

ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA EN LA ETAPA 6-12 AÑOS: UN PLANTEAMIENTO DESDE EL ÁMBITO CURRICULAR DE LAS MÁQUINAS

TEACHING THE TOPIC OF ENERGY TO 6-12 YEAR OLDS: AN APPROACH USING MACHINES FROM THE SCIENCE CURRICULUM

Antonio García-Carmona, Ana M. Criado
Departamento de Didáctica de las Ciencias
Universidad de Sevilla.
garcia-carmona@us.es, acriado@us.es

RESUMEN: El artículo plantea la enseñanza de la energía en la etapa de primaria a partir del ámbito curricular de las máquinas. Tras una revisión de la literatura, se proponen, a modo de hipótesis, tres niveles para la introducción progresiva de diversos conceptos relacionados con la energía en las máquinas. Asimismo, se destaca la contribución del planteamiento didáctico al desarrollo de la competencia científica, en sintonía con lo sugerido actualmente para los niveles educativos básicos. Se finaliza con una propuesta didáctica concreta, en el marco de una investigación escolar, para abordar en el aula algunos aspectos relacionados con la energía en las máquinas.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje por investigación, educación científica, educación primaria, energía, máquinas.

ABSTRACT: This paper proposes a method for teaching *energy* in primary school based on *machines* from the science curriculum. A literature review on the different approaches to teaching *energy* and students' associated learning difficulties are presented. A hypothesis is presented consisting of three levels for progressive introduction of the concepts. This is followed by a discussion on the application for the development of students' scientific competencies. Emphasis is placed on the suggested learning outcomes for each education level. Lastly, a didactic classroom activity is presented in the context of inquiry-based learning to develop students conceptual understandings related to energy and machines.

KEY WORDS: energy, inquiry-based learning, science education, machines, primary education.

Fecha de recepción: septiembre 2011 • Aceptado: enero 2012

García-Carmona, A. y Criado, A.M. (2013) Enseñanza de la energía en la etapa 6-12 años: un planteamiento desde el ámbito curricular de las máquinas, *Enseñanza de las Ciencias* 31 (3), pp.87-102

INTRODUCCIÓN

La energía, como propiedad básica de todos los sistemas (naturales y tecnológicos), constituye uno de los contenidos esenciales en los currículos de ciencias; su comprensión permite interpretar multitud de fenómenos cotidianos. Asimismo, existe actualmente una amplia gama de cuestiones sociocientíficas relacionadas con la energía cuyo análisis favorece el pensamiento crítico y responsable, actualmente demandado para una alfabetización científica básica (García-Carmona y Criado, 2008, 2010). Por ello, desde hace varias décadas se vienen realizando numerosos estudios y propuestas didácticas orientadas a mejorar la enseñanza-aprendizaje de la energía, como se verá más adelante. Sin embargo, todavía existe bastante insatisfacción respecto al grado de comprensión que se alcanza sobre esta en el ámbito escolar (Pintó, Couso y Gutiérrez, 2005). Consecuentemente, se hace necesario continuar con nuevos estudios y planteamientos didácticos encaminados a favorecer tal propósito. Además, cuanto antes se inicie el estudio de la energía en la escuela –con los planteamientos didácticos oportunos en cada caso–, más probable será que los escolares terminen su educación científica básica forjados de un conocimiento integral y adecuado sobre esta.

En España, la energía es un tema que se incluye en el currículo de ciencias desde la etapa de educación primaria (6-12 años); pero apenas existen trabajos de investigación que se hayan ocupado de analizar la enseñanza del tópico en dicha etapa. Por ello, nos planteamos hacer una propuesta didáctica fundamentada para introducir progresivamente el concepto de energía en la etapa 6-12 años.

Dado que es aconsejable contextualizar la enseñanza de contenidos científicos (Campbell y Lubben, 2000), sobre todo en los niveles básicos y cuando estos son relativamente abstractos, planteamos la enseñanza de la energía desde el ámbito de las máquinas; otro contenido básico del currículo de educación primaria. El motivo no responde solo a una cuestión histórico-epistemológica, en tanto que gran parte del conocimiento sobre la energía se ha producido con el estudio y la evolución de las máquinas (Lopes, 2009); también –y fundamentalmente– porque hoy en día los escolares están familiarizados con las máquinas desde muy pequeños. Por tanto, a través del estudio de máquinas conocidas por ellos, se puede favorecer la comprensión de conceptos y fenómenos relacionados con la energía.

PROBLEMÁTICAS Y POSICIONAMIENTOS EN TORNO A LA ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA

Antes de presentar la propuesta didáctica, hacemos una revisión crítica de la literatura respecto a la enseñanza-aprendizaje de la energía.

¿Qué es la energía?

La definición de energía no goza de consenso, ni desde el punto de vista científico, en el sentido de cuál es realmente su significado físico, ni desde el punto de vista didáctico, respecto a qué concepción (o grado de abstracción) es la más adecuada para cada etapa educativa. En el ámbito científico no parece preocupar demasiado que no exista una definición exacta de energía, ya que sin esta es posible investigar y explicar fenómenos en términos energéticos (González, 2006). De hecho, Feynman eludía dar una definición de energía, refiriéndose a ella como «una cantidad numérica que no cambia cuando ocurren los fenómenos» (Feynman, Leighton y Sands, 1964). Aloma y Malaver (2007), al analizar una muestra de textos universitarios de termodinámica, encuentran que la práctica totalidad de estos no dan una definición explícita de energía, sino que solo hacen referencia a sus características y tipos.

No obstante, en los niveles educativos básicos, parece oportuno dar una definición de la energía que resulte intuitiva para los escolares y que, por tanto, los ayude a explicar fenómenos cotidianos (Liu y McKeough, 2005). Pintó (2004) advierte al respecto algo bastante asumido en didáctica de las ciencias: aunque en el ámbito escolar puede ser beneficioso dar una definición, conviene cuidar que no obstaculice la comprensión de otros conceptos o principios fundamentales de la ciencia.

Tres son los enfoques habituales para introducir el concepto de energía en el ámbito educativo (Pintó, 2004): (1) energía como capacidad de realizar trabajo, (2) energía como capacidad para producir cambios y (3) energía como propiedad asociada a cada estado del sistema. El último sería el más adecuado; sin embargo, es demasiado abstracto y su planteamiento en el ámbito escolar puede dificultar la comprensión de los procesos energéticos. Entonces, ¿qué se debería hacer? Lo ideal sería valorar aquella concepción de la energía que pueda resultar más adecuada a las edades y características cognitivas del alumnado en cuestión, valorando, al mismo tiempo, los riesgos de obstaculizar una comprensión más adecuada o profunda del concepto en etapas posteriores. De ahí la importancia de establecer, a modo de hipótesis, diferentes niveles para introducir progresivamente el concepto, desde una perspectiva intuitiva hasta otra más abstracta (Liu y McKeough, 2005; Nordine, Krajcik y Fortus, 2011). Y es que, en muchos casos, es sumamente útil construir un «conocimiento provisional», situado entre el inicial del alumno y el aceptado científicamente, a fin de que este pueda progresar en su aprendizaje. Así, para primaria sugerimos comenzar por una idea intuitiva de la energía como combustible, para progresar hacia la idea de energía como la capacidad de los sistemas para producir cambios.¹

¿Se debería o no hablar de tipos de energía?

Existe un debate en torno a si es conveniente o no hablar de tipos de energía. Uno de los principales argumentos esgrimidos en contra de etiquetar la energía en diferentes tipos es que puede inducir a pensar que esta es un ente que cambia su forma o tamaño (Pintó, 2004). Ellse (1988, cit. en Millar, 2005: 8) propone, entonces, no hablar de tipos de energía ni, por tanto, de transformaciones o conversiones de unos tipos en otros. Sugiere hablar solo de transferencia de energía entre objetos o sistemas. Son también partidarios de este posicionamiento Ogborn y sus colegas (Stylianidou y Ogborn, 1999; Boohan, Stylianidou y Ogborn, 2001), añadiendo que habría que hablar, en todo caso, de tipos de transferencia de energía.

Millar (2005) se identifica bastante con la visión de Ellse y sus partidarios. Sin embargo, reconoce que en algunas ocasiones es muy útil hablar de tipos de energía y de sus transformaciones; por ejemplo, en el caso de un cuerpo que se deja caer, donde hay una transformación de energía potencial en cinética. Aun así, sugiere que es mejor no abusar del enfoque que promueve hablar de formas de energía. Argumenta, al respecto, que en muchos casos ello implica introducir más variables que dificultan la comprensión del proceso energético global. Por eso, no es partidario de desgranar los procesos energéticos en tantas etapas haciendo alusión a las diferentes transformaciones (y, por tanto, formas) de energía, sino que propone, simplemente, considerar los estados inicial y final.

Por otra parte, hay autores que se inclinan por diferenciar tipos de energía. González (2006) cree que «en las ciencias físicas no tiene mucho sentido hablar de «energía» a secas, término que aislado carece de una definición exacta por no ser mensurable» (p. 6). Argumenta que la energía, como magnitud física, solo puede ser medida si se concibe en sus diferentes formas. Por ejemplo, es posible calcular la energía almacenada en un condensador porque se está considerando que es energía eléctrica y, consecuentemente, se tienen en cuenta los valores de los parámetros eléctricos implicados en la fórmula

1. Creemos que la comprensión de lo que gobierna esos cambios, a partir de los conceptos de entropía y energía libre, debe posponerse a niveles educativos postobligatorios.

correspondiente. Doménech *et al.* (2007) son también partidarios –en una primera aproximación al concepto– de hablar de tipos de energía, arguyendo que los calificativos que se adjudican a la energía (cinética, potencial gravitatoria, etc.) se refieren a la propiedad (o propiedades) del sistema que interviene en el proceso o al tipo de proceso en el que este participa.

Dentro de la posición didáctica que aboga por diferenciar tipos de energía, no existe consenso respecto a cuántos tipos hay. Solbes y Tarín (2004) hablan de la energía de las partículas libres (la cinética y la de su masa en reposo), la energía de los campos libres (la energía de la radiación electromagnética) y la energía de las interacciones entre partículas y campos (que es potencial si los campos son conservativos). Pintó (2004) se refiere a tres tipos de energía: cinética, potencial e interna. González (2006) y Nordine, Krajcik y Fortus (2011) sostienen que existen tantos tipos de energía como tipos de procesos físicos o propiedades que caracterizan a los sistemas intervinientes (cinética, potencial gravitatoria, térmica, eléctrica, etc.). Hierrezuelo y Montero (1991) se ubican en este último posicionamiento para niveles educativos básicos (antes de los 14 años), aunque para niveles superiores sugieren tender a la idea de que solo existen dos tipos de energía: cinética y potencial.

Con todo, parece claro que desde una perspectiva científica no es fácil determinar cuál de los dos posicionamientos es más adecuado, puesto que ambos presentan argumentos muy convincentes. Deben ser, pues, los argumentos didácticos los que ayuden a tomar una decisión. Desde muy temprana edad, los escolares tienen experiencias con fenómenos relacionados con la energía. Ello requiere que su enseñanza se deba adaptar, consecuentemente, a su desarrollo cognitivo, estableciendo los niveles de progresión oportunos (Liu y McKeough, 2005), y que se contextualice en los fenómenos o perspectivas que les resulten más familiares (Nordine, Krajcik y Fortus, 2011). En este sentido, hablar de tipos de energía puede favorecer tal propósito (Pérez y Valera, 2006). Dado que suele ser bastante intuitivo para los niños llamar energía solar a la que proviene de Sol, energía cinética a la que tiene una bici en movimiento o energía eólica a la que es proporcionada por el viento, optamos por esta perspectiva en nuestro planteamiento para la etapa de primaria.

¿Transferencia o transformación de energía?

Con lo visto hasta aquí, se pueden distinguir tres posicionamientos en torno a la pregunta que nos hacemos ahora. Un primer posicionamiento que, al no considerar la existencia de diferentes tipos de energía, sugiere no hablar de transformación, sino exclusivamente de transferencia de energía (Stylianiidou y Ogborn, 1999; Boohan, Stylianiidou y Ogborn, 2001). Un segundo posicionamiento que opta por distinguir tipos de energía y que, por tanto, considera fundamental introducir también la idea de transformación de energía entre unos tipos y otros (Pérez y Valera, 2006; Doménech *et al.*, 2007; González, 2006; Nordine, Krajcik y Fortus, 2011; Solbes y Tarín, 2004). Y un tercer posicionamiento, intermedio a los dos anteriores, que es más proclive a no distinguir tipos de energía y, por tanto, se inclina hacia el concepto de transferencia, pero que admite la utilidad de hablar, en determinados casos, de transformación de energía (Millar, 2005; Pintó, 2004); por ejemplo de las transformaciones de energía cinética en potencial (y viceversa) en el ámbito de la mecánica.

El concepto de transferencia de energía tampoco está exento de controversia, pues puede favorecer la idea de que la energía es algo cuasi-material, que fluye de un lugar a otro (Doménech *et al.*, 2007; Pintó, 2004). Tal enfoque puede resultar útil en una primera introducción al concepto, sobre todo en los niveles educativos básicos, pero también puede suponer un obstáculo para un aprendizaje posterior más adecuado y profundo de la energía.

En consecuencia, nuevamente deberán ser los argumentos didácticos, que consideren las edades de los escolares, sus experiencias y su desarrollo cognitivo, los que ayuden a determinar cuál es la mejor opción. Además de la idea de transferencia, en nuestra propuesta optamos por hablar de transforma-

ción de energía, aun a riesgo de que esta pueda concebirse como algo cuasi-material, porque entendemos que son mayores las bondades didácticas que los perjuicios; sobre todo, considerando la etapa educativa a la que nos referimos. Sirva de ejemplo la transformación de energía eléctrica en energía luminosa, producida cuando se enciende una bombilla; la cual es bastante intuitiva para los niños.

¿Cómo se transfiere la energía?

Además de lo dicho antes sobre la transferencia de energía, es interesante revisar brevemente cuáles son los *modos* en que se produce esa transferencia, así como los principales enfoques y problemáticas didácticas que surgen en torno a ello.

Suele hablarse de que la energía se transfiere mediante *trabajo* y mediante *calor*. Si bien, algunos autores (e.g., Alonso y Finn, 1995; Doménech *et al.*, 2007) incorporan también la radiación como otra forma de transferencia de energía; es decir, la que transportan las ondas electromagnéticas. Pero, al mismo tiempo, se sugiere limitar al calor y al trabajo las formas de transferir energía en los niveles educativos más básicos (Doménech *et al.*, 2007).

En relación con la radiación como modo de transferencia de energía, cabría preguntarse, además, si lo que realmente se transfiere con ella es energía mediante trabajo, mediante calor, o ambas cosas. Una respuesta intuitiva nos lleva a decir que ello dependerá del tipo de manifestación o efecto que esa energía transferida provoque en el sistema que la recibe (si cambia su temperatura, si lo pone en movimiento o ambas condiciones). Pintó (2004) escribe, al respecto, que si bien hay dos maneras de transferir energía (calor y trabajo), existen diversos procesos para conseguirlo: mediante combustión, mediante radiación, mediante corriente eléctrica, etc. Asimismo, los autores que rechazan hablar de tipos de energía y, por tanto, de sus transformaciones (Stylianidou y Ogborn, 1999) optan por hablar de que la energía se transfiere eléctricamente, térmicamente, mecánicamente, etc. En definitiva, tampoco existe consenso sobre cuál es la opción más adecuada respecto a cuáles son las formas de transferencia de energía. Para los niveles educativos básicos, decidimos limitar las formas de transferencia energética al calor y el trabajo.

En el aprendizaje del concepto de trabajo, uno de los principales problemas es que su concepción científica entra en conflicto con la idea que de él se tiene en el argot cotidiano. Algunos estudios han revelado las dificultades de los estudiantes para explicar ciertos fenómenos cotidianos a partir del concepto de trabajo (Lawson y McDermott, 1987). Quizá uno de los motivos sea que su introducción suele hacerse casi siempre desde una perspectiva eminentemente cuantitativa, basada en meros cálculos, sin hacer un análisis del significado. Goldring y Osborne (1994) encontraron que alumnos de secundaria, aun sabiendo manejar la fórmula del trabajo, tenían dificultades para interpretar cualitativamente los fenómenos analizados. En este sentido, algunos autores proponen emplear distintos tipos de contextos y representaciones (matemática, gráfica, icónica, verbal, etc.) del trabajo en su enseñanza (Tang, Tan y Yeo, 2011; Van Heuvelen y Zou, 2001), así como partir de las ideas intuitivas de los alumnos para posteriormente generar el conflicto cognitivo pertinente (Pacca y Henrique, 2004) que ayude a mejorar su comprensión científica. En nuestra propuesta para primaria optamos por promover una idea cualitativa de trabajo, en términos del modo de transferir energía a un cuerpo cuando se le aplica una fuerza que lo consigue mover cierta distancia. Así, se hace el mismo trabajo si elevamos una carga hasta cierta altura, directamente por el camino vertical, que con una larga rampa que lleve a esa misma altura, ya que en los dos casos el producto *fuerza x distancia* es el mismo.

El concepto de calor tampoco goza de fácil comprensión entre el alumnado. Al igual que ocurre con el trabajo, la palabra *calor* forma parte del lenguaje cotidiano, con acepciones generalmente diferentes a la científica. La confusión entre calor y temperatura es una de las más habituales (Hierrezuelo y Montero, 1991; Carlton, 2000). Algunos estudios ponen de manifiesto que la enseñanza que se promueve

sobre el calor desde edades tempranas también contribuye a arraigar la confusión o incompreensión de ambos conceptos (Saat, 2010). Hablamos de calor cuando hay transferencia de energía entre dos sistemas que tienen distinta temperatura; por ello, también se concibe como un modo o proceso de transferencia de energía asociado a una variación de temperatura. Por otro lado, la temperatura es la magnitud física relacionada con la energía interna de un sistema; concretamente, con la energía cinética promedio de las partículas que lo componen.

Sugerimos comenzar con la construcción del concepto de temperatura para llegar luego al de calor. Al inicio de la etapa se trataría de promover una idea cualitativa y relativa de la temperatura, en términos de: «un cuerpo caliente tiene mayor temperatura que uno frío», «cuanto más caliente (frío) está un cuerpo, mayor (menor) es su temperatura», etc. Se puede avanzar con la propuesta de experiencias para comprobar (táctilmente o con termómetro) que, al poner en contacto un cuerpo «caliente» con otro «frío», el primero se enfría y el segundo se calienta. Esto ayudará a entender, por un lado, que «algo» –a lo que llamamos calor– se intercambia entre los dos cuerpos; y, por otro, que existe una propiedad de los cuerpos, llamada temperatura, que determina si hay intercambio o no de calor entre los cuerpos. Creemos que así se favorece, además, la idea de calor como *energía que se transfiere* (no almacenada). Y al final de la etapa, se puede afinar aún más la idea de calor como proceso o modo de intercambio energético entre dos cuerpos a causa de una diferencia entre sus temperaturas.

La degradación, concepto clave para entender el principio de conservación de la energía

El concepto de degradación de la energía ayuda a comprender las aparentes contradicciones que suelen aparecer en torno a su conservación (Pintó, Couso y Gutiérrez, 2005; Tatar y Otkay, 2007). Desde una edad temprana se introduce en la escuela la idea de que la energía ni se crea ni se destruye, sino que, en todo caso, se transforma, sea cual sea el proceso; por tanto, que la energía se conserva. Pero, al mismo tiempo, se incide en que no se debe gastar tanta energía, que las sociedades consumistas despilfarran energía, etc. Entonces, si la energía no se crea ni se destruye, ¿por qué se dice que se gasta? Podría decirse que se está confundiendo la energía con sus fuentes, pero hay algo más detrás de esa cuestión. Es cierto que la energía se conserva en todo proceso (no se gasta), pero también es cierto que pierde calidad irreversiblemente tras cada proceso. El concepto de degradación da cuenta de la pérdida de energía útil o aprovechable de un sistema. Además, esa pérdida de energía es transferida mediante calor al medio circundante del sistema. Por ejemplo, de la energía proporcionada a un coche, solo una parte será aprovechada para moverlo; el resto se habrá desperdiciado calentando las piezas del motor y el entorno. Sin embargo, la cantidad de energía aprovechada más la desperdiciada equivale a la energía inicialmente suministrada al coche. Por tanto, el principio de conservación de la energía debería enseñarse íntimamente ligado al principio de degradación de la misma. Además, de acuerdo con el segundo principio de la termodinámica, esa pérdida de energía útil es inevitable, de modo que la degradación de la energía es igualmente un principio de la naturaleza. Ogborn (1986, cit. en Pintó, 2004) sugiere hablar directamente de entropía, argumentando que es la magnitud física que da realmente cuenta de ello: hablar de la energía degradada de un sistema es lo mismo que hablar del aumento de su entropía.² Sin embargo, al igual que otros autores (González, 2006; Pérez y Valera, 2006), creemos que en los niveles educativos básicos la concepción de degradación de la energía puede comprenderse sin necesidad de recurrir al concepto de entropía. Es suficiente con que al finalizar la etapa de primaria se llegue a la idea básica de que *en todo proceso energético se conserva la cantidad de energía pero no su calidad; es*

2. La disponibilidad de un sistema para hacer uso «útil» de la energía que se le suministra va a depender del modo en que esta se distribuya entre sus partículas; cuánto más «desordenada» (mayor entropía) sea esa distribución de energía, de menor cantidad de energía útil dispondrá el sistema.

decir, de toda la energía puesta en juego, tras el proceso aumenta la porción de esta que no estará disponible para producir nuevas transformaciones. Esa energía desperdiciada (o degradada) es emitida al entorno, que elevará su temperatura al aumentar el estado de agitación de sus partículas.

UNA PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA DESDE EL ÁMBITO DE LAS MÁQUINAS

La adecuada comprensión de la energía y de sus características, desde el ámbito de las máquinas, requiere la introducción progresiva de diversos conceptos básicos. Basándonos en la revisión anterior y en los planteamientos piagetianos respecto al desarrollo cognitivo correspondiente a la etapa de operaciones concretas³ (Pozo y Gómez, 1998), proponemos, a modo de hipótesis, una posible progresión de los conceptos según tres niveles (nivel I: 6-8 años; nivel II: 8-10 años, y nivel III: 10-12 años) (tabla 1). En aquellos casos en los que consideramos que el grado de abstracción de algunos conceptos no permite hacer una adaptación aceptable y apropiada para el nivel básico, omitimos hacer una propuesta.

Tabla 1.
Propuesta, a modo de hipótesis, de niveles de progresión conceptual para la enseñanza de conceptos relacionados con la energía en el ámbito de las máquinas.

<i>ENERGÍA</i> (transferencia, transformación, conservación y degradación de)
<p>I. <i>Energía es lo que necesitan las cosas, las máquinas</i> (juguetes, vehículo, personas, teléfono móvil,...) <i>para funcionar</i>. La energía permite los efectos que se producen en las máquinas (desplazamiento, emisión de sonidos,...).</p> <p>II. <i>Energía es la capacidad que posee un sistema para producir cambios</i>. El “funcionamiento” a que nos referíamos en el nivel anterior supone cambios en el propio dispositivo (sistema, máquina), o en otros sistemas con los que interacciona. El cambio más sencillo puede ser un cambio de posición (un vehículo se traslada). En el caso de una bombilla clásica, pasa de estar apagada y a temperatura ambiente a adquirir alta temperatura, emitiendo luz y energía al ambiente circundante. La energía se puede almacenar, y se puede convertir de un tipo de energía en otro.</p> <p>III. Los efectos producidos en las máquinas son el resultado de transmisiones y transformaciones de energía. Tanto si <i>se transfiere</i> de un cuerpo a otro (mediante calor, o trabajo) o si <i>se transforma</i> de un tipo de energía en otro, la energía <i>siempre se conserva</i> (no aparece ni desaparece), y parte (a veces toda) se desperdicia (o <i>degrada</i>). La energía se mide en Julios.</p>
FUENTES DE ENERGÍA
<p>I. La fuente de energía de una máquina es lo que le suministra la energía necesaria para que funcione (pila, batería, accionamiento manual, etc.).</p> <p>II. Según su origen, las fuentes de energía pueden ser: <i>combustibles fósiles</i>, como el carbón, petróleo y el gas natural; <i>hidráulica</i>, producida por movimiento o saltos de agua; <i>eólica</i>, ocasionada por el viento; <i>mareomotriz</i>, generada por el movimiento de las mareas; <i>nuclear</i>, originada en centrales nucleares; <i>geotérmica</i>, que aprovecha el calor procedente de zonas calientes del interior terrestre, y <i>solar</i>.</p> <p>III. Si dice que una fuente de energía es renovable si se restablece tras cada emisión de energía, o si su ritmo de agotamiento es prácticamente imperceptible. Un ejemplo es la fuente de energía solar. En caso contrario, se dice que la fuente es <i>no renovable</i>. Un ejemplo de ésta es el petróleo, que se consume y no se regenera, con lo cual, llegará un día en que se agote. Independientemente del tipo energía y de la fuente que la emite, lo habitual es intentar transformarla en energía eléctrica, que es como mejor suelen aprovecharla para su funcionamiento la mayoría de los aparatos y máquinas que utilizamos.</p>

3. De acuerdo con la teoría piagetiana sobre las fases de desarrollo cognitivo, la etapa de primaria (6-12 años) se corresponde, esencialmente, con un estadio de pensamiento caracterizado por las operaciones concretas (7-11 años). Solo al final de esta se iniciaría el desarrollo del pensamiento formal.

<p><i>TIPOS DE ENERGÍA</i></p>
<p>I. –</p> <p>II. Las máquinas reciben energía procedente de diferentes fuentes. Así, se habla de energía solar a la que proviene del sol, energía eólica a la que proporciona el viento, energía mareomotriz a la que proporcionan las mareas, etc.</p> <p>III. La energía no siempre se hace perceptible de la misma forma, sino que puede manifestarse como luz, movimiento, calor, etc. Según esas manifestaciones, o según la fuente de donde proceda, podemos distinguir los siguientes tipos de energía:</p> <ul style="list-style-type: none"> –<i>Térmica</i>: la que posee un aparato, objeto o ser vivo a consecuencia de su temperatura. –<i>Química</i>: la que es almacenada en la gasolina, los alimentos, o la leña y se puede liberar, en parte, por transformación de materia, por ejemplo, cuando se quema leña. –<i>Nuclear</i>: la producida a partir de sustancias radiactivas, como el uranio, en centrales nucleares. –<i>Luminosa</i>: la que es transportada por la luz. –<i>Eléctrica</i>: la que se transfiere en un circuito eléctrico, que puede ser generada por una batería, placa fotovoltaica, etc. –<i>Magnética</i>: la que tiene un imán para poder atraer objetos de hierro. –<i>Electromagnética</i>: la que pasa de un teléfono móvil a otro para poder comunicarse. –<i>Gravitatoria</i>: la que posee un cuerpo situado a una determinada altura sobre el suelo. –<i>Elastica</i>: la acumulada en un tirachinas. –<i>Cinética</i>: la que posee un cuerpo en movimiento. –<i>Sonora</i>: la que emite una radio, TV, teléfono, ... para poder oír los mensajes.
<p>RENDIMIENTO ENERGÉTICO</p>
<p>I. –</p> <p>II. Cuando una máquina necesita menos energía que otra para hacer un mismo trabajo, se dice que su rendimiento es mayor que el de esa otra.</p> <p>III. El rendimiento de una máquina indica qué proporción de la energía suministrada es capaz de aprovechar en su funcionamiento. Se suele expresar porcentualmente. Para que el rendimiento fuese del 100%, la máquina tendría que convertir toda la energía recibida en energía útil, es decir, que cada 100 Julios que recibiera, los convirtiera todos en energía útil. Pero esto es imposible porque no existe (ni existirá) la máquina perfecta que lo consiga. Lo que ocurre realmente es que de cada 100 Julios recibidos, la máquina sólo aprovecha una parte y el resto (la mayor parte) se desperdicia o degrada.</p>
<p>TRABAJO (MECÁNICO)</p>
<p>I. –</p> <p>II. Cuando empujamos o tiramos de un cuerpo, y lo desplazamos cierta distancia, o lo elevamos, decimos que hemos realizado un trabajo. Las máquinas mecánicas ayudan a realizar trabajos de manera más cómoda.</p> <p>III. El trabajo es un mecanismo de transferencia de energía, que se produce al desplazar un cuerpo cierta distancia mientras se ejerce una fuerza en la dirección de tal desplazamiento.</p>
<p>POTENCIA (MECÁNICA)</p>
<p>I. –</p> <p>II. Hablamos de una máquina potente cuando es capaz de desarrollar un gran trabajo, o tarea dificultosa, en poco tiempo.</p> <p>III. La potencia de una máquina indica el trabajo que es capaz de realizar durante 1 segundo. La potencia se mide en vatios (julios/segundo). Una maquinilla de afeitar suele tener una potencia de 50W y una placa calefactora entre 1000 y 2000W.</p>
<p>TEMPERATURA</p>
<p>I. La temperatura es una propiedad que podemos apreciar con el sentido del tacto y el resultado percibido lo expresamos diciendo “lo caliente o frío que está un objeto”. (Si bien el tacto es engañoso).</p> <p>II. La temperatura es una propiedad de los cuerpos que podemos medir con un termómetro.</p> <p>III. La temperatura es una propiedad que indica el estado de agitación en que se encuentran las partículas que componen un sistema material (a nivel microscópico). Se cumple que si dos cuerpos con distinta temperatura se ponen en contacto, ambos terminan igualando su temperatura, situándose el valor de ésta entre los que tenían inicialmente cada uno de los cuerpos. (Nótese que no se igualan otras propiedades como su tamaño, su color, etc.).</p>

CALOR
<p>I. –</p> <p>II. Se habla de <i>Calor</i> cuando dos cuerpos con diferentes temperaturas intercambian energía. Esa energía se transfiere siempre del cuerpo más ‘caliente’ al más ‘frío’, mientras que la temperatura de ambos sea distinta.</p> <p>III. Calor es un <i>modo</i> de transferencia de energía, que ocurre entre cuerpos con distintas temperaturas.</p>
MOTOR
<p>I. Muchas máquinas tienen una parte llamada motor, que les permite funcionar por sí solas.</p> <p>II. Los motores necesitan un aporte de energía externa para funcionar, y son los responsables del movimiento autónomo de muchas piezas de las máquinas.</p> <p>III. El motor es un dispositivo de las máquinas que transforma cualquier tipo de energía entrante (eléctrica, eólica, etc.) en energía cinética. Según la fuente de energía empleada para su funcionamiento, los motores pueden ser eléctricos, de combustión, solares, etc.</p>
SOSTENIBILIDAD
<p>I. –</p> <p>II. El uso irresponsable de máquinas provoca que algunas fuentes de energía se agoten más rápidamente, además de provocar contaminación ambiental. La sostenibilidad consiste en utilizar las máquinas con responsabilidad, de manera que puedan preservarse para las generaciones futuras esas fuentes de energía y un entorno saludable.</p> <p>III. El desarrollo económico y tecnológico no sólo supone un mayor bienestar; también tiene consecuencias negativas para la salud y el medio ambiente. El crecimiento, en gran parte desmedido o desproporcionado, del uso de energía y materiales está ocasionando un agotamiento acelerado de los recursos naturales y un deterioro ambiental irreversible, en muchos casos. La sostenibilidad es el <i>desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades</i>. Por tanto, conlleva la idea de un desarrollo y mejora cualitativa de la forma de vida sin <i>crecimiento desmedido</i>; es decir, sin un consumo de energía ni de materiales más allá de lo estrictamente necesario, a fin de preservar el futuro del planeta y la vida de sus habitantes.</p>
IMPACTO AMBIENTAL
<p>I. –</p> <p>II. Cualquier efecto producido por la acción del hombre, generalmente a través del uso de máquinas, industrias, etc., sobre el medio ambiente se denomina impacto ambiental.</p> <p>III. El desarrollo tecnológico alcanzado en el último siglo ha contribuido al desarrollo socio-económico y de bienestar que al menos los países del primer mundo conocen. Sin embargo, dicho desarrollo ha conllevado también, en muchos casos, un impacto negativo sobre la salud y el medio ambiente, caracterizado por una sobreexplotación de recursos naturales (entre ellos, los energéticos) no renovables; la emisión al ambiente de residuos (sólidos, líquidos o gaseosos) contaminantes y no degradables; la destrucción de espacios naturales, así como la desaparición acelerada de especies animales y vegetales.</p>

Contribución al desarrollo de la competencia científica

Establecido el marco conceptual, la enseñanza de la energía en el contexto de las máquinas –omnipresentes en el entorno cotidiano de los escolares– debe contribuir al desarrollo de la competencia científica en los términos actualmente sugeridos para los niveles educativos básicos (Cañas, Martín y Nieda, 2009). Con carácter general, sería deseable que los escolares de la etapa de primaria lleguen a:

- Reconocer situaciones relacionadas con las máquinas, analizables a partir de un conocimiento básico sobre la energía.
- Aplicar los conocimientos básicos sobre la energía para describir, interpretar y hacer predicciones en relación con el funcionamiento de máquinas sencillas.
- Desarrollar la capacidad de planificar y resolver problemas relacionados con la energía en el ámbito de las máquinas: emisión de hipótesis, búsqueda y tratamiento de información, observación, clasificación, toma de decisiones...

- Iniciarse en la elaboración de informes como modo de comunicación de conclusiones obtenidas en las investigaciones escolares sobre la energía en máquinas cotidianas.
- Desarrollar un pensamiento fundamentado y crítico para analizar situaciones sociocientíficas relacionadas con las máquinas y los aspectos energéticos asociados a estas (consumo energético, fuentes de energía, eficiencia energética, impacto ambiental, efectos sobre la salud, etc.).

Planificación de una secuencia de enseñanza sobre la energía en las máquinas

Para planificar una secuencia de enseñanza que favorezca el desarrollo de las competencias científicas anteriores optamos por el modelo de *aprendizaje por investigación guiada* (e.g., García-Carmona, 2011). En síntesis, el modelo promueve la organización de los escolares en equipos, que abordan el estudio de problemas de interés (próximos a su contexto natural y sociocultural), partiendo de sus propias ideas, en interacción permanente con los demás y con diferentes fuentes de información, durante la construcción de los conocimientos; todo ello, con las orientaciones oportunas y permanentes del profesor.

En sintonía con dicho modelo de aprendizaje, se podría iniciar a los escolares en el estudio de la energía en las máquinas planteando la pregunta genérica: *¿Cómo funcionan las máquinas?* Si bien, para integrar los distintos conceptos relacionados con la energía (tabla 1), habría que formular preguntas más concretas que sirvan de hilo conductor para el desarrollo de la investigación escolar. En la tabla 2 se presenta una posible relación de preguntas-guía. Dependiendo del ciclo de la etapa a la que se dirija la secuencia de enseñanza y de la cantidad de conceptos que se deseen tratar, esa relación se podría ampliar, reducir, reformular, etc.

Tabla 2.
Ejemplo de preguntas-guía como hilo conductor para el desarrollo de una investigación escolar en torno al problema *¿Cómo funcionan las máquinas?*

<ol style="list-style-type: none">1. ¿Qué tipos de energía utilizan para funcionar las distintas máquinas que conoces? ¿De qué fuentes proceden esos tipos de energía?2. ¿Qué transformaciones de energía se producen en las máquinas de tu alrededor? ¿Se pierde realmente energía? ¿Por qué puede parecerlo?3. ¿Qué ventajas e inconvenientes tienen unas máquinas respecto de otras de un mismo tipo, según el tipo de energía que emplean en su funcionamiento?4. ¿Qué medidas propones para ahorrar energía en el uso de las máquinas (aparatos) que tienes en casa?
--

Algunas ideas y experiencias previas de los escolares sobre el tema

Son escasos (e.g., Norbury, 2006) los trabajos que se ocupan de la enseñanza de la energía en el ámbito de las máquinas, y más aún los referidos a la etapa de educación primaria. Hernández (2006) plantea una propuesta para la enseñanza de «máquinas y aparatos» en primaria donde hace alusión al concepto de energía, si bien no tenemos información de su efectividad didáctica.

Como parte de un proyecto más amplio sobre la enseñanza de las máquinas en primaria (Criado y García-Carmona, 2011), se realizó un estudio exploratorio en el que se detectaron ideas espontáneas de los escolares respecto a la energía en las máquinas.

Ante la pregunta *qué necesitan las máquinas para funcionar*, los escolares de 1.º ciclo hacen referencia a los «botones» o palancas que se accionan para iniciar su funcionamiento («¡pues se le da al botón!»); también, al hecho de que hay que añadir «productos» con los que trabajan las máquinas (*café, detergente, hilo, gasolina...*). Pero en ninguno caso se piensa en términos de aporte energético.

Ya en el 2.º ciclo, los escolares hacen alusión a más de un aspecto cuando indican lo que necesita una máquina para funcionar («botones», «palancas» y «productos»). Algunos hacen referencia a la alimentación eléctrica, expresando que «hay que enchufarla», que «necesita electricidad», etc. Por lo que, en este nivel, parece emerger la idea de que la máquina necesita algún tipo de aportación (que en su formulación abstracta sería energética), de acuerdo con lo que ya van percibiendo en su experiencia cotidiana.

En el 3.º ciclo, los escolares siguen pensando que lo que necesita una máquina para funcionar es «darle a los botones o palancas», y/o «añadirle productos»; además, hacen referencias claras a la alimentación eléctrica.

Por tanto, que a la «entrada» de una máquina se necesita algún tipo de alimentación (energética), es una idea que surge en el 2.º ciclo y se va afianzando en el 3.º ciclo. Si bien es cierto que no se encuentran evidencias de que los escolares sean conscientes de que las ventajas mecánicas (multiplicación de fuerzas) de los operadores mecánicos sean consecuencia del principio de conservación de la energía.

Fases de la investigación escolar sobre la energía en las máquinas

Para lo que sigue, nos basamos en los planteamientos descritos en otro trabajo (Criado y García-Carmona, 2011) para el desarrollo de una investigación escolar en primaria.

a) Fase inicial: planificación de la investigación

Lo ideal es que la pregunta que se vaya a investigar surja de la inquietud o curiosidad de los escolares. Pero si esto no ocurre, se puede plantear una primera actividad orientada a suscitar el interés de estos por el estudio de las máquinas; por ejemplo, formulando la pregunta: «¿Qué interés puede tener el estudio de las máquinas?». Es posible que entre las respuestas de los escolares surjan algunas relacionadas con la energía; y si no es así, al menos se habrá generado el clima propicio para plantear la pregunta de la investigación escolar («¿Cómo funcionan las máquinas?»).

Tras ello, se organizaría a los escolares en equipos de trabajo para que reflexionaran sobre sus ideas y experiencias en relación con el problema de investigación. Una actividad propicia para ello sería que cada grupo trate de dar una respuesta inicial al problema general planteado. Mediante la reflexión y el intercambio de ideas y opiniones sobre el tema, los equipos elaborarían unas conclusiones consensuadas bajo el título «¿Qué sabemos al empezar sobre cómo funcionan las máquinas?». Posiblemente ello proporcione una primera información de las ideas intuitivas de los alumnos sobre la energía en las máquinas, a fin de poder hacer algunos ajustes o reorientaciones de la secuencia de enseñanza investigadora. En cualquier caso, las ideas de los alumnos irán aflorando conforme se vayan abordando las preguntas-guía de la investigación escolar.

b) Fase de desarrollo: búsqueda de información y construcción del conocimiento escolar

Durante el proceso de búsqueda, organización y discusión de la información relativa a cada una de las preguntas-guía de la secuencia, el profesor guiará a los equipos ante las dudas y dificultades que surjan. Es recomendable también determinar los momentos en los que cada equipo exponga sus avances al resto de la clase, a fin de conocer y debatir sobre lo que van concluyendo. Aquí se debe fomentar que se hagan preguntas y se discuta sobre todo ello. El profesor tendrá un papel relevante como moderador, pero también para aportar valoraciones sobre los procesos y resultados de cada equipo, comentando qué aspectos han sido mejor o peor tratados, así como la indicación de propuestas de mejora; todo ello con el propósito de que los equipos progresen satisfactoriamente en su aprendizaje.

Por tanto, es en esta fase donde se ha de intentar que los escolares se aproximen en lo posible al conocimiento escolar deseable en relación con cada pregunta-guía de la secuencia de enseñanza. La tabla 3 muestra, a modo de ejemplo, qué cabría esperar, en consonancia con lo establecido para el nivel conceptual III (tabla 1), si esta se implementara en el 3.º ciclo de primaria.

Tabla 3.
Conocimiento escolar deseable respecto a la secuencia
de enseñanza si se implementa en el tercer ciclo de primaria

<i>Preguntas-guía de la secuencia de enseñanza investigadora</i>	<i>Referentes de conocimiento escolar deseable</i>
¿Qué tipos de energía utilizan para funcionar las distintas máquinas que conoces? ¿De qué fuentes proceden esos tipos de energía?	<ul style="list-style-type: none"> – En los hogares y su entorno existe una gran variedad de máquinas que emplean distintos tipos de energía para su funcionamiento (mecánica, eléctrica, química, etc.). – El nombre de los tipos de energía está relacionado con la fuente que los genera. Así, la energía solar es la que proviene del sol, la energía eólica, la que proporciona el viento, etc. – El coche de gasolina necesita energía química para funcionar; la batidora, energía eléctrica; la dinamo de la bicicleta, energía cinética, etc. – Según su origen, las fuentes de energía pueden ser: combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural); hidráulica, producida por movimiento o saltos de agua; eólica, generada por el viento; solar, etc. – Según la fuente de energía empleada para su funcionamiento, los motores de las máquinas pueden ser eléctricos, de combustión, solares, etc. – Cuando la fuente de energía, tras cada emisión, se restablece o su ritmo de agotamiento es prácticamente imperceptible, se dice que es renovable (por ejemplo, el sol, el viento...). En caso contrario, se dice que es no renovable (por ejemplo, el petróleo), y terminará agotándose.
¿Qué transformaciones de energía se producen en las máquinas de tu alrededor? ¿Se pierde realmente energía? ¿Por qué puede parecerlo?	<ul style="list-style-type: none"> – El motor es el dispositivo de las máquinas que transforma cualquier tipo de energía entrante (eléctrica, eólica, etc.) en energía cinética. – Las máquinas no aprovechan toda la energía que se les aporta para funcionar; parte se desperdicia (degrada) emitiéndose mediante calor al medio. Pero la cantidad de energía aprovechada y la degradada suman la energía que se aporta inicialmente (ley de conservación de la energía). – Sea cual sea el tipo energía y la fuente que la emite, lo habitual es intentar transformarla en energía eléctrica, que es como mejor suelen aprovecharla para su funcionamiento la mayoría de los aparatos y máquinas que utilizamos. – Un vehículo transforma energía química en energía mecánica; la dinamo de la bici transforma energía cinética en luminosa; una radio transforma energía eléctrica en sonora; etc. – Las máquinas que emiten residuos durante su funcionamiento, a causa de las transformaciones energéticas producidas, suelen ser poco saludables e irrespetuosas con el medio ambiente.
¿Qué ventajas e inconvenientes tienen unas máquinas respecto de otras de un mismo tipo, según el tipo de energía que emplean en su funcionamiento?	<ul style="list-style-type: none"> – Las máquinas que emplean energía procedente de fuentes renovables (p. e., los coches eléctricos) son más saludables y respetuosas con el medio ambiente que las que emplean energía procedente de fuentes no renovables (p. e., los coches de gasoil).
¿Qué medidas propones para ahorrar energía en el uso de las máquinas (aparatos) que tienes en casa?	<ul style="list-style-type: none"> – Es aconsejable utilizar máquinas con mayor rendimiento energético porque aprovechan mejor la energía que se les suministra para su funcionamiento. (Las de mayor rendimiento necesitan menos energía para hacer la misma tarea). – El uso responsable de las máquinas (en cuanto a tiempo, normas de funcionamiento, etc.) permite ahorrar energía, a la vez que un ahorro económico y la consecución de un entorno más saludable. – El uso responsable de las máquinas, con el consecuente ahorro energético, contribuye a tener un mundo más sostenible, que preserve el futuro del planeta y de las generaciones venideras.

El profesor tendrá que promover todas aquellas situaciones de aprendizaje que ayuden a los escolares a progresar hacia las ideas deseables. Situaciones que les permitan tomar conciencia de las limitaciones

de sus ideas intuitivas y de cómo otras (científicas) permiten explicar mejor las situaciones analizadas. Para ello, se podrán plantear actividades orientadas a generar conflictos cognitivos –sobre todo, para el caso de las ideas más arraigadas–; actividades que ayuden a organizar y relacionar ideas dispersas sobre la misma situación, o cualquier otro tipo de actividad que favorezca la construcción del conocimiento escolar deseable. Por ejemplo, si se desea comenzar la secuencia en el 2.º ciclo de primaria, la idea de que las máquinas necesitan algún aporte energético para funcionar (no solo tener un botón activador) se puede reforzar con una sencilla actividad donde los escolares manipulen diversos tipos de coches de juguete: eléctricos (o de pilas), mecánicos (o de cuerda) y sin mecanismo específico (solo el chasis y las ruedas). Con las preguntas y orientaciones oportunas del profesor, los escolares pueden concluir que, para ponerlos en marcha, todos necesitan que se les aporte «algo» (en unos casos nosotros, empujando, en otros las pilas o el muelle de la cuerda). Y que a ese «algo» se le llama energía. También permite abordar el concepto de trabajo, sobre todo con el coche impulsado a mano.

Asimismo, y como actividad complementaria a las que se realicen en clase, se aconseja la visita de los escolares a algún centro de producción de energía, de investigación energética; a alguna cochera de autobuses urbanos, donde existan modelos con motores de combustión y con motores eléctricos, etc.

c) Fase final: Elaboración del informe de investigación y conclusiones globales

Una vez abordadas las preguntas-guía de la investigación escolar, presentados en clase los progresos y las primeras conclusiones, y sometidos a la valoración constructiva del profesor, cada equipo elaborará un informe. Los informes de los equipos servirán para extraer conjuntamente las conclusiones globales ante la pregunta *¿Cómo funcionan las máquinas?* Es importante que los escolares aprendan a escribir informes o memorias de sus experiencias de aprendizaje; principalmente cuando se desarrollan dentro de una investigación escolar. Su elaboración permite, además, un acercamiento coherente a la auténtica actividad científica; si bien en el contexto educativo la importancia de elaborar un informe de investigación recae, sobre todo, en ayudar a los escolares a la comprensión y estructuración de las ideas, así como al desarrollo de la competencia lingüística, entre otras competencias (García-Carmona, 2008).

A MODO DE CIERRE

Una educación científica adecuada en torno a la energía debe auspiciar la adquisición de unas competencias básicas que provean a la ciudadanía de los principios de prevención y precaución ante la producción y el uso de esta. Solo el diseño y el análisis de nuevos planteamientos didácticos permitirán avanzar en tal propósito.

Con tal fin, se ha presentado un planteamiento que propone, para la etapa de primaria, la construcción inicial de las ideas básicas sobre la energía: *tipos y fuentes de energía, transformaciones, conservación y degradación de la energía, e impacto socioambiental relacionado con la energía*; todo ello, en un ámbito curricular idóneo como el de las máquinas.

La intención es valorar –en un futuro inmediato– la efectividad del planteamiento didáctico presentado. Para ello, se procurará contar con la colaboración de un equipo de maestros y maestras que se muestren dispuestos a experimentar con ella en sus aulas. De este modo, se podrá obtener información concluyente para ir mejorando la enseñanza-aprendizaje de la energía desde edades tempranas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALOMA, E. y MALAVER, M. (2007). Análisis de los conceptos de *energía, calor, trabajo y el teorema de Carnot* en textos universitarios de termodinámica. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), pp. 387-400.
- ALONSO, M. y FINN, E. J. (1995). *Física*. Buenos Aires: Addison-Wesley-Iberoamericana.
- BOOHAN, R., STYLIANIDOU, F. y OGBORN, J. (2001). Teaching about energy and training for innovation. En Pintó, R. y Surinach, S. (eds.), *International Conference on Physics Teacher Education Beyond 2000*. Paris: Elsevier, pp. 177-180.
- CAMPBELL, B. y LUBBEN, F. (2000). Learning science through contexts: helping pupils make sense of everyday situation. *International Journal of Science Education*, 22(3), pp. 239-252.
- CAÑAL, P., POZUELOS, F. J. y TRAVÉ, G. (2005). *Proyecto Curricular Investigando Nuestro Mundo (6-12) Descripción general y fundamentos*. Sevilla: Díada.
- CAÑAS, A., MARTÍN, M. J. y NIEDA, J. (2009). Definición y secuenciación de la competencia científica en la LOE. *Aula de Innovación Educativa*, 186, pp. 7-9.
- CARLTON, K. (2000). Teaching about heat and temperature. *Physics Education*, 35(2), pp. 101-105.
- CRiado, A. M. y GARCÍA-CARMONA, A. (2011). *Investigando las máquinas y artefactos*. Sevilla: Díada.
- DOMÉNECH, J. L., GIL-PÉREZ, D., GRAS-MARTÍ, A., GUIASOLA, J., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., SALINAS, J., TRUMPER, R., VALDÉS, P. y VILCHES, A. (2007). Teaching of energy issues: A debate proposal for a global reorientation. *Science & Education*, 16, pp. 43-64.
- FEYNMAN, R. LEIGHTON, R. B. y SANDS, M. (1964). *The Feynman Lectures on Physics. Volume 1*. Nueva York: Addison-Wesley.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2008). Relaciones CTS en la educación científica básica II: Investigando los problemas del mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), pp. 389-402.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2011). *Aprender Física y Química mediante secuencias de enseñanza investigadoras*. Málaga: Aljibe.
- GARCÍA-CARMONA, A. y CRIADO, A. M. (2008). Enfoque CTS en la enseñanza de la energía nuclear: análisis de su tratamiento en textos de física y química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(1), pp. 107-124.
- GARCÍA-CARMONA, A. y CRIADO, A. M. (2010). La competencia social y ciudadana desde la educación científica: una experiencia en torno al debate de la energía nuclear. *Investigación en la Escuela*, 71, pp. 25-38.
- GOLDRING, H., y OSBORNE, J. (1994). Students' difficulties with energy and related concepts. *Physics Education*, 29(1), pp. 26-32.
- GONZÁLEZ, A. (2006). El concepto de energía en la enseñanza de las ciencias. *Revista Iberoamericana de Educación*, 38/2. Consultado el 30/05/2010 en: <<http://www.rieoei.org/deloslectores/1184gonzalez.pdf>>.
- HERNÁNDEZ, L. (2006). Criterios de secuenciación de contenidos en educación primaria: aplicación al caso de "máquinas y aparatos". *Educación Química*, 17(1), pp. 33-38.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1991). *La ciencia de los alumnos*. Vélez-Málaga: Elzevir.
- LAWSON, R. A. y MCDERMOTT, L. C. (1987). Student understanding of the work-energy and impulse-momentum theorems. *American Journal of Physics*, 55(9), pp. 775-863.
- LIU, X., y MCKEOUGH, A. (2005). Developmental growth in students' concept of energy: Analysis of selected items from the TIMSS database. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), pp. 493-517.
- LOPES, R. (2009). On the concept of energy: how understanding its history can improve physics teaching. *Science & Education*, 18, pp. 961-983.
- MILLAR, R. (2005). *Teaching about energy*. York: University of York.

- NORDINE, J., KRAJCIK, J. y FORTUS, D. (2011). Transforming Energy Instruction in Middle School to Support Integrated Understanding and Future Learning. *Science Education*, 95(4), pp. 670-699.
- NORBURY, J. W. (2006). Working with simple machines. *Physics Education*, 41(6), pp. 546-550.
- PACCA, J. L. y HENRIQUE, K. F. (2004). Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(1), pp. 159-166.
- PÉREZ, M. C. y VALERA, M. P. (2006). Una propuesta para desarrollar en el alumno de secundaria una visión unificada de la física a partir de la energía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), pp. 237-250.
- PINTÓ, R. (2004). ¿Qué modelo de energía deseamos que construyan nuestros estudiantes de secundaria? *Alambique*, 42, pp. 41-54.
- PINTÓ, R., COUSO, D. y GUTIÉRREZ, R. (2005). Using research on teachers' transformations of innovations to inform teacher education. The case of energy degradation. *Science Education*, 89(1), pp. 38-55.
- POZO, J. I. y GÓMEZ, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- SAAT, R. M. (2010). Progression or regression? Children's understanding of the heat concept from primary to secondary school. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 9, pp. 414-417.
- SOLBES, J. y TARÍN, F. (2004). La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), pp. 185-194.
- STYLIANIDOU, F. y OGBORN, J. (1999). Teaching about Energy in Secondary Schools: The case of two innovations and teachers' transformations of them. Proceeding of the ESERA Conference in Kiel.
- TANG, K.-S., TAN, S. C. y YEO, J. (2011). Students' Multimodal Construction of the Work-Energy Concept. *International Journal of Science Education*, 33(13), pp. 1775-1804.
- TATAR, E. y OKTAY, M. (2007). Students' Misunderstandings about the Energy Conservation Principle: A General View to Studies in Literature. *International Journal of Environmental & Science Education*, 2(3), pp. 79-81.
- VAN HEUVELEN, A. y ZOU, X. (2001). Multiple representations of work-energy processes. *American Journal of Physics*, 69(2), pp. 184-194.

TEACHING THE TOPIC OF ENERGY TO 6-12 YEAR OLDS: AN APPROACH USING MACHINES FROM THE SCIENCE CURRICULUM

Antonio García-Carmona, Ana M. Criado
Departamento de Didáctica de las Ciencias
Universidad de Sevilla.
garcia-carmona@us.es, acriado@us.es

This paper proposes a method for teaching the topic of *energy* in primary school (age 6-12) based on *machines* from the science curriculum. A literature review on the different approaches to teaching *energy* and students' associated learning difficulties are presented. Specific questions reviewed include: *What is energy? Should different concepts of energy be introduced? What concept should be introduced: transfer of energy, transformation of energy or both? How is energy transferred?* and *What is the importance of the degradation of energy concept?* The authors advocate the teaching of both energy concepts in primary school. A hypothesis is presented consisting of three levels for progressive introduction in primary school. Several concepts referring to energy and machines are discussed. This proposal is based on Piaget's stages of cognitive development, specifically the concrete operational stage. Concepts included in the proposal are: *energy* (transferring, transformation, conservation, and degradation); energy sources; forms of energy; energy efficiency; (mechanic) work; (mechanic) power; temperature; heat; engine; sustainability; and environmental impact. This is followed by a discussion on the application of the didactic approach for the development of students' scientific competencies. Emphasis is placed on the suggested learning outcomes for each education level. The following competences are developed:

- Ability to recognize situations involving machines and analyze basic energy concepts.
- Ability to apply basic concepts of energy to describe, interpret and predict the functioning of simple machines.
- Develop planning and problem-solving skills related to energy and the context of certain machines.
- Ability to discuss reports and formulate conclusions. This is developed through inquiry-based learning with activities based on energy and common machines.
- Develop critical thinking skills to analyze socio-scientific issues related to machines and associated factors (energy consumption, energy sources, energy efficiency, environmental impacts, health effects, etc.).

Lastly, a didactic classroom activity is presented in the context of inquiry-based learning to develop students conceptual understandings related to energy and machines.

Further research is required to assess the educational effectiveness of this didactic approach. This will provide information to further improve the teaching of *energy* in basic education.