

Un programa de investigación–acción con profesorado de secundaria sobre la enseñanza–aprendizaje de la energía

Carlos Bañas,¹ Constantino Ruiz² y Vicente Mellado²

ABSTRACT (An action–research program with science teachers in a secondary school about teaching–learning on energy)

We carried out an action–research program in Spain based in metacognitive reflection with three science teachers in a secondary school during 2002/03 and 2003/04. During the study, the participating teachers analyzed their students' alternative ideas on energy, and the teaching methods they used as were observed in the videos of their classes. They also planned new teaching units. In the article we show how their teaching models and their students' ideas on energy evolved during this program. The program has contributed to teachers' professional development, impacting significantly on the elements that form part of their teaching, and affecting positively the learning and conceptual change of their students.

KEYWORDS: Secondary teachers' professional development, teaching–learning of energy, students' alternative ideas

Resumen

Se describe un programa de investigación–acción, basado en la reflexión metacognitiva, llevado a cabo en un colegio de secundaria en España con tres profesores de ciencias en los cursos 2002/03 y 2003/04. Durante la investigación los profesores analizaron las ideas alternativas de sus estudiantes sobre la energía, así como sus métodos de enseñanza por medio de grabaciones de video de sus propias clases, a partir de los cuales planificaron nuevas unidades didácticas. En el artículo mostramos la evolución del modelo didáctico de los profesores, así como la evolución las ideas de sus alumnos sobre la energía. El programa de investigación–acción ha contribuido al desarrollo profesional de los profesores, impactando significativamente en los elementos que forman parte de su enseñanza y afectando positivamente al aprendizaje y al cambio conceptual de sus estudiantes.

Palabras clave: desarrollo profesional del profesorado de Secundaria, enseñanza–aprendizaje de la energía, ideas alternativas de los alumnos

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto de Investigación EDU2009–12864 del Ministerio de Ciencia e Innovación de España y los Fondos Europeos de Desarrollo Regional.

1. Introducción

Desde 1991 en España se han llevado a cabo varias reformas del sistema educativo que afectan a la Educación Secundaria. Sin embargo, numerosas investigaciones (Banet, 2007; Pro, 2006), muestran su limitada implantación en las aulas y llegan a la desalentadora conclusión de que, aunque los profesores utilicen formalmente el discurso innovador de las reformas, en las aulas la mayoría sigue utilizando los mismos métodos de enseñanza, generalmente centrados en el profesorado y basados en la transmisión de conocimientos conceptuales a través del profesor y del libro de texto.

Los profesores no son técnicos que se limitan a aplicar las reformas y las instrucciones elaboradas por los expertos, sino que tienen unos conocimientos, concepciones, actitudes, emociones, valores, y toman decisiones en función de múltiples factores, de su propia historia y situación personal, y de los contextos sociales y profesionales en los que trabajan, factores todos ellos determinantes de la puesta en marcha de cualquier propuesta de reforma o de innovación curricular.

En los últimos 30 años hemos asistido a un extraordinario desarrollo de la investigación en didáctica de las ciencias, o educación en ciencias. Sin embargo, estos conocimientos apenas llegan a las aulas y existe un abismo entre la cultura del investigador y la del profesor, preocupado por las urgencias y los múltiples problemas cotidianos que se le presentan en su clase. El reto de la investigación es hacer que estos resultados

¹ Profesor de Ciencias de Educación Secundaria, Colegio OSCUS, Badajoz, España.

² Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas, Facultad de Educación, Universidad de Extremadura, Badajoz, España.

Correo: vmellado@unex.es

Recepción: 10 de diciembre de 2010.

Aceptación: 22 de febrero de 2011.

lleguen a las aulas, implicando al profesorado en actividades de investigación e innovación (Pro, 2009), en las que el profesor no sea un consumidor de conocimientos externos, sino un coproductor y un agente de cambio sobre los problemas que realmente le preocupan en sus clases. La comprensión de los procesos de cambio didáctico del profesorado es actualmente uno de los temas más relevantes de la agenda de la investigación educativa (Garritz, 2010a; Mellado, 2003) y un elemento esencial para planificar y llevar a cabo programas de formación y desarrollo profesional del profesorado.

En la presente investigación examinamos un programa de desarrollo profesional de dos años de duración en el que analizamos la evolución de los modelos didácticos y de las acciones en el aula de tres profesores de secundaria de un mismo centro sobre la enseñanza de la energía, así como la incidencia del programa en el aprendizaje de sus alumnos. La energía es un tema básico del currículo de secundaria, con fuerte contenido interdisciplinar y de gran incidencia social, lo cual facilita la orientación Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente.

2. El desarrollo profesional de los profesores de ciencias

En otros trabajos hemos descrito ampliamente los fundamentos teóricos en los que enmarcamos el desarrollo profesional del profesorado de ciencias (Bañas *et al.*, 2009; Mellado, 2003). A continuación resumimos los antecedentes básicos de los tres marcos teóricos en los que fundamentamos la investigación: el constructivismo, la investigación-acción y la metacognición.

a. Constructivismo

En los últimos 30 años el paradigma constructivista se ha mostrado como un marco teórico de referencia desde el que se han investigado ampliamente las ideas alternativas de los alumnos sobre distintos conceptos científicos, ideas que están profundamente arraigadas y que son muy difíciles de modificar. También constituye un referente en la formación del profesorado, destacando la importancia del análisis de las concepciones, roles, conocimientos, actitudes, emociones y conducta en el aula de los profesores, para a partir de ellos reconstruir el conocimiento profesional.

En nuestro marco teórico partimos de la integración entre la reflexión de los profesores y su práctica de aula, ya que en ocasiones las concepciones y las prácticas se encuentran desfasadas, cuando no en abierta contradicción (Farré y Lorenzo, 2009). Los profesores tienen que reflexionar sobre sus conocimientos, concepciones, sobre su práctica en el aula y sobre el aprendizaje de los alumnos. Sin embargo, esta reflexión no suele ser suficiente si el profesor no dispone de alternativas viables de enseñanza y de estrategias de acción en el aula que les resulten útiles para la enseñanza diaria de sus materias específicas y para el aprendizaje de sus estudiantes (Freitas *et al.*, 2004; Ritchie y Rigano, 2002).

En la investigación de situaciones problemáticas abiertas de interés para el profesorado (Furió y Carnicer, 2002; Martí-

nez y Varela, 2009) hay que integrar distintos aspectos, pero el eje del desarrollo profesional tiene que ser la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, pues el contenido a enseñar condiciona los roles del profesor y las estrategias de enseñanza, ya que el desarrollo profesional del profesorado no se realiza en abstracto, sino sobre contenidos concretos (Abell y Lederman, 2007).

b. Investigación-acción

La investigación-acción favorece el desarrollo profesional del profesorado, gracias a la acción cooperativa que implica y al trabajo en equipo, mediante el cual el profesorado orienta, corrige y autoevalúa sus problemas y toma decisiones para mejorar o cuestionar la práctica educativa (Cachapuz y Gonçalves, 2004; Dass *et al.*, 2008). El desarrollo profesional tiene que ir unido al personal y social (Bell y Gilbert, 1994), teniendo en cuenta los aspectos emocionales del profesor (Brígido *et al.*, 2010; Garritz, 2010b; Nelson, 2009), reforzando su autoestima y construyendo sobre las buenas prácticas que los profesores estén ya realizando (Hargreaves, 1996). Es necesario hacer análisis críticos, pero valorando los aspectos positivos y construyendo el cambio a partir de ellos (Copello y Sanmartí, 2001).

También son fundamentales los aspectos sociales, ya que el profesor está integrado en un centro y es muy difícil que el cambio se realice, y sobre todo que se consolide, de una forma individual y a contracorriente de la "cultura" educativa del Centro. Los programas de formación tienen que considerar al profesor como integrante de un grupo, fortaleciendo la colaboración constructiva y la cultura de los centros, aportando experiencias de desarrollo colectivo, y, en suma, considerando al centro educativo como el lugar más adecuado para el desarrollo profesional.

c. Metacognición

El desarrollo profesional se estimula por procesos sucesivos de autorregulación metacognitiva del profesor basados en la reflexión, comprensión y control de lo que piensa, siente y hace y de los propios cambios que el profesor realice. La reflexión en y sobre la acción (Schön, 1983) y la toma de conciencia de las causas de las dificultades de la práctica docente y del aprendizaje de los alumnos, así como de los obstáculos para el cambio didáctico (Vázquez *et al.*, 2010), posibilitan la autorregulación y el control del propio desarrollo profesional (Gunstone y Northfield, 1994). El control y la autorregulación de la propia evolución, de su ritmo y de la naturaleza de los cambios, sin duda requiere mucho más tiempo y apoyos sostenidos que la puesta en práctica superficial de orientaciones externas, para que el profesor pueda percibir la formación como una experiencia educativa válida para sí mismo, para sus clases y para su centro (Peers *et al.*, 2003).

3. Planteamiento del problema

El programa fue llevado a cabo en un Centro de Secundaria durante los cursos 2002/2003 y 2003/2004 en Badajoz, una

ciudad de 150.000 habitantes situada en el suroeste de España. Fue realizado por un equipo de investigación formado por profesores universitarios, un profesor-investigador del centro de secundaria y tres profesores del mismo centro. En otros artículos hemos analizado en detalle el caso individual de los tres profesores participantes (Bañas *et al.*, 2008, 2009, 2010). En este artículo analizamos globalmente los casos de los tres profesores, a los que denominamos con los nombres supuestos de Raquel, Ana y Juan.

Las preguntas de investigación planteadas en el presente artículo son las siguientes:

- a) ¿Cómo evoluciona la práctica de aula de los tres profesores sobre la enseñanza de la energía como consecuencia de su participación en los dos años del programa?
- b) ¿Cómo evolucionan sus acciones en el aula sobre las ideas alternativas del alumnado?
- c) ¿Cuáles son las ideas de los estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria, sobre distintos aspectos de la energía, y cómo progresan estas ideas durante el programa?

4. Metodología

En la investigación se realizaron dos ciclos, durante los cursos académicos 2002/03 y 2003/04, con sucesivos momentos en cada curso de planificación, actuación, observación y reflexión, siguiendo de una forma flexible el modelo de investigación-acción. Los tres profesores participantes impartían ciencias en Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y los tres estaban considerados como excelentes profesionales, con gran dedicación a sus alumnos y con una actitud abierta a seguir aprendiendo. La profesora denominada Raquel es Maestra de la especialidad de Ciencias, tenía 22 años de experiencia en el momento de participar en la investigación e impartió 2º de ESO (estudiantes de 13-14 años) los dos años de la investigación; Juan es Licenciado en Química, tenía cinco años de experiencia al comienzo de la investigación e impartió 4º de ESO (estudiantes de 15-16 años) los dos años de la investigación; Ángela es Licenciada en Química, tenía 20 años de experiencia e impartió 3º de ESO (estudiantes de 14-15 años).

Los cursos de 2ª ESO, estaban formados por 32 estudiantes el primer año de investigación (2002/2003) y 18 el segundo año (2003/2004). Los cursos de 3º ESO estaban formados por 30 alumnos cada año. Los grupos de 4º ESO estaban formados por 16 alumnos el primer año y 14 el segundo año de investigación. La mayoría de los alumnos del Centro procedían de familias de clase media o media-baja, mostrando gran homogeneidad en factores familiares, sociales, y económicos y sin especiales problemas disciplinares.

En el segundo año de investigación (2003/2004), el grupo de 2º ESO que comenzó la investigación con Raquel en el curso 2002/2003, pasó a 3º ESO, y por tanto a la clase de Ángela. Lo mismo sucedió con los alumnos que en el primer año de investigación se encontraban en 3º ESO, en la clase de Ángela, y que en el segundo año de investigación (2003/2004) pasaron a 4º ESO a la clase de Juan. Por consiguiente, los

alumnos del segundo año de la investigación de las clases de Ángela y Juan ya habían participado en la experiencia el curso anterior en las clases de Raquel y Ángela, respectivamente. A estos dos grupos de alumnos se les pasó el cuestionario cuatro veces, dos con cada profesor al comienzo y final del curso. En cambio a los alumnos de 2º del curso 2003/2004 de Raquel y a los de 4º del curso 2002/2003, sólo se les pasó en dos fases, al comienzo y al final de sus respectivos cursos.

Los procedimientos de recogida de datos analizados en este artículo fueron el cuestionario, para determinar la evolución de las ideas alternativas del alumnado sobre la energía, el cual fue aplicado al comienzo y al final de cada curso, y la observación de aula, para determinar la evolución de la práctica de aula del profesorado. Además, se valoraron los documentos personales utilizados por los profesores participantes en la planificación, evaluación y enseñanza de las lecciones que impartieron durante la investigación.

El cuestionario para detectar la evolución de las ideas alternativas del alumnado sobre la energía fue validado en anteriores investigaciones (Bañas *et al.*, 2003) y constaba de 45 ítems, abiertos o cerrados de opción múltiple, agrupados en los siguientes campos: concepto de energía, calor, temperatura, diferencia entre calor y temperatura, trabajo, conservación y degradación, procedimientos y actitudes. Existen numerosos antecedentes en la investigación sobre la didáctica de la energía que hemos tenido en cuenta, tanto sobre las ideas alternativas de los alumnos como sobre las estrategias de enseñanza (Domenech *et al.*, 2001; Duit, 1987; Martínez y Varela, 2009; Mellado, 1998; Prideaux, 1995; Solbes y Tarín, 2004; Trumper, 1997).

En cuanto al análisis del profesorado, desde la didáctica de las ciencias se han realizado numerosas propuestas de modelos de enseñanza (Jiménez-Aleixandre, 2000; Jiménez-Pérez y Wamba, 2003; Porlán y Rivero, 1998). En la investigación, hemos simplificado estos modelos reduciéndolos a dos orientaciones básicas: técnica/conventional e investigadora-constructivista. La primera incluye los modelos tradicionales-transmisivos, los espontaneistas y los tecnológicos, y la segunda las orientaciones más actualizadas defendidas por la investigación en educación en ciencias.

Los datos de la observación de aula de Raquel se recogieron en dos sesiones del curso 2002/03 y seis del curso 2003/04; los de Ángela en tres sesiones del curso 2002/03 y cinco del curso 2003/04, y los de Juan en cinco sesiones el primer año y once el segundo. Todas fueron grabadas en video, transcritas y codificadas. Para el análisis de las observaciones de aula, las dos orientaciones se cruzaron con un sistema de categorías: planificación, metodología de enseñanza, conocimiento didáctico del contenido, ambiente de aula, actividades, recursos y evaluación. El análisis fue cualitativo y cuantitativo por frecuencias. En este artículo mostraremos los resultados globales agrupando las categorías.

Investigaciones precedentes han mostrado que la reflexión sobre las ideas alternativas de los alumnos es un catalizador que estimula el desarrollo profesional del profesorado (da

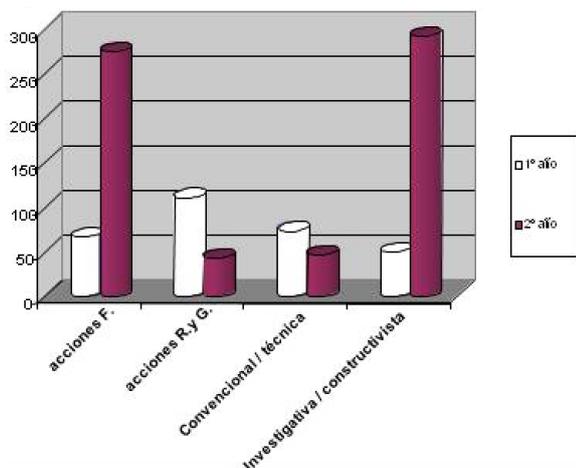


Figura 1. Evolución de las acciones y orientación didáctica en el aula de Raquel.

Silva *et al.*, 2007; Eylon *et al.*, 2007). Por ello en la práctica de aula también fueron analizadas las acciones de los profesores participantes que generaron (G) o reforzaron (R) las ideas alternativas de los alumnos o, por el contrario, las que fomentaron (F) el cambio conceptual de las mismas.

Un aspecto esencial para el desarrollo de estrategias metacognitivas fue el trabajo colaborativo llevado a cabo por los profesores en el Colegio. En las reuniones se analizaron, entre otros temas, las ideas alternativas sobre la energía de sus propios alumnos; las ideas alternativas sobre la energía de los libros de texto; la metodología de enseñanza, a partir de grabaciones en video de las clases, y la planificación de unidades didácticas. En la planificación se dedicó mucho tiempo a los contenidos procedimentales, a la planificación de actividades prácticas de laboratorio y a la construcción de maquetas, lo que obligó a un trabajo interdisciplinar con las áreas de Tecnología e Informática del centro.

5. Discusión de los resultados

5.1. Evolución de la práctica de aula

Se ha realizado un análisis descriptivo de frecuencias. En los gráficos de las figuras 1, 2 y 3 se muestran los resultados cuantitativos globales de la evolución de la práctica de aula de Raquel, Juan y Ángela en la enseñanza de la energía, durante los dos años de la investigación, en relación al modelo didáctico y a las acciones que facilitaron el cambio conceptual, o por el contrario que reforzaron o generaron ideas alternativas en los alumnos. En el eje vertical se indica el número total de acciones de cada profesor para las variables analizadas.

Durante el primer año los tres profesores compartieron rasgos de ambas orientaciones: la técnica–convencional, más centrada en el profesor y la enseñanza, y la investigativa–constructivista, más centrada en el alumno y en el aprendizaje, aunque con predominio de la orientación técnica–convencional. En este primer año el eje de la clase fue la explicación del profesor, con el libro de texto como principal elemento

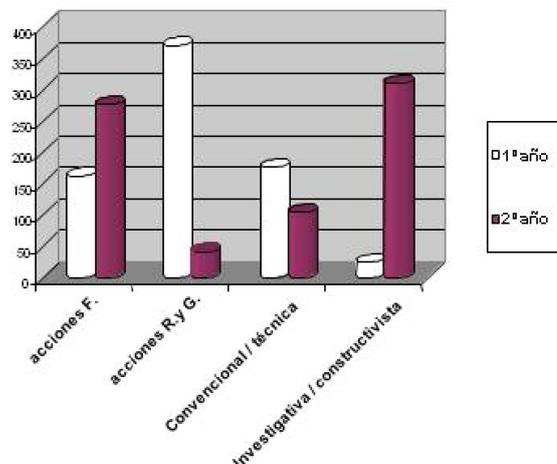


Figura 2. Evolución de las acciones y orientación didáctica en el aula de Ángela.

mediador de la enseñanza. Los tres profesores realizaron algunas actividades, pero de forma puntual y dirigidas fundamentalmente a la aplicación o demostración de lo explicado. La evaluación fue sobre todo sumativa encaminada a determinar el nivel alcanzado por los alumnos.

En la fase de reflexión metacognitiva los tres profesores tomaron conciencia de que su práctica en el aula estaba muy centrada en ellos mismos y en la enseñanza y decidieron que durante el siguiente año los alumnos tenían que tener más protagonismo y autonomía, partiendo de las ideas previas de los alumnos, fomentando la toma de decisiones de los alumnos respecto a cómo desarrollar las actividades y aplicando acciones que fomentasen la evolución conceptual de las ideas alternativas de los alumnos.

Durante el segundo año hubo un predominio notable de la orientación investigadora–constructivista en los tres profesores. Este segundo año pusieron en práctica, en gran medida, la unidad didáctica con orientación investigativa/constructivista planificada en el proceso de reflexión con los otros profesores, orientada a facilitar la evolución conceptual del alumnado,

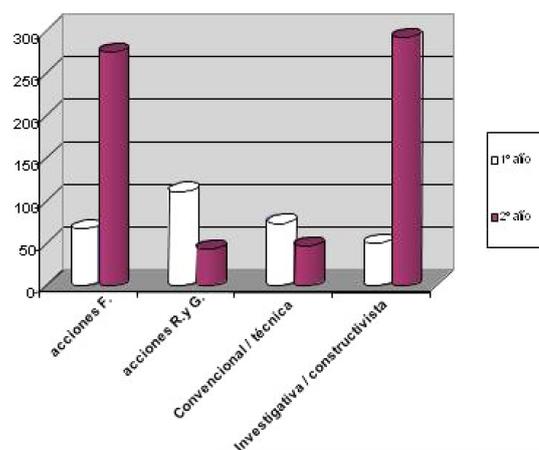
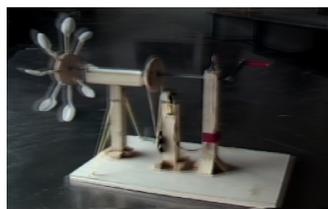


Figura 3. Evolución de las acciones y orientación didáctica en el aula de Juan.



Transformación de la energía hidráulica en eléctrica y de ésta en luminosa.



Transformación de la energía solar en eléctrica y de ésta en mecánica.

Figura 4. Ejemplos de maquetas sobre la transformación de la energía utilizadas el segundo año.

con una mayor implicación y autonomía de los mismos en el propio aprendizaje. A diferencia del primer año, las clases estuvieron más centradas en el alumno y el aprendizaje, aumentaron considerablemente la interdisciplinariedad, la orientación C-T-S, el planteamiento de situaciones problemáticas más abiertas, la aplicación de los conocimientos a nuevas situaciones, la participación del alumnado, el fomento de la autoestima del alumnado, el trabajo en pequeños grupos, los recursos empleados, las actividades procedimentales y actitudinales.

Destacamos el trabajo interdisciplinar llevado a cabo con los profesores de informática y tecnología, que colaboraron con el grupo en la construcción de nuevos recursos, como las maquetas que se muestran en la figura 4.

Otro aspecto de la práctica de aula analizado fueron las acciones que generaron (G) o reforzaron (R) las ideas alternativas de los alumnos o, por el contrario, las acciones que fomentaron (F) el cambio conceptual de las mismas (figuras 1, 2 y 3). Durante el primer año fueron más numerosas en los tres profesores las acciones que generaron o reforzaron las ideas alternativas de los alumnos. En cambio durante el segundo año en los tres profesores fueron más numerosas las acciones que fomentaron el cambio conceptual, especialmente en Juan y Ángela. En el caso de Raquel aun durante el segundo año fueron ligeramente más numerosas las acciones que reforzaron o generaron ideas alternativas en los estudiantes en las categorías metodología, conocimiento didáctico del contenido y evaluación.

Como en otras investigaciones sobre el desarrollo profesional de los profesores de ciencias con experiencia (Jiménez-Pérez y Wamba, 2003; Peme-Aranega *et al.*, 2008; Vázquez *et al.*, 2010) se han encontrado numerosos obstáculos que dificultan la progresión:

- La inseguridad que les creó pasar de una metodología más centrada en el profesor y la enseñanza a otra más centrada en el alumno y el aprendizaje, les supuso en ocasiones una cierta angustia al ceder protagonismo a los alumnos, sólo superada con el apoyo emocional del grupo de trabajo;
- La organización de la clase en grupos de trabajo permitió a los alumnos más interacción y participación, lo que

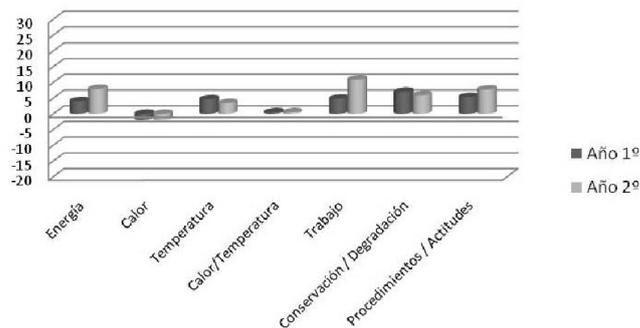


Figura 5. Evolución (en %) de las ideas de los alumnos de Raquel (2º ESO).

hizo que los profesores sintieran una pérdida del control y la disciplina, que en ocasiones ocasionó una vuelta a estrategias más directivas;

- La presión de terminar los programas también les hizo aumentar el ritmo de clase y volver a estrategias más centradas en la explicación;
- Aunque los profesores estén convencidos de las ventajas del modelo investigativo constructivista no pueden ponerlo en práctica si les faltan actividades y recursos concretos para el aula; el trabajo interdisciplinar con otros compañeros del centro, así como la construcción de maquetas y de otros recursos fueron un incentivo y un apoyo que ayudaron a superar esta dificultad;
- Conocer las ideas alternativas del alumnado no es suficiente si no va acompañado de estrategias de acción en el aula encaminadas a la evolución conceptual de estas ideas. Destacamos la importancia de la planificación conjunta de unidades didácticas por el grupo, con actividades procedimentales concretas (Pro, 1998);
- Un obstáculo superado por el trabajo conjunto y la reflexión y el debate del grupo fueron las ideas alternativas de los propios profesores, y
- Finalmente, la participación en el grupo de trabajo supuso para los profesores un enorme esfuerzo y de tiempo añadido a sus actividades cotidianas, sólo superado por el entusiasmo y el inmenso deseo de mejora de los participantes.

5. 2. Evolución de las ideas de los alumnos sobre la energía

Al ser alumnos distintos en cada curso y de distintas edades, en los resultados de los alumnos de cada profesor no compararemos resultados absolutos, sino la variación (en %) de las ideas de los alumnos de cada grupo entre el comienzo y final del curso en los dos años de la investigación (figuras 5, 6 y 7).

En los tres profesores los alumnos mejoraron sus resultados el segundo año en el concepto general de la energía. En las clases de Raquel y Ángela ya habían mejorado durante el primer año, pero en los alumnos de la clase de Juan durante el primer año se produjo un leve retroceso.

En coincidencia con otras investigaciones (Bañas *et al.*,

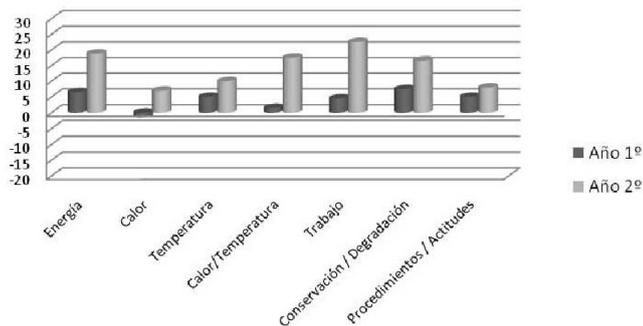


Figura 6. Evolución (en %) de las ideas de los alumnos de Ángela (3º ESO).

2003; Domínguez *et al.*, 1998; Pontes, 2000) el primer año muchos alumnos de Raquel asociaron la energía con el movimiento, fuerza, algo material que fluye o con la vitalidad, en detrimento de los conceptos de energía química o potencial.

El primer año Raquel y Juan definieron la energía como la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo mecánico que se produce cuando existe desplazamiento como consecuencia de una fuerza. Sin embargo, comenzar así la enseñanza de la energía restringe el concepto de energía al campo de la mecánica; no aclara que el proceso de transferencia de energía de un sistema puede ser debido al trabajo, pero también al calor o a la radiación; no proporciona una idea global de la energía ni de sus transformaciones, conservación y degradación, y tiene además mayores dificultades de aprendizaje para los alumnos, por el grado de abstracción que conlleva (Domenech *et al.*, 2001; Mellado, 1998). Un error metodológico habitual al definir la energía a partir del trabajo mecánico es deducir el principio de conservación como un teorema a partir de la 2ª ley de Newton, sin tener en cuenta que es un principio para toda la física (Solbes y Tarín, 1998). Numerosos autores defienden que en esta etapa la energía debería introducirse de una forma descriptiva como una magnitud fundamental de los sistemas, por la que éstos pueden transformarse, así como actuar sobre otros sistemas originando en ellos procesos de transformación (Solbes y Tarín, 2004).

El segundo año Raquel y Juan no partieron de la definición operativa de trabajo mecánico, sino que trataron la energía desde una perspectiva más global, viendo distintos tipos, e intentando asociarla con la configuración de los sistemas y las interacciones que ocurren entre ellos. Ángela, desde el primer año, entiende la energía como una magnitud física que se presenta bajo diversas formas, está involucrada en todos los procesos de cambio, se transforma y se transmite, depende del sistema de referencia y fijado éste, se conserva. Destacamos la dificultad que tienen los alumnos para percibir la energía química, como la que tiene una cerilla antes de encenderla; sólo los alumnos de Ángela de segundo año consiguieron buenos resultados en este ítem.

En el concepto de trabajo también hubo una mejora significativa en el alumnado de los tres profesores. Como hemos indicado, el primer año Raquel y Juan lo definieron de forma

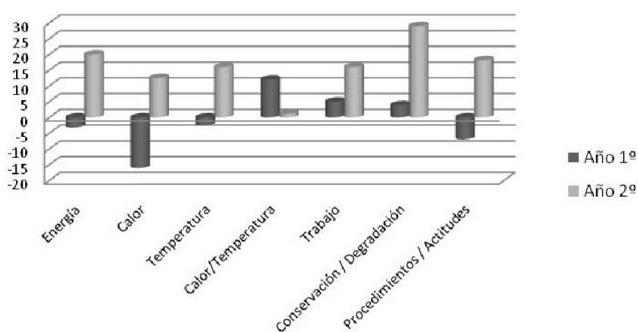


Figura 7. Evolución de las acciones y orientación didáctica en el aula de Juan (4º ESO).

operativa. El segundo año los tres profesores incidieron en el aprendizaje del proceso de transferencia e intercambio de energía.

En el concepto de calor es en el que hubo las mayores diferencias entre las clases de los tres profesores. Aunque en distinto grado, todos los alumnos reforzaron sus ideas alternativas durante el primer año analizado. La idea alternativa más común fue asociar el calor a una energía que poseen los cuerpos y no a un proceso de transferencia de energía entre dos cuerpos a diferente temperatura. Durante el segundo año los alumnos de Juan y Ángela mejoraron notablemente sus resultados, no así los de Raquel que, aunque en la entrevista manifestó que el calor es un proceso de transferencia de energía, en la clase su lenguaje cotidiano transmitió una idea diferente, reforzando las ideas alternativas de los alumnos.

En el concepto de temperatura todos los alumnos del segundo año de la investigación mejoran sus resultados al final del curso, aunque en el caso de Raquel la mejora fue menor que el primer año. Raquel la relaciona desde un punto de vista microscópico con la energía de las moléculas de un cuerpo; sin embargo, sus alumnos la siguen identificando con el calor o con la cantidad de energía de los cuerpos (Manzoor, 2009). Tanto Ángela como Juan la tratan como una magnitud intensiva que caracteriza macroscópicamente a la materia, relacionada con la energía media de las moléculas del cuerpo.

Los resultados también son dispares cuando intervienen juntos los conceptos de calor y temperatura, que los alumnos confunden a menudo. Los alumnos de Raquel obtienen los mismos resultados en el cuestionario del comienzo y del final de curso en los dos años de la investigación; los alumnos de Ángela mejoraron notablemente durante el segundo año; los alumnos de Juan tuvieron resultados bastante peores el segundo año que el primero. La teoría del calórico parece seguir estando latente en muchas ocasiones (Niaz, 2000).

En los conceptos de conservación y degradación todos los alumnos del segundo año de la investigación mejoraron sus resultados al final del curso, aunque en el caso de Raquel la mejora fue menor que la del primer año. Estos alumnos modificaron su idea anterior respecto a que la energía “desaparece”, hacia considerar que la energía se transforma. Sin embargo, no progresaron en el concepto de conservación como un

principio general de la física (Solbes y Tarín, 1998).

En cuanto a los procedimientos y actitudes, la mejora fue general durante el segundo año, destacando las clases de Juan, ya que durante el primer año en su clase hubo un refuerzo de las ideas alternativas.

6. Conclusiones e implicaciones

Globalmente ha habido una apreciable evolución, en los dos años de la investigación, en los modelos didácticos de los tres profesores desde una orientación centrada en el profesor y la enseñanza hacia otra más centrada en los alumnos y el aprendizaje. En cuanto a las acciones en el aula, durante el primer año fueron más numerosas las acciones que generaron o reforzaron las ideas alternativas de los alumnos; en cambio durante el segundo año fueron más numerosas las acciones que fomentaron el cambio conceptual. Sin embargo, esta evolución no ha sido lineal, ni la misma para las distintas categorías, ni para los tres profesores participantes. En el programa de desarrollo profesional se han detectado numerosos obstáculos, algunos comunes y otros específicos de cada profesor, en función de su experiencia, formación, características personales y del propio contexto, que dificultan el progreso de los profesores.

Con relación a la evolución de las ideas de los alumnos, durante el segundo año se produjo una evolución general en los conceptos de energía y trabajo y en los procedimientos y actitudes. En cambio los resultados son irregulares en los conceptos de calor y temperatura y en los procesos de conservación y degradación. Los conceptos de calor y temperatura nos indican los núcleos duros, en los que las ideas alternativas de los alumnos están más arraigadas y son más difíciles de reestructurar.

El programa de investigación–acción ha contribuido al desarrollo profesional de los tres profesores iniciando la evolución de su modelo didáctico, así como de las acciones que contribuyen a la evolución conceptual de las ideas alternativas de los estudiantes. Sin embargo, los resultados en el aprendizaje de sus alumnos son irregulares y es necesario seguir trabajando, no tanto en el modelo didáctico general, sino en el conocimiento didáctico del contenido de los profesores, un conocimiento específico sobre la forma de enseñar cada materia y una forma de razonamiento y acción educativa por medio de la cual los profesores transforman el contenido en representaciones comprensibles a los estudiantes (Friedrichsen *et al.*, 2009; Garritz *et al.*, 2008; Shulman, 1986). El desarrollo profesional es un proceso largo, continuo y gradual basado en la reflexión sobre los logros, pero también sobre los numerosos obstáculos y dificultades del camino.

Referencias

Abell, S. K. y Lederman, N. G., Preface. In: S. K. Abell y N. G. Lederman (eds.), *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum A. P., 2007.

Banet, E., Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual, *Ense-*

- ñanza de las Ciencias*, 25(1), 5–20, 2007.
- Bañas, C., Díaz, J. L., Mellado, V. y Ruiz, C., The Effect of Secondary Education Teachers' Involvement in an Action–Research Program on their Students' Alternative Ideas on Energy, *Journal of Physics Teacher Education Online*, 5(1), 20–25, 2008.
- Bañas, C., Lopez, A., Mellado, V. y Ruiz, C., Metacognition and professional development of secondary education science teachers: a case study, *Journal of Education Research*, 3(1/2), 129–148, 2009.
- Bañas, C., Pavón, R., Mellado, V. y Ruiz, C., Un programa de investigación–acción con profesores de secundaria sobre la enseñanza–aprendizaje de la energía. Un estudio de caso, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 32(2), 2010, en prensa.
- Bañas, C., Mellado, V. y Ruiz, C., Las ideas alternativas sobre la energía del alumnado de primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria, *Campo Abierto*, 24, 99–126, 2003.
- Bell, B. y Gilbert, J., Teacher development as professional, personal and social development, *Teaching and Teacher Education*, 10(5), 483–497, 1994.
- Brígido, M., Bermejo, M.L., Conde, C. & Mellado, V., The emotions in teaching and learning Nature Sciences and Physics/Chemistry in pre–service primary teachers, *US–China Education Review*, 11(12), 25–32, 2010.
- Cachapuz, A. F. y Maria B. Gonçalves, M. B., De la Teoría a la práctica: la investigación/acción como estrategia para la innovación en la formación del profesorado de Química: Un ejemplo en la enseñanza en laboratorio del tema ácido/base, *Educ. quim.*, 15(1), 8–14, 2004.
- Copello, M. I. y Sanmartí, N., Fundamentos de un modelo de formación permanente del profesorado de ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas, *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 269–283, 2001.
- da Silva, C., Mellado, V., Ruiz, C. y Porlán, R., Evolution of the conceptions of a secondary education biology teacher: Longitudinal analysis using cognitive maps, *Science Education*, 91(3), 461–491, 2007.
- Dass, P., Hofstein, A., Mamlok, R., Dawkins, K. y Penick, J., Action research as professional development of science teachers. In: Ingrid V. Erikson (ed.), *Science Education in the 21st Century* (pp. 205–240). New York: Nova Science Publishers, 2008.
- Domenech, J. L., Gil, D., Gras, A., Martínez, J., Guisasola, G. y Salinas, J., La enseñanza de la energía en la educación secundaria. Un análisis crítico, *Revista de Enseñanza de la Física*, 14(1), 45–60, 2001.
- Domínguez, J. M., Pro, A. y García–Rodeja, E., Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y temperatura: un estudio transversal, *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 161–175, 1998.
- Duit, R., Should energy be illustrated as something quasi–material?, *International Journal of Science Education*, 9(2), 139–145, 1987.
- Eylon, B. S., Berger, H. y Bagno, E., An evidence–based continuous professional development programme on knowl-

- edge integration in physics: A study of teachers' collective discourse, *International Journal of Science Education*, **30**(5), 619–641, 2007.
- Farré, A. S. y Lorenzo, M. G., Another piece of the puzzle: the relationship between beliefs and practice in higher education organic chemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, **10**(2), 176–184, 2009.
- Freitas, M. I., Jiménez, R. y Mellado, V., Solving physics problems: The conceptions and practice of an experienced teacher and an inexperienced teacher, *Research in Science Education*, **34**(1), 113–133, 2004.
- Friedrichsen, P. J., Abell, S. K., Pareja, E. M., Brown, P. L.; Lankford, D. M. y Volkmann, M. J., Does Teaching Experience Matter? Examining Biology Teachers' Prior Knowledge for Teaching in an Alternative Certification Program, *Journal of Research in Science Teaching*, **46**(4), 357–383, 2009.
- Furió, C. y Carnicer, J., El desarrollo profesional del profesor de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos, *Enseñanza de las Ciencias*, **20**(1), 47–73, 2002.
- Garritz, A., La enseñanza de las ciencias en una sociedad con incertidumbres y cambios acelerados, *Enseñanza de las Ciencias*, **28**(3), 315–326, 2010a.
- Garritz, A., Pedagogical Content Knowledge and the affective domain of scholarship of teaching and learning, *International Journal for the scholarship of Teaching and Learning*, **4**(2), 1–6, 2010b.
- Garritz, A., Nieto, E., Padilla, K., Reyes, F. y Trinidad, R., Conocimiento didáctico del contenido en química. Lo que todo profesor debería poseer, *Campo Abierto*, **27**(1), 153–177, 2008.
- Gunstone, R. F. y Northfield, J. R., Metacognition and learning to teach, *International Journal of Science Education*, **16**(5), 523–537, 1994.
- Hargreaves, A., *Profesorado, cultura y modernidad*. Morata. Madrid: Morata, 1996.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Modelos didácticos. En: F. J. Perales y P. Cañal (eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 165–186). Alcoy: Marfil, 2000.
- Jiménez-Pérez, R. y Wamba, A. M., ¿Es posible el cambio de modelos didácticos? Obstáculos en profesores de Ciencias Naturales de educación secundaria, *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, **17**(1), 113–131, 2003.
- Manzoor, A., Teaching of heat and temperature by hypothetical inquiry approach: A sample of inquiry teaching, *Journal of Physics Teacher Education Online*, **5**(2), 43–64, 2009.
- Martínez, M. M. y Varela, M. P., La resolución de problemas de energía en la formación inicial de maestros, *Enseñanza de las Ciencias*, **27**(3), 343–360, 2009.
- Mellado, V., El comienzo de la enseñanza de la energía por profesores de ciencias con distinta formación inicial, *Revista de Enseñanza de la Física*, **11**(2), 21–33, 1998.
- Mellado, V., Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia, *Enseñanza de las Ciencias*, **21**(3), 343–358, 2003.
- Nelson, T. H., Teachers' collaborative inquiry and professional growth: Should we be optimistic, *Science Education*, **93**(3), 548–580, 2009.
- Niaz, M., A framework to understand students' differentiation between heat energy and temperature and its education implications, *Interchange*, **3**(1), 1–20, 2000.
- Peers, Ch. E., Diezmann, C. M. y Watters, J. J., Supports and concerns for teacher professional growth during the implementation of a science curriculum innovation, *Research in Science Education*, **33**(1), 89–110, 2003.
- Peme-Aranega, C., Mellado, V., De Longhi, A. L., Argañaraz, M. R. y Ruiz, C., La interacción entre las concepciones y la práctica de una profesora de Ciencias Naturales de secundaria con experiencia: Un programa longitudinal de desarrollo profesional basado en la reflexión orientada colaborativa, *TED: Tecne, Episteme y Didaxis*, **24**, 75–98, 2008.
- Pontes, A., Aprendizaje reflexivo y enseñanza de la energía: una propuesta metodológica, *Alambique*, **25**, 80–94, 2000.
- Porlán, R. y Rivero, A., *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Diada, 1998.
- Prideaux, N., Different approaches to the teaching of the energy concept, *School Science Review*, **77**(278), 49–57, 1995.
- Pro, A. de, ¿Se pueden enseñar los contenidos procedimentales en las clases de ciencias?, *Enseñanza de las Ciencias*, **16**(1), 21–41, 1998.
- Pro, A. de, Perfil de la “Reforma LOGSE” y perfil de uso: los fundamentos de los proyectos curriculares de Física y Química en centros de secundaria, *Enseñanza de las Ciencias*, **24**(3), 337–356, 2006.
- Pro, A. de, ¿Qué investigamos sobre la didáctica de las ciencias experimentales en nuestro contexto educativo?, *Investigación en la Escuela*, **69**, 45–59, 2009.
- Ritchie, S. M. y Rigano, D. L., Discourses about a teacher's self-initiated change in praxis: Storylines of care and support, *International Journal of Science Education*, **24**(10), 1079–1094, 2002.
- Schön, D., *The reflective practitioner*. New York: Basic Book, 1983.
- Shulman, L. S., Those who understand: knowledge growth in teaching, *Educational Researcher*, **15**(2), 4–14, 1986.
- Solbes, J. y Tarín, F., Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía, *Enseñanza de las Ciencias*, **16**(3), 387–397, 1998.
- Solbes, J. y Tarín, F., La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y resultados, *Enseñanza de las Ciencias*, **22**(2), 185–194, 2004.
- Trumper, R., A survey of conceptions of energy of Israeli pre-service high school biology teachers, *International Journal of Science Education*, **19**(1), 31–46, 1997.
- Vázquez, B., Jiménez, R., y Mellado, V. Los obstáculos para el desarrollo profesional de una profesora de enseñanza secundaria en ciencias experimentales, *Enseñanza de las Ciencias*, **28**(3), 417–432, 2010.