

# IDEAS DEL PROFESORADO SOBRE LA ENERGIA: USOS, APLICACIONES Y TECNOLOGIAS

ANGEL VAZQUEZ ALONSO

## RESUMEN

La energía es un tema central en relación al desarrollo económico, la conservación del medio ambiente y la ciudadanía responsable. Puesto que las ideas del profesor influyen sobre cómo enseña, diagnosticar algunas ideas sobre el uso y aplicaciones de la energía entre futuros profesores en formación inicial puede servir para mejorar la enseñanza de las ciencias. A un grupo de 18 licenciados en ciencias se les aplicó un cuestionario de 22 ítems cuyos contenidos abarcan el uso y ahorro de la energía, los riesgos, y el desarrollo económico y tecnológico, relativos a la energía. La respuestas de los profesores muestran conceptos erróneos que parecen impropios de especialistas en ciencias, aunque otros patrones de desinformación referidos a la incidencia social y la tecnología derivan de la naturaleza compleja de las cuestiones energéticas. Se sugiere una mayor orientación CTS en la formación del profesorado para remediar estos defectos. Actualmente, nuevos e interesantes materiales educativos han sido producidos para mejorar la enseñanza de la energía desde el marco CTS y desde la perspectiva del desarrollo sostenible y responsable.

## ABSTRACT

Energy is a common issue in school science curriculum and a central concern in relation to economic development, environment preservation, and responsible citizenship. As teacher thinking influences the way teachers teach, identifying some lay-ideas about the use of energy among future teachers enrolled in a teaching pre service course may serve as a powerful tool to improve science education. A 22-item questionnaire was applied to 18 science graduates to elicit their conceptions about using and saving energy, risks, economic and technological development related to energy. Teachers' answers show some misconceptions that seem inappropriate for teacher students owing science degrees, though others misinformation patterns about society and technology derive from the complex nature of energy subjects. A major orientation of teachers education toward CTS tenets is suggested to remedy those shortcomings. Currently, new and exciting educational materials have been produced to improve the energy teaching from CTS and sustainable development views.

## PALABRAS CLAVE

Ideas sobre energía, Formación profesorado, Conservación de la energía, Tecnología energética, Educación CTS.

## KEYWORDS

Energy ideas, Teacher training, Energy conservation, Energy technologies, STS Education.

## 1. INTRODUCCION

La energía es uno de los temas y conceptos más extendidos a lo largo y ancho de todos los currículos de ciencias. Como otros conceptos científicos que se enseñan en la escuela, la comprensión de la energía resulta difícil para los estudiantes, como demuestran diversos estudios empíricos transculturales (Driver y Millar, 1986; Lijnse, 1990; Michinel y D'Alessandro, 1994; Solomon, 1985; Watts, 1983). Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la energía sugieren tres áreas principales de problemas: el concepto de energía, los procesos que implican transferencia de energía y el principio de conservación de

la energía. Así, por ejemplo, Varela, Manrique, Favieres y Pérez-Landazábal (1995) encuentran que el principio de conservación de la energía y la idea de la degradación de la energía en su utilización no son asumidos por los estudiantes. Por encima de otros detalles, existen dos ideas especialmente extendidas entre los estudiantes: el denominado por Duit (1984) concepto casi material de la energía y la ausencia de diferenciación entre la energía y otros conceptos físicos, especialmente la fuerza. La importancia de estas concepciones surge de su poder para influir sobre los comportamientos individuales y sociales que se manifiestan en el consumo de energía.

La enseñanza tradicional de la ciencia centrada en hechos, conceptos y modelos, y que olvida las referencias a la tecnología o las necesidades sociales, no es eficaz para hacer que el alumnado comprenda mejor los conceptos y principios de la ciencia como demuestran los resultados anteriores descritos. El movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) es un enfoque de la educación en ciencias, caracterizado por enfatizar una enseñanza basada en la interrelación entre los tres elementos de su título, es decir, las interacciones mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, subrayando especialmente este último, porque suele ser el más olvidado. En particular, la atención a las relaciones con la sociedad no es puramente académica, sino que tienen un carácter preferente, persiguiendo que la educación científica dote a los alumnos de una familiaridad con la ciencia y tecnología aplicables a los contextos personales de la vida diaria y a los problemas socio-científicos actuales con implicaciones globales, sociales y medio-ambientales. El enfoque de la educación desde una perspectiva CTS, en el tema de la energía, como en otros temas, debe ser capaz de conectar coherentemente las experiencias personales de los estudiantes, individuales y sociales, con las aportaciones científicas y tecnológicas, consideradas integradamente. Un currículo contextualizado planteado como un programa global de educación, de orientación CTS, ha sido sugerido por James, Robinson y Powell (1994) teniendo en cuenta los aspectos científicos, tecnológicos, ambientales, económicos, éticos y sociales de la energía y su utilización en el mundo actual.

La energía y su uso es un indicador importante del desarrollo económico y de la ciudadanía responsable en una sociedad. El consumo anual se considera el primer parámetro para medir el desarrollo de un país y se ha relacionado significativamente con la salud, las expectativas de vida y la mortalidad infantil en diferentes poblaciones. Asuntos como el uso sensato y el ahorro de energía, su distribución equilibrada, la transferencia de tecnologías energéticas entre países, la búsqueda de energías limpias y renovables son temas permanentes que afectan a las decisiones de los ciudadanos en la vida diaria (Tagle, 1995). Por tanto, la energía es un contenido nuclear en la enseñanza de las ciencias, para promover una ciudadanía responsable y un desarrollo económico sostenible, y obviamente, tiene implicaciones claras para la ciencia escolar y la educación tecnológica de ciudadanos.

El consumo de energía es un indicador específico de ciudadanía responsable que está estrechamente relacionado con las decisiones políticas generales relativas a la conservación del medio ambiente y al desarrollo económico. La comprensión de las decisiones políticas sobre el uso inteligente de los recursos energéticos requiere que los estudiantes aprendan en el aula de ciencias algunos conceptos básicos de energía, medio ambiente y economía. Para lograr estos fines, los profesores de ciencias deben ser conscientes de esta necesidad y estar adecuadamente preparados no solamente en el conocimiento científico-técnico sobre la energía sino también sobre los temas medio ambientales y económicos implicados en ello (Marek y Chiodo, 1994).

El paradigma del pensamiento del profesorado configura a estos como unos profesionales reflexivos cuyas decisiones, creencias y rutinas, desarrolladas en el ejercicio de

la práctica docente, generan un cuerpo de conocimientos específico. El conocimiento de los profesores generado por la práctica docente ha sido denominado por diversos autores de diferentes maneras, no equivalentes entre sí, tales como conocimiento práctico, conocimiento práctico personal, reflexión en la acción, conocimiento didáctico del contenido, conocimiento del contenido pedagógico, etc. Todas estas denominaciones ponen de relieve el carácter personal, experiencial, grupal y contextual de este conocimiento generado en la práctica docente, que determina la forma específica en que cada profesor desarrolla su enseñanza (Blanco, Mellado y Ruiz, 1995).

Los especialistas identifican diversos y variados componentes de este conocimiento profesional, aunque todos giran en torno a dos elementos básicos: el conocimiento de los contenidos científicos propios de cada disciplina y el conocimiento psicopedagógico sobre el alumnado y las técnicas didácticas. Estos dos elementos han condicionado los enfoques de los programas de formación del profesorado. En el caso del profesorado de secundaria en nuestro país, la formación inicial de licenciatura tiene una especialización intensa en la disciplina, pero carece de una formación psicopedagógica comparable. Para compensar esta escasez, los programas de formación inicial se han centrado en los aspectos psicopedagógicos, que comprenden conocimientos sobre el currículo, la enseñanza (procesos, evaluación, gestión de la clase, métodos educativos), el aprendizaje (principios y teorías, conocimiento del alumnado, desarrollo), etc. Sin disminuir la importancia de esta dimensión, también se ha resaltado los riesgos de excesiva generalidad y descontextualización respecto de las disciplinas específicas en este enfoque, olvidando la importancia que la propia materia científica tiene como referencia contextual fundamental, y en especial, como ha señalado Shulman (1993) el conocimiento del contenido didáctico, término que recoge el conocimiento específico de la materia, enriquecido y transformado por los conocimientos psicopedagógicos y el conocimiento práctico generado en el ejercicio práctico de la enseñanza. La tesis de Shulman es que los conocimientos psicopedagógicos carecen de eficacia y sentido si no son contextualizados en el marco de la didáctica de los conocimientos específicos de cada materia, de modo que la formación psicopedagógica debe estar inspirada y contextualizada por la materia específica. La dialéctica entre la formación disciplinar y la formación psicopedagógica está presente en diversa medida en algunas citas sobre el tema (Furió, 1994; Gil, 1993; Hewson, 1993; Smith y Neale, 1991; Tobin y Espinet, 1989).

Por otro lado, aunque la formación inicial del profesorado está intensamente dedicada a la disciplina específica a través de la correspondiente licenciatura, la falta de coordinación entre los estudios de licenciatura y el currículo escolar de ciencias es un hecho muy importante, que puede ocasionar deficiencias, incluso, en la formación disciplinar. Por un lado, los objetivos de las titulaciones universitarias no están orientados por la profesión docente, y por otro lado, los cambios en los currículos escolares tampoco se ajustan a la gran variedad de titulaciones. Así, en el caso del profesorado de ciencias de secundaria, existe un gran número de titulaciones universitarias de ciencias e ingeniería en donde se produce el reclutamiento del profesorado. En el caso del profesorado de primaria esta afirmación es autoevidente pues, actualmente, la formación inicial de los maestros no contempla la especialización en ciencias, de modo que en los casos que el profesorado ha seguido itinerarios formativos en bachillerato de letras, la formación científica es muy baja. Los profesores de secundaria poseen una especialización universitaria de ciencias, pero el carácter integrado del currículo del área de ciencias de secundaria, que engloba contenidos de física, química, biología y geología, puede producir desfases en temas específicos; el debate entre integración y especialización disciplinar sostenido a raíz de la reforma educativa es una muestra de las dificultades existentes (Pozo, 1994).

En consecuencia, estos desajustes pueden producir déficits de formación en algunos temas y, por ello, diversos estudios han evidenciado la existencia de concepciones alternativas (errores conceptuales o ideas ingenuas) entre el profesorado de ciencias respecto a diversos temas y conceptos científicos (Vázquez, 1994). No obstante, la aparición de nuevos factores como una nueva organización de las ciencias en la educación secundaria obligatoria, ya aludidos, el diseño de un currículo integrado de ciencias con nuevos objetivos y contenidos, y, por el momento, la falta de sincronía entre la formación inicial y la nueva situación plantea retos y desafíos en la mejora del conocimiento del contenido científico por el profesorado, para lograr unas concepciones y prácticas docentes más adecuadas (Hewson, 1993).

Aunque se reconoce crecientemente que conocer las ideas del profesorado en ciencias es esencial para la enseñanza de la ciencia, especialmente desde una perspectiva constructivista, las investigaciones realizadas sobre el tema de la energía son escasas. Kruger, Palacio y Summers (1992) sintetizaron las principales dificultades de los profesores de primaria ingleses respecto a la energía: más del 70% no diferencian los conceptos de fuerza y energía, muchos no comprenden el concepto de energía potencial y dan respuestas contradictorias con el principio de conservación de la energía. Sobre sendas muestras de licenciados en física y biología en formación inicial para ser profesores de instituto Trumper (1997) informa que mayoritariamente piensan que la energía es una idea concreta y no un concepto abstracto, no aceptan la idea de degradación de la energía y confunden los conceptos de fuerza y energía; las frecuencias de los biólogos en estas ideas son— más altas que las de los físicos. El profesorado, pues, posee algunas ideas erróneas sobre los conceptos y principios de la energía que son similares a las mostradas por los estudiantes, aunque no tan intensas.

El objetivo de este estudio es analizar las ideas sobre la energía, su uso y las tecnologías de producción y consumo de energía, de los profesores de ciencias en formación inicial, considerando que las ideas y el pensamiento del profesor influyen y determinan la forma y la calidad de su enseñanza de las ciencias. A diferencia de los estudios citados anteriormente, referidos a los hechos, conceptos y principios implicados en el concepto de energía, este estudio pretende dirigirse a elicitar las ideas del profesorado sobre la energía, pero desde una perspectiva complementaria con aquellos. En concreto, el objetivo es evidenciar las ideas del profesorado referidas a los aspectos sociales (uso, ahorro, energías más limpias, etc.) y tecnológicos (tecnologías de consumo y generación de energía) relacionados con la energía. En otras palabras, se diagnostican un tipo de conocimientos que son relevantes para un enfoque CTS de la enseñanza de la energía, y que han sido poco abordadas desde perspectivas influidas por un enfoque subyacente de la enseñanza más tradicional.

## 2. METODOLOGIA

Se ha utilizado un cuestionario de 22 ítems tipo Likert diseñado en base en un estudio previo y aplicación que incluye algunas condiciones normalizadas para su aplicación (Viglietta, 1994). El cuestionario ha sido adaptado y traducido del original y está constituido por cinco subescalas denominadas La energía y nosotros (ítems #1, 2), La energía y el hogar (#3, 4, 5, 6), Conservación y ahorro de energía (#7, 8), Desarrollo Tecnológico (#9, 10, 11, 12, 13, 14, 15), Riesgos (#16, 17, 18) y Economía (#19, 20, 21, 22). Cada cuestión establece una afirmación sobre un aspecto relevante sobre la energía y la persona

que responde debe seleccionar una de las cuatro siguientes elecciones: "Correcto", "Parcialmente correcto", "Falso", y "No lo sé". El título original del cuestionario (Energía y desarrollo tecnológico) ha sido cambiado por *Cuestionario sobre usos, aplicaciones y tecnologías energéticas* que refleja mejor el contenido y propósito del mismo.

TABLA 1. Descripción de la muestra por género, carrera y edad (N = 18)

	Frecuencia	Porcentaje
<b>GENERO</b>		
Hombres	6	33.3
Mujeres	12	66.7
<b>CARRERA</b>		
Farmacia	3	16.7
Física	2	11.1
Ingeniería	2	11.1
Química	11	61.1
<b>EDAD (años)</b>		
23	3	16.7
24	8	44.4
28	1	5.6
29	2	11.1
31	1	5.6
34	1	5.6
39	1	5.6
47	1	5.6

El cuestionario se aplicó a una muestra de 18 estudiantes matriculados en un curso de formación inicial para profesorado de secundaria, licenciados en alguna especialidad de ciencias o tecnología. Los estudiantes participantes eran graduados en Farmacia (3), Físicas (2), Químicas (11) e Ingenieros (2). Algunas características adicionales de esta muestra se describen en la tabla 1; un tercio de la muestra son hombres y dos tercios son mujeres, y como se observa, la mayoría son licenciados en Química. Por edades, la mayoría son jóvenes (menores de 30 años), pero hay también algunas personas mayores. El número escaso y heterogéneo de individuos en cada grupo no permite comparaciones estadísticas fiables entre grupos, por lo que estas no se han realizado.

Las limitaciones de tiempo y contenido del curso de formación, dedicado a temas didácticos generales, no permitieron desarrollos más profundos en torno al tema específico de la energía, tales como entrevistas, discusiones en grupo o actividades adicionales que hubieran supuesto datos adicionales valiosos para alcanzar mayor información sobre este tema. Los resultados que se exponen aquí constituyen una primera aproximación al tema, pero su significación puede ser relevante para el análisis de las concepciones del profesorado sobre la energía, aportando, además, una perspectiva novedosa de ciencia-tecnología-sociedad (CTS), que pasa por ser considerada hoy día una de las líneas prioritarias en el enfoque de la didáctica de las ciencias, a diferencia del más tradicional enfoque conceptual en los estudios de ideas previas.

### 3. RESULTADOS

El análisis de las respuestas al cuestionario constituyen la fuente principal de los resultados que se ofrecen (tabla 2), complementada con los comentarios abiertos escritos realizados por los estudiantes profesores espontáneamente. La frecuencia total en algunas cuestiones no cuadra el número total de casos de la muestra (18) porque algunos estudiantes omitieron la respuesta en tres de las cuestiones.

TABLA 2. *La distribución de frecuencias y porcentajes sobre las cuatro elecciones en cada cuestión (N = 18)*

<i>Cuestión</i>	<i>Correcta</i>	<i>ParcCorr</i>	<i>Errónea</i>	<i>No lo sé</i>
E1-MALGASTO	2 11.1.%	14 77.8%	2 11.1%	0 0%
E2-INDIVIDUOS	2 11.1.%	5 27.8%	10 55.6%	1 5.5%
E3-SUFICIENTE°	0 0%	0 0%	17 94.4%	0 0%
E4-MINUSCULO	0 0%	1 77.8%	17 94.4%	0 0%
E5-GAS°	6 33.3.%	5 27.8%	0 0%	6 33.3%
E6-ELECTRIC°	3 16.7%	7 38.9%	5 27.8%	2 11.1%
E7-FUELELECTR.	2 11.1%	6 33.3%	9 50.0%	1 5.6%
E8-CONSERVACION	1 5.6%	2 11.1%	15 83.3%	0 0%
E9-MOTOR	8 44.4%	5 27.8%	4 22.2%	1 5.6%
E10-CALEFACC.	1 5.6%	6 33.3%	9 50.0%	2 11.1%
E11-TÉRMICAS	5 27.8%	7 38.9%	2 11.1%	4 22.2%
E12-EFICIENCIA	9 50.0%	7 38.9%	2 11.1%	0 0%
E13-COGENERACION	4 22.2%	6 33.3%	3 16.7%	5 27.8%
E14-SOLAR	4 22.2%	5 27.8%	8 44.4%	1 5.5%

Cuestión	Correcta	ParcCorr	Errónea	No lo sé
E15-ORDENADORES	2 11.1%	2 11.1%	9 50.0%	5 27.8%
E16-RIESGOPETROL	0 0%	1 5.6%	14 77.8%	3 16.7%
E17-ACCIDENTES	2 11.1%	6 33.3%	9 50.0%	1 5.6%
E18-AMBIENTE	0 0%	2 11.1%	16 88.9%	0 0%
E19-POBRES	2 11.1%	7 38.9%	9 50.0%	0 0%
E20-EMPLEO	2 11.1%	6 33.3%	7 38.9%	3 16.7%
E21-SISTEMA	9 50.0%	6 33.3%	1 5.6%	2 11.1%
E22-TÉCNICOS	11 61.1%	3 16.7%	1 5.6%	3 16.7%

°: Una persona no responde la cuestión

Las dos primeras cuestiones incluidas en el subtítulo *Nosotros y la energía* plantean la influencia de los millones de decisiones de ciudadanos individuales sobre el consumo energético. Las respuestas muestran dos patrones muy diferentes: una gran mayoría cree que sólo es parcialmente correcto que los problemas de energía puedan resolverse si toda la gente tuviera cuidado de no derrochar energía; sin embargo, una proporción menor, pero igualmente mayoritaria, no se cree que las decisiones individuales puedan influir sobre las políticas energéticas nacionales e internacionales. Los estudiantes para profesores no perciben como esencial la toma de decisiones individuales sino que existen otros determinantes más importantes para diseñar las políticas energéticas y resolver el problema de la energía.

El apartado *Energía en el hogar* examina distintos aspectos diferentes del ahorro de energía en el contexto doméstico. Existe unanimidad (todas las 17 respuestas válidas emitidas) sobre la necesidad de ahorrar energía en el hogar, porque el abastecimiento de combustible es limitado y casi unanimidad (17 de 18) porque el hogar no es una parte minúscula del consumo de energía. Respecto a las ventajas y desventajas sobre el ahorro energético y la contaminación, de usar gas o electricidad en calefacción o para cocinar, las respuestas muestran resultados sorprendentes por la parcial desinformación que sugieren. En primer lugar, un tercio no saben y casi otro tercio creen sólo parcialmente correcto que el gas ahorra energía en calefacción respecto a la electricidad. En segundo lugar, las opiniones están muy repartidas sobre las cuatro opciones en lo que se refiere a la preferencia del gas sobre la electricidad para cocinar con respecto a la contaminación, lo cual revela una falta de información sobre el tema.

Las cuestiones #7 y #8 plantean la equivalencia ingenua del principio de conservación y las distintas formas y fuentes (combustibles) de energía. Las respuestas obtenidas muestran rasgos inesperados, si se considera que provienen de graduados en especialidades de ciencias. Así, la posibilidad de volver a la electricidad si el abastecimiento de petróleo se agotara repentinamente (#7) divide a la muestra en dos mitades, entre la respuesta "error" y las otras elecciones; lo inesperado es que esta última mitad puede estar confundiendo una forma de energía (la electricidad) con un combustible (el petróleo), que en muchos lugares es la principal (o única) fuente de electricidad. Por otra parte, la formulación ingenua de la ley de conservación en el ítem #8, como posibilidad de usar y volver a usar indefinidamente la energía, no consigue la unanimidad sobre la respuesta correcta "Error", lo cual indica que se ignora bastante la existencia real de la degradación y las pérdidas. Ambas cuestiones básicas habrían requerido una discusión adicional con los estudiantes, para interpretar correctamente sus opiniones y clarificar mejor sus ideas. Por lo demás, un comentario hecho por una estudiante química revela el grado de imprecisión de las ideas sobre el tema, porque después de seleccionar la respuesta más valiosa, escribe

"... la energía se transforma en trabajo, movimientos, etc. con lo cual ya es imposible recuperarla".

Este comentario es una explicación débil de la ley de conservación; falla en reconocer la validez simultánea del principio de conservación juntamente con la existencia de pérdidas, y ejemplifica las inadecuadas interpretaciones que pueden estar detrás de una respuesta aparentemente correcta y coherente con la comprensión del principio de conservación. El punto fundamental es que olvida las formas de energía degradada (tal como el rozamiento o las pérdidas por conducción al ambiente) que son las que realmente imposibilitan la recuperación aludida en el texto de la alumna.

El subcuestionario referido a las tecnologías energéticas plantea cuestiones sobre la eficiencia y el consumo de las máquinas generadoras y consumidoras de energía. Casi tres cuartas partes no creen erróneo que un motor de coche (#9) o una central térmica (#11) puedan mejorarse hasta poder convertir toda o casi toda la energía consumida. Sin embargo, si la misma cuestión se plantea referida a la calefacción, la proporción de respuestas equivocadas no es tan alta. En conjunto, estas respuestas sugieren que muchos estudiantes profesores no tienen en mente las limitaciones que las leyes termodinámicas imponen sobre la eficiencia de las máquinas térmicas. Como un ingeniero resaltó acertadamente

"... la eficiencia de ciclos térmicos nunca logra 100%, ni incluso en los sistemas más ideales".

También es notable y sorprendente la alta proporción de respuestas "No Sabe" sobre la economía de escala de la co-generación de energía (#13) y el consumo de energía de los aparatos de las nuevas tecnologías, ordenadores y microelectrónica (#15).

Los riesgos y las implicaciones del consumo de energía para el medio ambiente, el empleo y el desarrollo económico son examinadas en la subescala "Riesgos". Una gran mayoría de los estudiantes, acertadamente, identifican la relación directa entre energía y medio ambiente o salud: consideran mayoritariamente erróneo que la energía no tiene nada que ver con los problemas medioambientales (89%, #18), y que el uso del petróleo no supone ningún riesgo para la salud pública (78%, #16). Sin embargo, la incidencia socioeconómica del consumo de energía no es reconocida tan mayoritariamente; así, sólo dos estudiantes consideran correcta la relación entre bajo consumo de energía y pobreza de



un país (#19) y consumo de energía y mejora del nivel de empleo (#20); por otro lado, la mitad consideran que serían necesarias varias décadas para cambiar los sistemas energéticos del país (#20), y casi dos tercios confían en que los técnicos podrían sustituir una parte relevante del consumo de energía (#21).

Este recurso relevante al trabajo de técnicos para encontrar soluciones a los problemas, configura, tal vez, un estado de esperanza excesiva respecto a la capacidad de ciencia y técnica para solucionar problemas, que podría etiquetarse como 'expectativa tecnocrática'. Esta expectativa, aunque suavemente matizada por lo espurio de los intereses respecto a la lógica de la ciencia, era expresada por un químico, cuando escribe

"... no todo está descubierto, y todo lo ideado por el hombre es mejorable siempre y cuando no medien intereses creados..."

Sin embargo, también se expresaron opiniones alternativas a la tecnocracia en relación al consumo de energía y el desarrollo económico. El estudiante de más edad (un ingeniero) expresó un punto de vista social holístico en su comentario:

"Las sociedad del bienestar, que en unos sitios es un hecho y en el resto una meta, está asociada de forma indisoluble a consumos de energía altísimos e insoportables. Se hacen pequeñas mejoras que globalmente, no pasan de tener un valor simbólico o testimonial".

Si se analiza globalmente el conjunto de las respuestas a todas las cuestiones, también se pueden observar algunos patrones específicos. Uno de los más llamativos resultados es que cuando los estudiantes seleccionan la respuesta "Error" muestran una tendencia a responder con más intensidad esta alternativa, siendo adecuada, que la alternativa "Correcta" cuando también es adecuada. Por ejemplo, todas las respuestas válidas a la cuestión #3 señalan como error que no hay necesidad de ahorrar energía en el hogar ya que hay un abastecimiento abundante de combustible, y casi todos creen que no hay necesidad de ahorrar energía en el hogar puesto que el consumo doméstico es sólo una fracción minúscula del consumo energético (89%, #4) y que la conservación de la energía no tiene nada que ver con problemas ambientales (#18, 89%). También se obtienen proporciones elevadas de errores en la cuestión #8 (83%) y #16 (78%) que establecen que como la energía se conserva, puede usarse nuevamente, y la producción de energía eléctrica a partir del petróleo no presenta ningún riesgo para la salud pública. Como contraste, se puede ver que el valor más alto sobre la alternativa "Correcta" de una cuestión es simplemente 61%, (#22, los técnicos especializados en energía pueden sustituir una parte importante del consumo de energía).

Considerando que los participantes en la encuesta son licenciados especializados en ciencias, también es masiva la inopinadamente importante proporción de respuestas "No lo sé". Por un lado, hay 16 preguntas donde la elección "No lo sé" es hecha por alguien en todo el cuestionario; por otro, la opción "No lo sé" logra niveles importantes especialmente altos en la cuestión #5 (usar gas es mejor que usar electricidad para ahorrar energía en calefacción, 33%), #13 (la co-generación ahorra energía, 28%) y #15 (los ordenadores consumen una cantidad grande de energía, 28%).

Un perfil de respuesta bastante común en los cuestionarios de opinión es la tendencia natural a responder sobre el punto central de escala (en nuestro caso, puede ser representado por la posición "Parcialmente correcto"). Esta tendencia es también evidente en este cuestionario sobre la energía, donde la alternativa "Parcialmente correcto" obtiene tasas de

respuestas situadas en la banda entre 20 y 40% en casi todas las preguntas. La tendencia a responder sobre el punto central de la escala puede interpretarse tanto como incertidumbre sobre la respuesta adecuada, como auto-protección contra el error de elegir cualquiera de las alternativas extremas. Sea cual sea la interpretación, considerando la especialización en ciencias del profesorado, la valoración de este perfil debe ser necesariamente negativa, en lo que se refiere a los conocimientos del profesorado.

En suma, la respuestas de los profesores de ciencias en formación inicial al cuestionario sobre la energía muestra aspectos inadecuados que pueden considerarse, además, inesperados, si se tiene en cuenta que todos ellos tienen sus carreras de especialización en ciencia. Resumiendo, algunos de estos rasgos son los siguientes:

- Considerar erróneo que las políticas energéticas son determinadas por multitud de decisiones individuales (#2).
- La alta proporción que no sabe que el gas ahorra más energía que la electricidad en la calefacción (#5).
- Las cocinas eléctricas son mejores que las de gas por contaminar menos (#6).
- El motor de un coche puede ser mejorado hasta usar toda la energía de la gasolina (#9).
- Las centrales térmicas pueden mejorarse para convertir casi toda la energía del combustible (#11).
- La alta proporción que cree (o no sabe) que las nuevas tecnologías consumen mucha energía (#15).
- La baja proporción que cree en la relación entre bajo consumo de energía con el producto y pobreza un país (#19).
- Altas expectativas respecto a que los técnicos pueden sustituir el consumo de energía (#22).

Estos aspectos son inadecuados, en general, pero más especialmente en el caso de estudiantes en formación para ser profesor de ciencias y cuya titulación es de ciencias, que deberían exhibir un dominio mayor de estas cuestiones. Como descargo, debe tenerse en cuenta que muchos de ellos no han recibido una preparación específica sobre algunos temas concretos del cuestionario; sin embargo, la energía es un tema interdisciplinar en las áreas de conocimiento de ciencias y con otras áreas, y además es central en el currículo de ciencias de secundaria, lo que da una idea de su relevancia. Los resultados encontrados constituyen una herramienta potencialmente útil para mejorar las ideas previas del profesorado mediante una más amplia educación sobre estas cuestiones.

#### 4. DISCUSION

Los resultados anteriores muestran que los propios profesores de ciencias, a pesar de recibir y manejar una gran cantidad de formación especializada sobre el tema, tanto en la formación reglada en la universidad como a través de la educación informal de los medios de comunicación, también pueden ser víctimas de las carencias de formación de los programas

tradicionales de enseñanza de las ciencias que han recibido como estudiantes de ciencias. No sólo se evidencian lagunas conceptuales, en el mismo nivel que las tradicionales concepciones alternativas identificadas en las investigaciones referidas a estudiantes (conservación y degradación, eficiencia de las máquinas), sino que además presentan lagunas en aquellos aspectos menos conceptuales, referidos a asuntos más sociales y humanos del uso y aplicación de la energía y los relacionados con las tecnologías energéticas.

La fuerza de este estudio no reside en la validación general de todos los detalles encontrados, debido a las limitaciones del muestreo y la metodología utilizadas; pero sí permiten precisar que el profesorado de ciencias, no sólo mantiene ideas alternativas sobre los conceptos y principios de la energía, en coincidencia con los resultados de la más detallada y tradicional corriente de investigación de ideas alternativas en alumnado y profesorado (ver Trumper, 1997), sino que, además, evidencia una falta de conocimiento de las relaciones con la sociedad y los aspectos tecnológicos de la energía.

Los problemas que plantea el uso de la energía no son simples, ya que están multirrelacionados con numerosos aspectos; cualquier solución produce, tanto impactos ambientales y sociales, como costos económicos, que deben equilibrarse con las necesidades globales. El profesorado de ciencias necesita aprender los conocimientos y las habilidades básicas sobre energía como elementos fundamentales para construir un currículo escolar de ciencias para sus alumnos, que les ayude a pensar creativamente y tomar decisiones bien informadas sobre asuntos energéticos, no sólo en los aspectos más académicos, sino también en todos aquellos aspectos de carácter social. El contexto de las decisiones energéticas es muy importante, y más teniendo en cuenta la gran variabilidad de estos, según los diferentes países, culturas y regiones. Ello requerirá adaptaciones a estos contextos, pero todas ellas deben configurarse en el marco de una ciudadanía responsable, que asuma las responsabilidades sociales y globales sobre el impacto energético en relación al desarrollo sostenible (Sáez y Riquarts, 1996).

El objetivo de una alfabetización científica para todos, a través de la enseñanza de la energía, es otra idea importante relacionada directamente con la inclusión de las relaciones CTS en el currículo. Requiere que los estudiantes deben tener la oportunidad de poner en práctica sus conocimientos y habilidades en la escuela, pero también su vida diaria, especialmente en sus hogares. El uso eficiente de energía en la vida diaria es un tema inicial para esto, y ya existen movimientos para hacer escuelas eficientes en el uso de la energía, como medios para ahorrar dinero y preservar el medio ambiente con una participación del alumnado. Además, el aprendizaje y práctica del uso eficiente de la energía por los estudiantes constituyen instrumentos inapreciables para la educación de las actitudes científicas relacionadas con el tema de la energía y otros diversos aspectos relacionados con ella (solidaridad, responsabilidad, etc.), que deben ser parte de la formación básica de los ciudadanos que les permitan tomar decisiones responsables para su sociedad (Lewis y Weltman, 1993).

La importancia e incidencia de este estudio para la práctica educativa es vicaria, a través del profesorado, y deudora de la hipótesis que la mejora de las ideas y formación del profesorado ayudará a mejorar la enseñanza de la ciencia. El diagnóstico de ideas inadecuadas sobre aspectos científicos y tecnológicos de la energía en el profesorado es un punto de partida que sugiere, como consecuencia inmediata, la necesidad de replantear la formación del profesorado ofreciendo también conocimiento relevante desde una perspectiva de ciencia, tecnología y sociedad. Esta formación debe hacer consciente de sus propias creencias y limitaciones al profesorado, disponerlo para aceptar las nuevas perspectivas CTS y

capacitarlo para trasladar las mejoras a la práctica del aula, a través del diseño del currículo y las actividades de enseñanza, de modo que todo el alumnado, en general, se beneficie del progreso, en el sentido que el aprendizaje sea útil para vivir en un mundo tecnificado y en un entorno personal diario donde las decisiones sobre uso de la energía son múltiples y cotidianas.

Es obvio el papel central de los profesores para lograr estos objetivos educativos con los estudiantes y los resultados mostrados en este estudio sugieren la necesidad de ampliar la formación del profesorado, hacia nuevos horizontes en la dirección del movimiento CTS, incluyendo esta perspectiva como parte esencial de la formación. La naturaleza compleja y correlacionada de los temas de energía requiere que los profesores tengan conocimientos académicamente correctos sobre la energía (por ejemplo, el uso eficiente de energía y desarrollo tecnológico) y buenas habilidades para utilizar recursos interdisciplinarios, principalmente económicos y sociales. Para lograr este fin, los profesores de ciencia deberían reunir información no sólo de los libros de ciencia, sino también de los libros de economía y desarrollo social, así como de los grupos sociales involucrados en problemas de energía, tales como políticos, corporaciones, industrias, grupos de presión, activistas ambientales, conferencias, etc. El movimiento CTS ofrece el soporte teórico necesario para una educación de este estilo y que busque resultados que den sentido a las experiencias y decisiones de la vida diaria de los estudiantes, en el marco de una sociedad crecientemente tecnificada, e interrelacionada, especialmente en lo que se refiere al consumo de energía, por la globalización de las consecuencias medio-ambientales, éticas y sociales que produce. Por último, con todos elementos coordinados, no debe olvidarse la necesaria componente de reflexión personal y colectiva sobre la práctica docente del tema: como principal agente en el diseño del currículo, el profesorado debe tomar las decisiones apropiadas para incluir el enfoque CTS de las cuestiones energéticas en los currículos escolares y construir programaciones de aula sobre la base de la información, los materiales y el currículo de la energía, elaboradas a través de la reflexión y el trabajo en equipo.

La adopción de un marco CTS en la formación del profesorado tiene implicaciones adicionales muy profundas, si se desea ir más allá de la simple enseñanza tradicional centrada en el libro de texto, para conseguir una educación del pensamiento crítico y de los procesos de toma de decisiones. En este marco, el profesor debe abandonar el papel de simple suministrador de información preparada, basada en su autoridad, para convertirse en un modelo abierto de aprender, buscar, explorar y analizar informaciones nuevas y complejas, surgidas de un contexto interdisciplinar, especialmente ambiental, económico y ético, donde tiene lugar nuestra global existencia humana actual, y que exige enseñar una ciencia que esté implicada en esta globalidad y no apartada o segregada de ella artificialmente (Penick, 1993).

La sensibilidad y conciencia crecientes sobre estas necesidades del profesorado y alumnado han impulsado iniciativas importantes en muchos lugares, surgiendo materiales y herramientas apropiadas para simplificar la tarea, en particular, currículos adaptados a estas finalidades. Algunos de ellos se diseñan directamente para vencer los obstáculos en el aprendizaje de los aspectos más académicos y conceptuales de la energía (Proyecto CLIS, 1987; Varela, Manrique, Favieres y Pérez- Landazábal, 1995), mientras que otros se centran, más explícitamente, en una perspectiva CTS, destacando las interrelaciones entre la energía y otras disciplinas como medio ambiente, economía, ética, tecnología, etc. (Day et al., 1993, 1994; James, Robinson y Powell, 1994; Marek y Chiodo, 1994). En ellos se plasman con mayor extensión algunas de las cuestiones tratadas y sugeridas anteriormente.

**Cuestionario sobre usos, aplicaciones y tecnologías energéticas**

<b>NOSOTROS Y LA ENERGIA</b>				
1. El problema de la energía podría ser resuelto si toda la gente tuviera cuidado de no malgastar energía en la vida diaria.	C	Pc	E	NS
2. Las políticas energéticas nacionales e internacionales son determinadas por miles de decisiones individuales, tanto de los funcionarios encargados como de los ciudadanos privados.	C	Pc	E	NS
<b>LA ENERGIA EN EL HOGAR</b>				
3. No hay necesidad de ahorrar energía en el hogar puesto que hay suficiente suministro de petróleo.	C	Pc	E	NS
4. No hay ninguna razón para ahorrar energía en el hogar puesto que es sólo una pequeñísima parte del consumo nacional.	C	Pc	E	NS
5. Para ahorrar energía en calefacción es mejor usar gas en lugar de electricidad.	C	Pc	E	NS
6. Las cocinas eléctricas son las mejores ya que contaminan menos que las de gas.	C	Pc	E	NS
<b>CONSERVACION Y AHORRO</b>				
7. Si el petróleo se agotara de repente podríamos volver siempre a utilizar la electricidad.	C	Pc	E	NS
8. La energía se conserva; por tanto, después de usarla, uno puede siempre volver a empezar y usarla de nuevo una y otra vez.	C	Pc	E	NS
<b>DESARROLLO TECNOLOGICO</b>				
9. (El motor de un coche aprovecha sólo el 25% de la energía que consume en forma de gasolina). Podríamos ahorrar energía mejorando el motor para usar toda o casi toda la energía de la gasolina.	C	Pc	E	NS
10. (Los sistemas de calefacción con calderas aprovechan alrededor de un 80% del gas quemado). Es técnicamente factible fabricar sistemas de calefacción capaces de aprovechar 100% (o incluso más) de la energía gastada para que funcione el sistema.	C	Pc	E	NS
11. (Las centrales térmicas de energía aprovechan sobre un 35% de la energía contenida en el combustible que queman). Para ahorrar energía podríamos mejorar las centrales de forma que conviertan toda o casi toda la energía del combustible que las alimenta en energía eléctrica.	C	Pc	E	NS
12. Aumentar la eficiencia de una máquina no aumenta su consumo.	C	Pc	E	NS
13. La "co-generación" o producción en gran escala ahorra energía porque un único sistema de calefacción calienta muchas viviendas en lugar de tener un sistema individual de calefacción en cada vivienda.	C	Pc	E	NS
14. La energía solar sólo puede ser adecuadamente explotada en el sur.	C	Pc	E	NS
15. Las nuevas tecnologías de ordenadores y microelectrónica consumen grandes cantidades de energía.	C	Pc	E	NS
<b>RIESGOS</b>				
16. Usar petróleo para producir energía eléctrica no supone ningún riesgo para la salud pública.	C	Pc	E	NS
17. Los accidentes de coche son el riesgo más alto para la salud pública.	C	Pc	E	NS
18. La conservación de energía no tiene nada que ver con los problemas medio-ambientales.	C	Pc	E	NS
19. Si el consumo de energía de un país, comparado con su producto, es bajo se trata de un país pobre.	C	Pc	E	NS
20. Una mejora de los niveles de empleo dentro de la actual estructura de nuestro país no puede tener lugar sin un aumento del consumo de energía.	C	Pc	E	NS
21. Se necesitan varias décadas para cambiar los sistemas energéticos de nuestro país.	C	Pc	E	NS
22. El trabajo de técnicos especializados en energía puede sustituir una parte relevante del consumo de energía.	C	Pc	E	NS

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BLANCO, L.J.; MELLADO, V. & RUIZ, C. (1995). "Conocimiento didáctico del contenido en ciencias experimentales y matemáticas y formación de profesores". *Revista de Educación*, 307, 427-446.
- CLIS Project (1987). *Children's Learning in Science Project, Secondary Students' ideas about energy*. Leeds: Leeds University.
- DAY, H. et al. (1993). *Energy, Economics and the Environment: Case Studies and Teaching activities for High School*. Indianapolis: Indiana State Dept. of Education.
- DRIVER, R. & MILLAR, R. (Eds.) (1986). *Energy Matters*. Leeds: University of Leeds.
- DUIT, R. (1987). "Should energy be illustrated as something quasi-material?". *European Journal of Science Education*, 9, 139-45.
- FURIO, C. (1994). "Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 188-199.
- GIL, D. (1993). "Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje". *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 197-212.
- HEWSON, P.W. (1993). "Constructivism and reflective practice in science teacher education". En L. Montero y J.M. Vez (Eds.), *Las didácticas específicas en la formación del profesorado* (pp. 259-275). Santiago de Compostela: Tórculo.
- JAMES, E.O.; ROBINSON, M. & POWELL, R.R. (1994). "Beyond STS: An energy education curriculum context for the 21st century". *Journal of Science Teacher Education*, 5(1), 6-14.
- KRUGER, C.; PALACIO, D. & SUMMERS, M. (1992). "Survey of English primary teachers: conceptions of force, energy, and materials". *Science Education*, 76, 339-351.
- LEWIS, E.J. & WELTMAN, E. (1993). "Save Money and the Planet: Make your School Energy Efficient". *PTA Today*, 18(4), 10-12.
- LJUNSE, P. (1990). "Energy between the Life World Pupils and the World of Physics". *Science Education*, 74, 471-483.
- MAREK, E. & CHIODO, J. (1994). "Energy, environment, and policy choices. A partnership for developing energy education". *Science Teacher*, 61(6), 42-45.
- MICHINEL, J.L. & D'ALESSANDRO, A. (1994). "El concepto de energía en los libros de textos: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje". *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 369-380.
- PENICK, J.E. (1993). "Instrucción en el aula desde un enfoque CTS: nuevas metas requieren nuevos métodos". En C. Palacios, D. Ansoleaga y A. Ajo (Comps.), *Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias* (pp. 439-458). Madrid: CIDE-MEC.
- POZO, J.I. (Coord.) (1994). "Las ciencias de la naturaleza en la Educación Secundaria Obligatoria ¿un área común o varias disciplinas distintas?". *Infancia y Aprendizaje*, 65, 4-64.
- SAEZ, M.J. & RIQUARTS, K. (1996). "El desarrollo sostenible y el futuro de la enseñanza de las ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 175-182.
- SHULMAN, L.S. (1993). "Renewing the pedagogy of teacher education: The impact of subject-specific conceptions of teaching". En L. Montero y J.M. Vez (Eds.), *Las didácticas específicas en la formación del profesorado* (pp. 53-69). Santiago de Compostela: Tórculo.
- SMITH, D.C. & NEALE, D.C. (1991). "The construction of subject-matter knowledge in primary science teaching". *Advances in Research on Teaching*, 2, 187-243.
- SOLOMON, J. (1985). "Teaching the Conservation of Energy". *Physics Education*, 20, 165-170.
- TAGLE, J.A. (1995). "Ciencia y Tecnología Energética: Aceptación y Rechazo Social". En A. Dou (Ed.), *Evaluación social de la ciencia y de la técnica, Análisis de tendencias*. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas.
- TOBIN, K. & ESPINET, M. (1989). "Impediments to change: applications of coaching in high school science teaching". *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 105-120.
- TRUMPER, R. (1997). "A survey of conceptions of energy of Israeli preservice high biology teachers". *International Journal of Science Education*, 19(1), 31-46.
- VARELA, P.; MANRIQUE, A.; FAVIERES, M.J. & PEREZ- LANDAZABAL, M.C. (1995). "¿Cómo construyen los estudiantes el concepto 'energía'? Una aproximación cualitativa". *Revista de Educación*, 307, 381-398.
- VAZQUEZ, A. (1994). "El paradigma de las concepciones alternativas y la formación de profesores de ciencias". *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 3-14.
- VIGLIETTA, L. (1994). "Improving Students' Understanding of the Relationship between Energy Use, Technological Development and Society". En K. Boersma, K. Kortland y J. van Trommel (Eds.), *Papers of the 7th. IOSTE Symposium on Science and Technology Education in a Demanding Society*. Enschede, The Netherlands: National Institute for Curriculum Development (SLO).
- WATTS, D.M. (1983). "Some Alternative Views of Energy". *Physics Education*, 18, 213-217.