentales*. Marfil: Alcoy.
- Pfundt, H., y Duit, R. (1998). *Bibliography of students' alternative frameworks in science education*. IPN: Kiel.
- Pozo, J.; Pérez-echevarría, M. P.; Domínguez-castillo, J.; Gómez-crespo, M. A., y Postigo, Y. (1994). *La solución de problemas*. Santillana: Madrid.
- Ramírez, L. (1990). *La resolución de problemas de Física y Química como investigación en la enseñanza media, un instrumento de cambio metodológico*. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Barcelona. Tesis Doctoral.
- Ramírez, L., Gil, D., y Martínez Torregrosa. (1994). *La resolución de problemas de Física y Química como investigación*. MEC: Madrid.
- Reyes, J. V. (1991). *La resolución de problemas de Física y Química como investigación en la enseñanza media: una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico*. Universidad del País Vasco. Tesis Doctoral.
- Romo, V. (1998). *La enseñanza de la química y su relación con las actitudes de los estudiantes hacia la química*. Universidad de Valencia. Departamento de Didáctica de las Ciencias experimentales y Sociales. Tesis Doctoral.
- Salinas, J. (1994). *Las prácticas de física básica en laboratorios universitarios. Departamento de Didáctica de les Ciències Experimentals*, Universitat de València. Tesis Doctoral.
- Salinas, J. (2004). El papel de la experimentación en la enseñanza de la física. En *Alambique*. No. 39, pp. 31-39.
- Sanmartí, N., (2000): El diseño de unidades didácticas. En Perales, F. J. y Cañal, P. (Eds.), *En Didáctica de las ciencias Experimentales*, pp. 239-266. (Marfil: Alcoy).
- Solbes, J., y Vilches, A. (1992). El modelo constructivista y las relaciones ciencia/técnica/sociedad (CTS). En *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), pp.181-186.
- Solbes, J., y Vilches, A., (1997). STS interactions and the Teaching of physics and Chemistry. En *Science Education*, 81(4), pp. 377-386.
- Valdés, P.; Valdés, R.; Guisasola, J., y Santos, T. (2002): Implicaciones de las relaciones

- ciencia–tecnología en la educación científica. En *Revista iberoamericana de educación*, 28, pp. 101-128.
- Varela, P. (1994). *La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos*. Universidad Complutense de Madrid. Tesis Doctoral.
- Verdú, R.; Martínez Torregrosa, J., y Osuna, L. (2002). *Enseñar y aprender en una estructura problematizada*. En *Alambique* 34, 47-55.
- Verdú, R. (2005). *La estructura problematizada de los temas y los cursos de física y química como instrumento de mejora de su enseñanza y aprendizaje*. Universidad de Valencia. Tesis Doctoral.
- Weatley, G. H. (1991). Constructivist perspectives on science and mathematical learning. En *Science Education*, 75, pp. (1), pp. 9-21.

ARTÍCULO RECIBIDO: 1-09-2004

Y APROBADO: 17-06-2005