

Las ideas alternativas del alumnado de primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria sobre la conservación de la energía, el calor y la temperatura

Carlos Bañas Sierra (1), Vicente Mellado Jiménez (2), Constantino Ruiz Macías (2)

(1) *Colegio OSCUS de Badajoz.*

(2) *Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas.
Universidad de Extremadura.*

(Fecha de recepción 14-07-2003)

(Fecha de aceptación Septiembre 2003)

"El concepto general de energía es filosófico. Sin embargo, la filosofía no puede dilucidar el concepto ni la ley sin ayuda de la física. Sólo uniendo ambas disciplinas puede darse una respuesta precisa al problema en cuestión" (Bunge, 1999, p. 56).

"Es importante darse cuenta de que en la física actual no sabemos lo que es la energía" (Feynman et al, 1971, p. 4.2)

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Proyecto de Investigación 2PR02A100 de la Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología de la Junta de Extremadura.

Resumen:

Desde la perspectiva constructivista, el diagnóstico y análisis de las ideas alternativas del alumnado es el primer paso necesario para reconstruir a partir de ellas el conocimiento escolar. En el artículo se analizan, por medio de un cuestionario, las ideas alternativas que presentan los alumnos de primer ciclo de ESO de tres Centros de Badajoz sobre la conservación de la energía, el calor y la temperatura.

Palabras clave: Didáctica de la energía, ideas alternativas del alumnado, constructivismo, educación secundaria obligatoria.

Abstract:

From the constructivist perspective, both the diagnosis and analysis of students' conceptions is considerate the first step to reconstruct from them a school knowledge more

appropriate. In this paper are analysed by a questionnaire the students' alternative ideas about the conservation of energy, the heat and the temperature. The investigation were carried out in three school of Badajoz with students of first cycle of obligatory secondary education.

Keywords: Didactic of energy, students' alternative ideas, constructivism, obligatory secondary education.

INTRODUCCIÓN

En este artículo analizamos las ideas que tiene el alumnado de primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) sobre la transferencia y conservación de la energía, así como sobre el calor y la temperatura. Los resultados que se presentan forman parte de una línea de investigación más amplia que incluye el análisis de las ideas del alumnado sobre otros conceptos relacionados con la energía, el tratamiento que se le da al tema de la energía en los textos más utilizados en el 1^o ciclo de secundaria obligatoria (Bañas, 2001), así como sobre la intervención didáctica del profesorado encaminada a ayudar a los estudiantes a reestructurar sus ideas (Ruiz et al, 2002).

La energía es uno de los temas claves del currículo de ciencias de la Educación Secundaria Obligatoria, por su importancia económica y social, por ser un concepto central en cualquier materia de ciencias de la naturaleza, por su dimensión multidisciplinar y por su carácter globalizador e integrador de otros contenidos curriculares.

Sin embargo, a pesar de haber sido ampliamente tratado en la literatura de didáctica de las ciencias desde diversos enfoques (Hierrezuelo, 1986), en muchos aspectos la palabra energía sigue siendo "mágica" en la ciencia y es uno de esos

términos menos comprendidos (Osborne, 1999). El análisis de las ideas del alumnado sobre la energía, es un importante primer paso para una intervención didáctica que reconstruya las nuevas ideas a partir de las que ya tiene el alumno.

FUNDAMENTACIÓN

En este apartado revisamos el marco teórico constructivista, ya que el aprendizaje de las ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria en España está en gran parte basado en modelos constructivistas, para terminar con una revisión de algunas investigaciones significativas sobre las ideas del alumnado sobre la energía.

La orientación constructivista considera el aprendizaje como una construcción activa de significados por parte de quien aprende, que conoce el mundo a través del filtro impuesto por las propias ideas y expectativas (Driver, 1988; Gil, 1986; Pozo, 1992), por lo que el significado que se dé a la nueva información estará condicionado por las concepciones y conocimientos previos que tenga la persona que aprende. Los significados se construyen relacionando lo nuevo con las ideas que se poseen, por un proceso generalmente analógico. Los alumnos cuando se disponen a aprender muchos de los conceptos científicos escolares

tienen ideas previas sobre los mismos, y estas ideas o esquemas previos les sirven para interpretar lo que se les está enseñando, de modo que las nuevas ideas interaccionan con los esquemas previos de los alumnos (Driver et al., 1989).

Se han realizado numerosas investigaciones sobre las ideas previas o concepciones alternativas de los alumnos ante muchos fenómenos naturales, y se observa que después de años de escolaridad en los que se ha enseñado a los alumnos la interpretación de la ciencia, éstos continúan teniendo ideas alternativas que no se corresponden con las científicamente aceptadas. Lo que aprende un estudiante no dependerá solamente de la instrucción del profesor, sino de las ideas previas que tenga, de las estrategias cognoscitivas de que disponga y de sus propios intereses personales.

Una de las formas de entender por qué tenemos ideas tan influyentes y persistentes sobre la realidad es que parecen cumplir unas funciones fundamentales para nuestra supervivencia (Pozo, 1992). Las ideas intuitivas nos permiten predecir acontecimientos futuros, y de esta forma tener un cierto control sobre ellos, así como dar una explicación causal de los mismos. Cuando el alumno inicia el aprendizaje de un nuevo contenido, construye significados, representaciones o modelos mentales sobre dicho contenido, pero no lo hace a partir de la nada, sino a partir de sus ideas y representaciones previas. El proceso de construcción tiene su propia dinámica, es un proceso que implica a la totalidad de la persona, no sólo sus conocimientos previos pertinentes, sino también a sus actitudes, sus expectativas y sus motivaciones juegan un papel de primer orden (Bermejo, 1994).

En muchas ocasiones la ciencia escolar está desconectada del mundo que rodea al alumno y no le ayuda a dar sentido al mismo. El conocimiento que los alumnos traen al aula se refiere al mundo cotidiano, un *mesocosmos* de contornos bien definidos y perceptibles. En cambio la ciencia que se les enseña está plagada de símbolos y conceptos abstractos referida al mundo escasamente perceptible del *microcosmos* (células, partículas y otras entidades mágicas y no observables) y del *macrocosmos* (modelos idealizados, basados en leyes universales, no vinculados a realidades concretas, cambios biológicos y geológicos que se miden en miles, si no millones de años, sistemas en interacción compleja, etc.) (Pozo, 1996).

Entre las causas de las ideas alternativas, Albaladejo y Caamaño (1992) y Pozo (1996) señalan las experiencias y observaciones de la vida cotidiana, el profesorado, los libros y otros materiales escolares, la interferencia del lenguaje cotidiano y el científico, los medios de comunicación, y la cultura propia de cada civilización. Tengan el origen que tengan, las "concepciones espontáneas" que los alumnos adquieren en contacto con el entorno socio-natural, cultural y escolar, suponen en muchos casos una seria dificultad para el aprendizaje de las ciencias.

En numerosos trabajos (Driver, 1986 y 1988; Driver et al., 1989; Furió, 1996; González et. al., 2001; Pozo, 1992 y 1996; Prieto y Blanco, 1997) se han desarrollado las características que suelen tener las ideas del alumnado sobre conceptos científicos y que resumimos en el cuadro número 1.

- Son construcciones personales que elabora el propio alumno, a veces desde edades muy tempranas.
- Van del pensamiento perceptivo al conceptual, según la edad de los alumnos.
- Suelen ser diferentes a las ideas reconocidas científicamente.
- Algunas ideas tienen coherencia interna para los alumnos, en cambio en otras existen incoherencias y contradicciones.
- Algunas ideas forman para los alumnos verdaderas teorías que les sirven para predecir y controlar los acontecimientos.
- Pueden tener inconsistencia, dependiendo del contexto de aplicación.
- El razonamiento está ligado a contenidos específicos.
- Suelen prestar más atención a las propiedades de los objetos que a la interacción entre los sistemas.
- Destacan el pensamiento causal. El pensamiento se centra más en los cambios que en los estados de equilibrio.
- Son ubicuas, existen en casi todas las áreas, y alcanzan el dominio social e interpersonal.
- En algunos casos, son compartidas por alumnos y adultos.
- A veces, tienen un cierto paralelismo o isomorfismo con ideas científicas vigentes en algunas etapas anteriores de la historia del conocimiento científico.
- Están expresadas con lenguaje impreciso y términos indiferenciados.
- Suelen ser implícitas.
- Son persistentes y muy resistentes al cambio, en mayor grado cuanto mayor sea su base experimental.
- Pueden ser espontáneas, es decir surgen de un modo natural en la mente de los estudiantes, o debidas a la instrucción, el lenguaje o al ambiente social y cultural.
- Tienen cierto grado de universalidad, aunque influido por los diferentes contextos culturales.

Cuadro 1. Características de las ideas del alumnado.

La orientación constructivista asume que el profesorado debe conocer las ideas previas de los alumnos y diseñar la instrucción para que estas ideas se desarrollen, reestructuren y evolucionen hacia unas concepciones científicamente más aceptables (Driver, 1988). Desde la didáctica de las ciencias se han desarro-

llado teorías sobre el cambio de las concepciones del alumnado, que con numerosos matices y variantes son en la actualidad uno de los más fructíferos campos de investigación en didáctica de las ciencias (Mellado y Carracedo, 1993).

Con relación a la energía, los alumnos tienen una serie de ideas alternativas,

influidas sobre todo por su vida cotidiana (Hernández, 1993), que es necesario diagnosticar para reconstruir a partir de ellas el conocimiento escolar. Numeras investigaciones, sobre todo en el nivel de secundaria, se han centrado en la detección de las ideas espontáneas de los alumnos sobre la energía (Pérez de Lanzaadál y Moreno, 1998; Pontes, 2000; Solbes y Tarín, 1998; Tarín, 1999; Varela et al., 1993 y 1995).

Los antecedentes analizados (Hierrezuelo y Molina, 1990; Koballa, 1989; López Gay, 1987; Varela et al., 1993 y 1995) indican que muchos alumnos de secundaria asocian la energía con la fuerza, el movimiento, algo material que fluye, los objetos animados y aparatos que funcionan, el vigor o esfuerzo físico, un combustible, o una fuente de actividad, entre otros aspectos. Los estudiantes de 12-16 años tienen dificultades en la comprensión y utilización de los conceptos de conservación, transferencia y transformación de unas formas de energía en otras. La idea de degradación apenas aparece, eligiendo "cambios imposibles" exclusivamente por criterios de conservación. Los estudiantes no han asumido el principio de conservación de la energía conjuntamente con la idea de degradación.

Para Gallastegui y Lorenzo (1993) la energía de tipo mecánico, como la cinética o la potencial gravitatoria, son reconocidas con mayor facilidad que la que suele llamarse de tipo químico (La energía almacenada en los alimentos, en los combustibles). Estos autores abogan por una mayor coordinación entre los distintos enfoques de ciencias, especialmente entre la física y la biología, lo cual ayu-

daría a los estudiantes a asumir que la energía es una magnitud que se conserva en las transferencias y en las transformaciones que experimentan los sistemas reales, pero en estos procesos siempre hay una parte de la misma que se degrada, es decir, se convierte en energía no utilizable.

También desde el punto de vista termodinámico existen numerosos trabajos sobre las ideas alternativas de los alumnos (Domínguez et al., 1998; Martínez y Pérez, 1997), y sus resultados nos muestran que los alumnos confunden los conceptos de temperatura y calor, y consideran al calor como la energía que poseen los cuerpos. Domínguez y otros (1998) consideran que algunos de los esquemas que poseen los alumnos tienen su origen en el lenguaje diario, heredero de obstáculos epistemológicos superados, basados en intuiciones y modelos científicos hoy en desuso. El lenguaje cotidiano está presente en la utilización y verbalización de gran parte de las ideas y razonamientos, y una dificultad adicional del tema es que existen términos que tienen un significado diferente para la ciencia que los habitualmente utilizados en el lenguaje ordinario. Por ejemplo existen contradicciones entre las expresiones del lenguaje relacionadas con la producción, consumo y ahorro energético, y el principio de conservación; otro ejemplo es la contradicción entre el concepto físico de "calor" y el cotidiano, que se asocia a la temperatura y que es una de las ideas alternativas más persistentes.

Otra causa de dificultades de aprendizaje es debida a comenzar la secuencia de la energía, a partir de la definición del trabajo mecánico como "capacidad para

producir un trabajo". Esta forma de iniciar el tema es habitual en los libros de texto (Michinel y D'Alessandro, 1993 y 1994), en diccionarios de uso común, y en las aulas (Sevilla, 1986). 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 como didáctico (Gómez et al., 1995; López y López, 1983; Mellado, 1998; Pérez de Landazábal y Moreno, 1998; Sevilla, 1986; Varela et al., 1993), porque restringe el concepto de energía al campo de la mecánica, provoca confusión entre fuerza, trabajo y energía, 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. Numerosos autores (Duit, 1987; Hierrezuelo y Molina, 1990; López y López, 1983; López-Gay, 1987; Pérez de Landazábal y Moreno, 1998; Sevilla, 1986; Varela et al., 1993) optan por introducir la energía de una forma descriptiva como una magnitud fundamental de los sistemas, por la que éstos pueden transformarse, así como actuar sobre otros sistemas originando en ellos procesos de transformación. En este enfoque, la energía se introduce como un concepto básico no derivado, tratándose su transferencia, transformación en distintas clases, conservación y degradación, llegándose por inclusión a un concepto más general de la energía. Con distintos enfoques se utilizan estrategias constructivistas que parten de las ideas de los alumnos sobre la energía, para llegar a una posterior reconstrucción y generalización del concepto (Pérez de Landazábal et al., 2000, Tarín, 1999; Trumper, 1991).

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este apartado describimos la elección de los sujetos que participan en la investigación, así como los procedimientos de recogida y análisis de datos.

Se ha centrado la atención en alumnos del primer ciclo de ESO, por considerar que es un ciclo donde se estudian de forma amplia los conceptos que pretendemos investigar en sus concepciones previas. Los Centros seleccionados para realizar la investigación han sido elegidos de modo que tengan una cierta diversidad respecto a los existentes en esta etapa (Centros Públicos y Concertados, de clase social media baja y media alta, medio rural y urbano), intentando evitar cualquier sesgo que pudiera producirse por polarizar el estudio en centros específicos con determinadas características. Se elige una población de 250 alumnos del primer ciclo de Secundaria (115 de primer curso y 135 de segundo curso) de los siguientes Centros:

I. P. Rodríguez Moñino. Instituto Público, Urbano, situado en un núcleo de población que podría clasificarse de clase media, sobre todo con relación al alumnado que acoge (la muestra seleccionada ha sido de 56 alumnos de 1^o curso y 58 de 2^o curso).

I. C. O.S.C.U.S. (Obra Social Y Cultural Sopena). Instituto Concertado urbano, situado muy cerca del anterior, pero que sin embargo acoge un grupo de alumnos que se podrían clasificar más de clase media-baja. (29 alumnos de 1^o curso y 42 de 2^o curso).

I. C. Cristo Crucificado. Instituto Concertado rural, perteneciente a un

pueblo relativamente pequeño, acoge a un grupo de alumnos de clase media-baja. (30 alumnos de 1º curso y 35 de 2º curso).

La metodología utilizada en esta investigación es cuantitativa y se utiliza el cuestionario para la recogida de datos. Con el cuestionario se pretenden conseguir dos propósitos. El primero es traducir los objetivos de la investigación en preguntas específicas, que permitan al alumnado manifestarse sobre las ideas que constituyen el objetivo de la investigación. El segundo propósito es ayudar a provocar motivaciones en el alumno, para que transmita la información requerida, es decir, crear las circunstancias propicias para que el alumno se comunique plena y libremente. El vocabulario y la sintaxis utilizada pretenden en todo momento transmitir las ideas de una forma clara, de modo que puedan ser bien comprendidas por el alumnado.

Para la confección del cuestionario se han utilizado pruebas de lápiz y papel del tipo de elección múltiple, preguntas abiertas con redacción personal, y preguntas cerradas o semicerradas. Con relación a las pruebas de opción múltiple, diversos investigadores en este campo (Brook y Driver, 1984; Varela et al 1995), han empleado cuestiones del mismo tipo para estudiar estructuras conceptuales de contenido específico, dada su facilidad de aplicación y de corrección en grandes muestras. En el cuestionario que utilizamos caben todas las posibilidades de verdadero/falso: pueden haber una respuesta correcta y tres distractores ó varias respuestas correctas y algún distractor. En las preguntas abiertas deben escribir una respuesta, permitiendo reco-

ger información más precisa sobre las ideas que tienen y la interpretación que realizan sobre determinados fenómenos en que se ve involucrada la energía.

El cuestionario ha sido elaborado tomando preguntas, ítems y cuestiones de diferentes fuentes: En primer lugar se han introducido preguntas elaboradas de forma personal, centrando la atención en aquellos aspectos que se necesitaban estudiar y que no quedaban lo suficientemente analizados con los ítems que otros autores planteaban en sus cuestionarios. En segundo lugar se han cogido preguntas surgidas de las lecturas realizadas en los libros de textos de las diferentes editoriales. Por último se introducen preguntas de otros autores, que han dado resultado en investigaciones precedentes y han esclarecido diferentes conceptos que se deseaban analizar (Gallastegui y Lorenzo, 1993; Gómez et al., 1995; Valcárcel et al., 1990; Varela et al., 1995; etc).

En la primera versión del cuestionario las preguntas se agruparon por conceptos a investigar, aunque después de revisar el resultado de la validación, llegamos a la conclusión de que sería mejor presentarlas en dos bloques: en primer lugar las preguntas cerradas en sus diferentes modalidades y en segundo lugar las preguntas abiertas, o semicerradas. La prueba de validación del cuestionario, permitió saber si las respuestas satisfacían los objetivos del estudio, y constituyó un ensayo general para ver su efectividad en la práctica. La validación del cuestionario se realizó con una pequeña muestra tomada de los centros OSCUS y Rodríguez Moñino. Una vez analizada esta primera muestra observamos que el número de preguntas era muy elevado y

que el tiempo empleado en contestar era excesivo. Este primer análisis nos lleva a confeccionar un segundo cuestionario, reducido prácticamente a la mitad en relación al primero que se evaluó, con treinta y cinco ítems de respuestas múltiples y un apartado final con trece preguntas de respuestas abiertas y semi-cerradas.

El cuestionario abarca las ideas alternativas de los siguientes conceptos: energía en general, trabajo y temperatura; transferencia, conservación y degradación, calor y temperatura, modificación de la energía en un sistema, fuentes de energía, energías alternativas y crisis energética. De los 48 ítems de que consta el cuestionario hemos seleccionado para este artículo 17 de ellos relacionados con los conceptos de transferencia y conservación de la energía, calor y temperatura (los ítems 2, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 16, 18, 24, 26, 27, 28, 29, 30 y 34). Los resultados completos se encuentran en Bañas (2001).

Una vez que los cuestionarios fueron cumplimentados, recogidos y clasificados, se procedió a la fase de tabulación de los resultados. En esta fase se utilizó como recurso una hoja de cálculo (Excel), en la que se fue anotando la suma de cada una de las posibles respuestas señaladas por los alumnos en cada ítem. Las filas nos dan información correspondiente a cada pregunta y las columnas nos informan de cada una de las posibles respuestas que pueden dar a cada ítem. También se aprovechan las posibilidades que nos ofrece la hoja de cálculo para

dar una información porcentual de cada una de las cuestiones tratadas, esta información nos servirá para presentar los resultados en gráficos de tipo estándar cilíndrico. En la exposición de los resultados cada ítem se presenta con su correspondiente gráfico, con indicaciones de los porcentajes en cada una de las opciones elegidas por los alumnos, señalándose con un asterisco las respuestas correctas. En la exposición y discusión de los resultados los ítems se han ordenado por la semejanza de los conceptos tratados.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Comenzaremos la discusión por el ítem 34 en el cual podemos apreciar como un alto porcentaje de alumnos contesta la opción d, directamente relacionada con la "pérdida" y la no conservación de la energía.

34. Indica cual de las siguientes afirmaciones es correcta:

a) Siempre que se produce un cambio en un cuerpo, tiene lugar una transferencia de energía.

b) Puede existir transferencia de energía entre dos cuerpos sin que ninguno de los dos experimente un cambio.

c) La energía sólo puede existir en los seres vivos.

d) Cuando se transfiere energía de un cuerpo a otro, una parte de energía se pierde.

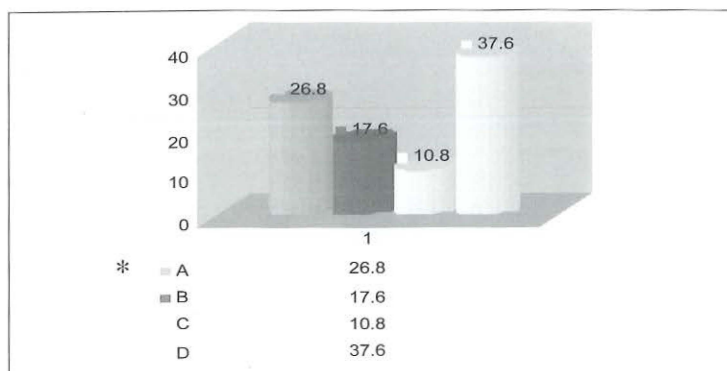


Figura 1: Tabla y gráfico ítem 34

El 26,8 % responde correctamente a la primera cuestión considerando que siempre que se produce un cambio en un cuerpo tiene lugar una transferencia de energía. El 17,6 piensa que puede existir transferencia de energía entre dos cuerpos sin que ninguno de los dos experimente ningún cambio. En realidad puede que el cambio no se pueda percibir a simple vista, pero siempre que se da una transferencia de energía el cambio tiene lugar, ya sea en su posición, en su aspecto, en su estructura, en sus propiedades, etc. Un 10,8 % piensa que la energía sólo puede existir en los seres vivos. Lógicamente no se han parado a pensar en las fuentes de energía ni en toda la energía que se encuentra a nuestro alrededor y

con la que convivimos a diario y sin la cual prácticamente no podríamos vivir. El 37,6 % está convencido de que parte de la energía se pierde, es decir, no se conserva y no tienen claro los principios de conservación y degradación de la energía.

26. Señala en cual de los siguientes procesos la energía se conserva:

- En una pelota botando desde una cierta altura.
- En el calentamiento de una cierta cantidad de agua con una cocina eléctrica.
- En una radio de pilas funcionando durante una hora.
- En todos ellos

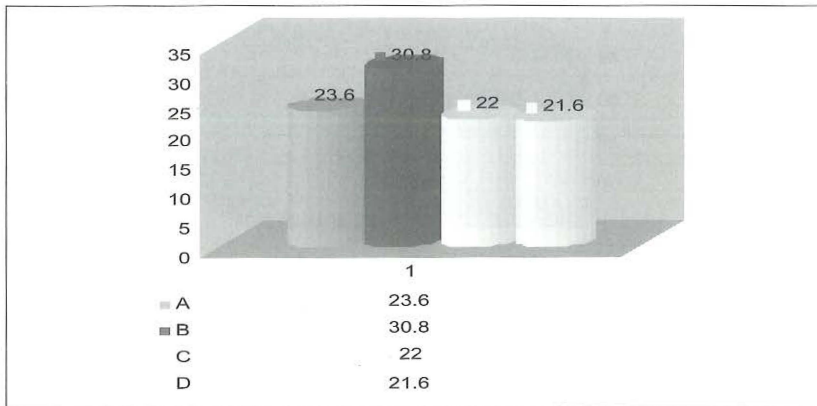


Figura 2: Tabla y gráfico ítem 26

Las respuestas que los alumnos dan a esta pregunta se encuentran bastante repartidas equitativamente, salvo la opción (B) en la que aumenta un pequeño porcentaje. Solamente el 21,6 % anota como cierta la idea de que la energía se conserva en todos ellos. Llegamos a la conclusión de que existe un elevado número de alumnos que no tienen claro el concepto de conservación de la energía y que por tanto existen numerosas ideas alternativas al respecto. La idea de degradación la confunden con la de consumo o pérdida de energía. Solomon (1985) describe como una de las causas que dificulta al alumnado la comprensión del concepto de conservación de la

energía es la típica formulación que se hace de este principio en términos negativos (“... ni se crea ni se destruye.”). El alumno no termina de aceptar una conservación en el sentido más general y amplio del término.

28. Señala las afirmaciones que consideres correctas

a) Una plancha eléctrica puede considerarse como una fuente de energía.

b) Todos los cuerpos poseen energía.

c) Siempre que hay transformación de energía hay transferencia de energía.

e) En la dínamo de una bicicleta se transforma energía mecánica en energía eléctrica.

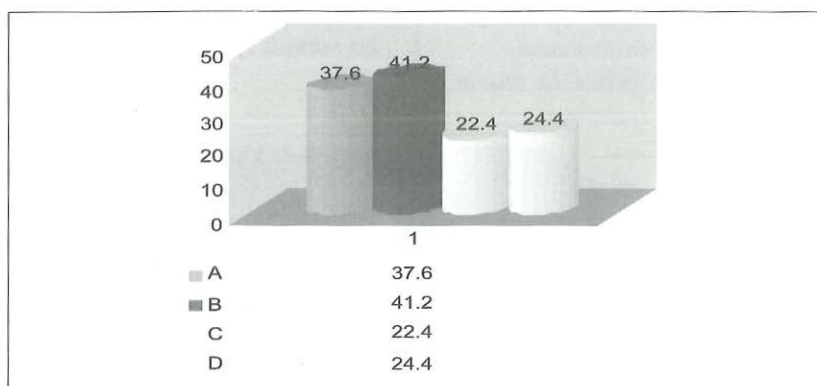


Figura 3: Tabla y gráfico ítem 28

El 37,6 % responde afirmativamente a la cuestión que plantea que la plancha eléctrica es una fuente de energía. Muy elevado el número de alumnos que piensa que la plancha puede considerarse una fuente de energía, por el hecho de que en ella se está produciendo una transformación de energía eléctrica en térmica. Los aparatos que utilizamos en nuestra vida cotidiana juegan un papel de transformadores de energía y no de fuente de la misma.

Solo el 41,2 % piensa que todos los cuerpos poseen energía. Casi la mitad de los encuestados tiene la idea de que todos los cuerpos poseen energía independientemente de cómo se encuentren y donde se encuentren; la otra mitad piensa que numerosos cuerpos no tienen esta propiedad característica de la materia. Aunque, como señalan Doménech y otros (2001), no debe hablarse de energía de cuerpos aislados sino más bien de los sistemas y sus interacciones, hemos introducido esta pregunta porque una de las ideas alternativas es que los estudiantes restringen la energía a ciertos siste-

mas, por ejemplo a los seres vivos, como ya se ha señalado en el ítem 34.

Un número reducido, el 22,4 % opina que siempre que produce una transformación se da una transferencia de energía. En todo cambio que tiene lugar en la naturaleza, cuando se produce una interacción entre dos cuerpos o sistemas, se transfiere energía de uno a otro (Gómez et al., 1995).

El 24,4 % considera que en la dinamó de una bicicleta se transforma energía mecánica en eléctrica. Es llamativo el bajo porcentaje que se da en la última cuestión, en la que se espera, que por estar más familiarizada con ellos, entendieran que realmente se produce esa transformación.

29. Señala las afirmaciones que consideres correctas:

a) La energía en juego se conserva en todo proceso físico.

b) La energía pierde calidad en todo proceso físico.

c) *En todo proceso físico la energía puede transferirse o transformarse.*

d) *Si dos sistemas tienen la misma*

energía, con los dos se pueden conseguir los mismos efectos.

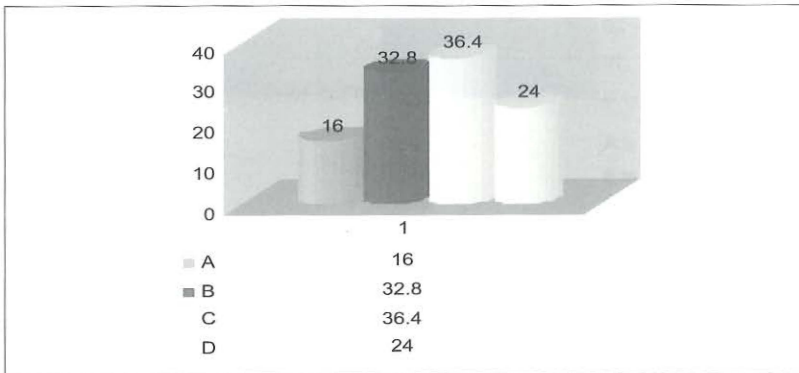


Figura 4: Tabla y gráfico ítem 29

En esta pregunta las opiniones están muy repartidas. El 16 % piensa que la energía en juego se conserva en todo proceso físico. Significativo el bajo porcentaje de alumnos que tiene en cuenta el principio de conservación de la energía. El 32,8 % cree que la energía pierde calidad en todo proceso físico. La tercera parte tiene más o menos claro el principio de degradación de la energía. Solamente el 36,4 % piensa que en todo proceso físico la energía puede transferirse o transformarse.

El 24 % considera que dos sistemas con la misma energía producen los mismos efectos. No consideran que dependiendo del sistema se puede aprovechar mejor o peor la energía acumulada; por tanto depende de la eficacia del sistema y la capacidad de aprovechamiento de la energía. La energía tiene una propiedad muy importante, se conserva, es siempre

la misma, aunque se transfiera o se transforme. Sin embargo, en todas las transformaciones sufre una degradación (Gómez et al., 1995).

2. *El profesor de idiomas llega a una clase con un radio-casete a pilas y lo pone en marcha. Al cabo de un cierto tiempo el radio-casete va sonando cada vez más bajo y termina por pararse. El profesor comenta que se han gastado las pilas.*

Señala entre las frases siguientes cual es la correcta:

a) *La energía de las pilas se ha transformado en otros tipos de energías.*

b) *La energía de las pilas se ha transferido a otros objetos u otros sistemas.*

c) *Hay menos energía en las pilas.*

d) *La energía de las pilas ha desaparecido.*

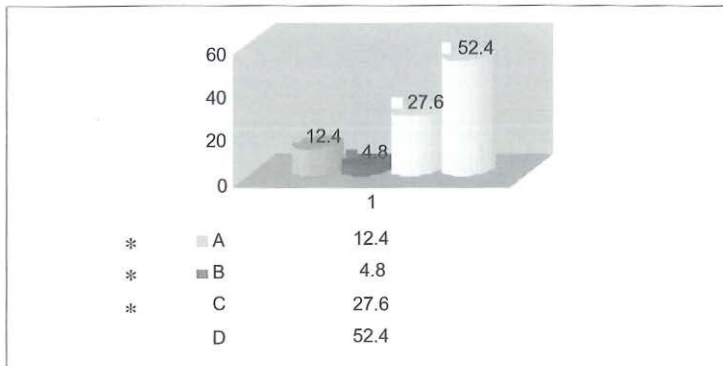


Figura 5: Tabla y gráfico ítem 2

La energía se transfiere de unos cuerpos a otros y se transforma de unos tipos en otros. Es significativo que más del 50% de los alumnos encuestados responde que la energía desaparece y el otro 50% se reparte entre las respuestas correctas: La energía química de las pilas se transforma en otros tipos de energía, existe una transferencia y, por supuesto, las pilas al final tienen menos energía acumulada. La energía química almacenada en las pilas se ha transformado, transferido, degradado, etc. Pero no ha desaparecido. No han tenido en cuenta el principio de conservación de la energía.

A través de diferentes respuestas al cuestionario hemos observado que el alumnado tiene más dificultades para identificar energías del tipo químico o

potencial que las asociadas a cambios o transferencias entre los sistemas. Tal vez porque, como señalan Saura y Pro (2000), los alumnos razonan sobre los estados cambiantes que sobre los de equilibrio. A continuación se muestran algunos resultados de este tipo con la energía química asociada a los alimentos.

30. *Un atleta toma un bocadillo de jamón serrano antes de correr. Señala la opción correcta:*

- a) *El bocadillo no tiene energía.*
- b) *El bocadillo crea energía química que es almacenada en los músculos.*
- c) *El bocadillo tiene energía química que es transferida a las personas.*
- d) *El bocadillo transforma la energía química en movimiento.*

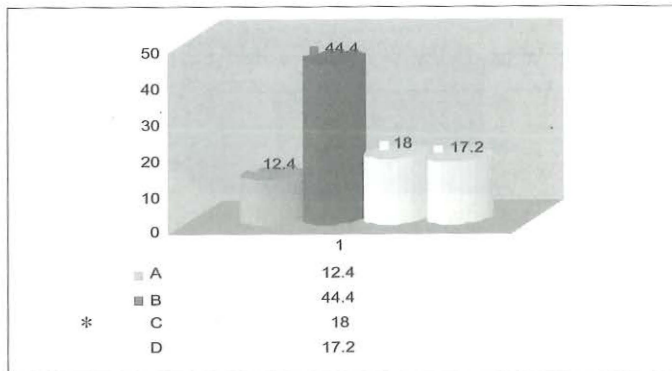


Figura 6: Tabla y gráfico ítem 30

Los seres vivos utilizan los alimentos como fuente de energía para satisfacer sus necesidades. Los alimentos aportan al organismo diversas sustancias que son utilizadas por las células que transfieren sus energía al organismo. El 12,4 % piensa que el bocadillo no tiene energía. No consideran la energía de tipo químico, aquella asociada a la estructura química de las sustancias, que aparece cuantificada en la mayoría de las etiquetas de los productos, idea alternativa muy importante y que debe ser tomada en cuenta a la hora de abordar el tema. Este aspecto ha sido trabajado por Gallastegui y Lorenzo (1993).

Un 44,4 % tiene la idea de que el bocadillo crea energía química que es al-

macenada en los músculos. Solamente un 18 % opina que el bocadillo tiene energía química acumulada que es transferida a las personas. Casi el mismo número de encuestados tiene la idea de que el bocadillo tiene la capacidad de transformar la energía química en movimiento. Es el organismo quien, por medio de una serie de procesos, es capaz de obtener y utilizar parte de la energía química existente en el bocadillo.

8. Indica cuales de las acciones proporciona mayor aporte de energía.

- a) Dormir durante ocho horas seguidas.
- b) Tomar un vaso de agua.
- c) Tomar un baño.
- d) Tomar un bocadillo.

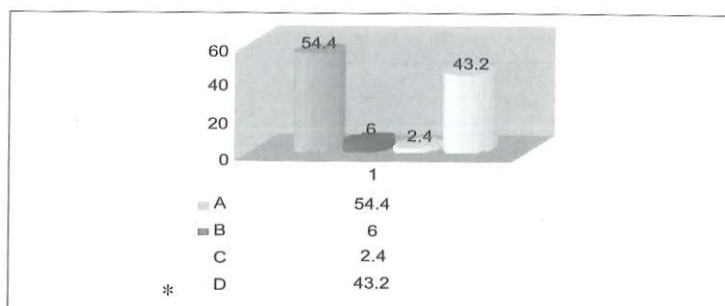


Figura 7: Tabla y gráfico ítem 8

Un 54,4 % considera que dormir proporciona energía al organismo. Según algunos comentarios, el motivo de pensar esto es la relación que establecen entre descansar, recuperándose de un esfuerzo, con una ganancia de energía; se observa clara y rotundamente que existe una idea alternativa entre lo que puede ser descansar y ganar energía. Lo que ellos no pueden llegar a pensar es que dormir también conlleva un gasto de energía (el organismo sigue funcionando y necesita energía para seguir viviendo). Resultados que están en la línea de lo que concluían Hierrezuelo y Montero (1991) y Gómez y otros (1993). Ellos afirman que los estudiantes piensan que esta energía que se consume con la actividad física, puede recuperarse con un simple descanso.

El 43,2% contesta afirmativamente que tomar un bocadillo es un buen aporte de energía al organismo, que una vez digerido y asimilado por el organismo puede ser utilizada y transferida. El resto

el 6% y el 2 % prácticamente son resultados despreciables frente a la clara inclinación que se produce en las respuestas anteriores.

Los resultados anteriores se ven matizados en otras situaciones en las que el alumnado identifica que la energía química de los alimentos es la que permite a los seres vivos realizar sus actividades. Existen contradicciones en las respuestas y el alumnado utiliza unas ideas u otras según el contexto de la pregunta.

6. Un alumno se encuentra sentado en su mesa de la clase, de repente se pone en pie, y echa a correr. ¿Cuándo crees que tendrá más energía'?

a) Tiene más energía cuando está sentado en su mesa.

b) Tiene más energía cuando está corriendo

c) En los dos casos tiene la misma energía.

e) No tiene energía en ninguno de los dos casos.

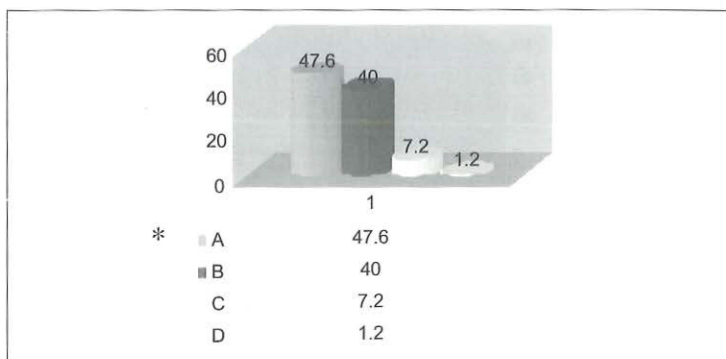


Figura 8: Tabla y gráfico ítem 6

Analizando los resultados obtenidos en esta pregunta se puede observar como un 47,6 % considera que el alumno tiene más energía cuando está sentado, se produce un mínimo en el consumo general de energía química acumulada en el organismo; ellos consideran que estando sentado es cuando mayor cantidad de energía tiene y menos consumo se produce.

Resultado que no coincide con la valoración general que nos aporta Watts (1983). Según su estudio el porcentaje de alumnos que se muestran con inclinación a considerar que las personas y los objetos tienen más energía cuando están en movimiento que cuando están parados, es mayor que los que opinan lo contrario.

Frente a este porcentaje tenemos que el 40% considera que el alumno tiene más energía cuando comienza a correr. Idea alternativa en la que se puede observar como existe una asociación de la energía con el movimiento.

7. Un futbolista juega un partido de fútbol y al final se encuentra cansado. Señala que frase te parece más correcta.

a) El futbolista tiene más energía al final del partido.

b) El futbolista tiene más energía al comienzo del partido.

c) Tiene la misma energía al principio que al final.

d) No tiene energía en ninguno de los dos casos.

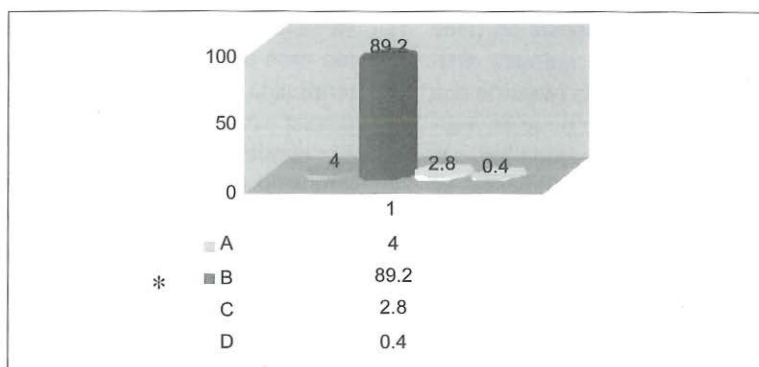


Figura 9: Tabla y gráfico ítem 7

Prácticamente el 90%, casi la totalidad de la población considera que el futbolista tiene más energía al comienzo del partido. Aquí no existe tanta duda, es evidente y fácil la pregunta, aparte de estar muy familiarizada con algo que ellos conocen muy bien (el fútbol) y no existe duda en pensar que cuando se acaba un partido tenemos mucha menos energía que cuando lo comenzamos.

En el siguiente ítem volvemos a insistir con la energía química, esta vez en un contexto distinto al de los alimentos.

4. *Tenemos una cerilla apagada, a continuación se enciende y arde. Indica cuando crees que tiene más energía.*

- Cuando está apagada.*
- Cuando empieza a encenderse.*
- Cuando va por la mitad y arde con una gran llama.*
- En todos los casos tiene la misma energía.*

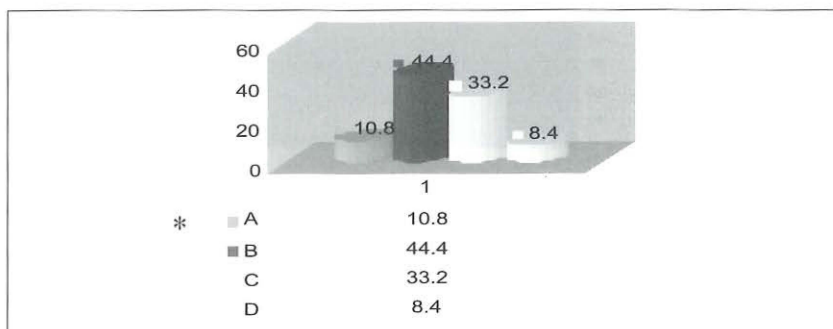


Figura 10: Tabla y gráfico ítem 4

La cerilla por su composición tiene una determinada energía química acumulada, cuando se fuerza la reacción con el oxígeno por fricción, se pone en marcha una reacción que desprende luz, gas y modifica su energía, por el proceso del calor, aumentando la temperatura del aire. Por consiguiente el momento de mayor energía es justo antes de encenderla. Sólo un 11% de los alumnos encuestados responden acertadamente a esta pregunta. El 44,4%, prácticamente la mitad de la población, consideran que tiene más energía en el momento de encenderse y el 33,2% piensa que es justo cuando va por la mitad y arde con mayor llama, cuando la cerilla tiene mayor energía.

Observamos como existe una tendencia casi generalizada, si sumamos las respuestas B y C, a asociar energía con llama, calor, combustión, arder, etc. Y es ahí cuando se produce un mayor aumento de temperatura (cuando en la cerilla se está transformando mucha energía química en otros tipos por medio del calor) y en la cerilla la reserva de energía

va siendo cada vez menor. Sería el mismo caso de un objeto situado a una determinada altura, tiene más energía potencial cuando está arriba que cuando va por la mitad, se ha transformado energía potencial en energía cinética, rozamiento con el aire, etc.

El 8% considera que en todos los casos tiene la misma energía. Pueden estar influidos por el principio de conservación, mal entendido en este caso, ya que se está preguntando por la cantidad de energía que tiene la cerilla y no el sistema formado por todos los elementos que intervienen.

24. Un coche va por una carretera horizontal. Si se deja en punto muerto sigue rodando un cierto trayecto y termina parándose. ¿En qué se transformó la energía cinética del coche?

- a) En movimiento.
- b) En energía Hidráulica.
- c) En otros tipos de energías más degradados.
- d) Ninguna de las anteriores.

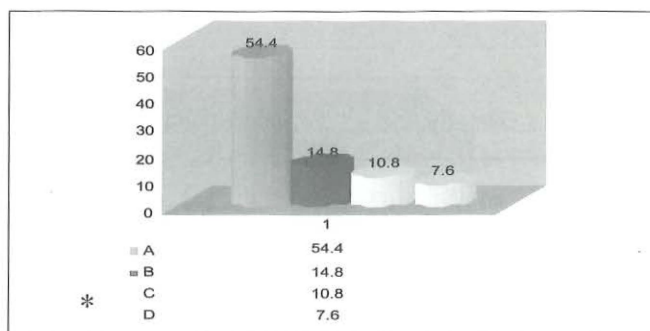


Figura 11: Tabla y gráfico ítem 24

Un 54,4% contesta que se transforma en movimiento. Apenas consideran que la energía se transforma en otros tipos de energía más degradada (apartado C); pero a este apartado, curiosamente, sólo contesta el 10,8 % de la población encuestada; por lo que se observa que no han considerado la modificación de la energía cinética en otras formas más degradadas: en el rozamiento de los neumáticos con el suelo, del vehículo con el aire y del rozamiento del resto de piezas.

Curioso que un 15% responde que la energía cinética del vehículo se transforma en hidráulica, energía que se obtiene aprovechando la energía potencial y cinética del agua. Por tanto confunden totalmente los términos.

Un 7,6% responde que ninguna de las anteriores con lo cual se podría unir al grupo que no tiene clara cual es la transformación, dando un porcentaje muy alto de chicos que no tienen claros conceptos como: degradación – conservación de la energía, energía hidráulica y se vuelve a identificar energía con movimiento en un número bastante elevado (54,4 %).

27. Este es el coche de Javier.



Se le da cuerda.



Se mueve.



...Y después se para



¿Cuándo tiene el coche de Javier más energía?

- Antes de que se le dé cuerda.
- Justo cuando se le da cuerda.
- Cuando está en movimiento
- Cuando se ha parado.
- Siempre la misma.

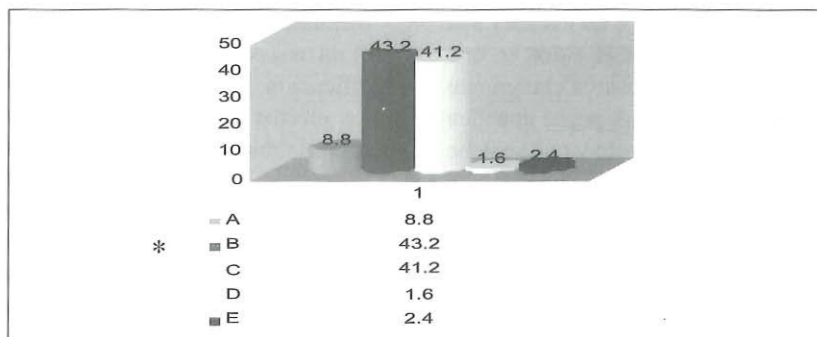


Figura 12: Tabla y gráfico ítem 27

En esta pregunta se dan dos respuestas significativas: Un 43,2 % piensa que el coche tiene su máxima cantidad de energía justo cuando se le da cuerda. El 41,2 % considera que el coche tiene más energía cuando está en movimiento. Los alumnos no tienen asimilada la idea de energía acumulada (potencial), se produce una asociación clara de energía con movimiento y no tienen en cuenta que parte de la energía acumulada en la cuerda del coche ya se está degradando en rozamiento, movimiento, etc. Gómez y otros (1995) recoge en un trabajo sobre transferencia, transformación y conservación, unos resultados muy parecidos; citan a Watts (1983) que respalda estos

resultados, él detecta la asociación que los alumnos realizan entre energía y actividad – movimiento; por ejemplo, un coche en movimiento tiene siempre más energía que un coche parado (Brook y Driver, 1984).

11. *¿Qué es el calor? Elige razonadamente la afirmación correcta:*

- a) *El calor es una forma de energía.*
- b) *Calor y temperatura son la misma cosa.*
- c) *El calor es independiente de la temperatura.*
- d) *Ninguna de las anteriores es correcta.*

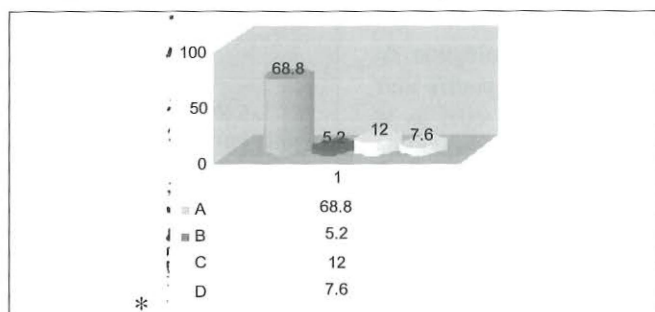


Figura 13: Tabla y gráfico ítem 11.

Prácticamente el 69% de los alumnos encuestados piensa que el calor es una forma de energía. Se observa claramente que una inmensa mayoría posee una idea alternativa muy importante y que se debe tener en cuenta a la hora de abordar este tema. Consideran el calor como una forma de energía y no como un proceso de transferencia o modificación de energía. Por tanto con esto queda dicho también, de alguna manera, que el calor y la temperatura no son independientes, están re-

lacionados aunque, eso sí, no se refieren al mismo concepto; precisamente la modificación de la temperatura es uno de los efectos físicos que produce el calor sobre la materia.

En otros ítems del cuestionario, que no hemos incluido en el artículo, se ratifica que un pequeño porcentaje de alumnos identifican temperatura y calor, siendo muchos más los que identifican de una forma genérica temperatura con energía.

12. Marca con una cruz cuál o cuáles son las expresiones correctas:

- a) El calor es una magnitud física.
- b) El calor es un fenómeno físico.

c) Calentar un cuerpo es un fenómeno físico.

d) Enfriar un cuerpo es un fenómeno físico.

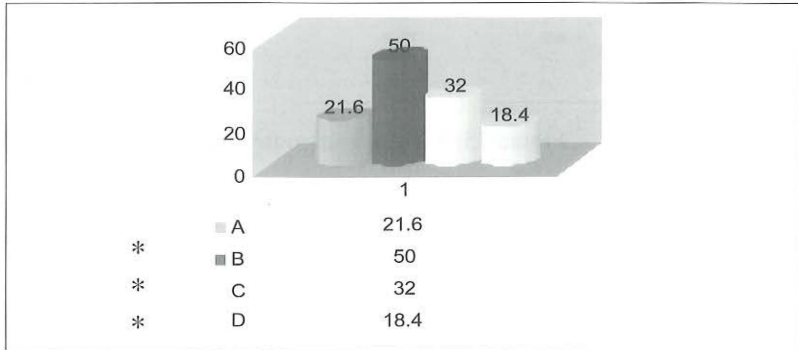


Figura 14: Tabla y gráfico ítem 12.

En esta pregunta se aprecia como casi una cuarta parte de los alumnos interpretan el calor como una propiedad de los cuerpos y no como un mecanismo. Consideran que el calor se puede medir y probablemente lo vuelven a confundir con la temperatura. No tienen una idea clara entre lo que es una magnitud física y lo que es un fenómeno físico.

Un 50 % piensa que el calor es un fenómeno físico pero, por el contrario, no están seguros de que enfriar o calentar un cuerpo sea un fenómeno físico, con lo cual podemos deducir que existe un gran porcentaje que no tiene claro el concepto de fenómeno físico.

14. María y Ana están hirviendo agua. María tiene doble cantidad que Ana. Las dos utilizan mecheros iguales y termómetros idénticos para medir la temperatura. La temperatura que lee María es:

- a) Mas grande que la de Ana
- b) Igual que la de Ana
- c) Más pequeña que la de Ana.
- d) No lo se



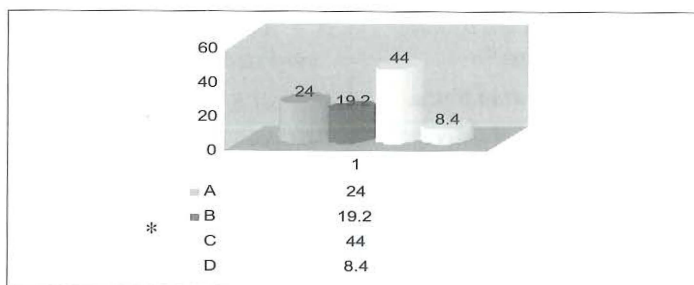


Figura 15: Tabla y gráfico ítem 14.

Lo primero que se está diciendo en el planteamiento de la pregunta es que las dos están hirviendo agua, es decir, en los dos recipientes se está llevando a cabo un cambio de fase y por tanto en los dos termómetros se leerá, independientemente de la cantidad que tenga cada recipiente, la misma temperatura. Solamente un 19,2 % consideran que el termómetro marca la misma temperatura en los dos recipientes; un número bastante pequeño comparado con el porcentaje que se da en el resto de respuestas.

El 44% opina que la temperatura que marca el termómetro de María es más pequeña que la que marca el de Ana. Es importante observar como un grupo numeroso de alumnos se han dejado influir, a la hora de dar su respuesta, por la cantidad de agua que tiene el recipiente de María, no tienen en cuenta la primera parte del enunciado y contestan que es mayor la temperatura del termómetro de Ana, pues al tener menos cantidad, se calentará más rápidamente y subirá más la temperatura.

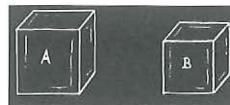
Con respecto a la primera cuestión, contestada por un 24%, creemos que los resultados pueden interpretarse de dos

formas. Por un lado puede ser que realmente piensen que es más elevada la temperatura en el termómetro de María, quizás inducidos por la cantidad de materia que al ser mayor en el recipiente de María ello provoque también un mayor número de grados en su termómetro. Por otro lado pensamos que puede haber un error de lectura o mejor dicho una falta de concentración a la hora de leer el enunciado y puedan haber leído más grande “la de Ana” en vez de “que la de Ana”.

Se obtienen más o menos los mismos resultados que los encontrados por Valcárcel y otros (1990) que también señalan que los alumnos en general no consideran constante la temperatura durante el cambio de estado.

16. Del congelador de nuestra casa sacamos dos cubitos de hielo, A y B. Uno es dos veces mayor que el otro ¿Cómo serán las temperaturas de los dos cubitos?.

- a) Iguales.
- b) Mayor A.
- c) Mayor B.
- d) No lo se.



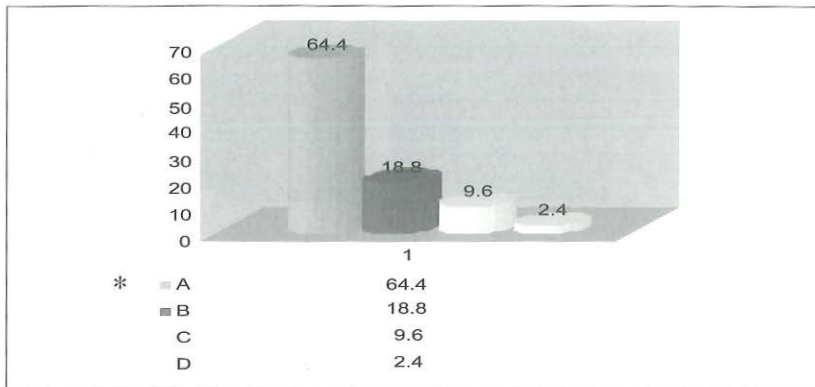


Figura 16: Tabla y gráfico ítem 16.

El 64,4 % considera que las temperaturas de los dos cubitos de hielo son iguales. Los alumnos piensan que la masa en este caso concreto no interviene y que los dos salen con la misma temperatura independientemente de que uno sea el doble del otro. Por el contrario tenemos un 18,8 % , número a tener en cuenta, que piensa que el cubito A tiene mayor temperatura por ser más grande. Un 9,6 % considera que es mayor la temperatura en B. En este apartado puede haber un tema añadido y es que interpreten los alumnos mayor temperatura o menor número de grados bajo cero. Siendo de una forma u otra está claro que, tanto en este apartado como en el anterior, los

alumnos presentan una idea alternativa y es pensar que a mayor masa mayor temperatura y viceversa.

18. Si en nuestra clase tenemos dos placas, una de madera y otra de aluminio, y colocamos sobre cada una un termómetro digital. ¿cómo serán las temperaturas?

- a) Iguales
- b) Mayor para la madera
- c) Mayor para el aluminio
- d) No lo se



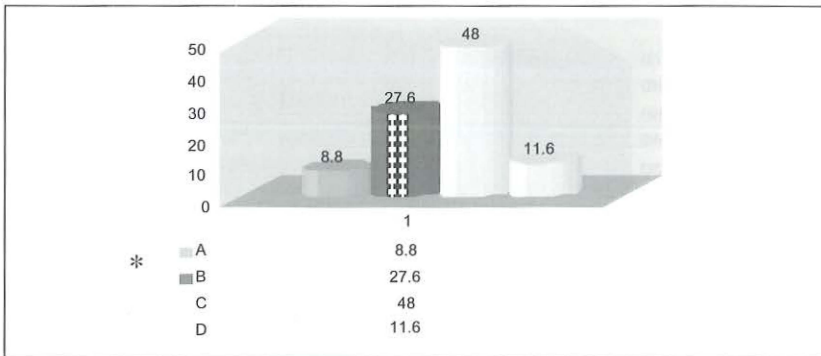


Figura 17: Tabla y gráfico ítem 18.

Significativo el hecho de que solamente un 8,8% de los alumnos piensa que la madera y el aluminio tienen la misma temperatura independientemente de la materia con la que estén formados.

El 75,6 % piensan que las temperaturas son diferentes. Idea alternativa muy importante, generada por la percepción sensorial. No tienen en cuenta que todo sistema tiende al equilibrio térmico independientemente de la composición material que tenga. Aquí incluso podíamos incluir aquellos alumnos que manifiestan no saber cual de los dos tiene mayor temperatura o si son iguales.

La temperatura depende para la mayoría de los alumnos del tipo de material (como si hubiera materiales fríos y calientes), y no de la temperatura ambiente a la que se encuentran. Se observa claramente como las sensaciones de los alumnos con distintos materiales condicionan sus respuestas, lo que dificulta la comprensión de la noción de equilibrio térmico (Valcárcel et al., 1990).

Los propios libros de texto o diccionarios de uso común pueden reforzar es-

ta idea alternativa. Así, el Diccionario de la Lengua Española de la RAE (1970) define la temperatura como “Estado de los cuerpos más o menos calientes o fríos, perceptible por el sentido del tacto”.

CONCLUSIONES

Tras una valoración de las ideas que se han pretendido estudiar y analizar, se recogen a continuación las conclusiones a las que se llega con este estudio sobre ideas de los alumnos en relación a los conceptos de transferencia y conservación de la energía :

- Un elevado número de alumnos considera transformaciones y cambios de estado en los que no interviene la energía y ocurren sin ningún tipo de intercambio ni degradación de la misma.

- Se tiene la idea de que la energía desaparece, sin considerar el principio de conservación de la misma. El alumno no termina de aceptar el principio de conservación de la energía en el sentido más general y amplio del término y se dan numerosas ideas alternativas al res-

pecto. El concepto de degradación lo confunden con el de consumo o pérdida de energía.

- Como en otros trabajos anteriores existe una tendencia a asociar energía con movimiento, llama, calor, combustión.

- Un número considerable piensa que la energía sólo está presente en determinados sistemas (por ejemplo en los seres vivos).

- Se observa claramente que existe una idea alternativa entre lo que puede ser descansar y ganar energía, y entre esfuerzo físico brusco con un mayor consumo de energía.

- Tienen la idea de que la energía es aprovechada en la misma proporción y produciendo los mismo resultados independientemente del sistema que la utilice.

- Tienen más dificultades para identificar energías del tipo químico o potencial que las asociadas a cambios o transferencias entre los sistemas.

- No consideran la energía de tipo químico, aquella asociada a la estructura química de las sustancias y a los alimentos.

- En general, no consideran constante la temperatura durante el cambio de estado. Afirman que la temperatura aumenta proporcionalmente con la masa.

- La mayoría tiene la idea de que el calor es una forma de energía y no interpreta el concepto como un proceso de transferencia o modificación de energía. Lo considera como una propiedad de los cuerpos y no un mecanismo.

- Se otorga a la temperatura una propiedad extensiva y no es considerada como magnitud intensiva relacionada con la agitación media de las partículas.

- Un pequeño porcentaje de alumnos tiende a confundir e identificar directamente calor con temperatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albaladejo, C. y Caamaño, A. (1992). Las concepciones previas de los alumnos. Estrategias para lograr el cambio conceptual. En C. Albaladejo, A. Caamaño y M.P. Jiménez: *Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza*. Madrid: MEC. 57-94.
- Bañas, P. C. (2001). Ideas alternativas sobre la energía en los alumnos del primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria. Trabajo de Grado. Facultad de Educación. Universidad de Extremadura.
- Bermejo, M. L. (1994). El aprendizaje. En F. Blázquez, T. González y J. Terrón (eds.): *Formación inicial del profesorado de enseñanza secundaria*. Badajoz: I.C.E. C.
- Brook, A. y Driver, R. (1984). *Aspects of secondary students understanding of energy: full report*. Leeds: Universidad de Leeds, Children's Learning in Science Project.
- Bunge, M. (1999). La energía entre la física y la metafísica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 12(1), 53-56.
- Domenech, J.L., Gil, D., Gras, A., Martínez, J., Guisasaola, G. y Salinas, J. (2001). La enseñanza de la energía en la educación secundaria. Un análisis crítico. *Revista de Enseñanza de la Física*, 14(1), 45-60.

- Domínguez, J.M., De Pro, A. y García-Rodeja, E. (1998). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y temperatura: un estudio transversal. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), 161- 175.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 3 – 15.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 109-120.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1989). Algunas características de las ideas de los niños y sus implicaciones en la enseñanza. En R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien (eds.): *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata. 291-304.
- Duit, R. (1987). Should energy be illustrated as something quasi-material? *International Journal of Science Education*, 9(2), 139-145.
- Feynman, R., Leighton, R. y Sands, M. (1971). *The Feynman lectures on physics*. México: FEI.
- Furió, C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias. *Alambique*, 7, 7-17.
- Gallastegui, 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. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), 111-121.
- Gómez, M.A., Herrero, F., Martín-Díaz, M^a, Redondo y M., Salván, E. (1995). *La energía: Transferencia, transformación y conservación*. Zaragoza: ICE Universidad de Zaragoza.
- González, F.M., Morón, C. y Novak, J.D. (2001). *Errores conceptuales. Diagnóstico, tratamiento y reflexiones*. Navarra: Ediciones Eunat.
- 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.
- Hierrezuelo, J. (1986). Revisión bibliográfica sobre la enseñanza de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(3), 266-268.
- 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. (1991). *La ciencia de los alumnos*. Vélez-Málaga (Málaga): Elzavir.
- 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.
- López, F. y López, E. (1983). Las nociones de trabajo y energía. Análisis conceptual y didáctico. *Bordón*, 249, 497-506.
- 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.
- Martínez, J.M. y Pérez, B.A. (1997). Estudio de propuestas alternativas en la enseñanza de la termodinámica básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), 287-300.

- Mellado, V. (1998). La enseñanza de la energía en profesores de ciencias con distinta formación inicial. *Revista de Enseñanza de la Física*, 11(2), 21-33.
- Mellado, V. y Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 331-339.
- Michinel, J.L. y D'Alessandro, A. (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. (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.
- Osborne, M. D. (1999). Pedagogía sensible a la ciencia en una democracia: una enseñanza peligrosa. *Revista de Estudios del Currículum*, 2(2), 170-184.
- Pérez de Landazábal, M.C. y Moreno, J.M. (1998). *Evaluación y detección de dificultades en el aprendizaje de la física y química en 2º de E.S.O.* MEC. Madrid.
- Pérez de Landazábal, M.C., Varela, P. y Favieres, A. (2000). La energía en las aulas: un puente entre ciencia y sociedad. *Alambique*, 24, 18-29.
- Pontes, A. (2000). Aprendizaje reflexivo y enseñanza de la energía: una propuesta metodológica. *Alambique*, 25, 80-94.
- Pozo, J. I. (1992). *Psicología de la comprensión y el aprendizaje de las ciencias. Curso de actualización científica y didáctica.* Madrid: MEC.
- Pozo, J. I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a donde van... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique*, 7, 18-26.
- Prieto, T.; Blanco, A. (1997). *Las concepciones de los alumnos y la investigación en Didáctica de las Ciencias.* S. P. Universidad de Málaga.
- RAE (1970). *Diccionario de la Lengua Española.* Madrid: Real Academia Española
- Ruiz, C., Mellado, V., González, T., Bermejo, M. L. y Bañas, P. C. (2002). *Intervención con el profesorado de Educación Secundaria Obligatoria en la enseñanza de la energía: El cambio conceptual del alumnado.* Proyecto de Investigación 2PRO2A100. Consejería de Educación, Ciencia y Tecnología de la Junta de Extremadura: Orden de 8 de marzo de 2002 (DOE de 14 de marzo de 2002).
- Saura, O. y Pro, A. (2000). La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento físico. En F. J. Perales y P. Cañal (eds.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales.* Alcoy: Marfil. 389-420.
- Sevilla, C. (1986). Reflexiones en torno al concepto de energía. Implicaciones curriculares. *Enseñanza de las ciencias*, 4(3), 247-252.
- Solbes, J. y Tarín, F. (1998). Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 387-397.
- Solomon, J. (1985). Teaching the conservation of energy. *Physics Education*, 20, 165-176.
- Tarín, F. (1999). El principio de conservación de la energía y sus implicaciones didácticas. Tesis doctoral inédita. Universidad de Valencia.

- Trumper, R. (1991). Being constructive: an alternative approach to the teaching of the energy concept-II. *International Journal of Science Education*, 13(1), 1-10.
- 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*. Madrid: C.I.D.E.
- 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.
- Watts, M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education*, 18, 213–217.