

CONCEPCIONES SOBRE ENERGÍA DE ESTUDIANTES DE CARRERAS UNIVERSITARIAS NO FÍSICAS

Cordero, S.^{1,3}; Mordegli, C.^{2,3}

¹Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UNLP.

²Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.

³Grupo de Didáctica de las Ciencias, IFLYSIB.

scordero@netverk.com.ar

Resumen

Esta ponencia comenta los resultados obtenidos a través de la aplicación de un cuestionario sobre energía a estudiantes universitarios de carreras no físicas, con el fin de relevar sus concepciones antes de la enseñanza del tema en el contexto de una experiencia educativa innovadora. Las respuestas dadas por los alumnos fueron volcadas en una base de datos que permitió su tratamiento cuanti y cualitativo, elaborándose para el caso de las preguntas abiertas, categorías emergentes de las propias expresiones de los estudiantes. Los resultados al definir el concepto evidenciaron los aprendizajes realizados por los alumnos en instancias previas de su formación, pero en la resolución de situaciones problemáticas, particularmente en la justificación de las opciones cerradas, mostraron la utilización de nociones de sentido común.

Palabras clave: energía, enseñanza, concepciones alternativas.

INTRODUCCIÓN

«Crisis energética», «consumo o ahorro de energía», «problemas de abastecimiento». Expresiones cotidianas – desgraciadamente, dadas las consecuencias sociales y medioambientales que implican - que pueblan los medios y el lenguaje común, contribuyendo a construir representaciones sociales acerca de la energía. “Principio de conservación de la energía”, “energía como función de estado de un sistema”, “energía cinética o potencial”, “energía mecánica o interna”. Nociones construidas desde la física que, para su aprendizaje, exigen cambios conceptuales, epistemológicos y ontológicos (Pozo y Gómez Crespo, 1998) muy difíciles de lograr en los diversos niveles de la educación científica. Y más aún cuando la propia educación científica, en sus distintos niveles, exhibe desactualizaciones y contradicciones. La aparición del concepto moderno de energía fue paralela a la declinación de la teoría del calórico ocurrida durante el siglo XIX (Cotignola et al, 2002). Sin embargo “gran cantidad de artículos científicos y libros de texto de diferentes niveles educativos aún están orientados con términos y concepciones provenientes de la teoría del calórico” (Michinel y D’Alessandro Martínez, 1994). Por otro lado, no existen acuerdos entre los investigadores acerca de cuál constituye el mejor abordaje del tema para cada nivel de enseñanza (Pérez Landazábal et al, 1995).

Las concepciones sobre energía que poseen los estudiantes vienen siendo objeto de análisis desde el comienzo del Movimiento de las Concepciones Alternativas en los años '80 del siglo XX. Existen algunas revisiones acerca de los trabajos sobre este tema (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Assis y Pacubi, 2003; Hierrezuelo Moreno, 1986) que, en general, coinciden en sus conclusiones, sintetizadas por Hierrezuelo Moreno y Montero Moreno (1989) en los siguientes ítems: “Asociación de la energía con los seres vivos, Identificación fuerza-energía; La energía sinónimo de combustible; La energía como algo “casi” material almacenado; La energía asociada al movimiento y a la actividad; La energía puede gastarse”.

Solbes y Tarín (1998) coinciden en la mayoría de los ítems y agregan algunos aspectos más, planteando de la siguiente forma los hallazgos más frecuentes: “la confusión entre trabajo y esfuerzo (...), considerar sólo uno de los factores que intervienen en el trabajo olvidando el otro, identificar trabajo y energía (...), asignar un cierto carácter material a la energía (...), asociarla al movimiento, la actividad (...) o a los procesos (...), considerar que la energía puede gastarse (...) o almacenarse (...) confundir las formas de energía con sus fuentes (...), atribuir la energía potencial al cuerpo y no a la interacción entre los cuerpos (...) ignorar la variación de la energía interna (...), asignar un carácter sustancial al calor (...) o considerarlo como una forma de energía (...), confundir la cantidad de calor y la temperatura (...). Y, muy en especial, no activar los esquemas de transformación, conservación, transferencia y degradación de la energía...”. En esta ponencia presentamos un nuevo análisis de la información recabada a través de un cuestionario utilizado previamente al abordaje del tema con estudiantes universitarios de Física General, en el contexto de una investigación más amplia sobre el aprendizaje y la enseñanza del tema energía en propuestas educativas innovadoras. Un primer análisis fue presentado en trabajos previos (Cordero et al, 2003; Cordero y Dumrauf, 2002), pero la relectura de los datos realizada para este trabajo nos ha permitido refinar algunas categorías y construir otras nuevas, que creemos constituyen un aporte a nuestra cabal comprensión de lo que los estudiantes piensan - y pueden manifestar- sobre la energía.

CARACTERIZACIÓN DEL CONTEXTO Y LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La propuesta innovadora de nivel universitario seleccionada para este estudio fue el Taller de Enseñanza de Física (TEF), en la Universidad Nacional de La Plata. El TEF constituye una experiencia singular de enseñanza de Física en el contexto de la Universidad argentina, por su continuidad y lo que podríamos considerar su éxito. Tuvo su inicio en 1985, cuando la democratización política nacional se manifestó en la

Universidad, y posibilitó la creación de nuevos espacios de reflexión, innovación pedagógica y participación. Se trata de una materia de “correlación”, ofrecida por la Facultad de Ciencias Exactas para los alumnos de la Facultad de Ciencias Naturales, con la participación de docentes de ambas unidades académicas y estudiantes avanzados de las Licenciaturas en Biología y Geología, constituyendo así un equipo interdisciplinario. Fueron realizados varios trabajos a fin de describir y sistematizar la innovación, pero aún quedan muchos interrogantes sobre los procesos que allí ocurren. La concepción de taller subyacente a esta propuesta no se restringe a la puesta en práctica de algunas técnicas grupales y de participación de los alumnos. Implica modificaciones sobre todo el curso, que van desde la reformulación de los roles de docentes y alumnos, hasta la implementación de diferentes modalidades y tipos de evaluación, en función de una perspectiva procesual de la misma (Cordero et al, 1996). La experiencia se propone promover no sólo la apropiación de conocimientos físicos, sino también la formación de actitudes, tales como la autonomía, el pensamiento crítico, la solidaridad, la responsabilidad, entre otras. Los docentes del TEF consideran necesario, por lo tanto, crear un clima de clase favorable para propiciar cambios en el estudiante, tendiendo a que alcance su autonomía y realización personal. A fin de obtener una imagen de la construcción de conocimientos relativos al tema energía realizada por los alumnos, y manteniéndonos en este aspecto en el paradigma de las concepciones alternativas, previamente al tratamiento áulico del tema, aplicamos un cuestionario. En el cuestionario utilizado se solicitaba una definición personal del concepto “Energía”; luego la presentación de un ejemplo a partir de su idea; y, finalmente, el análisis de dos situaciones problemáticas. La primera de ellas apuntaba a explorar si los alumnos poseían la idea de Energía potencial (en el caso analizado se trataba de Energía potencial elástica) y si utilizaban la noción de conservación de la Energía. La segunda también evaluaba su noción de conservación de la energía, pero además exigía el establecimiento de condiciones para que ello ocurra. Fueron relevados los conocimientos de toda la población de alumnos presente en la clase previa al inicio del tema, vale decir 103 alumnos. Se transcribieron literalmente las respuestas obtenidas a fin de elaborar una base informática que permitiera el tratamiento cuanti y cualitativo de los datos. Vale aclarar que, si bien los docentes del TEF conocieron el contenido y la forma del cuestionario a aplicar, en ningún caso orientaron luego o previamente su enseñanza hacia el abordaje de los saberes necesarios para su resolución.

DEFINICIONES DE ENERGÍA

Ante el pedido de una definición de energía la mayoría de los estudiantes acudió para hacerlo a otras magnitudes físicas. 43 alumnos relacionaron a la energía de diversas maneras con el término **trabajo**. Dentro de esta categoría, agrupamos las definiciones que plantean a la energía como: capacidad de/sirve para/forma de/se necesita para realizar trabajo; es una aplicación de trabajo sobre algo; es trabajo/permite trabajo/cantidad de trabajo realizado; es una magnitud que expresa un trabajo realizado a una masa/de la cantidad de trabajo que puede realizar un objeto; es una propiedad física de los cuerpos cuando realizan trabajo; es el elemento que utilizamos para realizar un trabajo. En lugar de definirla, 33 estudiantes aludieron a diversas **propiedades** de la energía (en algunos casos correctas, desde el punto de vista científico, y en otros, procedentes del sentido común): no se destruye/pierde; se transforma; no se crea/gana; se transmite/se transfiere; se puede almacenar; se acumula en un cuerpo, se utiliza para un fin determinado/de una manera y puede transformarse en "otra cosa" de manera infinita; se reutiliza constantemente; se puede crear; es renovable; se gasta; es importante la obtención; lo importante son sus cambios; es una fuente de poder; es intangible. Otros estudiantes relacionaron energía con **fuerza** (28 casos). Directamente la definieron como una fuerza (20 casos) o acumulación de fuerzas. En otros casos la mencionaron como: fuente de /permite ejercer fuerza; capaz de producir fuerza/reacción; forma de representar o nombrar la capacidad de producir una fuerza sobre algo. 20 estudiantes vincularon a la energía con el **movimiento** (viéndola como fuente de movimiento, movimiento en sí misma o expresada por movimiento) y 18 definieron el concepto mencionando distintos **tipos** de energía (cinética, la que conserva el cuerpo, lumínica, eólica, hidroeléctrica, química, eléctrica, calor, potencial, calórica, química). 15 estudiantes plantearon definiciones que calificamos como "**metafísicas**", expresando por ejemplo que la energía es: un factor que hace posible que ciertos eventos ocurran, medio por el cual se mueve el mundo y todas las cosas/ por el que las cosas son "capaces" de cometer acciones, esencia que permite llevar a cabo funciones vitales, es un ente. La energía fue definida por 12 estudiantes como **fuentes o no de cambios**, en algunos casos entendiéndola como material necesario para hacer funcionar algo. Otros la concibieron como una capacidad de modificar el estado de un cuerpo/modelo/objeto y un solo estudiante consideró que se aplica sobre un sistema sin modificar su estado. Definieron a la energía a través de **otros conceptos** (flujo, carga, potencia/impulso, velocidad de la luz) 6 de los estudiantes. En 7 casos consideramos que no era posible clasificar las definiciones enunciadas por los alumnos. 5 estudiantes se refirieron al **papel de la energía en el universo** y dos ofrecieron **formulaciones en términos**

matemáticos. 8 estudiantes decidieron no contestar a este ítem.

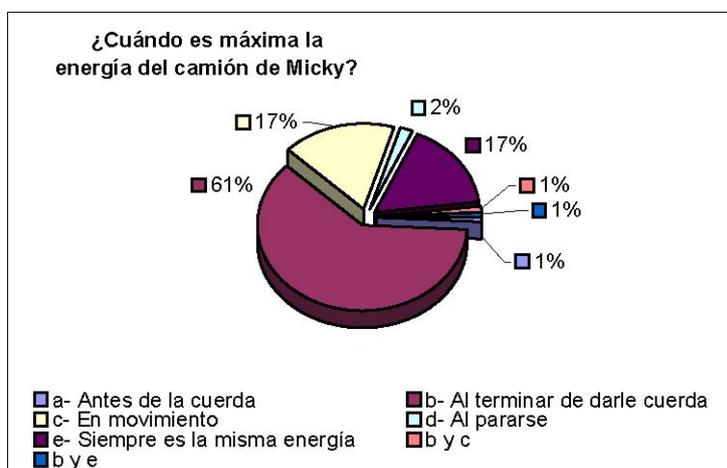
EJEMPLOS DE LAS IDEAS DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LA ENERGÍA

Los ejemplos dados por los alumnos se relacionaron principalmente con el **movimiento o la energía motriz** (25 estudiantes). En muchos casos mencionaron la energía **lumínica/solar/luz del sol** (21 alumnos). 13 estudiantes específicamente hablaron de la **fotosíntesis** y otros 23 de la energía utilizada en distintas **funciones vitales** (algunos desde el sentido común: *“La energía que tiene una persona para levantarse todos los días y salir a caminar”* - y otros con términos científicos: *“Se aplica en el traspaso de E por ejemplo: de productores de E como las plantas hasta los consumidores primarios (herbívoros). Esta E es utilizada por ambos. la E de la biomasa del consumidor primario pasa a los consumidores secundarios como por ejemplo los carnívoros. Y así se produce traspaso de E de organismos a otros”*). Otro grupo importante de ejemplos se vinculó con el **funcionamiento de electrodomésticos** y/o elementos que utilizan energía eléctrica. También aparecieron casos en los que se mencionó específicamente a la energía **mecánica** (3) o alguna de sus formas, ya sea cinética (10), potencial (6), además de 4 casos en los que se plantearon situaciones que involucraban la posición de un cuerpo a determinada altura. Algunos **tipos** de energía fueron citados por uno o dos estudiantes (eólica, lumínica, química, calórica, nuclear, electromagnética, hídrica, térmica, elástica, energía de enlace, etc). La concepción de la energía como un **combustible** que se gasta, se consume, se almacena o acumula apareció en 7 ejemplos. 13 ejemplos mencionaron **propiedades** de la energía, como la transferencia (a veces hablando de traspaso o transmisión también) y la transformación (o conversión). 7 estudiantes ofrecieron ejemplos en los que la energía aparece como **trabajo** o trabajo mecánico. Y 5 mencionaron otros conceptos (impulso y calor). En 4 ejemplos hablaron del funcionamiento de motores y en 2 mencionaron las calorías brindadas por los alimentos. En **Otros** (25 casos) agrupamos ejemplos planteados sólo por un estudiante, como: *“producen energía los átomos al interactuar entre sí y con el medio que los rodea”* o *“Se debe aplicar energía para comenzar una reacción química”*. Sólo 5 alumnos no respondieron a este ítem.

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA “EL CAMIÓN DE MICKY”

La situación problemática que les planteamos a los alumnos, titulada el “Camión de Micky”, fue elaborada por Brook y Driver (1984) y utilizada por Pérez Landazábal et al (1995). Consiste en presentarles el caso de un camión a cuerda, cuyo estado inicial es de

reposo. Luego de darle cuerda el camión se mueve y finalmente se detiene. La pregunta era cuándo es máxima la energía del camión, y se daban las siguientes opciones: a) Antes de la cuerda, b) Al terminar de darle cuerda, c) En movimiento, d) Al pararse, e) Siempre es la misma energía. Además se solicitaba que la opción fuera justificada. Las respuestas que obtuvimos se distribuyeron de la siguiente forma:

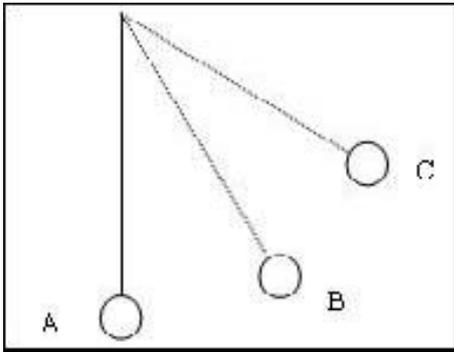


Como surge de la lectura del diagrama, fue importante el porcentaje de alumnos que optó por la respuesta correcta b (61 %). La respuesta c fue elegida por un 17% de los alumnos el mismo porcentaje seleccionó la respuesta e. Las respuestas más frecuentes (opción b) se basaron en ideas que en la caracterización de las definiciones consideramos **propiedades** de la energía. La energía fue pensada como combustible en 65 casos, aunque desde distintas concepciones. Para algunos la energía es algo que se gasta, se libera, se pierde en el movimiento, para otros es algo que hay que otorgarle al sistema para que funcione (la mano al dar la cuerda) y para otros es algo que puede acumularse. Diez alumnos justifican mencionando el **tipo de energía** potencial y dos además consideran la transformación de energía potencial en cinética. Y en vinculación con su definición de la energía como capacidad para realizar trabajo, algunos alumnos relacionaron el movimiento con la realización de **trabajo**. Las justificaciones de los estudiantes que optaron por c se relacionaron en su mayoría con el **movimiento** en sí mismo y con su idea de **velocidad**. Y los alumnos que consideraron que la energía siempre es la misma lo justificaron desde la idea de que la energía siempre es la misma y se va **transformando** de potencial a cinética.

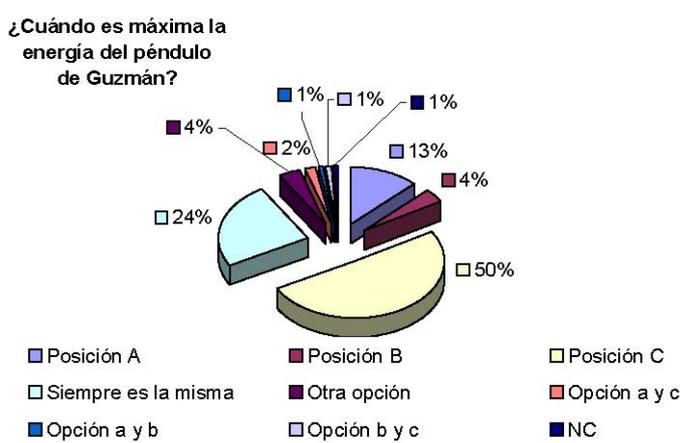
SITUACIÓN PROBLEMÁTICA: EL PÉNDULO DE GUZMÁN¹

El problema planteado mostraba un diagrama de un péndulo y el señalamiento de

tres posiciones por las que pasaría el mismo al soltarlo desde la posición C. Se solicitaba a los alumnos que optaran entre cinco posibles respuestas a la pregunta sobre cuándo era máxima la energía: a) en la posición A, b) en la posición B, c) en la posición C, d) siempre es la misma energía, e) otra opción. No se brindaba ninguna información acerca de las características ni las condiciones de la experiencia, lo cual permitía y exigía que los alumnos estableciesen sus propias condiciones.



El mayor porcentaje de alumnos (50%) coincidió en optar por la posición C. Estas respuestas se basaron nuevamente en lo considerado más arriba como **propiedades** de la energía, ya que la pensaron como un combustible que se gasta en el movimiento, o hay que otorgárselo al sistema para que funcione (la mano al soltar el péndulo). Algunos justificaron utilizando su idea del **tipo** de energía potencial. El 24% eligió la opción D, pero la mayoría de ellos no justificó su opción y otros hablaron de la existencia de una variación entre **tipos** de energía. El 13 % optó por la respuesta A. Las justificaciones a las opciones minoritarias volvieron a mostrar la relación de la energía con el movimiento, su valor máximo asociado a la máxima altura y la variación entre tipos (de potencial a cinética).



CONCLUSIONES

En el problema del camión de Micky, la opción más frecuente fue la respuesta correcta (opción b); aunque en la instancia de las justificaciones la concepción de energía evidenciada apareció erróneamente como algo material, almacenable, y que se libera en el movimiento. En el caso del péndulo pocos alumnos establecieron las condiciones para su análisis, fue mayoritaria la respuesta correcta de tratarse de un péndulo real (50%), escaso el porcentaje de respuestas correctas si consideráramos al péndulo ideal (24%) y la mayoría de estos estudiantes no fueron capaces de justificar su opción. Tanto en las definiciones presentadas cuanto en los ejemplos, se evidenció el abordaje al concepto de energía que los estudiantes realizaron en otras instancias formativas, tomando importancia la relación entre energía y trabajo. Pero en la resolución de situaciones problemáticas esa relación casi desapareció, adquiriendo relevancia las propiedades de la energía que implican pensarla como un combustible, que se gasta, se libera, se acumula y es necesaria antes de iniciar los procesos. Si bien Hierrezuelo Moreno y Montero Moreno (1989) colocan como primera categoría la asociación de la energía con los seres vivos, en estas encuestas sólo apareció reflejada dicha relación en algún porcentaje de ejemplos y no en las definiciones. Las categorías planteadas por Solbes y Tarín (1998) coinciden en su mayoría con las construidas por nosotros a partir de las definiciones y ejemplos propuestos por los estudiantes, pero deberíamos sumar a ellas la consideración de la energía relacionada con el concepto de fuerza, así como actuar como fuente de cambios. Los resultados obtenidos en esta instancia serán retomados en un análisis comparativo con los recabados a través del mismo instrumento a posteriori de la enseñanza del tema en el TEF, junto con los relevados a través de videograbaciones durante la resolución de experiencias en clase destinadas a la indagación de ideas previas.

Notas

¹ El nombre de esta situación es un homenaje a un antiguo Asistente de Laboratorio del Departamento de Física que siempre colaboró con el TEF cumpliendo su labor alegre y generosamente.

Bibliografía

Assis, A. y Pacubi, O. (2003). Algumas considerações sobre o ensino e aprendizagem do conceito de energia. *Ciencia & Educação* 9 (1), 41-52.

Brook, A. y Driver, R. (1984) Aspects of Secondary students' Understanding of Energy.

Children's Learning in Science Research Group. CSSME, University of Leeds.

Cordero, S. y Dumrauf, A. G. (2002). De innovaciones, saberes científicos e interacciones discursivas en la UNLP. Actas electrónicas del III Encuentro Nacional "La Universidad como objeto de investigación".

Cordero, S., Dumrauf, A. y Ocampo, O. (2003) "Sabemos que gracias a ella ocurre casi todo en el universo...": Ideas de alumnos y propuestas de enseñanza sobre la energía. Atas Eletrônicas do 4º ENPEC.

Cordero, S.; Petrucci, D. y Dumrauf, A. G. (1996). Enseñanza universitaria de Física: ¿en un taller? Revista de Enseñanza de la Física, 1 (9), 14-22.

Cotignola, M. I., Bordogna, C., Punte, G. y Cappannini, O. M. (2002) Difficulties in learning thermodynamic concepts: are they linked to the historical development of this field? Science & Education, 11, 279-291.

Hierrezuelo Moreno, J. (1986). Revisión bibliográfica sobre la enseñanza de la energía. Enseñanza de las Ciencias 4 (3), 266-268.

Hierrezuelo Moreno, J. y Montero Moreno, A. (1989) La ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la Física y la Química. España, Ed. Laia, Ministerio de Educación y Ciencia.

Michinel, J.L. y D'Alessandro Martínez, 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.

Pérez Landazábal, M.C., Favieres, A., Manrique, M.J. y Varela, P. (1995) La energía como núcleo en el diseño curricular de la Física. Enseñanza de las Ciencias 13 (1), 55-65.

Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998) Aprender y enseñar ciencia, Madrid, Morata.
Solbes, J. y Tarín, F. (1998) Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. Enseñanza de las Ciencias 16 (3), 387-397.