

# PROBLEMÁTICA DE LA ENSEÑANZA

## LA ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA POR PROFESORES DE CIENCIAS CON DISTINTA FORMACIÓN INICIAL

VICENTE MELLADO JIMENEZ

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas.  
Facultad de Educación. Universidad de Extremadura.  
06071. Badajoz. España.  
E-mail: vmellado@unex.es

### *RESUMEN*

En este trabajo se realiza un estudio de caso de cuatro profesores de ciencias con distinta formación inicial (dos maestros especialistas en ciencias, un licenciado en física y un licenciado en biología) al final de su etapa de formación universitaria. Se analizan por métodos cualitativos las conductas docentes en el aula de los cuatro participantes en relación a la enseñanza de la energía y más específicamente sobre el comienzo de la secuencia de enseñanza. Los resultados nos indican que el físico y los dos maestros comienzan la enseñanza de la energía a partir de la definición operacional de capacidad para realizar trabajo mecánico, en cambio el licenciado en biología comienza la secuencia de enseñanza con un enfoque descriptivo. En los profesores en formación analizados la tradición disciplinar de la enseñanza del contenido tiene una gran influencia en su conducta docente en el aula. Termina el trabajo con implicaciones para la formación del profesorado.

Palabras claves: Didáctica de la energía. Profesores ciencias en formación. Conducta docente. Conocimiento didáctico del contenido.

### *ABSTRACT*

In this work a case study is carried out of four preservice science teacher with different education (two primary education science teachers, a physics graduate and a biology graduate) finishing their university education. The classroom teaching behavior of the four participants is analyzed qualitatively with respect to the teaching of energy and, in particular, to the start of the teaching sequence. The physics graduate and the two primary teachers began with the operational definition of the capacity to perform mechanical work. The biology graduate used a descriptive approach. Then, the tradition in the teaching of their subject matter has a great influence in the classroom practice. Implications for science teacher education are discussed.

Keyword: Energy education. Classroom behavior. Preservice science teachers. Pedagogical content knowledge.

### LA ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA.

La enseñanza de la energía ha sido tratada en la literatura de didáctica de las ciencias desde diversos enfoques. Prideaux (1995) considera que la enseñanza de la energía se ha abordado básicamente desde dos perspectivas: a) la psicológica, fundamentada en el constructivismo, y que parte de las ideas de los estudiantes, y b) la académica física, que a su vez subdivide en dos: a1) enseñanza de la energía a partir del trabajo mecánico y a2) enseñanza de la energía a partir del principio de conservación. Este autor mantiene una posición ecléctica entre los distintos enfoques y defiende que el profesorado debe conocer las ventajas e inconvenientes de las distintas perspectivas sobre la enseñanza de la energía, para después considerando todas las cuestiones globales y de contexto que se dan en las clases, tomar las decisiones pertinentes sobre el enfoque de enseñanza.

Valera y otros (1993 y 1995) después de hacer una revisión de investigaciones sobre las ideas espontáneas de los alumnos sobre la energía, analizan las de estudiantes de secundaria madrileños, y concluyen que los estudiantes asocian la energía con: fuerza, movimiento, algo material, objetos animados y aparatos que funcionan, vigor o esfuerzo físico, combustible y fuente de actividad. Pero tener ideas alternativas sobre la energía o conceptos relacionados no es exclusivo de los estudiantes y se han detectado ideas alternativas, en ocasiones coincidentes con las de los estudiantes, en profesores en formación (Gallástegui y Lorenzo, 1993; Kruger, Palacio y Summers, 1992; Mellado y otros, 1985; Trumper, 1997) y en profesores con experiencia (Bacas, 1997), lo que demuestra que las ideas alternativas tienen una larga permanencia en el tiempo. Además la energía no sólo es importante en el contexto de la física o de la química; Barak, Gorodetsky y Chipman (1997) han analizado a estudiantes y profesores de biología de secundaria, e indican que la concepción que éstos tienen de la energía tiene mucha influencia en sus concepciones sobre la biología, existiendo una fuerte correlación entre las ideas alternativas sobre la energía y las ideas vitalistas sobre la biología. Varela y otros (1993 y 1995) señalan también que los estudiantes de 12-16 años tienen dificultades para utilizar los conceptos de transferencia (Duit, 1984), conservación (Driver y Warrington, 1985; Hierrezuelo y Molina, 1990; Koballa, 1989; López Gay, 1987; Solomon, 1983) y degradación de la energía.

El problema de cómo empezar la enseñanza de la energía es una cuestión importante para el desarrollo del tema. La energía, definida a partir del trabajo mecánico, es la forma habitual de iniciar el tema en los libros de texto (Michinel y D'Alessandro, 1993 y 1994; Trumper, 1991) y en las aulas (Sevilla, 1986), y ha sido defendida por algunos autores (Warren, 1983) como la forma más apropiada, aunque ello obligue a esperar a que los estudiantes manejen conceptos abstractos.

*"Si tomamos como indicador del tratamiento que mayoritariamente se da en las aulas al tema de la energía, el contenido de los libros de texto en uso, podemos afirmar que responde básicamente al esquema: trabajo-potencia-energía-principio de conservación, todo ello sin ningún ejemplo extraño a la Mecánica y por supuesto diferenciado de otro tema que es el calor". (Sevilla, 1986, p. 249).*

La definición mecanicista de energía puede también encontrarse en diccionarios de uso común. Como ejemplo valga el de la Real Academia Española (1985): "Energía es la causa capaz de transformarse en trabajo mecánico".

Sin embargo, comenzar la enseñanza de la energía a partir de la definición de trabajo mecánico ha sido criticado tanto desde un punto puramente científico (Feynman y otros, 1971; Lehrman, 1973; López y López, 1983; Sexl, 1981), como desde un punto de vista didáctico.

Feynman y otros (1971) señalan que no se puede comprender la energía si no es a través de la comprensión de sus distintas formas:

*"Hay un hecho, o si se prefiere una ley, que gobierna todos los fenómenos conocidos hasta la fecha. No se conoce excepción a esta ley - es exacta hasta donde sabemos -. La ley se llama de la conservación de la energía. Establece que hay cierta cantidad que llamamos energía, que no cambia en los múltiples cambios que ocurren en la naturaleza. (p. 4.1).*

*Es importante darse cuenta que en la física actual no sabemos lo que es la energía. (p. 4.2)*

*Puede entenderse la conservación de la energía si tenemos la fórmula para todas sus formas. (p. 4.3)"*

López y López (1983) también rechazan

comenzar la enseñanza de la energía a partir de la definición operacional de trabajo mecánico, ya que la energía no queda completamente determinada a partir del trabajo mecánico y "desde un punto de vista exclusivamente termodinámico, no toda la energía interna de un sistema puede transformarse íntegramente en trabajo." (p. 503)

Desde el punto de vista didáctico también se ha criticado comenzar la enseñanza de la energía a partir de la definición de trabajo mecánico (López y López, 1983; Sevilla, 1986; Trumper, 1991; Varela y otros, 1993; Vega y Agapito, 1978), porque restringe el concepto de energía al campo de la mecánica, 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:

*"Este tratamiento ha demostrado no ser eficaz en el aspecto de proporcionar una idea global de la energía ni de sus transferencias, transformaciones, conservación y degradación, sino más bien restringe el concepto de energía al campo de la Mecánica, produce una identificación entre trabajo y energía, y además no capacita a los estudiantes para aplicar el Principio de Conservación en situaciones variadas. Por otra parte, induce la idea de que el calor es algo que poseen los cuerpos, no diferenciando entre energía interna y su transferencia. Tampoco resuelve el conflicto entre el Principio de Conservación y la Degradación de la Energía." (Varela y otros, 1993, p. 28).*

Los resultados de la investigación llevada a cabo por Hierrezuelo y Molina (1990) indican que los alumnos de Secundaria aprenden mejor el concepto de energía cuando sus profesores comienzan con un enfoque descriptivo que cuando comienzan definiendo la energía como la capacidad de realizar trabajo.

En consecuencia, numerosos autores (Duit, 1987; Hierrezuelo y Molina, 1990; López y López, 1983, López-Gay, 1987; Sevilla, 1986, Varela y otros, 1993) optan por introducir la energía de una forma descriptiva como una propiedad fundamental de los sistemas, por la que éstos pueden transformarse, así como actuar sobre otros sistemas originando en ellos procesos de transformación. En este enfoque se tratan de forma descriptiva las distintas clases de energía y sus transformaciones, llegándose por incorporación de nuevos atributos a un concepto más general de la energía. Trumper (1991) utiliza una estrategia constructivista partiendo de

las ideas de los alumnos para llegar a una posterior reconstrucción y generalización del concepto de energía. Para Michinel y D'Alessandro (1994) sólo después de conocer de forma descriptiva distintas formas de energía se tratarían el trabajo y el calor como procesos de intercambio de energía.

Jiménez y Gallástegui (1995 y 1997) junto a la idea de transformación, recalcan las de conservación y degradación. Para Ballini, Robardet y Rolando (1997) el principio de conservación de la energía juega el papel central en el aprendizaje y a partir de él pueden introducirse formas de energía que no son intuitivas para los estudiantes. Duit (1986) y Solomon (1985) en cambio sugieren la introducción simultánea en secundaria de los conceptos de conservación y degradación, e incluso Piaget (1979) consideraba que es más fácil comprender el concepto de degradación que el de conservación. Para Hierrezuelo y Montero (1988), junto a las transformaciones de la energía de unas formas a otras, debe introducirse el concepto cualitativo de degradación como una pérdida de la "calidad" de la energía. De este modo considera que puede superarse la contradicción que existe entre las expresiones del lenguaje ordinario, también señaladas por Prideaux (1995), relacionadas con la producción, consumo y ahorro energético, y el principio de conservación.

Hernández (1993) va más allá y comienza por estudiar los aspectos sociales del tema. Trata los recursos energéticos, las fuentes de energía y sus transformaciones hasta llegar a la energía útil, así como la incidencia medioambiental y socioeconómica de la energía. Después aborda los conceptos y principios energéticos. Este enfoque tiene la ventaja de que los aspectos sociales pueden interesar y motivar más a los estudiantes.

Prideaux (1995) propone una analogía histórica entre los tres enfoques que establece para la enseñanza de la energía y la historia de la ciencia. La introducción de la historia de la ciencia tiene un fuerte componente motivador y aporta múltiples ventajas para la enseñanza y aprendizaje de la ciencia (Moreno, 1995).

Como nos muestran los estudios citados anteriormente, la enseñanza de la energía es un tema complejo y polifacético. Y es indudable que uno de los factores claves para el éxito de la enseñanza es el profesorado. Sin embargo el profesorado de ciencias está condicionado en su toma de decisiones por múltiples factores

### LA ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA.

La enseñanza de la energía ha sido tratada en la literatura de didáctica de las ciencias desde diversos enfoques. Prideaux (1995) considera que la enseñanza de la energía se ha abordado básicamente desde dos perspectivas: a) la psicológica, fundamentada en el constructivismo, y que parte de las ideas de los estudiantes, y b) la académica física, que a su vez subdivide en dos: a1) enseñanza de la energía a partir del trabajo mecánico y a2) enseñanza de la energía a partir del principio de conservación. Este autor mantiene una posición ecléctica entre los distintos enfoques y defiende que el profesorado debe conocer las ventajas e inconvenientes de las distintas perspectivas sobre la enseñanza de la energía, para después considerando todas las cuestiones globales y de contexto que se dan en las clases, tomar las decisiones pertinentes sobre el enfoque de enseñanza.

Valera y otros (1993 y 1995) después de hacer una revisión de investigaciones sobre las ideas espontáneas de los alumnos sobre la energía, analizan las de estudiantes de secundaria madrileños, y concluyen que los estudiantes asocian la energía con: fuerza, movimiento, algo material, objetos animados y aparatos que funcionan, vigor o esfuerzo físico, combustible y fuente de actividad. Pero tener ideas alternativas sobre la energía o conceptos relacionados no es exclusivo de los estudiantes y se han detectado ideas alternativas, en ocasiones coincidentes con las de los estudiantes, en profesores en formación (Gallástegui y Lorenzo, 1993; Kruger, Palacio y Summers, 1992; Mellado y otros, 1985; Trumper, 1997) y en profesores con experiencia (Bacas, 1997), lo que demuestra que las ideas alternativas tienen una larga permanencia en el tiempo. Además la energía no sólo es importante en el contexto de la física o de la química; Barak, Gorodetsky y Chipman (1997) han analizado a estudiantes y profesores de biología de secundaria, e indican que la concepción que éstos tienen de la energía tiene mucha influencia en sus concepciones sobre la biología, existiendo una fuerte correlación entre las ideas alternativas sobre la energía y las ideas vitalistas sobre la biología. Varela y otros (1993 y 1995) señalan también que los estudiantes de 12-16 años tienen dificultades para utilizar los conceptos de transferencia (Duit, 1984), conservación (Driver y Warrington, 1985; Hierrezuelo y Molina, 1990; Koballa, 1989; López Gay, 1987; Solomon, 1983) y degradación de la energía.

El problema de cómo empezar la enseñanza de la energía es una cuestión importante para el desarrollo del tema. La energía, definida a partir del trabajo mecánico, es la forma habitual de iniciar el tema en los libros de texto (Michinel y D'Alessandro, 1993 y 1994; Trumper, 1991) y en las aulas (Sevilla, 1986), y ha sido defendida por algunos autores (Warren, 1983) como la forma más apropiada, aunque ello obligue a esperar a que los estudiantes manejen conceptos abstractos.

*"Si tomamos como indicador del tratamiento que mayoritariamente se da en las aulas al tema de la energía, el contenido de los libros de texto en uso, podemos afirmar que responde básicamente al esquema: trabajo-potencia-energía-principio de conservación, todo ello sin ningún ejemplo extraño a la Mecánica y por supuesto diferenciado de otro tema que es el calor". (Sevilla, 1986, p. 249).*

La definición mecanicista de energía puede también encontrarse en diccionarios de uso común. Como ejemplo valga el de la Real Academia Española (1985): "Energía es la causa capaz de transformarse en trabajo mecánico".

Sin embargo, comenzar la enseñanza de la energía a partir de la definición de trabajo mecánico ha sido criticado tanto desde un punto puramente científico (Feynman y otros, 1971; Lehrman, 1973; López y López, 1983; Sexl, 1981), como desde un punto de vista didáctico.

Feynman y otros (1971) señalan que no se puede comprender la energía si no es a través de la comprensión de sus distintas formas:

*"Hay un hecho, o si se prefiere una ley, que gobierna todos los fenómenos conocidos hasta la fecha. No se conoce excepción a esta ley - es exacta hasta donde sabemos -. La ley se llama de la conservación de la energía. Establece que hay cierta cantidad que llamamos energía, que no cambia en los múltiples cambios que ocurren en la naturaleza. (p. 4.1).*

*Es importante darse cuenta que en la física actual no sabemos lo que es la energía. (p. 4.2)*

*Puede entenderse la conservación de la energía si tenemos la fórmula para todas sus formas. (p. 4.3)"*

López y López (1983) también rechazan

comenzar la enseñanza de la energía a partir de la definición operacional de trabajo mecánico, ya que la energía no queda completamente determinada a partir del trabajo mecánico y "desde un punto de vista exclusivamente termodinámico, no toda la energía interna de un sistema puede transformarse íntegramente en trabajo." (p. 503)

Desde el punto de vista didáctico también se ha criticado comenzar la enseñanza de la energía a partir de la definición de trabajo mecánico (López y López, 1983; Sevilla, 1986; Trumper, 1991; Varela y otros, 1993; Vega y Agapito, 1978), porque restringe el concepto de energía al campo de la mecánica, 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:

*"Este tratamiento ha demostrado no ser eficaz en el aspecto de proporcionar una idea global de la energía ni de sus transferencias, transformaciones, conservación y degradación, sino más bien restringe el concepto de energía al campo de la Mecánica, produce una identificación entre trabajo y energía, y además no capacita a los estudiantes para aplicar el Principio de Conservación en situaciones variadas. Por otra parte, induce la idea de que el calor es algo que poseen los cuerpos, no diferenciando entre energía interna y su transferencia. Tampoco resuelve el conflicto entre el Principio de Conservación y la Degradación de la Energía." (Varela y otros, 1993, p. 28).*

Los resultados de la investigación llevada a cabo por Hierrezuelo y Molina (1990) indican que los alumnos de Secundaria aprenden mejor el concepto de energía cuando sus profesores comienzan con un enfoque descriptivo que cuando comienzan definiendo la energía como la capacidad de realizar trabajo.

En consecuencia, numerosos autores (Duit, 1987; Hierrezuelo y Molina, 1990; López y López, 1983, López-Gay, 1987; Sevilla, 1986, Varela y otros, 1993) optan por introducir la energía de una forma descriptiva como una propiedad fundamental de los sistemas, por la que éstos pueden transformarse, así como actuar sobre otros sistemas originando en ellos procesos de transformación. En este enfoque se tratan de forma descriptiva las distintas clases de energía y sus transformaciones, llegándose por incorporación de nuevos atributos a un concepto más general de la energía. Trumper (1991) utiliza una estrategia constructivista partiendo de

las ideas de los alumnos para llegar a una posterior reconstrucción y generalización del concepto de energía. Para Michinel y D'Alessandro (1994) sólo después de conocer de forma descriptiva distintas formas de energía se tratarían el trabajo y el calor como procesos de intercambio de energía.

Jiménez y Gallástegui (1995 y 1997) junto a la idea de transformación, recalcan las de conservación y degradación. Para Ballini, Robardet y Rolando (1997) el principio de conservación de la energía juega el papel central en el aprendizaje y a partir de él pueden introducirse formas de energía que no son intuitivas para los estudiantes. Duit (1986) y Solomon (1985) en cambio sugieren la introducción simultánea en secundaria de los conceptos de conservación y degradación, e incluso Piaget (1979) consideraba que es más fácil comprender el concepto de degradación que el de conservación. Para Hierrezuelo y Montero (1988), junto a las transformaciones de la energía de unas formas a otras, debe introducirse el concepto cualitativo de degradación como una pérdida de la "calidad" de la energía. De este modo considera que puede superarse la contradicción que existe entre las expresiones del lenguaje ordinario, también señaladas por Prideaux (1995), relacionadas con la producción, consumo y ahorro energético, y el principio de conservación.

Hernández (1993) va más allá y comienza por estudiar los aspectos sociales del tema. Trata los recursos energéticos, las fuentes de energía y sus transformaciones hasta llegar a la energía útil, así como la incidencia medioambiental y socioeconómica de la energía. Después aborda los conceptos y principios energéticos. Este enfoque tiene la ventaja de que los aspectos sociales pueden interesar y motivar más a los estudiantes.

Prideaux (1995) propone una analogía histórica entre los tres enfoques que establece para la enseñanza de la energía y la historia de la ciencia. La introducción de la historia de la ciencia tiene un fuerte componente motivador y aporta múltiples ventajas para la enseñanza y aprendizaje de la ciencia (Moreno, 1995).

Como nos muestran los estudios citados anteriormente, la enseñanza de la energía es un tema complejo y polifacético. Y es indudable que uno de los factores claves para el éxito de la enseñanza es el profesorado. Sin embargo el profesorado de ciencias está condicionado en su toma de decisiones por múltiples factores

(antecedentes escolares, conocimientos, concepciones, actitudes, valores, roles, etc.), en muchas ocasiones implícitos, que hay que tener en cuenta. El objetivo del trabajo que desarrollamos a continuación es analizar la influencia de la formación inicial recibida en el enfoque con el que los profesores de ciencias en formación abordan la enseñanza de la energía.

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

El estudio del profesor ha cambiado del paradigma de racionalidad técnica, dominante hasta los años setenta, al paradigma del "pensamiento del profesor". En este último paradigma el profesor no es un técnico que aplica instrucciones, sino un constructivista que procesa información, toma decisiones, genera rutinas y conocimiento práctico, y posee creencias que influyen en su actividad profesional (Marcelo 1987). Desde una perspectiva constructivista (Gil 1993, Hewson y Hewson 1989) también se ha considerado que los profesores de ciencias tienen concepciones sobre los conceptos científicos, sobre la naturaleza de la ciencia, y sobre la forma de aprenderla y enseñarla, fruto de sus años de escolaridad, que están profundamente arraigadas.

En los últimos años, en gran parte como consecuencia de los trabajos de Shulman (1986) sobre el conocimiento didáctico del contenido, el paradigma del pensamiento del profesor ha evolucionado hacia un mayor compromiso con los contenidos específicos que enseñan los profesores (Anderson y Mitchener 1994, Marcelo 1993). El profesor es el mediador que transforma el contenido en representaciones comprensibles a los alumnos y las estrategias didácticas de los profesores son muy diferentes según la materia que enseñan, y sus actividades y prácticas pedagógicas dependen de la asignatura (Stodolsky 1991), ya que cada materia tiene unas tradiciones y creencias sobre la mejor manera de enseñarla y aprenderla.

En España, como consecuencia de la reforma educativa de 1991, han confluído en el área de Ciencias de la Naturaleza de la Educación Secundaria Obligatoria dos colectivos de profesores con tradiciones formativas y de organización muy diferentes: Maestros Especialistas en Ciencias y Licenciados en Ciencias. El Maestro Especialista en Ciencias es un profesor de primaria con una formación universitaria generalista de tres años de duración en la que se

integran fundamentalmente conocimientos de ciencias y matemáticas, de psicopedagogía general y de didáctica de las ciencias y de las matemáticas, junto a unas prácticas de enseñanza en colegios de primaria. Aunque esta titulación ha desaparecido actualmente, numerosos maestros con esta titulación han pasado a impartir el primer ciclo de la Educación Secundaria Obligatoria. El Licenciado en Ciencias (en Física, en Química, en Biología o en Geología) tiene una formación universitaria de 4 ó 5 años centrada fundamentalmente en su materia. En estas licenciaturas no existen materias psicopedagógicas ni de didáctica de las ciencias, ya que los estudios no están dirigidos a la enseñanza. El licenciado que quiera dedicarse a la enseñanza en secundaria debe realizar un curso de postgrado de corta duración sobre materias psicopedagógicas y de didáctica de las ciencias y unas breves prácticas de enseñanza en Centros de secundaria. Los Centros Universitarios en los que se forman los Maestros y los Licenciados en Ciencias son distintos y con muy poca relación entre sí.

En otros trabajos (Mellado, 1996, 1997, 1998) hemos analizado las concepciones de profesores de ambos colectivos (Maestros de Ciencias y Licenciados en Ciencias), sobre la ciencia, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias, así como su influencia en la conducta docente. En este artículo trataremos específicamente el enfoque y secuenciación que dan a la enseñanza de la energía, profesores de ciencias con una formación inicial diferente.

Para ello realizamos un estudio de caso de cuatro profesores de ciencias al final de su etapa de formación inicial, durante el curso 1992-1993. Dos de los profesores son Maestros especialistas en Ciencias, durante su tercer año universitario, y dos son Licenciados en Ciencias, uno de Física y otro de Biología, durante la realización del curso pedagógico de postgrado.

El tema elegido para que los participantes en la investigación impartan una lección ha sido el de "Energía y Medio Ambiente", un tema que tiene influencia directa en el ciudadano, ampliamente tratado por los medios de comunicación, y que puede considerarse como integrante de la cultura general. Al proponer este tema y dar a los profesores participantes plena libertad para planificar e impartir la lección, podemos suponer que los profesores tendrán en cuenta el contexto de la clase, que no es el mismo para todos, la asignatura correspondiente y su propia formación. Uno de los aspectos novedosos de la

reforma educativa española es que el currículo no es impuesto de una forma cerrada desde las administraciones educativas, sino que corresponde a los Centros y al profesorado realizar el análisis y reflexión de los contenidos, teniendo en cuenta el contexto en que se encuentran. Esto permitirá a los profesores y profesoras tomar decisiones sobre la selección, orden y secuenciación, así como sobre las distintas formas de representación de los contenidos (Pedrinaci y Del Carmen, 1997).

Los procedimientos de recogida de datos que hemos utilizado han sido el cuestionario, entrevistas semiestructuradas grabadas en audio, documentos personales, observaciones de aula durante la realización de las prácticas de enseñanza grabadas en video, y entrevistas de estimulación del recuerdo. El estudio de caso nos permite profundizar más en el pensamiento y la acción de un número reducido de personas. Nuestra pretensión no es que los datos sean generalizables, sino que utilizando los criterios de fiabilidad y validez de la investigación naturalista, etnográfica o cualitativa (Goetz y Lecompte, 1988; Marcelo y Parrilla, 1991) podamos obtener resultados que puedan ser comparados con los de otras investigaciones y que nos permitan avanzar en la mejora de la enseñanza de las ciencias.

Para la selección de participantes, en primer lugar se informó de la investigación a los maestros y licenciados que durante el curso 1992-93 realizaron los estudios anteriormente señalados en la Universidad de Extremadura en Badajoz. Una primera muestra la formaron 12 profesores en formación que voluntariamente deseaban participar en la investigación. Para la selección final de 4 participantes se tuvo en cuenta que hubiese dos maestros y dos licenciados de materias tan diferentes como la física y la biología, que hubiesen completado adecuadamente los protocolos de recogida de datos, el curso en que realizaron las Prácticas de Enseñanza, y que los participantes tuviesen una alta expresividad y motivación en la producción de datos cualitativos.

El análisis de los cuestionarios y entrevistas se realizó por medio de mapas cognitivos, los cuales relacionan, de una forma parcialmente jerarquizada, unidades de información con un sentido más amplio que los conceptos utilizados en los mapas conceptuales (Mellado, 1996). La representación por medio de mapas cognitivos permite una visión global y no fragmentada de las concepciones de los profesores.

La observación de clase, del tipo no participante, se realizó en los cursos en los que cada profesor estaba realizando las prácticas de enseñanza. Los cuatro participantes, a los que denominamos con nombres supuestos David (licenciado en física), Miguel (licenciado en biología), Ana (maestra especialista en ciencias) y Julio (maestro especialista en ciencias) realizaron las prácticas de enseñanza en centros de la provincia de Badajoz, en los siguientes cursos y asignaturas: David en la asignatura de "Física y Química" de 2º de Bachillerato (niños/as de 15/16 años), Miguel en la asignatura de "Ciencias Naturales" de 1º de Bachillerato (niños/as de 14/15 años), Ana en "Ciencias de la Naturaleza" de 6º de EGB (niños/as de 11/12 años), y Julio en "Ciencias de la Naturaleza" de 8º de EGB (niñas de 13/14 años).

Cada lección fue grabada en video con dos cámaras para captar tanto las reacciones del profesor en formación como de los alumnos. Posteriormente cada lección se transcribió, se codificó en unidades de información y se analizó. En el análisis de la conducta en el aula también se tuvieron en cuenta los documentos personales aportados por cada profesor en la planificación y en la enseñanza interactiva.

Después de la lección a cada participante se le realizó una entrevista de estimulación del recuerdo grabada en audio. En esta entrevista el profesor en formación participante junto al investigador analizó su propia conducta docente en el aula. Finalmente cada participante revisó el informe provisional final de su caso elaborado por el investigador y se discutieron los resultados.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Sólo la maestra (Ana) realiza una planificación completa y detallada, incluyendo objetivos, contenidos, procedimientos, actitudes, actividades individuales y de grupo, actividades de motivación y evaluación. Los otros tres profesores planifican fundamentalmente por contenidos, aunque posteriormente reconocen que tienen una planificación mental sobre la forma de dar la clase, pero no la escriben ni la hacen explícita. Otras investigaciones también han mostrado que los profesores no suelen planificar por objetivos específicos sino por contenidos y actividades (Wallace y Loudon, 1992).

Aunque los cuatro profesores estudiados planifican fundamentalmente por contenidos,

todos tienen una meta u objetivo personal sobre lo que se proponen con el tema "Energía y medio ambiente".

Tres de los profesores (David, Miguel y Julio) no hacen referencia en su planificación a este objetivo personal, por lo que es un objetivo implícito. Sin embargo este objetivo general implícito o meta es el que influye más en su conducta docente en el aula. Este resultado coincide con las investigaciones de Duschl y Wright (1989) y de Brickhouse (1993) que nos indican que los profesores de ciencias tienen unas metas u objetivos personales, distintas y de otro nivel de los objetivos curriculares, y que condicionan su actuación.

En David se observa bastante coherencia entre su planificación real y su concepción de planificación expresada anteriormente. Incluso los apuntes que elabora se corresponden con su concepción previa. En cambio la planificación de Miguel no se corresponde con sus concepciones previas; si en su concepción previa señalaba que tendría en cuenta las ideas de los alumnos, en su planificación real sólo pretende transmitir contenidos, sin tener en cuenta si están o no adaptados a los conocimientos y a las ideas de los estudiantes. Los contenidos de Miguel son además demasiado extensos para

desarrollar en las dos sesiones previstas. La planificación real de Ana se corresponde en gran parte con su concepción previa; para ella la enseñanza de las ciencias tiene que contribuir a la formación integral de los niños y planifica contenidos, actividades y actitudes, teniendo en cuenta la formación previa y los conocimientos de los niños sobre el tema; también planifica actividades de grupo para que la clase les resulte amena y divertida a los niños, tal como expresaba en su concepción previa. En el caso de Julio, su planificación es escasa y más bien se asemeja a un guión desordenado que a una planificación propiamente dicha, en el que incluye contenidos, y en menor medida procedimientos, actitudes y algún ejemplo de los que utilizará en clase; la planificación de este maestro es más mental que explícita.

A pesar de ser muy diferente el curso en el que impartieron la lección y que tenían total libertad para elegir los contenidos del tema, el licenciado en física (David) y los dos maestros (Ana y Julio) desarrollaron bloques de contenidos muy semejantes, aunque no con la misma intensidad ni con los mismos contenidos en cada uno de ellos. En cambio el licenciado en biología (Miguel) se centra casi exclusivamente en la relación entre energía y seres vivos (figura).

David (F)	Miguel (B)	Ana (M)	Julio (M)
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Define la energía</li> <li>* Formas básicas</li> <li>* Transformación</li> <li>* Conservación</li> <li>* Degradación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* No define la energía</li> <li>* Degradación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Define la energía</li> <li>* Tipos de energía</li> <li>* Transformación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Define la energía</li> <li>* Tipos de energía</li> <li>* Transformación</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Energía y seres vivos               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fotosíntesis</li> </ul> </li> <li>* Influencia de la Energía del Sol en los ecosistemas de la Tierra</li> <li>* Las cadenas tróficas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Energía y seres vivos               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fotosíntesis</li> </ul> </li> <li>* Las cadenas tróficas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Energía y seres vivos               <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fotosíntesis</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Energía y sociedad</li> <li>* Fuentes de energía</li> <li>* Transformaciones</li> <li>* Implicaciones               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sociales</li> <li>- Económicas</li> <li>- Políticas</li> </ul> </li> <li>* Fuentes alternativas</li> <li>* Influencia de la energía en el medio ambiente</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Energía y sociedad</li> <li>* Fuentes de energía</li> <li>* Transformaciones</li> <li>* Implicaciones               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sociales</li> <li>- Económicas</li> <li>- Políticas</li> </ul> </li> <li>* Fuentes alternativas</li> <li>* Influencia de la energía en el medio ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Energía y sociedad</li> <li>* Fuentes de energía</li> <li>* Transformaciones</li> <li>* Implicaciones               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sociales</li> <li>- Económicas</li> <li>- Políticas</li> </ul> </li> <li>* Fuentes alternativas</li> <li>* Influencia de la energía en el medio ambiente</li> </ul>

Figura. Contenidos que desarrollan en la lección "Energía y Medio Ambiente".

Los maestros tienen como principio integrador del contenido el de transformación de la energía, más claramente en Ana que en Julio. El licenciado en física tiene como principio integrador el de conservación de la energía y el licenciado en biología el de degradación.

Los aspectos interdisciplinarios están presentes en el contenido de los cuatro profesores aunque en distinto grado: muy alto en Ana, alto en David y Julio, más bajo en Miguel. El licenciado en física y los dos maestros dan al tema una orientación de "ciencia, tecnología y sociedad", por las implicaciones que tiene en los tres campos. Estos tres profesores consideran importante el desarrollo de actitudes en los alumnos. En cambio el licenciado en biología apenas genera actitudes en los estudiantes.

La concepción más abierta de la ciencia corresponde al licenciado en física. La visión más cerrada del conocimiento científico la ofrece el licenciado en biología, que se limita a transmitir un cuerpo de conocimientos ya elaborados. La orientación del conocimiento científico de Miguel se contradice fuertemente con su concepción previa relativista de la ciencia.

En cuanto al inicio de la secuencia de la enseñanza de la energía, David comienza la clase con preguntas a los estudiantes. Sin embargo el objetivo de las preguntas es fomentar la participación y motivación más que conocer las ideas de los estudiantes sobre el tema. A continuación define la energía como "la capacidad que tienen los cuerpos para realizar un trabajo":

*David-12. Es la capacidad que tienen los cuerpos para realizar un trabajo. Esto así, si yo os digo que es la energía, pues no nos sirve de nada. Pero de todos modos vosotros sabéis más o menos lo que es la energía, lo que tenéis aquí, más o menos en el libro, pues tampoco es necesario la definición.*

*La energía se manifiesta básicamente de dos maneras: en forma de trabajo y en forma de calor.*

Al indicar que la energía se manifiesta en forma de trabajo y en forma de calor, se observa la contradicción con la definición previa de energía que sólo incluía uno de los dos aspectos. A continuación define el trabajo como "la energía que se produce cuando una fuerza realiza un desplazamiento" y el calor como "la energía que tienen los cuerpos debido al continuo movimiento de sus partículas".

*(David-14). Sí, sí, en forma de trabajo y en forma de calor. El trabajo es la energía que se produce cuando una fuerza realiza un desplazamiento...*

*(David-23). ... Bueno, el calor es una forma de energía también, el calor es la energía que tienen los cuerpos debido al movimiento, ... al continuo movimiento de sus partículas...*

Al dar la definición de calor como la energía que "tiene" el cuerpo se está potenciando una idea alternativa muy común de los estudiantes, ya que se está asimilando el calor con la energía interna del cuerpo y no con un proceso de transferencia debido a diferencias de temperaturas.

Seguidamente, intercalando a menudo preguntas de motivación, David introduce los conceptos de transferencia, degradación y conservación de la energía:

*(David-25). ... aunque parezca que son dos cosas diferentes, calor y trabajo, son intertransformables, es decir, podemos transformar el trabajo en calor y el calor en trabajo...*

*(David-33). ... Y fijaos, aquí todo el trabajo que yo haga se va a transformar en calor... Sin embargo, cuando lo que hago es transformar calor en trabajo, volvemos al ejemplo del coche, nosotros quemamos la gasolina, producimos calor y como resultado de ese calor obtenemos que el coche se mueve, tenemos una fuerza que nos va a desplazar el coche. Sin embargo, hay parte del calor que no se transforma en trabajo. ¿Por qué? Porque se calienta el motor, ¿no? Parte del calor se va en calentar el motor, se calientan las ruedas, ¿de acuerdo?. Sabemos lo que ocurre cuando conducimos, o sea que tenemos esas dos formas básicas de energía que son intertransformables. Nosotros lo que hacemos es transformar la energía, que es lo único que podemos hacer con ella, no podemos crear la energía de la nada ¿eh?, ni destruirla para tener energía. Simplemente, la energía ni se crea ni se destruye, siempre se transforma ¿eh?. Dicho de otra manera, la energía que hay en el Universo siempre es la misma, podemos cambiarla en calor o en trabajo, podemos hacer que unos cuerpos cedan calor a otros cuerpos, podemos hacer que uno de los cuerpos ejerza un trabajo sobre el otro, pero lo que no podemos hacer es crear energía de donde no había nada ¿eh?...*

Estos conceptos son introducidos fundamentalmente a través de largas explicaciones del profesor. A continuación señala que éstos son los

aspectos físicos del tema y que dedicará el resto del tiempo a tratar los aspectos sociales y medioambientales de la energía (necesidades energéticas, fuentes de energía, incidencia de la energía en el medio ambiente, importancia socioeconómica de la energía). El objetivo personal de David, manifestado en la entrevista final de estimulación del recuerdo, no era que los alumnos aprendiesen física, sino concienciarlos de los problemas energéticos y de las implicaciones que tiene la energía en otros ámbitos.

La secuencia de clase de Ana coincide en gran parte con su planificación previa. En la entrevista final señala que quería hacer algo diferente a las unidades tradicionales, que los niños viesen cómo la energía influye en el medio ambiente y que les sirviese para relacionarse:

*"Quería hacer algo diferente, porque las unidades que hemos hecho han sido ... contenidos, objetivos. Diferente porque yo cuando he dado la unidad didáctica no tengo en cuenta tanto las actitudes, los procedimientos, tengo en cuenta más los conceptos. A la motivación tampoco le daba mucha importancia..." (Entrevista final Ana).*

*"Que viesen cómo perjudica o beneficia la energía en el medio ambiente. También desarrollar la manera de socializarse con los compañeros a través de la realización del mural" (Entrevista final Ana).*

Comienza la clase preguntando a los niños lo que ellos entienden por energía, y después de numerosas preguntas de motivación y refuerzo, sugeridas por las propias intervenciones de los niños, Ana define la energía como "la capacidad para realizar un trabajo" (Ana-23).

*(Ana-23). ... Bueno, pues para daros el concepto de energía, energía es la capacidad de realizar un trabajo. Por ejemplo, vosotros cuando cogéis un objeto, levantáis un objeto en peso, estáis haciendo un trabajo, vuestros músculos se mueven. Y esos músculos, ¿qué necesitan para realizar el trabajo?*

Aunque los alumnos de Ana tienen entre 11 y 12 años y que incluso los que defienden que hay que comenzar por la definición del trabajo mecánico, restringen esta posibilidad a los niveles en que los alumnos tengan capacidad de razonamiento abstracto, Ana no puede sustraerse a incluir la definición operacional de energía a partir del trabajo mecánico.

Sin embargo, el ejemplo propuesto por Ana para ilustrar la definición física de energía, contradice su propia definición al asimilar energía no sólo con la fuerza por el desplazamiento, sino también con el esfuerzo muscular de sostener en alto un objeto, lo que requiere un gasto energético en la persona que lo hace, aunque no realice trabajo mecánico porque no hay desplazamiento.

A continuación Ana se olvida de la definición anterior de capacidad para realizar un trabajo, que no vuelve a aparecer en toda la clase, y hace un tratamiento descriptivo de las distintas formas de energía y sus transformaciones, para que a partir de ellas los niños de una forma muy participativa vayan construyendo un concepto más general de energía. El resto del tema lo dedica a los aspectos sociales y medioambientales con una participación muy activa de los alumnos y alumnas de la clase.

Julio comienza con una introducción, explicando que van a ver los distintos tipos de energía que pueden encontrarse en la naturaleza, pero que antes quiere saber qué entienden las alumnas por energía.

Algunas alumnas responden con ideas alternativas, como por ejemplo que la energía es una fuerza. Julio no hace comentarios a las respuestas de las alumnas, e indica a una de ellas que busque en el diccionario la palabra energía. La alumna lee en el diccionario que energía es: "Eficacia, fuerza, tesón, entereza de ánimo, causa capaz de transformar el trabajo mecánico". (A-Julio-20). Julio le dice que repita la última frase y no hace ningún comentario sobre ella. (A-Julio-21). En este momento de la clase no se sabe si Julio va a seguir un enfoque descriptivo, a partir de distintas formas de la energía, o si va a comenzar con la definición de trabajo mecánico. La definición del diccionario como "causa capaz de transformar el trabajo mecánico" parece apuntar a la segunda posibilidad, sin embargo no hace ningún comentario de esta definición, y parece dejarla como una posibilidad más de la energía.

Después de leer en el diccionario la definición de energía, Julio les dice (A-Julio-23) que además del trabajo mecánico hay otras formas de energía y que lo primero que van a ver es la utilización habitual de distintas formas de energía. A partir de ese momento trata distintas formas de energía y sus transformaciones sin volver a hacer ninguna referencia a la definición

de energía como trabajo mecánico.

En la entrevista final se le pregunta a Julio que explique más detalladamente lo que pretendía con esta clase, y responde que pretendía que las alumnas conociesen los distintos tipos de energía y sus repercusiones en el medio ambiente.

*"Que supiesen que no sólo hay un tipo de energía, porque cuando se habla de energía se entiende más bien la energía mecánica. Decirles a las niñas que no sólo hay este tipo de energía, sino que también está la luminosa, la química, la nuclear... Y dentro de todas estas energías ver las que podrían ser ecológicas para cuidar el medio ambiente" (Entrevista final Julio).*

También señala en la entrevista final que pensó comenzar preguntando el concepto de energía y después que lo buscasen en el diccionario.

*"Yo sabía que en el aula tenían diccionarios. Y entonces pensé que primero les iba a ir preguntando a tres o cuatro, sin comentar si lo que decían estaba bien o mal, y luego que una leyese en el diccionario y comprobar cómo habían sido las respuestas. Y después empezar hablando de la energía y de los tipos de energía" (Entrevista final Julio)*

El comienzo de estos tres profesores es muy diferente al de Miguel, el licenciado en biología, que comienza indicando que de las muchas formas de relacionar la energía y el medio ambiente ha escogido una que le parece adecuada "desde el punto de vista de la biología":

*(Miguel-8). ... Hoy vamos a hablar de lo que es la energía y el medio ambiente. La energía y el medio ambiente hay muchas formas de relacionarlos. Yo he traído la que me ha parecido más adecuada desde el punto de vista de la biología. ¿De acuerdo? Para vosotros yo no sé lo que significa energía. ¿Hay alguna proposición por ahí? ¿Qué es energía?*

Después de algunas intervenciones de los alumnos, en las que también introducen ideas alternativas a las que el profesor no hace referencia, Miguel rechaza explícitamente definir la energía a partir del trabajo mecánico, aunque para ello al relacionarla con la fuerza puede reforzar esta idea alternativa tan común. Seguidamente señala que "realmente no se sabe muy bien lo que es la energía" e, intercalando

algunas preguntas iniciales a los estudiantes, comienza a describir situaciones que requieren energía en los seres vivos, y lo que hacen éstos para conseguirla.

*(Miguel-15). ... Teóricamente, yo he estado mirando definiciones y tampoco te dicen exactamente lo que es la energía. La energía la definen como una fuerza... o algo que es capaz de realizar un trabajo. ¿Esta es la definición, no? O sea que tampoco te definen lo que es energía. No te dicen por ejemplo lo que sería una mesa: una mesa es una tabla con cuatro patas. No te lo definen así. Definen la energía por lo que hace y no por lo que es. O sea que realmente no se sabe muy bien lo que es la energía.*

*Desde el punto de vista del medio ambiente, simplemente el estar hablando, el estar moviéndome de un lado para otro, el pegar un salto, el pensar, todo requiere energía. Tanto en mí como en una planta como en un animal. Entonces, ¿cómo hacemos nosotros para cubrir esta energía?...*

A continuación desarrolla el concepto de transformación de la energía en los ecosistemas a partir de la energía que le llega a las plantas del Sol, uniéndolo en todo el desarrollo de la clase al concepto de degradación:

*(Miguel-26). ... La energía la captan las plantas del Sol. ... veremos cómo captan las plantas la energía del Sol. Y vamos a ver cómo repercute en la distribución en el planeta de la vegetación, la energía solar. El próximo día, que será mañana, vamos a ver cómo la energía que capta la planta va a través de un ecosistema: cómo pasa de la planta a un animal, cómo pasa de un animal a otro, y al final del animal ¿qué ocurre? ¿Desaparece esa energía? ¿Pasa al aire o pasa al suelo? ¿Qué ocurre?...*

*(Miguel-148). ... Bueno de todo lo que había producido el árbol, al final es una parte muy pequeña lo que aprovecho... De toda la energía que llega, primero el vegetal o la planta utiliza muy poca parte para aumentar de tamaño. Capta parte, pero parte la gasta, porque las plantas también gastan en respiración, y al final fijaros que de 900.000 calorías que llegan, la planta sólo aprovecha ... 900. Cuando la planta es aprovechada por los herbívoros, sólo aprovechan noventa. Y cuando al herbívoro lo come un carnívoro y queda en nueve. A medida que se lo va comiendo otro animal va disminuyendo la proporción de materia que es*

*proporción orgánica...*

Para Miguel la degradación es un concepto básico central en su lección. Sin embargo el principio de conservación de la energía no se formula explícitamente como tal.

*(Miguel-178-181). ... Llega una cebra y se come diez kilos de hierba o de pasto. De esos diez kilos, seis kilos no los asimila y los echa con las heces. Entonces la producción bruta final ha sido de cuatro kilos, ¿no?. Si come diez y seis no los asimila, cuatro son asimilados. Y los cuatro asimilados hemos dicho que eran la producción bruta. La producción bruta de cuatro kilos. De esos cuatro kilos, 3,3 kilos los pierde, por ejemplo, corriendo delante del león, y le quedan ... 0,7, que es lo que se va a comer el león. ... Parte se pierde en respiración, parte no es asimilada, y la producción neta asimilada, realmente ... es de un diez por ciento.*

Otras investigaciones (Barak, Gorodetsky y Chipman, 1997) ya han mostrado que en el contexto de las asignaturas de biología los estudiantes, y también algunos profesores, tienen dificultades para aplicar el principio de conservación de la energía. También Trumper (1997) señala que los estudiantes de la licenciatura de biología tienen más dificultades que los estudiantes de la licenciatura de física (ambos posibles futuros profesores de secundaria), para comprender el principio de conservación de la energía.

#### CONCLUSIONES E IMPLICACIONES.

David, el licenciado en física, y Ana parten de la definición de energía como capacidad para realizar trabajo mecánico. Una definición descontextualizada y a la que no vuelven a hacer referencias posteriores. El otro maestro, Julio, también comienza buscando en el diccionario la energía como capacidad para realizar trabajo mecánico, con la diferencia de que desde el comienzo indica a las alumnas que además del trabajo mecánico hay otras formas de energía. En cambio Miguel, el licenciado en biología, reconoce la dificultad de definir la energía, rechaza explícitamente la definición a partir del trabajo mecánico y trata la energía de una forma descriptiva resaltando el concepto de degradación.

En nuestra investigación, tres de los profesores en formación analizados comienzan la enseñanza de la energía a partir de la definición

operacional de la capacidad para realizar trabajo mecánico. Esta conducta docente podría considerarse lógica en el licenciado en física, ya que ha sido la dominante en su formación científica y, además, apenas ha tenido formación didáctica. Sin embargo, aunque con matices diferentes, los dos maestros también comienzan por la definición operacional de energía como capacidad para realizar trabajo mecánico, a pesar de haber tenido formación didáctica y unos conocimientos científicos menos profundos aunque más generales. Estos tres profesores no pueden sustraerse en el aula al punto de vista operacional, que es el dominante en la mayoría de los libros de texto de física de todos los niveles educativos. En estos profesores la tradición de la enseñanza del contenido de física parece superar sus planteamientos didácticos, los cuales no se transfieren al aula de forma automática.

Sólo el licenciado en biología, Miguel, que apenas tiene conocimientos didácticos, opta por un enfoque descriptivo alejado de la definición operacional de la energía como la capacidad para realizar trabajo. Pero el enfoque de este profesor no está condicionado por sus conocimientos de didáctica de las ciencias, sino por la propia tradición de la enseñanza de la biología, muy distinta de la física en este aspecto. Sin embargo este profesor tiene dificultades para aplicar el principio de conservación en el contexto de la biología, porque tiene una visión muy centrada en la biología y menos interdisciplinar que los otros profesores.

Los resultados de nuestra investigación nos indican el enorme peso que tiene la tradición de la enseñanza disciplinar recibida en la conducta docente de los profesores analizados. Coincidimos con Koballa (1989) en la necesidad de introducir la didáctica de la energía en la formación inicial del profesorado, pero los dos maestros, que han recibido formación académica de didáctica de las ciencias, tampoco transfieren al aula de forma automática sus conocimientos académicos de didáctica de las ciencias.

Estos resultados refuerzan nuestra opinión de que aprender a enseñar ciencias va más allá que aprender conocimientos teóricos de didáctica de las ciencias. Los conocimientos académicos de ciencias, los psicopedagógicos generales, y los de didáctica de las ciencias son necesarios, pero no son suficientes para que el profesor aprenda a enseñar ciencias, ya que el conocimiento teórico, proposicional o estático del profesor puede no afectar a su conocimiento práctico que es el

que guía su conducta docente en el aula. En nuestra opinión (Blanco y otros, 1995; Mellado, 1996, 1997, 1998), existe una componente profesional de los profesores que denominamos dinámica y que se genera y evoluciona a partir de los propios conocimientos, creencias y actitudes, pero que requiere de la implicación y reflexión personal y de la práctica de la enseñanza de la materia específica en contextos escolares concretos. Este proceso permite al profesor reconsiderar su conocimiento estático y sus concepciones, modificándolos o reafirmando los.

Durante la formación inicial las asignaturas de didáctica de las ciencias, estrechamente unidas a los períodos de prácticas de enseñanza, deben jugar un papel integrador de los diferentes aspectos de la formación del profesorado de ciencias (Furió y otros, 1992), y ayudar al profesorado a desarrollar el proceso específico de aprender a enseñar ciencias, reflexionando sobre sus propias concepciones y sobre su propia práctica de enseñanza. Este planteamiento requiere una formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria específicamente orientada a la enseñanza, con una sólida formación científica, pero con las materias de didáctica de las ciencias, las psicopedagógicas generales y las prácticas de enseñanza integradas en la propia licenciatura.

Los resultados que hemos obtenido en este estudio de casos, no pueden sin embargo generalizarse y habría que realizar nuevas investigaciones con más profesores con distinta formación científica inicial.

Otra limitación, es que con nuestra investigación hemos realizado una "foto fija" al final del período de formación inicial de cuatro profesores, lo que nos da un cuadro incompleto de la situación. Sería necesario realizar estudios longitudinales que nos aportasen datos de distintos períodos de la vida profesional de los profesores y profesoras, así como la relación en cada caso entre los distintos enfoques de la enseñanza de la energía y el aprendizaje de los estudiantes. También habría que analizar la influencia que tienen otros elementos del contexto del aula.

Finalmente, señalar que la propia participación en la investigación ha hecho a los cuatro profesores reflexionar sobre su planificación y conducta docente en el aula. En este sentido el estudio de caso es una buena herramienta de intervención didáctica para la formación del profesorado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anderson, R.D. y Mitchener, C.P. (1994). Research in Science Teacher Education. In D.L. Gabel (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, Mcmillan, New York, 3-44.
- Bacas, P. (1997). Detección de las ideas del profesorado acerca de los conceptos de calor y temperatura. *Alambique*, 13, 109-116.
- Ballini, P.; Robardet, G. y Rolando, J.M. (1997). L'intuition, obstacle à l'acquisition de concepts scientifiques. *Aster*, 24, 81-112.
- Barak, J., Gorodetsky, M. y Chipman, D. (1997). Understanding of energy in biology and vitalistic conceptions. *International Journal of Science Education*, 19(1), 21-30.
- Blanco, L., Mellado, V. y Ruiz, C. (1995). Conocimiento didáctico del contenido en ciencias experimentales y matemáticas y formación del profesorado. *Revista de Educación*, 307, 427-446.
- Brickhouse, N.W. (1993). What counts as successful instruction? An account of a teacher's self-assessment. *Science Education*, 77(3), 115-129.
- Driver, R. y Warrington, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education*, 20, 171-176.
- Duit, R. (1984). Learning the energy concept in school-empirical results from the Phillippines and West Germany. *Physics Education*, 19, 59-66.
- Duit, R. (1986). In search of an energy concept. En R. Driver y R. Millar (eds.): *Energy Matters*. University of Leeds, 67-101.
- Duit, R. (1987). Should energy be illustrated as something quasi-material?. *International Journal of Science Education*, 9(2), 139-145.
- Duschl, R.A y Wright, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(6), 467-501.
- Feynman, R., Leighton, R.B. y Sands, M.: 1971, *The Feynman Lectures on Physics*, F.Ed. Iberoamericano, USA.
- Furió, C., Gil, D., Pessoa de Carvalho, A.M. y Salcedo, L.E. (1992). La formación inicial del profesorado de educación secundaria: papel de las

- didácticas especiales. *Investigación en la Escuela*, 16, 7-21.
- Gallástegui, J.R. y Lorenzo, F.M. (1993). "El café tiene cafeína y nos despierta, nos da energía": concepciones sobre la energía química, una buena razón para poner de acuerdo a los profesores de Física y Química y Ciencias Naturales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 20-25.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- Goetz, J.P. y Lecompte, M.D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación cualitativa*. Morata. Madrid.
- Hernández, L.M. (1993). Tareas de planificación del módulo "la energía y los recursos energéticos" en el marco de la formación del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 247-254.
- Hewson, P.W. y Hewson, M. G. (1989). Analysis and use of a task for identifying conceptions of teaching science. *Journal of Education for Teaching*, 15(3), 191-209.
- Hierrezuelo, J. y Molina, E. (1990). Una propuesta para la introducción del concepto de energía en el Bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 23-30.
- Hierrezuelo, J. y Montero, A. (1988). *La ciencia de los alumnos*. LAIA/MEC. Barcelona.
- Jiménez, M.P. y Gallastegui, J.R. (1995). 'Let's save energy!': incorporating an environmental education dimension in the teaching of energy. *Environmental Education Research*, 1(1), 75-83.
- Jiménez, M.P. y Gallastegui, J.R. (1997). Ahorro de energía. En *ACES: Aprendiendo ciencias en enseñanza secundaria*. Universidad de Santiago. 325-364.
- Koballa, T.R. Jr. (1989). Using salient beliefs in designing a persuasive message about teaching conservation practices to children. *Science Education*, 73(5), 547-567.
- Kruger, C.; Palacio, D. y Summers, M. (1992). Surveys of English Primary Teachers' conceptions of force, energy, and materials. *Science Education*, 76(4), 339-351.
- Lehrman, R.L. (1973). Energy is not the ability to do work. *The Physics Teacher*, 11(1), 15-18.
- López-Gay, R. (1987). Las representaciones de los alumnos como punto de partida. El caso de la energía. *Investigación en la Escuela*, 3, 47-54.
- López, F. y López, E. (1983). Las nociones de trabajo y energía. Análisis conceptual y didáctico. *Bordón*, 249, 497-506.
- Marcelo, C. (1987). *El pensamiento del profesor*. CEAC. Barcelona.
- Marcelo, C. (1993) Cómo conocen los profesores la materia que enseñan. Algunas contribuciones de la investigación sobre conocimiento didáctico del contenido. In L. Montero y J.M. Vez (Eds), *Las didácticas específicas en la formación del profesorado*. Tórculo. Santiago. 151-186.
- Marcelo, C. y Parrilla, A. (1991). El estudio de caso: Una estrategia para la formación del profesorado y la investigación didáctica. En C. Marcelo et al.(eds), *El estudio de caso en la formación del profesorado y la investigación didáctica*. S. P. de la Universidad de Sevilla. 11-73.
- M.E.C. (1992). *Ciencias de la Naturaleza. Secundaria Obligatoria*. Madrid.
- Mellado, V. y Otros (1985). Conocimientos de física de los alumnos que ingresan en la especialidad de ciencias de la E.U. de Magisterio de Badajoz. ICE Universidad de Extremadura. Badajoz.
- Mellado, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*. 14(3), 289-302.
- Mellado, V. (1997). Preservice teachers' classroom practice and their conceptions of the nature of science. *Science and Education*, 6(4), 331-354.
- Mellado, V. (1998). The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. *Science Education*, 82(2), 197-214.
- Michinel, J.L. y D'Alessandro, A.J. (1993). Concepciones no formales de la energía en textos de física para la escuela básica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 6(3), 37-53.
- Michinel, J.L. y D'Alessandro, A.J. (1994). El concepto de energía en los libros de texto: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*,

12(3), 369-380.

Moreno, A. (1995). Historia de la ciencia. Una posible contribución a la formación del profesorado. En L. Blanco y V. Mellado (eds), *La Formación del Profesorado de Ciencias y Matemáticas en España y Portugal*. Diputación Provincial. Badajoz. 345-360.

Pedrinaci, E. y Del Carmen, L. (1997). La secuenciación de contenidos: mucho ruido y pocas nueces. *Alambique*, 14, 9-20.

Piaget, J. (1979). *Introducción a la epistemología genética*. 2. El pensamiento físico. Buenos Aires. Paidós.

Prideaux, N. (1995). Different approaches to the teaching of the energy concept. *School Science Review*, Vol. 77, nº 278, 49-57.

Real Academia Española. (1985). *Diccionario de la Lengua Española*. Madrid.

Sextl, R. (1981). Some observations concerning the teaching of the energy concept. *European Journal of Science Education*, 3(3), 285-289

Sevilla, C. (1986). Reflexiones en torno al concepto de energía. Implicaciones curriculares. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(3), 247-252.

Shulman, L. S. (1986). Paradigms and Research programs in the study of teaching: A contemporary perspective. Versión española de 1989: *Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza: una perspectiva contemporánea*. En M. Wittrock: *La investigación de la enseñanza*, I. Enfoques, teorías y métodos. Paidós. Barcelona.

Solomon, J. (1983). Messy, contradictory and obstinately persistent: a study of children's

out-of-school ideas about energy. *The School Science Review*, 65(231), 225-230.

Solomon, J. (1985). Teaching the conservation of energy. *Physics Education*, 20, 165-170.

Stodolsky, S.S. (1991). La importancia del contenido en la enseñanza. *Actividades en las clases de matemáticas y ciencias sociales*. MEC-PAIDOS. Madrid.

Trumper, R. (1991). Being constructive: an alternative approach to the teaching of the energy concept-part two. *International Journal of Science Education*, 13(1), 1-10.

Trumper, R. (1997). A survey of conceptions of energy of Israeli pre-service high school biology teachers. *International Journal of Science Education*, 19(1), 31-46.

Varela, P.; Favieres, A.; Manrique, M.J. y Pérez de Landazabal, M.C. (1993). *Iniciación a la física en el marco de la teoría constructivista*. C.I.D.E. Madrid.

Varela, P.; Favieres, A.; Manrique, M.J. y Pérez de Landazabal, M.C. (1995). ¿Cómo construyen los estudiantes el concepto de "energía"? Una aproximación cualitativa. *Revista de Educación*, 307, 381-398.

Vega, M. y Agapito, M.V. (1978). Los conceptos de trabajo mecánico, energía y calor. *Revista de Bachillerato*, 5, 56-59.

Wallace, J. y Loudon, W. (1992). Science teaching and teachers' knowledge: Prospect for reform of elementary classrooms. *Science Education*, 76(5), 507-521.

Warren, J.W. (1983). Energy and its carriers: a critical analysis. *Physics Education*, 18, 209-212.

UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE CORDOBA



Adhesión

FACULTAD DE MATEMÁTICA,  
ASTRONOMIA Y FÍSICA

FaMAF

Rogelio Martínez y Valparaíso

Ciudad Universitaria

5000 - Córdoba

Argentina