

UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA NEGOCIAR SIGNIFICADOS ACERCA DEL CONCEPTO DE ENERGÍA

María Alejandra Domínguez y María Silvia Stipcich

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas. NIECyT. mdoming@exa.unicen.edu.ar, sstipci@exa.unicen.edu.ar

[Recibido en Marzo de 2009, aceptado en Julio de 2009]

RESUMEN

El trabajo que comunicamos es una propuesta didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de la energía con alumnos de la enseñanza secundaria. La misma se encuentra atravesada por dos ejes fundamentales, a saber, el eje disciplinar, la Física, y el de la negociación de significados; siendo la argumentación el tipo de discurso mediador en ese proceso. En relación al primero se propone el estudio de la conservación, transformación y degradación de la energía. Con respecto al segundo, se plantea un estilo de trabajo en clases fundamentado en una concepción del proceso de enseñanza y aprendizaje como un continuo de significados que se negocian entre los sujetos, mediados por la acción del profesor. Adquiere de esta forma un marcado interés la emergencia de la co-evaluación, entendiéndosela como la instancia que otorga la posibilidad de revisar productos individuales mediante el debate con los otros miembros de la clase.

Palabras clave: *negociación de significados; energía; propuesta didáctica; estudiantes de secundaria.*

INTRODUCCIÓN

La propuesta que aquí se comunica se inserta en un proyecto de investigación en el que se aspira a estudiar cómo se negocian los significados en clases de Física tomando como indicadores a los discursos argumentativos que se construyen en dicho ámbito mientras se desarrolla el tema la energía. Como parte de tal investigación, luego de haber realizado una revisión bibliográfica respecto a la argumentación, la energía y el vínculo entre ambas, se ideó, diseñó e implementó una propuesta didáctica que se caracteriza en los apartados que siguen.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PROPUESTA

Se entiende por propuesta didáctica a un proyecto escrito (que es parte de la planificación anual) relativo a un proceso de enseñanza y aprendizaje, por el cual el docente anticipa su accionar. Incluye un conjunto de decisiones que involucran aspectos propios del saber disciplinar, así como didácticos, entre los que pueden

nombrarse objetivos, estrategias metodológicas y evaluación. El diseño de esta propuesta posee características compatibles con lo que Sánchez y Valcárcel (1993) han llamado modelo para la planificación de la enseñanza, basado en el diseño de unidades didácticas; aunque no necesariamente los componentes de tal modelo se presentan aquí con la misma denominación utilizada por los autores.

Propósitos de la propuesta

Esta propuesta está dirigida a alumnos de educación secundaria en el año donde se proponga el estudio de la energía¹ y está articulada por dos ejes: el contenido físico involucrado y, la argumentación y la negociación de significados. En relación a estos dos ejes se espera:

- √ Reconocer la necesidad de la configuración de un sistema para estudiar y/o resolver situaciones mediante la aproximación energética.
- √ Comprender el principio de Conservación de la energía para explicar fenómenos cotidianos.
- √ Diferenciar el concepto de energía del de calor y trabajo.
- √ Comprender que la energía se degrada con el uso.
- √ Propiciar situaciones que permitan intercambios entre los alumnos, de tal forma que la argumentación sea un discurso mediador en la negociación de significados².

En relación al último ítem, la noción de situación se asume como parte de un evento didáctico e involucrando componentes psicológicos (Stipcich, Moreira y Caballero, 2007).

ENCUADRE DE LA PROPUESTA

Los desarrollos teóricos que siguen responden a los ejes que organizan la propuesta:

- la argumentación y la negociación de significados;
- el contenido físico involucrado.

a. Acerca de la mirada comunicacional en el aula de ciencias

Las situaciones de clase son el lugar de encuentro de los modos de comunicación entre los docentes y los estudiantes en el marco del referente disciplinar específico.

Se propone que en la escuela la ciencia puede ser, más que "información que se recibe", una posibilidad que da lugar a situaciones que permitan el contraste de ideas, su discusión, su puesta a prueba, su justificación. Es decir, una oportunidad de negociación y re-negociación de significados compartidos a partir de una argumentación que los aproxime a los científicamente aceptados. Esto no supone pensar que en la escuela se debate como entre los científicos. Por el contrario, las

¹ En Argentina puede ser primero o segundo de secundaria o ex-polimodal. En primer año los alumnos tienen entre 15 y 16 años.

² Los objetivos anteriores también forman parte del proyecto de investigación. Asimismo otros propósitos relacionados con la argumentación son los siguientes: Describir las formas argumentativas utilizadas en las clases. Identificar dentro de las formas argumentativas los modos que favorecen y los que dificultan la negociación de significados

discusiones sobre el conocimiento escolar tienen formas propias que merecen ser estudiadas para propiciar la formación de estudiantes autónomos en relación a los modos de razonar. Se plantea una nueva forma de pensar las clases respecto a la tradicional, donde se genere espacios en los que se construya conocimiento escolar argumentado; con miras a que la construcción del conocimiento que se comparta se encuentre cada vez más próximo al científicamente consensuado.

Cross, Taasobshirazi, Hendricks y Hickey (2008) advierten que si uno de los objetivos es desarrollar conocimiento a través de la argumentación se deben tener en cuenta los conocimientos previos de los alumnos. Comentarios similares se encuentran en Von Aufschnaiter, Erduran, Osborne y Simon (2008) sugiriendo además la existencia de una delicada relación entre el *contenido* de la argumentación y el *proceso* que sigue la misma. De esta forma, el papel del profesor en la organización de la clase, la elección de las situaciones (Simon *et. al.* 2002; Cross *et al.* 2008) sería fundamental para lograr un compromiso en el proceso argumentativo por parte de los alumnos. Se permitiría de esta forma que los alumnos puedan proponer sus puntos de vista, defenderlos, refutar otros, pedir argumentos y comprometerse en un proceso de negociación y re-negociación de significados. En cuanto a la influencia de los pares en una discusión Candela (1999) describe las formas o tipos de argumentación que los alumnos desarrollan en el intento de convencer a los otros y los efectos que tienen esas acciones en los turnos subsecuentes contribuyendo a la creación de un contexto argumentativo.

b. Respecto al proceso de enseñanza y aprendizaje

Este trabajo se interesa por el estudio del proceso de enseñanza y de aprendizaje, en particular las negociaciones de significados que ocurren en el aula durante la construcción de los conocimientos. Se entiende el mismo como un fenómeno constructivo y social, el sujeto realiza una construcción personal que no se puede desvincular del contexto en el que ocurre, de las experiencias de las que participa³, de ahí su carácter social y compartido. En este sentido se reconoce la naturaleza tanto constructiva como social de los procesos psicológicos.

Durante ese proceso se suceden distintos momentos de negociación y re-negociación de significados. La negociación de significados es un proceso en el que se presentan diferentes puntos de vista respecto a un tema y el objetivo es resolver la disputa.

c. En relación al contenido disciplinar: la Energía

El encuadre teórico toma en consideración resultados de investigaciones que identifican factores determinantes para la enseñanza y aprendizaje de la energía, tales como:

- Dificultades en el aprendizaje de la energía debidas a la existencia de ideas previas o preconcepciones en los estudiantes (Solomon, 1985; Kesidou y Duit, 1993; Solbes y Tarín, 1998; Cordero y Mordeglia, 2007): considerar la energía como una especie de fluido o sustancia material; señalar que la energía se puede gastar; definir la energía como una fuerza; referir que la energía es una forma de trabajo; atribuir la energía

³ Cabe aclarar que no se trata de un modelo aditivo, entre lo individual y lo social (Cubero, 2005).

potencial al cuerpo, como propiedad de él, desconociendo o no considerando la necesaria interacción entre cuerpos; considerar al calor como una forma de energía; asociar la energía con el movimiento y la situación.

- Existencia de ideas previas en los profesores. Solbes y Tarín (1998) mencionan las siguientes: considerar la energía como una sustancia abstracta; asociar la energía como una sustancia material y utilizar un lenguaje inadecuado.

- El tratamiento del tema energía y su conservación, en los libros de texto de nivel universitario de física básica y en los de cursos previos a la universidad, también ha sido estudiado (Michinel y D'Alessandro, 1993, 1994). Una de las ideas que persiste en los libros de texto es considerar la energía como "la capacidad de un sistema para realizar trabajo". La energía puede transformarse o transmitirse por medio de trabajo pero nunca transformarse en trabajo. Aloma y Malaver (2007) realizaron una investigación tomando como muestra libros de texto de termodinámica de nivel universitario y establecieron que en la mayoría de los libros aparece el término energía pero no se define en forma explícita. Sólo en uno se la define como la capacidad para producir un efecto.

Además de las dificultades consignadas entorno al concepto de energía esta propuesta toma en cuenta la síntesis de consideraciones y/o proposiciones expresados por varios autores, (Solbes y Tarín, 1998; Doménech, Gil-Pérez, Gras, Guisasola, Martínez-Torregrosa y Salinas, 2001; Doménech, Gil-Pérez, Gras, Guisasola, Martínez-Torregrosa, Salinas, Trumper y Váldez, 2003) en cuanto a la enseñanza de la Energía:

- Asociar el estudio de la energía a los *cambios*. Propiciamos plantear situaciones que involucren el estudio de los cambios y transformaciones que sufren los sistemas, debido a las interacciones con otros sistemas o entre sus partes. La idea de energía se puede introducir relacionada a la búsqueda de vínculos entre los cambios. Como primera aproximación, se puede asociar la energía "a la capacidad de producir transformaciones" (Doménech et al., 2003).

- Utilizar estrategias para la *construcción tentativa* de los conocimientos acerca de la energía. Proponemos presentar situaciones que promuevan una (re)construcción de los conocimientos, donde los alumnos puedan concebir hipótesis, hacer diseños experimentales, reconocer y aplicar la validez universal del principio de conservación y transformación de la energía aplicable a cualquier proceso físico, químico, biológico.

- "Introducir el concepto de energía como instrumento para el estudio de las transformaciones, considerando su significado como una primera aproximación destinada a evolucionar" (Ibíd. p. 10). Se trata de introducciones no operativas, ya que los tratamientos cuantitativos pueden transmitir una visión distorsionada y empobrecida de la ciencia.

- Expresar a la energía como una *propiedad de los sistemas* y no de un cuerpo aislado. Por ejemplo, si se piensa en un objeto aislado en el espacio, lejos de cualquier otro objeto con el que interactuar, no se le puede asociar la energía potencial gravitatoria. El mismo concepto se aplica a la energía cinética, no se puede pensar la misma, si no se considera un sistema, otro cuerpo con el que interactuar.

- Introducir el *trabajo* como la capacidad de producir transformaciones mediante fuerzas, quedando *vinculado a variaciones de energía*, a intercambios de la misma. Por lo tanto el *trabajo* es una *forma de intercambio de energía*.
- Asociar el *calor*, al igual que el trabajo, a una *forma de intercambio de energía*. El *calor* no es una sustancia ni tampoco es una forma de energía.
- Considerar otros procesos de intercambio de energías, además del trabajo y/o el calor, como la transferencia de materia, la radiación electromagnética, las ondas mecánicas y la transmisión eléctrica. Por ejemplo, el llamado "efecto invernadero" remite a intercambios energéticos por radiación, etc.
- Estudiar, que como consecuencia de las interacciones y consiguientes transformaciones de los sistemas, la energía se *degrada o distribuye homogéneamente*. Las transformaciones que van sufriendo los sistemas disminuyen la probabilidad de subsiguientes transformaciones. Es decir, que la energía *deja de ser útil*. Esto permitiría que el docente profundice el trabajo con las contradicciones e incomprensiones que pueden derivarse de algunas expresiones como "crisis energética" y "la energía se conserva".

Vale destacar que las recomendaciones ministeriales (a nivel provincia de Bs. As. que es donde esta propuesta se desarrolla) para la enseñanza de las Ciencias Naturales en la educación secundaria proponen a las nociones de cambio, sistema, interacción y diversidad como conceptos organizadores de la currícula (Diseño curricular para la Educación Secundaria, 2006). En este sentido esta propuesta también busca encuadrarse dentro de esas recomendaciones.

d. Criterios para la secuenciación de situaciones

La secuenciación de las situaciones sigue ciertos criterios relacionados con el contenido físico (**c.**) y con la comunicación entendida en el aula y el proceso de enseñanza y aprendizaje (**a. y b.**), que se resumen en tres ejes fundamentales:

Sección A: *Aproximación a una descripción de energía. Tipos de energía. Energía mecánica: conservación*, que cuenta con 9 situaciones;

Sección B: *Formas de intercambio de energía*, formada por 5 situaciones, y

Sección C: *Conservación, transformación y degradación de la energía*, con 6 situaciones.

En la sección A, se proponen actividades que tienden a identificar aspectos conceptuales relacionados con la energía, a través del estudio de las interacciones entre sistemas, o entre las partes de un sistema⁴. Se establecen actividades en las que se produce un cambio de su configuración o estado, es decir; donde ciertas propiedades cambian debido a las distintas interacciones. El sistema sufre una transformación desde un estado que se asume como inicial hasta otro estado que se considera final. Estas situaciones tienen el objetivo de acercar a los alumnos a una primera aproximación de la noción de energía. Por otro lado, en los ejemplos

⁴ En esta secuencia se asume que los alumnos han estudiado la conceptualización de sistema, como una modelización que necesaria para resolver situaciones. Si no fuera así, las situaciones planteadas al principio de esta propuesta representan una buena oportunidad para hacerlo.

propuestos y en las respuestas que se obtengan pueden surgir distintos términos como energía luminosa, eléctrica, etc. Esto se utiliza para estudiar distintas formas de energía asociadas a las diferentes configuraciones del sistema o diferentes formas de interactuar con la materia.

Se aspira a reconocer que los distintos calificativos empleados para la energía tienen utilidad para comunicar los procesos energéticos. Las distintas transformaciones que acontecen en el sistema de origen permiten explicar las distintas formas de energía. Por ejemplo, un automóvil en estado de reposo tiene energía cinética igual a cero (asociada al movimiento del mismo con respecto a un observador) y energía química en el combustible (asociada a las propiedades de los elementos que lo componen). Si el automóvil se pone en movimiento la energía cinética ya no es cero, mientras que la energía química sería menor en relación con la inicial y entre otras manifestaciones de cambio, se pueden nombrar el aumento de la temperatura de los neumáticos y de las distintas partes del auto.

La sección B, está destinada al tratamiento de las formas de intercambio de energía. Se presentan actividades que tienden a proponer la conceptualización del trabajo *como el acto de transformar la materia aplicando fuerzas*. El trabajo constituye un *mecanismo de transferencia energética* que se lleva a cabo mientras una fuerza, que obra sobre el sistema, interviene en su desplazamiento o deformación.

Se estudia asimismo otra forma de intercambio de energía debido exclusivamente a la diferencia de temperaturas entre el sistema y el medio ambiente; el *calor*.

También se proponen otras maneras de intercambio de energía, como la *radiación*, el *intercambio de materia*, mediante el análisis de situaciones conocidas como por ejemplo la introducción de combustible en el tanque de un automóvil, la emisión de energía de una lámpara, etc. Estas formas de intercambio no se estudian en profundidad en esta propuesta.

La sección C, plantea actividades tendientes a estudiar que la energía total de un sistema cerrado (conjunto de cuerpos que no interaccionan con el resto del universo) se conserva, sin importar que las fuerzas que actúen sean o no conservativas.

Si todas las fuerzas que actúan son conservativas, además de la energía *Total*, también se conserva la *Energía mecánica* del sistema. Luego de este estudio de transformaciones de energía, y del principio de conservación de la energía, es imprescindible pensar: **¿por qué preocuparnos por su USO RACIONAL?** (Massa, D'Amico, Sanchez y Cabanellas, 1986). Surge la posibilidad de pensar en el balance energético y en la degradación de la energía. En todas las *transformaciones* de la energía hay alguna cantidad de energía que no se puede volver a aprovechar, es decir; se *degrada* en una forma que no puede volver a realizar un trabajo aprovechable.

e. Dinámica de la clase

- Destinatarios de la propuesta

La población donde se llevó a cabo la propuesta que aquí se comunica son las clases de un segundo polimodal⁵, compuesta por 30 alumnos cuyas edades oscilan entre los 15 y 16 años. Se trata de un grupo de alumnos donde no hay repetidores y cuyo rendimiento en clases de Física pueda catalogarse de bueno, por cuanto un 70% de la clase acredita notas para aprobar la asignatura. Este grupo de estudiantes lleva a cabo su estudio en la Escuela Ernesto Sábato de la Ciudad de Tandil. Esta institución pertenece a la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Bs. As.

- Características del trabajo en clase

La forma de trabajo en el aula es grupal. Los estudiantes forman grupos de 3 ó 4 alumnos, donde discuten las situaciones planteadas, posibles respuestas son debatidas, objetadas, consideradas, analizadas, comparadas, etc. Las situaciones que forman parte de la propuesta se presentan al principio de las distintas secciones, una a una y se propone una discusión de las mismas entre los integrantes de los grupos de estudio.

La propuesta está preparada de tal forma que en un principio el docente entrega a cada alumno, integrante de los grupos de estudio, una hoja con la actividad a discutir y resolver. Los alumnos cuentan con un tiempo estipulado para responder a las cuestiones. Este tiempo se distribuye entre de momentos de lectura, discusión de ideas y consenso de las mismas para responder a las situaciones. El docente recorre los diferentes grupos interactuando con los estudiantes, oyendo intervenciones, cuestionando, proponiendo nuevas ideas, etc.

Posteriormente el docente instala espacios de explicitación de las respuestas de cada grupo, es decir se realiza un intercambio a nivel clase. Es el momento donde se institucionalizan los conocimientos compartidos. Luego de esta etapa el docente entrega a los alumnos una segunda hoja donde se encuentra un texto acerca de lo que se ha consensuado y las nuevas cuestiones. Es de destacar que la propuesta no sólo consta de las actividades sino que posee cierta narrativa con consideraciones que el docente considera necesario para que el alumno pueda tener acceso en cualquier momento que lo necesite; de una forma simplificada se puede describir que tiene características de lo que comúnmente se llama apunte. Así continúa el proceso de inicio, discusión, respuestas y puesta en común de los significados negociados y re-negociados, de acuerdo al tiempo que determina el docente para el desarrollo de las situaciones.

ALGUNAS ACTIVIDADES A MODO DE EJEMPLO

En lo que sigue se presentan distintas actividades, correspondientes a cada una de las secciones anteriores, que como se expresó anteriormente están atravesadas por dos ejes fundamentales, el contenido físico y la negociación de significados y la

⁵ Segundo polimodal es la denominación anterior a la Reforma Educativa n° 26.206, que se está implementando en la Argentina desde el 2006, y corresponde a segundo año de Educación Secundaria.

argumentación. En todas ellas se persigue fundamentalmente la confrontación de distintos puntos de vista frente a las situaciones expuestas. Esa discrepancia representa una disputa o discusión crítica que se espera se resuelva mediante por un discurso argumentativo. Es importante resaltar que el objetivo perseguido siempre será *resolver* la disputa y no *zanjar*⁶ la misma (van Eemeren, 2002). De una forma general, se pretende que desde el momento en que las actividades son entregadas a cada uno de los alumnos, trabajando en grupo, atraviesen, idealmente, por cuatro etapas correspondientes a las fases de una discusión crítica. En el caso de una disputa simple⁷, ellas son (Ibíd., 2002):

- *Etapas de confrontación*, donde se expone un punto de vista⁸ y es puesto en duda.
 - *Etapas de apertura*, donde se toma la decisión de intentar resolver la disputa por medio de un discurso argumentativo. Una parte toma el rol de protagonista (lo que significa que está preparado para defender su punto de vista) y la otra parte el de antagonista (quien desafía al anterior a la defensa).
 - *Etapas de Argumentación*, donde se defiende el punto de vista, y en el cual se pueden requerir más argumentos, refutar, dar razones, etc.
- *Y la etapa de clausura*, donde se establece si se ha resuelto o no, la disputa.

Subyacente a esta discusión, y a la situación en general, asiste la asunción que la exposición de puntos de vista diferentes frente a otros (ya sea estudiantes-estudiantes, estudiantes-profesor, hasta la del estudiante consigo mismo) favorece una co-construcción de significados y obliga a las partes a pensar y repensar, y a tomar en cuenta cuestiones que quizás, sin la interacción con el otro, no se hubieran presentado. En definitiva, se piensa que hay un enriquecimiento mutuo producto de la interacción. En la construcción de significados está presente la actividad personal de cada sujeto así como la interacción con los otros, se trata entonces de una construcción individual y social, procesos que ocurren en distintos planos pero simultáneamente. La argumentación puede ser considerada como un mediador en la negociación de significados, dado que es un tipo de proceso en el cual los sujetos se ven obligados a revisar sus posturas, sus argumentos, los de los oponentes y de esa manera tienen la posibilidad de cambiar o transformar los significados

A continuación se presentarán algunos ejemplos de las actividades que son parte de la propuesta. Lo que aparece en cuadros de texto son las actividades tal como se plantean a los alumnos. Es necesario aclarar, que la propuesta en sí, dista de ser

⁶ Zanzar una disputa significa que la diferencia de opinión simplemente se deja de lado (van Eemeren, 2002, p.55)

⁷ Una disputa simple consiste en que alguien ha presentado un punto de vista y este ha sido puesto en duda (Ibíd., 2002, p. 37).

⁸ Se ha expuesto el caso más sencillo de disputa, la simple. Cabe aclarar que además de la disputa más simple (la desarrollada en la nota al pie 9), se pueden establecer las disputas *complejas*. La complejidad puede variar de varias formas, por ejemplo ser *únicas* o *múltiples*. En el primer caso, el punto de vista cuestionado se relaciona con una proposición, mientras que en el segundo con dos o más proposiciones. Existen otras clasificaciones que se pueden estudiar en van Eemeren, 2002.

simplemente una actividad tras otra, tiene las características mencionadas en el apartado 2.4 y se llevó a cabo según las consideraciones del apartado 2.3.

Se presentan a modo de ejemplo tres actividades que forman parte de la sección A: *Aproximación a una descripción de energía. Tipos de energía. Energía mecánica: conservación*

Actividad 1

Identifica cuál es el sistema, cuál es la frontera que consideras, cuál el medio ambiente, (recuerda que el recorte anterior es una división mental) y cuáles propiedades pueden considerarse relevantes cuando se quiere estudiar:

- ✓ Un cepillo eléctrico que comienza a funcionar cuando una persona lo acciona
- ✓ El crecimiento de una planta que recibe luz solar
- ✓ El movimiento de las aspas de un molino a causa del viento
- ✓ Un auto que se detiene cuando choca contra una pared

Actividad 2

- a) Para cada una de las situaciones presentadas en la actividad 1 identifica qué interacciones se ponen en evidencia.
- b) Describe brevemente cuáles son las modificaciones que experimenta el sistema.

La secuenciación de estas actividades asume que se han trabajado como contenidos previos en la escuela: la noción de sistema físico (como aquello que se aísla mentalmente para estudiar), la de interacción, y la de fuerza como la cara visible de las interacciones. Asimismo se han reconocido dentro de un sistema aquellas propiedades que permiten describirlo en un estado que puede considerarse inicial y comentar sus cambios a partir de modificaciones en esas propiedades. En síntesis los estudiantes son capaces de reconocer las variables que podrían explicar las modificaciones del sistema que se estudia.

Las actividades con las que se inicia la propuesta tienen como objetivo ofrecer oportunidades para que los estudiantes puedan dotar de significado al concepto de energía. Como una primera aproximación, se aspira a que asuman la energía "como la capacidad de producir transformaciones". Esta idea está asociada a los cambios físicos como producto de las interacciones entre sistemas o entre las partes de un sistema⁹ y pretende identificar el sistema y las propiedades que se pueden considerar relevantes en los procesos sugeridos. En relación con la anterior, la siguiente actividad procura relacionar los cambios y transformaciones que se producen en las propiedades del sistema con las interacciones. Es decir, luego de una evolución temporal, ciertas propiedades han cambiado y el sistema ha modificado su estado.

La siguiente actividad tiene como objetivo estudiar las variables que intervienen en la energía cinética asociada a un sistema.

⁹ Se espera que los alumnos durante la discusión y resolución de la situación sean capaces de realizar un análisis de la misma identificando: sistema a estudiar, propiedades relevantes y no-relevantes, medio ambiente, tipo de interacciones, cambio o no producido en el sistema, propiedades que cambian.

Actividad 4

Reflexiona acerca de las dos siguientes situaciones, discute con tus compañeros, responde y luego continúa con la lectura.

- a) Un auto a gran velocidad, choca contra una pared. Analiza diferentes posibilidades respecto del daño que sufrirá el auto con motivo del impacto.
- b) Un auto y una bicicleta, que se desplazan a igual velocidad chocan contra la misma pared. Analiza diferentes posibilidades respecto del daño que sufrirá el auto y la bicicleta con motivo del impacto

Se espera que se presenten discusiones sobre cómo influyen las dos variables, masa y velocidad en el análisis de la actividad. Cuanto mayor sea la velocidad mayor serán los daños que sufrirá el auto en el choque y cuanto mayor sea la masa, más resistencia encontrará a sufrir deterioros. En la alternativa a-, de alguna manera se estaría fijando una variable, la velocidad, pues el texto dice "a gran velocidad" y se presenta de esta forma la posibilidad de otorgarle distintos valores a la masa. Sin embargo, como no se especifica el valor de la velocidad, es de esperar que surjan discusiones en cuanto a qué se considera gran velocidad y que también le otorguen algunos valores en su análisis de la situación. En la actividad b-, se introduce otro cuerpo y se fija una de las variables. Dado que se expresa que la velocidad de los dos cuerpos es la misma, se da lugar a variar específicamente la masa de ambos y analizar así los daños que se producirán en uno y otro, a causa de la masa que posean.

Se presentan ahora dos actividades que forman parte de la sección B: Formas de intercambio de energías. Las mismas están asociadas a dos maneras de transferir energía: el *trabajo* y el *calor*.

Actividad 10

Analiza posibles cambios o transformaciones en los siguientes casos:

- a) Un chico que empuja una pared
- b) Un chico que empuja un carrito con un perro sentado encima.
- c) Una empleada sostiene el monitor de una computadora.
- d) La misma empleada que en c), cansada de sostener la, coloca el monitor de la computadora en el piso La misma empleada que en c) (pero cansada) coloca el monitor de la computadora en el piso

Esta situación tiene como objetivo entender el *trabajo* como una manera de realizar intercambios energéticos entre sistemas o entre los componentes de un mismo sistema, mediante fuerzas, identificando necesariamente un cambio en la configuración del sistema. Los distintos ejemplos presentados apelan al debate de identificar no sólo la fuerza interviniente o responsable del cambio, sino otra variable como el desplazamiento del punto de apoyo de la fuerza. Es probable que en las discusiones respecto a la actividad c- (en la que se sostiene una computadora) surjan argumentos que establezcan que se está realizando trabajo pues el agotamiento muscular es inevitable. En este momento se hace necesario el análisis del posible cambio en el sistema. Mientras se sostiene el monitor de la computadora, la configuración del sistema no ha cambiado, sigue en el mismo lugar. Si no ha habido cambio, no ha ocurrido intercambio energético y tampoco un trabajo, desde la óptica de la Física. En este caso sería necesario que hubiera un *desplazamiento*, con lo cual cambiaría la configuración del sistema, del momento inicial, en una posición, al momento final, en otra posición. Además, el agotamiento muscular es una

oportunidad para discutir el trabajo de los músculos; ya que existe un trabajo interno de los mismos que requiere del aporte energético de los alimentos. En este último caso hay otro sistema, y otros intercambios energéticos susceptibles de ser analizados.

Recapitulando, en las primeras actividades se estudia una aproximación a la definición de la energía asociada a la capacidad de un sistema para experimentar transformaciones. Un trabajo, es decir; "un acto de transformación mediante fuerzas", queda vinculado a variaciones de energía, a intercambios de energía entre diferentes sistemas o entre las partes de un mismo sistema. Por lo tanto, el trabajo se puede concebir como una *forma de intercambio* de energía (Se entiende por variación del estado o intercambio de energía, la modificación de las configuraciones de las partes del sistema que interaccionan).

Actividad 14

Piensa, discute con tus compañeros y luego responde.

Se saca hielo de una cubetera y se lo deja apoyado en la mesada. ¿Qué propiedades del sistema se modifican cuando pasa el tiempo? ¿A qué se debe el cambio en el estado del sistema?

La situación anterior tiene como objetivo promover la conceptualización de otra forma de intercambio de energía, como es el *calor*. Siguiendo los esquemas anteriores de delimitar el sistema, sus propiedades relevantes y posibles cambios debido a interacciones a identificar; es que se propone ahora esta actividad. Probablemente aparezcan explicaciones que aludan al derretimiento del hielo como consecuencia del "calor" del exterior. Ante esta situación será necesaria la intervención del docente pues en el dominio de la Física, ese cambio de estado e intercambio energético, se debe a la diferencia de temperaturas entre el sistema y el medio ambiente y recibe como nombre *calor*. Es oportuno aclarar que un objeto o un sistema no *tiene* calor, del mismo modo que no *tiene* trabajo. Tanto el calor como el trabajo, no son formas de energía, sino mecanismos de intercambio de energía. A nivel subatómico, las partículas están cambiando sus energías, cinética y potencial, por esta razón se producen cambios en su energía interna térmica. Surgen entonces diferencias de significación atribuidas al "calor" en el campo disciplinar, la Física y en el cotidiano. Se aspirará a que los alumnos aunque en el cotidiano sigan expresando que un objeto "se calentó", por ejemplo, puedan atribuir a ese proceso un aumento de la energía térmica en términos de la Física¹⁰.

Como ejemplo de las situaciones de la parte C: Conservación, transformación y degradación de la energía, se propone la siguiente:

Actividad 15

Hamacamos a un chico en su hamaca, por un tiempo y luego dejamos de hacerlo. ¿Qué sucede con el niño y su movimiento? ¿Por qué? ¿Se conserva la Em?

Esta situación apunta a identificar la conservación de la energía *total* de un sistema cerrado. Se espera que los estudiantes, en esta sección, ya estén familiarizados con la

¹⁰ Según Mortimer (2001) se trataría de la existencia de un perfil conceptual, la coexistencia en el individuo de dos o más significados para una misma palabra o concepto.

ventaja de considerar en una primera instancia cuál es el sistema a estudiar, así como su clasificación en abierto o cerrado. Ya sea que se presente la elección del sistema hamaca-niño como sistema abierto interactuando con el medio ambiente o la hamaca-niño junto al medio ambiente como un sistema cerrado; serán oportunidades de estudiar las fuerzas actuantes, las transformaciones de energía, la transferencia y la conservación de la misma en un sistema cerrado.

Si se considera el primer caso, al dejar de hamacar al niño, éste seguirá hamacándose u oscilando por un tiempo y su movimiento irá reduciendo su amplitud. Sucede que la velocidad se irá reduciendo, por la acción de la fuerza de roce con el aire, hasta quedar en reposo. En este caso, la fuerza es no-conservativa, actúa a través de la frontera del sistema, y ha disipado la energía interna del mismo. La energía del sistema ha cambiado su valor, ya no es constante, se ha transformado en otras energías como en energía térmica de la sogá, en energía sonora (el chirrido de los soportes), etc. Esto es la energía mecánica del sistema abierto hamaca*niño se ha transformado en energía térmica, sonora o cualquier otro tipo de energía que se manifieste¹¹. De acuerdo a la ecuación de la continuidad de la energía, como la cantidad de energía se mantiene constante, si la energía de un sistema abierto ha cambiado esto se debe a que ha habido una cierta cantidad de energía que ha cruzado los límites del sistema mediante algún mecanismo de transferencia.

En cambio, si se ha considerado la hamaca*niño interactuando con el medio como un sistema cerrado, es decir; el sistema hamaca*niño – Tierra, la energía total de ese sistema permanece constante. Sin importar que la fuerza actuante sea conservativa o no, dentro de ese sistema se producen transformaciones de la energía de la misma forma que se comentó en caso anterior. Sin embargo, la energía total de ese sistema permanece constante.

La elección de uno u otro sistema viene condicionada por el planteo de la tarea. En el momento de la confrontación entre los diferentes puntos de vista es posible que el proceso de negociación ponga en evidencia que algunos estudiantes necesitan redefinir el sistema propuesto.

EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

La evaluación de la propuesta fue permanente. Las instancias de debate con toda la clase y el intercambio comunicativo intragrupos permitió ir configurando un panorama de las construcciones parciales que se sucedían con el tiempo.

Cabe mencionar que algunas de las instancias de acreditación de los logros de los alumnos son también oportunidades de evaluación de la propuesta desde el punto de vista de nuestra investigación. Entre otras se pueden mencionar las siguientes:

¹¹ Se puede pensar en el estudio de la ecuación de la continuidad de la energía: $\Delta E_{sistema} = \sum H$, donde $E_{sistema}$ es la energía total del sistema, incluyendo los métodos de almacenamiento de energía (energía cinética, interna y potencial) y H es la cantidad de energía transferida a través de los límites del sistema mediante algún mecanismo de transferencia (calor, trabajo, ondas mecánicas, transferencia de materia, transmisión eléctrica y/o radiación electromagnética)

1. Producción de una evaluación escrita, individual, realizada al finalizar el tratamiento del bloque de contenidos.
2. Producción de trabajos prácticos escritos (algunos elaborados de manera grupal y otros en forma individual) en diferentes momentos del tratamiento de la propuesta didáctica¹².
3. Discusión conjunta de los trabajos prácticos.
4. Discusión conjunta de algunos de los "errores"¹³ que el docente recopila a partir de las evaluaciones escritas.

Durante el proceso de enseñanza y aprendizaje las dos primeras contribuciones antes enunciadas son determinantes de la acreditación de los estudiantes en relación con los requerimientos escolares. A nuestro entender la evaluación es, cada vez que se sucede, una instancia de reconocimiento mutuo (del estudiante y del docente) tanto de los obstáculos superados como de aquellos que aún no se superan o simplemente se los creía no relevantes. Las exigencias administrativas ciñen al docente a ponderar los alcances obligándolo a establecer condiciones mínimas para la acreditación y promoción de los estudiantes. En paralelo con estas exigencias, el docente dispone de otras posibilidades para la identificación minuciosa y detallada de los alcances o desaciertos durante una etapa de enseñanza y aprendizaje.

En esta propuesta la elaboración de trabajos escritos incluyó parte de las situaciones ya comentadas, la producción de un trabajo práctico integrador haciendo uso de una simulación y la elaboración individual de un mapa conceptual. En lo que se refiere a las discusiones conjuntas, las mismas atravesaron tanto la puesta en común de las respuestas a las situaciones escritas como el trabajo integrador y una discusión sobre los mapas conceptuales elaborados.

A los fines de la investigación que enmarca a esta propuesta, cobra especial relevancia lo que hemos dado en llamar de "co-evaluación", entendiéndola como la posibilidad de revisar productos individuales mediante el debate con los otros miembros de la clase. En particular, durante la implementación de la propuesta se desarrollan tres instancias de co-evaluación.

- La primera de ellas, consistió en la realización de un trabajo práctico integrador haciendo uso de una simulación. La resolución del trabajo práctico tuvo el doble propósito de integrar los conceptos ya trabajados a la vez que constituirse en una instancia de repaso y revisión para la evaluación final sobre los contenidos, y para resolverla se propone interactuar con el applet descargado del sitio: http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Energy_Skate_Park. Los alumnos trabajan en grupos de no más de cuatro integrantes (por computadora) asociados según sus propios intereses. La clase está habituada al trabajo con Tics en clases de Física asistida por el trabajo conjunto de los docentes de Informática y Física respectivamente (Stipcich y Santos, 2008). Con la intención de elaborar conclusiones sobre la implementación de la propuesta, la recolección de la información se lleva a

¹² Para más detalles de tal producción y su análisis, ver "Interacciones verbales durante la construcción del conocimiento sobre energía", en actas y memorias de Sief 9.

¹³ Al decir errores se hace referencia a incoherencias en las producciones o narraciones, a respuestas que no son justificadas, etc.

cabo mediante las producciones escritas elaboradas por cada grupo de trabajo cuando responden al trabajo práctico y por el registro en vídeo de las acciones y discusiones orales mantenidas mientras interactúan con la simulación. Para esto se hace uso del programa Freez Screen Video Capture de distribución gratuita, <http://www.smallvideosoftware.com/screen-video-capture/>.

- La segunda instancia de co-evaluación se desarrolló al final de la propuesta y constituyó una clase de debate sobre mapas conceptuales. El proceso comenzó con la demanda de elaborar un mapa conceptual sobre el bloque de contenidos titulado Energía. Para ello se les indica a los alumnos que procedan seleccionando entre quince y veinte conceptos que constituyan, según su juicio de valor, los más representativos para organizar el bloque temático. Una vez elaborado el mapa siguiendo las consideraciones que son habituales en este caso¹⁴ el docente realiza una primera revisión de cada mapa, lo reintegra al autor con comentarios a la vez que selecciona dos (del total de la clase) para presentar ante todos los alumnos a los fines de establecer acuerdos entorno a la organización conceptual. En una clase acordada y previo consentimiento de los autores, el docente exhibe cada uno de los mapas seleccionados generando una instancia de discusión a partir de discutir qué conceptos se seleccionan, en qué lugar jerárquico del mapa se han ubicado y qué relaciones guardan unos y otros conceptos. Esta instancia es una posibilidad de que los estudiantes vean sus propias construcciones a partir del análisis de las de sus compañeros. Para registrar la discusión la clase es grabada en vídeo. La preferencia de estas instancias para evaluar los alcances de la propuesta está íntimamente vinculada con la intención de promover instancias de argumentación. Y siendo que el interés estaba focalizado en los alcances de la propuesta no mereció calificación para los estudiantes.

- La tercera instancia de co-evaluación consistió en la presentación, por parte del docente, de trece proposiciones tomadas literalmente de las evaluaciones escritas. Cada una de ellas presentaba alguna inconsistencia o incompletitud respecto de la consigna a la que respondían. En esa ocasión los estudiantes debían, de manera grupal, discutir entre ellos hasta reelaborar la proposición de manera que resultara más aceptable de acuerdo a lo estudiado.

El análisis conjunto de las tres instancias de co-evaluación nos ha permitido construir las siguientes afirmaciones respecto al proceso de enseñanza y aprendizaje en el 2º polimodal:

- La conservación y la transferencia de la energía son conceptos jerárquicamente relevantes dentro del bloque temático, ambos vinculados a partir de la identificación de la noción de sistema como la más abarcadora para comenzar a trazar el mapa. No obstante, los principios se advierten estrictamente asociados a la energía mecánica que es la que mereció mayor dedicación en las clases.
- Los estudiantes tienen dificultades para ligar proposiciones de manera que alguna/s de ella/s sean el fundamento o la razón de la/s otra/s. Por ejemplo,

¹⁴ Trazar un mapa que respete la jerarquía conceptual; vincular los conceptos mediante conectores que permitan conformar proposiciones con sentido y acompañar el mapa con una leyenda explicativa que no supere los diez renglones

en ocasiones se asume que la energía mecánica se conserva porque el valor de la energía térmica es cero. Por otro lado, se sostiene que el patinador presentado en el applet se mueve indefinidamente porque no hay roce. Sin embargo, hay dificultades para integrar ambos fundamentos. Es decir, no se encuentran respuestas que afirmen que al no haber fuerza de roce, no hay transferencia de energía térmica y consecuentemente la energía mecánica se mantiene constante. Asimismo cuando el roce es incorporado a la situación, éste pasa a convertirse en el detonante de la "anulación" de la velocidad y, por ende, de la transformación de la energía cinética en energía térmica. No alcanzan a reconocer que también el roce afecta al valor de energía potencial gravitatoria como producto de la no conservación de la energía mecánica del sistema estudiado (Stipcich y Santos, 2008).

- La instancia de debate sobre los mapas con toda la clase posibilitó que surgieran cuestionamientos en relación con cierta importancia asignada a las formas de intercambio de energía. Mayoritariamente, los estudiantes reconocen al trabajo, al calor y a la radiación. Sin embargo parecen privilegiar el trabajo por sobre las restantes asignándole una jerarquía por encima de las otras dos formas. Tal jerarquía podría atribuirse a que es la primera de las formas que se estudia. La discusión posibilitó que se reconsiderara la necesidad de ubicar a las tres formas en el mismo nivel.
- Entre algunas de las inconsistencias identificadas aparece la idea de que la energía provoca cambios, por tanto si un cuerpo está en reposo no tiene sentido hablar ni de su energía cinética ni de la potencial porque no hay modificación alguna a su estado.

ALGUNAS REFLEXIONES A MODO DE CIERRE

El siguiente artículo pretende ser una primera aproximación que aporte algunas orientaciones en cuanto al estudio de la Energía en clases de Física poniendo especial énfasis en la necesidad de identificar el sistema de estudio y las interacciones en las situaciones planteadas. Se propone un estudio mediante una aproximación energética basada en la conservación de la energía, o en otras palabras, si existe un *cambio* en la energía del sistema, es porque una cierta cantidad de energía ha cruzado los límites del mismo mediante algún mecanismo de transferencia.

Por otro lado, se considera que la interacción con los pares y/o con el docente brinda la posibilidad de revisar los significados elaborados, de los límites de las propias consideraciones, enriqueciéndolas y reelaborándolas de tal forma que sean más próximas al campo disciplinar.

AGRADECIMIENTOS

A CONICET y al PICT: "Tecnologías Educativas con soporte informático para la conceptualización en Física" Núm. 34479.

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), 387-400
- Cordero, S. y Mordeglia, C. (2007). Concepciones sobre energía de estudiantes de carreras universitarias no físicas. *Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el Campo de las Ciencias Exactas y Naturales*.1-9.
- Candela, A. (1999). *Ciencia en el aula; los alumnos entre la argumentación y el consenso*, México: Paidós.
- Cross, D. ; Taasoobshirazi, G.; Hendricks, S.; Hickey, D.T. (2008). Argumentation: A strategy for improving achievement and revealing scientific Identities, *International Journal of Science Education*, 30, (6), 837-861
- Cubero Pérez, R. (2005). Elementos básicos para un constructivismo social. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 23, 43-61.
- Diseño Curricular para la Educación Secundaria: 1º año ESB. (2006). Dirección General de Cultura y Educación. La Plata. Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires. ISBN 987-1266-13-8. En <http://abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/documentosdescarga/secundaria1anio.pdf>
- Doménech, J.L.; Gil Pérez, D.; Gras, A.; Guisasola, J.;Martínez- Torregrosa, J.; Salinas, J. (2001). La enseñanza de la energía en la educación secundaria. Un análisis crítico. *Revista enseñanza de la Física*, 14 (1), 45-60.
- Doménech, J.L.; Gil Pérez, D.; Gras, A.; Guisasola, J.; Martínez- Torregrosa, J.; Salinas, J. Trumper, R.; Valdéz, P. (2003). La enseñanza de la energía una propuesta de debate para un replanteamiento global. *Caderno Brasileiro Enseñanza Física*, 20 (3), 285-310.
- Kesidou, S. y DUIT, R. (1993). Students' conceptions of the Second Law of Thermodynamics- An Interpretative Study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (1), 85-106
- Massa, M.; D'Amico, H. Sanchez, P., Cabanellas, S. (1986). La energía. Su uso racional. *Fac. de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Secretaria de Ciencia y Técnica- UNR*
- Michinel, J.L. y D'Alessandro, A. (1993). Concepciones no formales de la energía en textos de física para la Escuela Básica. *Revista de Pedagogía*, 33, 41-59. Venezuela.
- Michinel, J.L. y D'Alessandro, A. (1994). El concepto de energía en los libros de textos: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 369-380

- Mortimer, E. F. (2001). Perfil conceptual: formas de pensar y hablar en las clases de ciencias. *Infancia y Aprendizaje*, 24(4), 175-190.
- Sánchez, Blanco, G. y Valcárcel, Pérez, M.V. (1993). Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 33-44.
- Simon, S.; Erduran, S.; Osborne, J. (2002). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, 7-10, New Orleans, USA
- Solbes, J. y Tarín, F. (1998). Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 387-397
- 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), 185-194.
- Solomon, J. (1985) no la tengo. Teaching the conservation of energy. *Physics Education*, 20, 165-176.
- Stipcich, M. S; Moreira, M. A. & Caballero, C. (2007). La construcción de nociones sobre temas complejos, en estudiantes de educación media: un análisis mediante la Teoría de los campos conceptuales. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 9(1). En march, 14, 2009, en: <http://redie.uabc.mx/vol9no1/contents-stipcich.html>
- Stipcich, S. y Santos, G. (2008). Discusión y simulación para la conceptualización sobre energía. En memorias Noveno Simposio de Investigación en Educación en Física, Sief 9.
- van Eemeren, F. y Grootendorst, R. (2002). *Argumentación, comunicación y falacias. Una perspectiva pragma-dialéctica*. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Von Aufschnaiter, C.; Erduran, S.; Osborne, J.; Simon, S. (2008) Arguing to Learn and Learning to Argue: Case Studies of How Students' Argumentation Relates to Their Scientific Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101-131.

A DIDACTIC PROPOSAL TO NEGOTIATE MEANINGS ABOUT THE CONCEPT OF ENERGY

SUMMARY

The work we are communicating is a didactic proposal for teaching and learning energy with students of secondary education. This proposal is deeply influenced by two fundamental axis, namely, the disciplinary axis, Physics, and the axis of negotiation of meanings; being the argumentation the type of mediating speech in this process. In relation to the first one, a study about energy conservation, transformation and degradation is proposed. Regarding the second axis, we propose a style of activities in class based on a conception of the teaching-learning process as a continuum of meanings that are negotiated among the subjects, mediated by the action of the professor. In this way, the emergency of the co-evaluation, understood as the instance that grants the possibility of revising individual products by debate with other members of the class.

Keywords: *negotiation of meanings; energy; didactic proposal; students of secondary education;*