

¿Cómo predicamos acerca de la energía? Un análisis de la categoría energía según la teoría de Chi

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

María Alejandra Domínguez¹, María Silvia Stipcich¹

¹Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Campus Universitario, CP 7000, Tandil, Argentina.

E-mail: malejandradinguez@gmail.com

Resumen

En este trabajo se reflexiona acerca del modo de conceptualización sobre la energía de un grupo de estudiantes de secundaria. Los recursos explicativos presentes en las respuestas escritas a un conjunto de actividades (que hacen parte de una propuesta didáctica) son los indicadores para analizar la conceptualización alcanzada. Los resultados muestran que mayoritariamente los estudiantes hacen uso del recurso de la definición sobre la energía sin llegar a asociarla a los cambios en las configuraciones de los sistemas. Se emplean algunas categorías de Chi (1992) para redefinir los posibles modos de intervención docente que contribuyan a una conceptualización más próxima a la concepción científicamente aceptada pensando en una nueva implementación de las actividades.

Palabras clave: Energía, Sistema, Aprendizaje, Recursos explicativos, Cambio conceptual.

Abstract

This paper reflects about a group of high school students' way of conceptualizing energy. The explanatory resources presented in the written answers to a group of activities (which are part of a didactic proposal) are used as indicators in the analysis of the conceptualization reached. The results show that students mainly employ the definition of energy without coming to associate it with the changes in system's configurations a system's configurations. Some categories from Chi (1992) are employed in order to redefine the possible ways of educational intervention that can contribute to a conceptualization that is closer to the scientifically accepted conception thinking in ways of a new implementation of the activities.

Keywords: Energy, System, Learning, Explanatory resources, Conceptual change.

I. INTRODUCCIÓN: EL DEVENIR DEL PROCESO DE NEGOCIAR SIGNIFICADOS SOBRE ENERGÍA

Esta comunicación describe el proceso de análisis y reflexión sobre los resultados de la implementación de una propuesta didáctica diseñada para la enseñanza de la energía con estudiantes de cuarto año de la educación secundaria. La propuesta fue elaborada como parte de un trabajo de Tesis doctoral (autocita) con el objetivo de estudiar los modos de intercambios de significados que se emplean en clases de Física de nivel secundario de Educación.

La propuesta didáctica se inició con el tratamiento de la noción de sistema asumiendo que es un concepto subsumidor del de energía. Estudiar la energía después del de sistema podría ser una posibilidad para revertir los resultados de investigaciones que muestran las dificultades en el aprendizaje de este concepto tan relevante en la Física.

Las derivaciones sobre los modos de negociar significados en la temática nos permitieron reconocer, entre otros, a los recursos explicativos que los estudiantes ponen en funcionamiento para dar razones de sus puntos de vista sobre un tema o cuestión. La explicitación de las razones parece ser un indicio de comprensión del asunto sobre el que se habla, aún cuando las razones ofrecidas puedan no ser del todo correctas desde el punto de vista de científico (autocita).

Actualmente procuramos ir un poco más allá con la propuesta didáctica y estamos interesados en identificar evidencias de la comprensión del tema y, consecuentemente, de su aprendizaje. En este sentido, revisamos cada una de actividades en las que el foco de interés fue el de promover que los estudiantes

reconocieran propiedades de los sistemas en estudio y cambios en sus configuraciones con miras a dar cuenta, luego, de la asociación de energía al sistema.

Gran parte de las respuestas recogidas durante la implementación de la mencionada propuesta podrían ser consideradas aceptables en relación con lo que suele encontrarse en los textos escolares. Sin embargo, esas respuestas no hablan del sistema que se estudia en cada caso, ni de sus propiedades, ni de cambios en su configuración. Este resultado es una consecuencia no deseada y hasta contradictoria. Nos preguntamos: ¿cómo es posible que hablando del sistema y luego de la energía asociada a él los estudiantes no aludan al sistema? Con estas preguntas y otras observaciones, surgió la necesidad de estudiar el concepto energía y el modo en que las investigaciones describen cómo se construyen los conceptos.

En síntesis, en esta comunicación reflexionamos sobre las respuestas a cuatro cuestiones donde se entrelazan las nociones de sistema y energía. Procuramos identificar los recursos explicativos que los estudiantes emplean para estimar cómo están comprendiendo a la energía. A modo de reconsideración para una nueva implementación de la propuesta didáctica (y con ella de las actividades aquí analizadas) hacemos uso de algunas categorías de Chi (1992) para redefinir los posibles modos de intervención docente.

II. MARCOS TEÓRICOS

En la enseñanza de las ciencias, en particular la Física, es conocida la influencia que tiene el conocimiento de las ideas previas de los estudiantes respecto a los fenómenos naturales. Es decir, nuestros estudiantes poseen explicaciones y/o descripciones de esos fenómenos que son totalmente útiles para manejarse por lo menos, en el mundo mesocósmico que les proporciona los sentidos. Estas ideas les permiten tomar decisiones y, en determinados contextos, son tan predictivas como el conocimiento científico. Se añade un factor extra y es que el uso de las ideas previas es más económico desde lo cognitivo (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Esta forma de conocimiento, también denominado intuitivo o cotidiano, es resistente al cambio a pesar de que los estudiantes puedan tener instrucción educativa durante años. Planear la instrucción a partir de considerar a las ideas previas ha dado lugar a diferentes posturas. Chi (2003) se expresa en términos de un cambio conceptual, entendido como un proceso de reparar ideas previas, a través de la reasignación de la categorización ontológica de un concepto, de tal manera que se lo “pasa” o “traslada” de una categoría ontológica a otra. La misma autora (1992) propone tres tipos de categorías ontológicas: Materia, Procesos y Estados Mentales, siendo las categorías de conceptos tipo Materia y tipo Procesos de gran importancia en la enseñanza de Física. A su vez, estas categorías ontológicas (pensadas en términos de árboles que se ramifican) difieren unas de otras pues las entidades que pertenecen a cada una no comparten los mismos atributos ontológicos. Para esta investigadora, dos categorías son ontológicamente distintas si los atributos de una categoría no son aplicables a los miembros de otra categoría (Chi, 1992 y 2005). Por lo tanto, una de las consecuencias principales, de esta teoría, es que el significado de un concepto está dado por la categoría a la cual se asigna el concepto.

Si la adquisición del conocimiento requiere pasar de una subcategoría a otra, el cambio sería más fácil. Sin embargo, cuando se requiere pasar de un árbol a otro, reubicar un concepto que forma parte de una categoría ontológica en otra diferente, el cambio es más fuerte y se lo suele denominar cambio “radical”. En otras palabras, un aspecto crítico de los atributos ontológicos es que son intransferibles de una categoría a otra, solamente aplicables a conceptos que son parte de una misma categoría.

La noción de energía ha sido foco de interés en diferentes investigaciones en enseñanza de la Física. En cuanto a las dificultades de aprendizaje relacionadas con este concepto, sobre todo en lo relacionado con ideas previas, alternativas o preconcepciones se pueden señalar los trabajos de Solomon, 1985; Kesidou y Duit, 1993; Solbes y Tarín, 1998; Cordero y Mordeglia, 2007; entre otros. Las ideas más comunes son: 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 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.

Lo expresado anteriormente puede ser entendido en términos de Chi como atribuir a un concepto atributos ontológicos incorrectos. En el caso de la energía, comúnmente, los estudiantes la asocian con especificaciones que la ubican, en la categoría ontológica de Materia. En este sentido, es contenible, tiene peso, volumen, etc. Por lo tanto, difícilmente se podría interpretar a la energía como una propiedad de la configuración de un sistema. Siguiendo esta línea de interpretación, en la medida que se dan las interacciones, los sistemas o sus partes cambian su estado y configuración. Siguiendo la teoría de Chi, se necesitaría de un cambio radical o fuerte; en contraposición a un cambio débil.

Por otro lado, tanto los profesores como los libros de texto de uso áulico como los universitarios, predicán de diferentes maneras acerca de la energía. Los libros de texto suelen definirla “como la capacidad de un sistema para producir trabajo”, aunque el segundo principio de la termodinámica deje en evidencia que no toda energía sirve para realizar trabajo. También se apeló a la idea de definirla como “la capacidad para producir cambios”, sin embargo, no es correcta pues provoca la construcción o consideración de la energía como la “causa” de los fenómenos.

A. Análisis ontológico del concepto “energía”

La energía será considerada o interpretada como un *proceso*, lo cual implica concebirla como un hecho o suceso, algo que ocurre en el tiempo, y que puede tener diferente naturaleza. Se la interpreta como un *proceso* de interacción entre las partes de un sistema o entre sistemas. La energía es una propiedad de los sistemas y no tiene sentido hablar de la energía de un objeto aislado.

La idea de energía puede asociarse cualitativamente a la configuración de los sistemas y a las interacciones que estas configuraciones (y las propiedades de la materia) permiten (...). Es la referencia concreta a la configuración y a las interacciones lo que permite comprender por qué un sistema (por ejemplo, una piedra y la Tierra) puede experimentar o producir transformaciones, superándose así las concepciones de la energía como fluido o combustible. (Doménech, 2003, p. 294).

B. Recursos explicativos para dar cuenta de la comprensión

En investigaciones previas (autocita) nos focalizamos en los intercambios comunicativos que acontecían en las clases de Física (cuando se desarrollaba el tema energía) y en particular en qué recursos explicativos empleaban los estudiantes para dar razones de sus puntos de vista sobre un tema o cuestión. Construimos tres metacategorías para los recursos explicativos que tomaron como referentes a los trabajos de Calsamiglia y Tusón (2007) y Pérez Rifo y Vega Alvarado (2002). Ellas son: por explicación, por valores y por coacción.

En relación con los recursos por explicación se reconocen las siguientes subcategorías:

- *Definir* es captar los rasgos esenciales mediante una proposición. Se puede definir el sentido, circunscribiendo una realidad, utilizando palabras para explicar otras. Definir una noción es dar una explicación específica de una palabra en un cierto contexto. Ejemplo: ¿Qué es el trabajo? Es necesario precisar su significado en un campo disciplinar como la Física, o lo que significa para los estudiantes, para los padres, etc.
- *Comparar* es fijar la atención en dos o más objetos o conceptos para señalar las similitudes y diferencias en relación con ciertas atribuciones.
- *Ejemplificar* es un recurso que concreta una formulación general o abstracta colocándola en el escenario de una experiencia más próxima al interlocutor.
- *Citar autoridad* es un procedimiento mediante el cual se apela a la fiabilidad de un hecho o explicación que proviene del prestigio de quien lo formula, por ejemplo, un experto, un libro de texto, etc.
- *Establecer analogías* es un procedimiento de aclaración o ilustración que se construye a partir de poner en relación un concepto o un conjunto de conceptos con otros de distinto campo.
- *Argumentar cuasi-lógicamente* es una formulación lógica o matemática. Aparece en discursos donde se señalan contradicciones.
- *Recurrir a los hechos* es hacer uso de testimonios, experiencias, cifras, encuestas y observaciones. El hecho no vale por sí solo sino en relación con la idea que se asocia o por la prueba que pone a consideración.
- *Usar las causas y/o las consecuencias*. Las causas pueden ser utilizadas para explicar un fenómeno, para responder una pregunta, para revelar un efecto. También puede relacionarse un hecho con sus consecuencias, favorables o desfavorables, poniéndose el énfasis en ellas.

En relación con los recursos *por valores* se destaca que se realizan a través de formas menos objetivas. El procedimiento de convencimiento o persuasión se realiza a través de la apelación a un sistema de valores. Este tipo de controversias confronta posiciones irreconciliables y lleva a un debate sin salida.

Con relación a los recursos *por coacción* se busca imponer algo, hacer valer lo hipotético por lo verdadero, obligar a una elección, poner por delante el hecho cumplido, manejar el absurdo etc. Se suelen asociar con agresividad, intolerancia y chantaje.

III PLANTEO DEL PROBLEMA Y DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO

Es bien conocida la interpretación, por parte de los estudiantes, de la energía como una sustancia; es decir estos tienden a sustancializar o materializar a este concepto. El concepto de energía, requiere para ser comprendido, con un significado próximo al de la ciencia, entenderse como un proceso de interacción. Los estudiantes pueden utilizar la palabra energía en el lenguaje cotidiano pero atribuyéndole propiedades materiales. Por ejemplo, como un combustible que se almacena en los cuerpos y que se puede reponer de alguna forma (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

El problema central que intentamos atender puede expresarse en términos de las siguientes preguntas: ¿Por qué la noción de sistema no se incorpora en la comunicación acerca de lo que se entiende por energía?; ¿qué elementos de nuestra comunicación están interfiriendo?, ¿qué aspectos se hacen necesarios repensar para una nueva implementación de la propuesta didáctica?

IV. DISEÑO Y METODOLOGÍA

La investigación se planteó con un grupo de estudiantes de 4º año de secundaria de una institución educativa de la ciudad de Tandil. El grupo se compone de 19 estudiantes. Según la normativa establecida, este año es el último cuyo plan de estudios contiene temas de Física, en la asignatura llamada Introducción a la Física.

El diseño provincial para la enseñanza de Física en 4to año plantea que uno de los objetivos es modificar gradualmente la palabra energía, de uso coloquial, hacia un concepto que permita la comprensión y explicación de procesos. Principalmente propone involucrar al estudiante en situaciones donde se analicen los intercambios de energía, donde se implica el equilibrio y la estabilidad de los sistemas.

En el sentido anterior es entonces que cobran importancia nuestros referentes teóricos y haciéndonos eco de esas consideraciones, se elaboraron junto al profesor de Física de 4º año, una serie de actividades bajo el nombre de *Guía de aprendizaje*.¹ Teniendo esto como punto de inicio y conociendo que hay investigaciones ya citadas en cuanto a la asignación sustancialista hacia la energía por parte de los estudiantes; se procuró conocer cuáles son los significados que los estudiantes atribuyen al concepto de sistema; y trabajar paulatinos acercamientos a la conceptualización de la energía desde un punto de vista disciplinar que concibe al concepto sistema como una posibilidad de dotar de organización a la comprensión de la energía en términos de un proceso.

La guía de aprendizaje contiene tres partes:

Parte A: Aproximación a una descripción de energía. Tipos de energía. Energía mecánica: conservación; Parte B: Formas de intercambio de energía y Parte C: Conservación, transformación y degradación de la energía.

Como cierre de la primera y segunda parte de esta guía de aprendizaje se desarrollaron cuatro actividades bajo el nombre de *Actividades de integración*. Se presenta aquí el análisis desarrollado sobre la actividad número 2. En ella se proponen cuatro frases o enunciados en las que se menciona energía con atributos ontológicamente diferentes. Se les solicitó a los estudiantes que eligieran el o los enunciados que se relacionen con lo que han estudiado sobre energía expresando las razones de su elección. A continuación transcribimos los enunciados con reflexiones acerca de nuestro propósito en la selección de los mismos, siempre tendiente a hacer evolucionar la conceptualización sobre la energía como un proceso.

- 1. Al mirar a nuestro alrededor se observa que las plantas crecen, los animales se trasladan y que las máquinas y herramientas realizan las más variadas tareas. Todas estas actividades tienen en común que requieren de la presencia de la energía.**

En este enunciado, se identifican por un lado, cambios en determinados sistemas (los animales, las plantas, las máquinas), o las transformaciones que pudieran realizar. Por otro, en la segunda oración, se hace alusión a la energía de manera ambigua. Se la puede entender como una sustancia dado que se expresa la idea de “presencia de la energía” refiriendo a “algo” que está presente. Aunque lo que podría estar presente es también una propiedad.

Por lo tanto, la primera oración focaliza en transformaciones, y en ese sentido sería correcto en términos de asociarla a la categoría proceso. Sin embargo, la segunda oración, puede dar lugar a concebir

¹La *Guía de aprendizaje* más las *Actividades de integración* forman parte de la Propuesta didáctica mencionada al comienzo y elaborada en conjunto con el profesor

la energía como sustancia y en ese caso, siempre desde el referencial de Chi, se trataría de un atributo “materia” erróneo. Pues, si se predica acerca de la energía como que “se precisa de ella”, o “está contenida” esto lleva a identificarla como perteneciente a la categoría de “materia”.

2. La energía es una propiedad asociada a los objetos y sustancias y se manifiesta en las transformaciones que ocurren en la naturaleza.

La energía suele asociarse, casi exclusivamente, sólo a situaciones y a los seres vivos. Se suele dejar de lado vincularla a los objetos inanimados. Con este enunciado se procura presentar a la energía asociada no sólo a los seres vivos (idea previa de los estudiantes) sino también a los objetos y a la posibilidad de cambios en ellos. Se trataría de una concepción en términos de un atributo de proceso.

3. La energía se manifiesta en los cambios físicos, por ejemplo, al elevar un objeto, transportarlo, deformarlo o calentarlo.

Con este enunciado se proponen ejemplos y especificaciones en la idea de cambio y transformaciones que sufre un sistema. Se refiere a un atributo asociado a proceso.

4. La energía está presente también en los cambios químicos, como al quemar un trozo de madera o en la descomposición de agua mediante la corriente eléctrica.

Con esta expresión se hace alusión a otro cambio, ahora de características químicas, donde también hay presente un tipo de transformación en el sistema. Corresponde a un atributo de proceso. Sin embargo, el predicado “está presente” puede ser comprendido en términos de una propiedad, o también como una sustancia o fluido. Si los estudiantes la seleccionan asociada a aquello que han estudiado, no se tienen garantías de la comprensión realizada. Según la justificación que se realice, se podrá ahondar en cuanto a si los estudiantes logran realizar una conceptualización más correcta o próxima a la esperada.

Para dar cuenta de cómo es que se explican las elecciones que nuestros estudiantes asocian con lo estudiado en las clases llevamos adelante un análisis de contenido de las respuestas escritas con empleo de las subcategorías asociadas a los recursos por explicación.

V. RESULTADOS

Aquí analizamos y discutimos sobre el contenido de las respuestas a la actividad número dos de acuerdo a las consideraciones que se han explicitado en el apartado IV.

⇒ En un primer análisis general, se encuentra que los estudiantes pueden decidir acerca de cada proposición y hacer uso de algunos *recursos explicativos*. Se observa que de las 76 explicaciones que debieran presentarse (pues son 19 estudiantes que tienen que decidir acerca de 4 proposiciones) 32 utilizan el recurso de la *definición*. Esto significa que este recurso adquiere un porcentaje del 42% de utilización para dar razones de las elecciones. Es necesario aclarar, que al expresar uso de definición, nos referimos a una definición que cada estudiante escribía en su cuaderno de manera de buscar la adecuación o no de los enunciados propuestos a ella. No era parte de la actividad realizar la presentación de una definición, pero, se encuentra que la mayoría lo hace.

En los ejemplos que siguen se coloca la letra mayúscula E, para citar un estudiante, y números, 1, 2,... para diferenciarlos y garantizar el anonimato.

Algunos ejemplos:

E13: “La energía permite que ocurran las transformaciones en las características y propiedades de la materia”. La energía se manifiesta en cambios físicos y químicos dependiendo de cómo se relaciona con la materia”

E19: “Energía: capacidad de los sistemas para cambiar las propiedades de otros sistemas o las suyas propias. Mientras más grande sea el cambio mayor energía”.

⇒ El recurso de *ejemplificar*, es utilizado en 8 situaciones, en este caso, en aproximadamente un 11% de las respuestas analizadas.

A modo de ejemplo:

E7: Sí a la 3 y 4 (en alusión a que el estudiante considera que las proposiciones 3 y 4 son acordes a lo estudiado en las clases previas), “La energía puede producir cambios FÍSICOS: el objeto que sufre este cambio puede volver a su estado original (UN PLATO ROTO). QUÍMICO: el objeto sufre cambios y no puede volver a su estado original (QUEMARMADERA)”

E8: Sí a la 2, “porque en el ejemplo con las plantas ocurre eso de la fotosíntesis”.

⇒El procedimiento *de recurrir a los hechos* es utilizado en 5 ocasiones, es decir; en un 7% del total de respuestas.

Ejemplos:

E3: Sí a la 2, “*porque los objetos y sustancias siempre usan energía*”

E15: Sí a la 4, “*porque al quemar un trozo de madera aparece la energía calórica*”.

⇒Otro de los recursos, es el *establecer las causas y/o las consecuencias*. Resulta interesante el análisis que se puede realizar aquí al asociar a la energía como *causa*. Se encuentran 15 justificaciones, un 20%, que catalogan a la energía como *causa*; identificándola directamente con lo que produce transformaciones o cambios.

A modo de ejemplo:

E5: *la energía es la capacidad de producir cambios en algún objeto, deformándolo o transfiriendo distintos tipos de energía*”

E8: Sí, a la 4, “*la energía tiene la capacidad de quemar y producir cambios químicos*”

⇒Por otro lado, no se identificaron justificaciones en las que se catalogara a la energía como *materia o sustancia*, es decir; desde un punto de vista sustancialista. En algunos casos reconocidos como aquellos en los que se aludía a la energía como “*causa*” de las transformaciones, se intuye que los estudiantes puedan haber construido un atributo incorrecto para la energía, pero no se tienen evidencias pues no se predica justificando acerca de ella de manera que se pueda realizar tal aseveración.

Ejemplos:

E17. Sí a la 1. “*La energía es la capacidad para producir transformaciones en un objeto. Para la gran mayoría de las cosas ya sea en la naturaleza o en la sociedad se utiliza la energía para las cosas que se realizan*”

E18. Sí a la 1. “*Es correcto ya que los animales necesitan la energía para vivir, las máquinas para funcionar y las herramientas igual*”.

⇒La asociación de la energía sólo a *los seres vivos*, expresado por la literatura citada, se reconoce en dos casos.

Ejemplos:

E18: “*El enunciado 2 no se corresponde porque la energía no se relaciona con las sustancias ni los objetos materiales*”

E1: “*La frase 1 tiene muchos puntos en común con relación a que todas precisan la energía para estas actividades pero no con respecto a las máquinas y herramientas*”.

En ambos se identifica que la energía no está asociada a máquinas, sustancias u objetos. Lo expresan explícitamente aunque no dan razones de ello.

⇒Con respecto a relacionar energía con *fuerza*, sólo se encuentra una proposición que es la siguiente:

E6: “*al ejercer una energía sobre un objeto se produce un cambio o en la composición química del objeto*”.

Las respuestas de los estudiantes parecieran que superan, en alguna medida, la idea de energía asociada a materia o sustancia; con atributos incorrectos desde la perspectiva de Chi. Sin embargo, el trabajo realizado alrededor de la noción de sistema no fue suficiente para provocar un cambio que promueva conceptualizara la energía como proceso. Surge la idea de energía como causa, y unidireccional, donde no se reconocen las interacciones que tienen lugar en los sistemas o entre las partes de los sistemas provocando los cambios en sus configuraciones y en ese sentido, de la energía. Una posible respuesta para comprender este asunto es reconocer que cuando predicamos sobre la energía lo hacemos de manera ambigua. Por un lado, especificamos que la energía se asocia a la configuración de un sistema, y decimos de ella que es una *propiedad*. Por otra parte, utilizamos enunciados en los que predicamos acerca de la *presencia* de la energía, sin realizar aclaraciones acerca de si lo que está presente es una *propiedad* y no una sustancia o “algo” que es lo que provoca los cambios. Por ejemplo, al estudiar el movimiento de un skater en una rampa, establecemos que la energía se transforma, de cinética a potencial gravitatoria. Sin embargo, ¿qué es lo que se transforma de un tipo en otro?, ¿por qué predicamos acerca de *energía cinética y potencial gravitatoria*? El tipo de predicado que usamos es lo que indica qué propiedad o propiedades intervendrán en un proceso. Si comunicamos que un skater en reposo, sobre la colina, tiene energía potencial, eso “que tiene” ¿qué es?, ¿es una sustancia?, ¿es una capacidad?, ¿es una propiedad? Predicamos usando atributos que corresponden a una categoría del tipo materia.

En cambio, considerando el ejemplo anterior, podemos proponer lo siguiente: el sistema de estudio es el skater junto al planeta Tierra. A este sistema se le asocian diferentes propiedades, más o menos relevantes, -velocidad, color, masa, etc. -según lo que se quiera analizar. Si nos interesa estudiar el movimiento del skater, debido a la posición que tiene éste respecto a la superficie terrestre, se le asocia, por ejemplo, una altura. A causa de la interacción entre el skater y la Tierra, se producen cambios en el sistema cuando se deja caer el skater. Con lo cual la configuración inicial, -estado de reposo-, cambió.

Diríamos que el sistema de estudio cambió su estado. Lo que cambió es una (o más) propiedad/es del sistema y por eso diríamos que se le asocian diferentes energías: cinética, potencial gravitatoria.

VI. COMENTARIOS FINALES

Los resultados presentados en el apartado V dejan en claro que no hemos logrado que la noción energía resulte anclada, vinculada, subsumida en la de sistema. Por otro lado, se identifica una fuerte conceptualización de la energía como *causa* de los cambios.

Para futuras implementaciones de la propuesta didáctica consideramos que:

- Un aspecto relevante sobre el que se hace necesario volver a insistir en la planificación de clases es el modo en que comunicamos, hablamos, predicamos sobre la energía. Al decir de Mercer (1997) el habla en los salones de clase es el canal privilegiado para guiar la construcción del conocimiento. Específicamente en el caso de la energía, solemos referirnos a “la producción de energía”, pero ¿qué es lo que se produce? ¿una sustancia, es algo material? .Nos referimos a “las pérdidas de energía”, y en paralelo a esto remarcamos una y otra vez que la energía se conserva, que no se crea ni se destruye. Este tipo de contradicciones en los modos de comunicar podrían estar constituyéndose en un obstáculo silencioso para nuestros propósitos acerca de la conceptualización de la energía. Es preciso repensar nuestros modos de habla y volver a planear una y otra intervención con aproximaciones a modos más ajustados a lo que efectivamente queremos comunicar.

- Las actividades planeadas, que tenían la intención de aproximar las construcciones de los estudiantes a una noción en la que energía fuera el medio o el mecanismo para explicar las transformaciones de los sistemas, no logró los resultados esperados. La energía se convirtió en la causa de las transformaciones y no en el “instrumento” para el estudio de los sistemas, o partes de él, en el que por el resultado de las interacciones, cambian las propiedades y su configuración llevándolos a transformaciones. Es preciso analizar si las situaciones propuestas permitían que los estudiantes realizaran explicaciones en las que fuera necesario el estudio de los sistemas y sus transformaciones.

- En relación con el punto anterior, el costo de pensar, concretar y evaluar diferentes situaciones en las que se analicen los cambios en los sistemas o partes de él, a través del estudio de las transformaciones se ve desdibujado si en paralelo comunicamos o predicamos acerca de la energía de manera ambigua y/o hasta incorrecta. La primera noción de energía que esperamos se enriquezca, con el tiempo, debería ser retomada cuando se desarrollan temas como la transformación de un tipo de energía en otro. En este sentido, los nombres se deben a diferentes configuraciones de los sistemas y a las diferentes maneras de interactuar de la materia.

- Aunque resulte obvio aclararlo, sería preciso revisar los textos que los estudiantes emplean, en particular, aquellos “extractos” de posibles definiciones para aludir a este fenómeno, y no desestimar que en muchos casos, esas definiciones constituyen traducciones de versiones inglesas con lo que conlleva de propio la traducción.

- Con referencia a la conceptualización según la teoría de Chi, se identifica que los estudiantes, en un gran porcentaje, reconocen a la energía como causa de los cambios. En algunas explicaciones de este tipo pareciera reconocerse una identificación del tipo proceso causal, es decir, que la categoría estaría dentro del mismo árbol.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con apoyo del grupo de Investigación en Educación en Ciencias con Tecnologías (ECienTec) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

REFERENCIAS

Calsamiglia, H. y Tusón, A. (2007). *Las cosas del decir. Manual de análisis del discurso*. Barcelona: Ariel.

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*, pp. 1-9.

Chi, M. T. H. (1992) Conceptual Change Within and Across Ontological Categories: Examples From Learning and Discovery in Science. En Giere, R. (Eds.) *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press.

Chi, M.T. H. and Roscoe, R.D. (2003). The process and challenges of conceptual change. En: Limón, M. and Mason, L. *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 3-27). London: Kluwer Academic Publishers,

Chi, M.T.H. (2005). Common sense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Sciences*, 14, pp. 161-199.

Chi, M.T.H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. En S. Vosniadou (Ed.), *Handbook of research on conceptual change* (pp. 61-82). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

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 Ensino Física*, 20 (3), pp. 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), pp. 85-106.

Mercer, N. (1997). *La construcción guiada del conocimiento. El habla de profesores y alumnos*. Barcelona: Paidós.

Pérez Rifo, M. y Vega Alvarado, O. (2002). *Técnicas argumentativas*. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.

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.

Solomon, J. (1985). Teaching the conservation of energy. *Physics Education*, 20, pp. 165-176.