

“El gran motor de agua”. Diseño e implementación de una secuencia de enseñanza y aprendizaje sobre la conservación de la energía mecánica contextualizada en el ciclo del agua bajo un enfoque CTSA

Nicolás Medina Herrera

Universidad de Chile.

nmedinaherrera@gmail.com

Resumen

El presente trabajo desarrolla una secuencia didáctica para la enseñanza de la conservación de la energía mecánica utilizando el ciclo del agua como contexto de aplicación. Para su diseño revisaron los textos escolares ministeriales y se observa que la secuenciación de conceptos científicos y los ejemplos utilizados no han cambiado al menos en los últimos 8 años, a pesar de existir un cambio sustancial en el curriculum nacional. Se consideraron las concepciones alternativas de energía, energía mecánica, conservación de la energía y ciclo del agua como punto de inicio para la planificación de las actividades y justifican la necesidad de una nueva forma de tratar esta noción. La SEA propuesta se diseñó bajo el modelo de demanda de aprendizaje, utilizando un ciclo de cuatro fases. El objetivo de la investigación es valorar el impacto de una SEA bajo un enfoque CTSA que promueva la comprensión y aplicación del principio de conservación de la energía mecánica en las transformaciones energéticas presentes en el ciclo del agua y su degradación inevitable, con el fin de facilitar el reconocimiento de las causas, consecuencias y posibilidades de acción frente a la crisis ambiental. Los datos obtenidos se analizaron bajo una metodología mixta, donde se interpretarán cualitativamente los significados que los estudiantes atribuyen a los conceptos y se midieron cualitativa y cuantitativamente sus percepciones sobre el medioambiente a través de una encuesta. La SEA se aplicó a un total de 83 participantes divididos en dos cursos. Los resultados obtenidos indican que los estudiantes han desarrollado adecuadamente nociones sobre transformación y degradación de la energía, que complementan sus ideas iniciales sobre la conservación, aunque también se han detectado concepciones alternativas que pueden dificultar su aprendizaje. Finalmente, se reflexiona sobre el concepto de “recurso” natural y la apropiación del hombre sobre la naturaleza, como un posible obstáculo de aprendizaje socioambiental.

Palabras clave: secuencia de enseñanza y aprendizaje; alfabetización científica; ciencia, tecnología, sociedad y ambiente; conservación de la energía; ciclo del agua.

Introducción

Desde los inicios de la década de los 70, en el siglo XX, el consumo de energía de los seres humanos es mayor que la biocapacidad del planeta, la que se define como la capacidad global para regenerar los recursos (World Wildlife Fund, 2016). En este mismo estudio, se indica que al año 2012 se necesitaron alrededor de 1,6 veces la capacidad

global para satisfacer el consumo humano y se espera que esta cifra aumente a 1,75 veces al año 2020, lo que es insostenible a mediano plazo.

Esta situación parece no preocupar a economistas, quienes son los que asesoran el desarrollo del país. Un estudio publicado por el Centro de Estudios Públicos (Corbo y Hurtado, 2014) destaca la idea de que existe una correlación positiva entre el consumo de electricidad y el crecimiento económico, dado que cuando aumenta el PIB, hay una expansión de la generación de energía eléctrica. Sin embargo, la preocupación de los autores no es el aumento progresivo de la degradación del medio ambiente, sino que solo el costo económico que acarrea generar más energía y cómo este se podría reducir.

Gran parte de la población no tiene conciencia real de la crisis ambiental y las consecuencias desastrosas de la explotación de la naturaleza. Por ejemplo, según los primeros resultados de la Encuesta Nacional del Medio Ambiente (Ministerio del Medio Ambiente, 2018), solo el 5% de los chilenos le da prioridad N°1 al medio ambiente. Por este motivo, es necesario pensar una educación científica que alfabetice a la población, entre otros temas, sobre la consecuencia de la manipulación de la naturaleza por parte de la ciencia y la tecnología, con el fin de ejercer responsablemente su ciudadanía y tomen decisiones razonada y responsablemente.

La situación de crisis energética puede ser contradictoria con el principio físico que afirma que la energía no se puede crear ni destruir, solo se puede transformar. Esta es una de las grandes ideas de la ciencia declaradas en las bases curriculares (Ministerio de Educación, 2015) y está presente a lo largo de todo el curriculum de ciencias naturales. La capacidad integradora de la noción de energía hace que sea imprescindible para comprender muchos de los fenómenos sociales y naturales desde una perspectiva científica.

Sin embargo, la conservación de la energía es muy compleja de asimilar. Se formula como un principio matemático abstracto (Feynman, Leighton y Sands, 1971) y se presenta de diversas formas, por ejemplo, energía eléctrica, energía química, energía nuclear o energía mecánica, que se relacionan entre sí a través de transformaciones de unas a otras.

Los estudios sobre las concepciones alternativas relacionadas con la noción de energía, trabajo y potencia reflejan confusión entre estos conceptos y poca capacidad de aplicación de la conservación para comprender los fenómenos naturales de su entorno. Por ejemplo, muchos estudiantes afirman que la energía no se conserva porque se utiliza, se gasta y se agota (Solbes y Tarín, 1998). Para que los estudiantes comprendan adecuadamente la conservación de la energía en diversos contextos es necesario integrar la conservación, la transformación y la degradación de la energía (Solomón, citado en Varela, Favieres, Manrique, y Pérez-Landazabal, 1995).

Lo anterior implica que, para comprender que la energía se conserva en su sentido más abstracto, y transferir este conocimiento a otras situaciones, no basta con enseñarla a través de situaciones ideales o abordando solo un tipo de energía a la vez. En este estudio

se desarrollará una secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) contextualizada en el ciclo del agua y la crisis ambiental actual, cuyo objetivo es que los estudiantes apliquen cualitativa y cuantitativamente la conservación de la energía mecánica, junto con los conceptos de trabajo y potencia, para describir el movimiento en el ciclo del agua, reconocer las transformaciones y la degradación energética e inferir causas y soluciones de la crisis ambiental.

Marco de referencia

Para justificar el diseño y el enfoque de la secuencia de enseñanza y aprendizaje, y que esta sea aplicable en el contexto de la enseñanza formal, es necesario revisar cuáles son los objetivos del currículum nacional en la asignatura de ciencias naturales, cuál es la propuesta que concreta el currículum a través de los libros de texto y cuáles son las principales concepciones alternativas que dificultan el aprendizaje de los estudiantes

La noción de energía en el currículo

A continuación, se muestra un cuadro resumen (fig. 1) de los niveles y ejes en que se tratan explícitamente nociones sobre energía en las bases curriculares de ciencias naturales (Mineduc, 2013; 2015) (ver Anexo 1). El cuadro también incluye contenidos sobre el ciclo del agua y los cambios de estado que experimenta, ya que propiciarán el contexto necesario para desarrollar los conceptos de trabajo, potencia y energía mecánica en la SEA. En cada cuadro se indica el número del objetivo de aprendizaje (OA) de la asignatura de ciencias naturales en cada nivel.

	Ciencias de la vida	Ciencias físicas y químicas				Ciencias de La Tierra y Universo
1		9				
2		10	11	12		
3						
4	3					
5	5	8	11	12		
6	1	2	8	9	10	11
			13	14	15	

	Biología	Química	Física		
7			12		
8			9	10	11
I	6		9	13	
	7	8			
II			11		

Cambios de estado del agua	Ciclo del agua	Energía	Energía mecánica
----------------------------	----------------	---------	------------------

Figura1. La temática de energía está presente en casi todos los niveles.

Hasta I año de enseñanza media, los estudiantes deberían tener conocimientos sobre energía lumínica y fotosíntesis; transferencia y degradación de la energía en ecosistemas; transferencia de energía por calor; energía y potencia eléctrica; usos de la energía eléctrica; recursos renovables, no renovables, eficiencia; y transferencia de energía por ondas. También deberían comprender el ciclo del agua, los lugares donde se almacena el agua dulce y salada, los estados de la materia y las condiciones para que ocurran los cambios de estado.

Esta SEA se instalará en II año medio asumiendo el objetivo de aprendizaje 11 de las bases curriculares “describir el movimiento de un objeto, usando la ley de conservación de la energía mecánica y los conceptos de trabajo y potencia mecánica” (Mineduc, 2015). En las unidades previas del mismo nivel, ya se han introducido nociones sobre mecánica clásica: relatividad del movimiento, modelos de movimientos ideales (MRU, MRUA), historia de la gravedad, las leyes de Newton y sus aplicaciones.

Es importante señalar que, en cuanto a contenidos, están las condiciones necesarias para integrar el ciclo del agua y la generación de recursos energéticos al estudio del movimiento a través de la conservación de la energía mecánica. Haciendo una analogía, los estudiantes deberán comprender cómo funciona este gran motor de agua.

La conservación de la energía en los textos

El libro de texto es la propuesta didáctica ministerial que organiza actividades a realizar por los estudiantes para desarrollar las habilidades, conocimientos y actitudes planteadas como OA en las bases curriculares (2013; 2015). El Mineduc licita y distribuye los textos escolares gratuitamente a todos los estudiantes de colegios municipales y subvencionados del país. Al año 2016, estos establecimientos reciben el 91% de la matrícula en Chile (Centro de Estudios Mineduc, 2017).

Por la amplitud de su distribución y considerando que el texto escolar es uno de los recursos más usados y aceptados por la comunidad escolar (Jiménez y Perales, 2001), es fundamental analizar los textos escolares u otros textos especializados con el fin de evaluar su pertinencia y, en caso de inconsistencias, desarrollar una alternativa.

Con este propósito se revisó la unidad de Energía Mecánica en tres textos de física de II Medio licitados por el Mineduc (2010, 2017 y 2018) (Fig. 2). La selección busca verificar cambios en el tiempo desde el 2010 y constatar si han existido reformulaciones significativas entre el texto 2017 basado en el Marco curricular (Mineduc, 2009) y el texto 2018 construido a partir de las Bases curriculares (Mineduc, 2015). Además, se utiliza como referente disciplinar el libro Feynman Vol. I (Feynman, Leighton y Sands, 1971) con el fin de comparar los significados y relaciones entre los conceptos de la unidad

Libro	Año	Editorial	Unidad/capítulo
Física II Medio	2010	Santillana	Unidad 3: Trabajo y energía
Física II Medio	2017	Sm	Unidad 2: El trabajo y la energía
Física II Medio	2018	Sm	Unidad 3: Trabajo y energía
Feynman Vol.1	1971	Addison Wesley y Longman de México S.A.	Capítulo 4: Conservación de la energía Capítulo 13: Trabajo y energía potencial (A) Capítulo 14: Trabajo y energía potencial (conclusión)

Figura 2. Tabla de textos de física que se analizan.

A partir del análisis de los textos (ver Anexo 2), es posible ver una evolución positiva en los libros de texto en el tiempo. Cada vez hay una mayor distribución de eventos de distinta categoría, haciendo más dinámica la lectura. Además, existe mayor cantidad absoluta de actividades para el estudiante y ha aumentado la presencia de eventos con función metacognitiva. De todos modos, es necesario recalcar que este análisis solo ha considerado cantidad de apariciones de un evento, y no se ha detenido en clarificar la calidad de estos.

Por otra parte, también podemos comparar los textos en relación con la secuenciación de las lecciones. En esta oportunidad, también se incluirá el texto de Feynman Vol. 1 debido a que es nuestro texto de referencia en cuanto a la noción física que trabajaremos en esta propuesta de secuencia de enseñanza y aprendizaje. En la figura 3, se muestra una tabla con los títulos en las secciones de los cuatro libros analizados.

Tabla 1. Secuencia de temas en los libros. El ordenamiento en los textos de física licitados por el Mineduc no ha cambiado en el tiempo. El libro Feynman Vol. 1. presenta un ordenamiento alternativo

Mineduc 2010	Mineduc 2017	Mineduc 2018	Feynman Vol. 1
El Trabajo mecánico	¿Qué es el trabajo mecánico?	¿Cuándo se realiza trabajo mecánico?	¿Qué es la energía?
Potencia mecánica de un trabajo	La potencia mecánica	¿Cómo se relaciona el trabajo mecánico con la potencia?	Energía potencial gravitacional
¿Qué es la energía?	¿Qué es la energía?	¿Qué es la energía?	Energía cinética
Energía cinética	La energía cinética	La energía cinética	Otras formas de energía
Energía potencial gravitatoria	La energía potencial gravitatoria	¿Qué es la energía potencial?	Energía de un cuerpo que cae
Energía potencial elástica	La energía potencial elástica	Energía potencial elástica	Trabajo realizado por la gravedad
Relación entre energía cinética y energía potencial	La energía mecánica	¿Qué es la energía mecánica?	La suma de energía
Conservación de la energía mecánica	La conservación de la energía mecánica	La conservación de la energía mecánica	Campo gravitacional de objetos grandes
Fuerzas conservativas y disipativas	Disipación de energía	Disipación de la energía mecánica	Trabajo
	Fuerzas conservativas y fuerzas disipativas	Fuerzas conservativas y disipativas	Movimiento con vínculos
			Fuerzas conservativas
			Fuerzas no conservativas
			Potenciales y campos

Podemos concluir que el ordenamiento en cuanto a contenidos no ha variado en el tiempo, incluso, habiendo un cambio curricular importante entre los textos del 2017 y 2018. Todos los textos escolares presentan en primer lugar el trabajo mecánico (W) que se calcula a partir de una fuerza (\vec{F}) y un desplazamiento ($\Delta\vec{x}$). Continúa con la definición de potencia mecánica (P) como el trabajo mecánico realizado por unidad de tiempo (t). Luego definen la energía mecánica a partir del trabajo y analizan situaciones ideales donde la energía

mecánica se conserva. Finalmente, se definen las condiciones para aplicar la conservación de la energía mecánica, distinguiendo entre fuerzas conservativas y no conservativas.

Por otro lado, el texto Feynman Vol. 1, presenta las temáticas con un ordenamiento distinto. A diferencia de los libros escolares, el capítulo 4 inicia con la definición general del concepto de energía y su conservación. Se analiza en profundidad la energía potencial y la energía cinética y en menor medida otros tipos de energía. En el capítulo 13 se desarrollan con más detalle aspectos de la conservación de la energía, define formalmente el concepto de trabajo y se aplica en variadas situaciones. En el capítulo 14, se entregan las últimas consideraciones sobre el trabajo y la conservación de la energía, definiendo las fuerzas conservativas y disipativas y el concepto de potencial escalar y vectorial.

El objetivo curricular de esta secuencia didáctica es desarrollar la noción de la conservación de la energía en el Universo. La conceptualización de energía del texto Feynman Vol. 1 puede resultar propicia debido a que se articula en función de esta noción y no del trabajo mecánico, tal como se hace en los libros escolares. Además, considerar cambiar el ordenamiento de los contenidos podría ser adecuado para trabajar algunas de las concepciones alternativas sobre la energía mecánica, que se detallan en la siguiente sección.

Concepciones alternativas sobre la conservación de la energía

Desde los años 80 que gran parte de la investigación en didáctica de las ciencias se ha enfocado en develar ideas alternativas de los estudiantes, que pueden o no estar de acuerdo con las ideas científicas (Driver, 1988), pero que son el punto de inicio ineludible para orientar la enseñanza. Según Furió, Solbes y Carrascosa (2006), las ideas alternativas son generalizadas, es decir, están presentes en gran parte de los estudiantes, algunas son más resistentes al cambio debido a que se organizan en esquemas conceptuales coherentes y no es de extrañar que a veces se puedan parecer a ideas de épocas pasadas.

Es posible hallar multiplicidad de artículos de descripción de las ideas alternativas sobre algún concepto particular, sin embargo, es mucho más difícil determinar las causas que las originan. Según Carrascosa (2005) el origen puede estar relacionado con la experiencia de los fenómenos, el significado que se asigna a los conceptos en el lenguaje cotidiano, errores conceptuales en los libros de texto, en las concepciones de los profesores o la planificación de estrategias poco adecuadas.

Podemos vincular con estas hipótesis las ideas alternativas de la noción de energía y su conservación. Por ejemplo, la experiencia nos dice que la energía mecánica no se conserva y que el trabajo implica cansancio físico. En el lenguaje cotidiano se le asigna multitud de significados a la palabra energía, trabajo y potencia. Es confusa la distinción conceptual de estas nociones, incluso hasta para expertos. En muchos textos se reduce el concepto de energía a la capacidad de realizar trabajo y, además, se sugiere la misma secuenciación de temas, utilizando siempre los mismos ejemplos tales como arrastrar cajas, utilizar poleas o la montaña rusa sin roce (Mineduc, 2010; 2017; 2018).

En la tabla 2 se presenta las concepciones alternativas relacionadas con el concepto de energía, energía mecánica y conservación de la energía encontradas en la literatura.

Tabla 2. Concepciones alternativas conceptos de fuerza, trabajo, energía y potencia.

Energía	<ol style="list-style-type: none"> 1. La energía solo puede existir en los seres vivos (Bañas, Mellado, y Ruiz, 2004) o lo que se mueve por sí mismo. (Hierrezuelo y Molina, 1990). 2. Los alumnos interpretan el papel de los aparatos que utilizamos en nuestra vida diaria como fuente o almacén de energía, en lugar de verlos como meros transformadores de la misma (Bañas, Mellado, y Ruiz, 2004). 3. Tienen la idea de que la energía es aprovechada en la misma proporción y produciendo los mismos resultados independiente del sistema que la utilice (Bañas, Mellado, y Ruiz, 2004). 4. No consideran la energía de tipo químico, aquella asociada a la estructura química de las sustancias (Bañas, Mellado, y Ruiz, 2004). 5. La energía es considerada como muy necesaria para el desarrollo de la humanidad, marca una gran pauta para el progreso favoreciendo la salud. Consideran que es poco contaminante, no se considera en general muy peligrosa y no se podría vivir sin ella (Bañas, Mellado, y Ruiz, 2004).
Energía mecánica	<ol style="list-style-type: none"> 6. Identificación entre conceptos de fuerza, trabajo y energía, sin diferenciarlos correctamente desde el punto de vista de la ciencia (Varela, Favieres, Manrique, y Pérez-Landazabal, 1995; Hierrezuelo y Molina, 1990). 7. Identificación de energía con el movimiento, sin reconocer las energías potenciales (Varela, Favieres, Manrique, y Pérez-Landazabal, 1995; Hierrezuelo y Molina, 1990). 8. La energía se encuentra en la parte inferior del cuerpo, en su centro de gravedad o en la velocidad (Solbes y Tarín, 1998). 9. La energía potencial se encuentra en la altura, en la gravedad, en el peso del cuerpo, en «la fuerza con la que cae», en «el trabajo hecho para subirlo», en «la atracción de la Tierra» o «entre el peso y la altura» (Solbes y Tarín, 1998).
Conservación de la energía	<ol style="list-style-type: none"> 10. Los alumnos consideran transformaciones y cambios de estado en los que no interviene la energía y ocurren sin ningún tipo de intercambio ni degradación de esta (Bañas, Mellado, y Ruiz, 2004). 11. No son capaces de poner un ejemplo donde se observe claramente el proceso de conservación de la energía (Bañas, Mellado, y Ruiz, 2004). 12. Algunos alumnos piensan que la energía es difícil de conservar o de recuperar. Otros creen que no se conserva porque se transforma (Solbes y Tarín, 1998). 13. El concepto de degradación lo confunden con el de consumo o pérdida de energía (Bañas, Mellado, y Ruiz, 2004), relacionan la crisis energética con el uso de la energía, la cual no se conserva porque se utiliza, se gasta y se agota (Solbes y Tarín, 1998). 14. Aseguran que puede existir el móvil perpetuo de primera especie. (Hierrezuelo y Molina, 1990). 15. Confunden descansar con ganar energía (Bañas, Mellado, y Ruiz, 2004; Hierrezuelo y Molina, 1990).

Para evitar algunas de las causas que pueden llevar a concepciones alternativas debe reformularse la forma en que tradicionalmente se enseña esta noción. En esta unidad

didáctica se incluirá la conservación de la energía en un contexto real y se incorporarán los conceptos de transformación y degradación de energía.

El contexto elegido en esta investigación es el ciclo del agua, por lo que también es interesante conocer cuáles son las concepciones alternativas de los estudiantes respecto a este tema. Según un estudio de Márquez y Bach (2007), las concepciones sobre el ciclo del agua se pueden clasificar según 6 modelos progresivos:

El tipo 1 o modelo no cíclico recoge las representaciones donde no se encuentra un cierre entre las entradas y las salidas de agua, o sea, donde la circulación de agua queda interrumpida en algún momento.

El tipo 2 o modelo atmosférico recoge las representaciones en las que se cierra el recorrido del agua en la naturaleza, pero donde sólo se consideran dos almacenes: la atmósfera y el océano, y sólo dos flujos o cambios de almacén: la evaporación y la precipitación. El agua inicia su recorrido en el mar, donde se evapora, se forman las nubes y vuelve a llover encima del mar.

El tipo 3 o modelo de circulación superficial añade al modelo anterior la circulación superficial o retorno del agua continental al océano, es decir, tiene en cuenta 3 almacenes (atmósfera, zona continental terrestre y océanos) y algunos flujos entre éstos.

El tipo 4 o modelo de circulación subterránea expone otra ubicación del agua, así como un nuevo flujo, el agua subterránea y su circulación, pero no muestra el proceso de infiltración.

El tipo 5 o modelo del agua subterránea como reserva independiente recoge esos diagramas en los que se representa el agua subterránea como una bolsa o un lago de agua debajo de la tierra, sin mostrar ninguna relación con el resto de agua que circula por la naturaleza. En el dibujo pueden aparecer signos que representan el proceso de infiltración, explicando cómo ha llegado el agua a esta localización, pero no muestra cómo se reincorpora esta agua al ciclo hidrológico.

El tipo 6 o modelo integrador recoge las representaciones que además de mostrar el acuífero y la circulación subterránea, muestran el proceso de infiltración por el cual el agua superficial pasa a ser subterránea y el proceso inverso que es el de surgencia.

Para los objetivos de nuestra secuencia, basta que los estudiantes reconozcan que el ciclo del agua es “cerrado”, es decir, que siempre existe alguna forma en que el agua fluye entre lugares de almacenamiento. Por lo tanto, se medirá, por medio de una evaluación diagnóstica en la primera clase de la secuencia, que al menos manejen un modelo del tipo 3, aunque no reconozcan integralmente el ciclo del agua.

Por último, se presenta un esquema (figura. 3) en que se integran en el ciclo del agua los conceptos relacionados con energía que se tratarán en la secuencia.

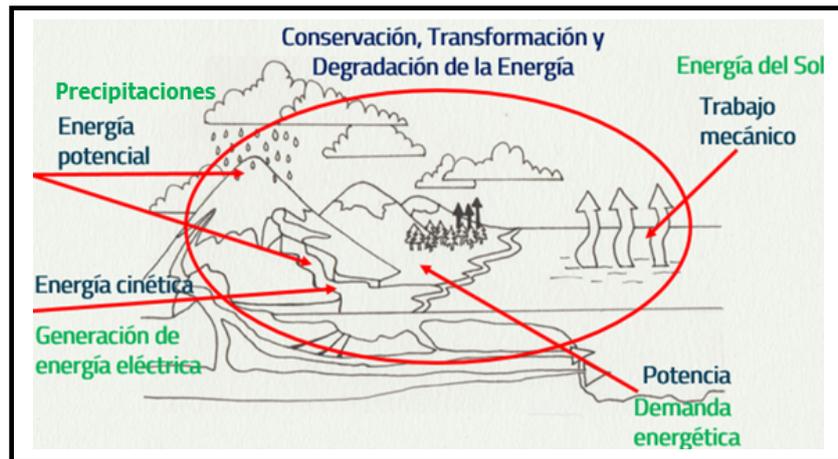


Figura 3. Esquema de la relación entre el ciclo del agua y la energía. No son las únicas asociaciones que se pueden hacer entre ambos temas.

Alfabetización científica, conservación de la energía y enfoque CTSA

La hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets (figura 4) establece que el crecimiento económico y la degradación del medio ambiente tienen un comportamiento gráfico de “U” invertida, donde el crecimiento económico hace que a corto plazo las condiciones ambientales empeoren llegando a un máximo, pero que luego, a largo plazo, disminuye el impacto ambiental (Grossman y Krueger, 1995) al mejorar la eficiencia del uso de recursos.

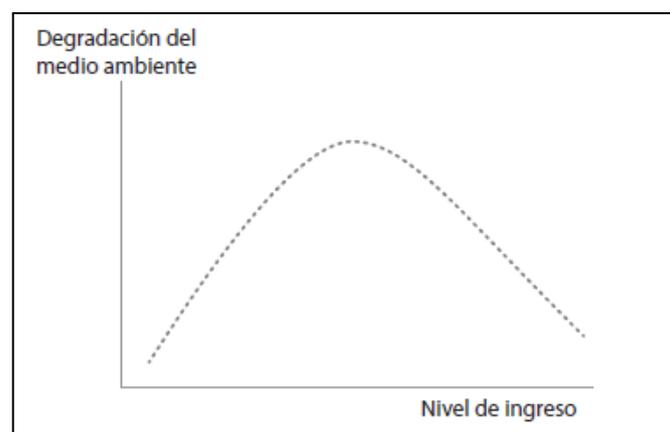


Figura 4. Curva ambiental de Kuznets (Catalán, 2014).

Sin embargo, existen diversos estudios que actualmente cuestionan esta hipótesis, argumentando que a nivel teórico no logra modelar la complejidad de la relación economía-ambiente (Correa, 2007) y empíricamente los datos indican que globalmente no existe una tendencia a la baja, sino que a mantenerse constante la degradación del medio ambiente (Falconí, Burbano y Cango, 2016) o que la curva tiene forma de “N” (Catalán, 2014) (fig. 5). La evidencia indica que continuar el nivel de consumo global no

es sustentable en el tiempo (World Wildlife Fund, 2016), lo que hace evidente el peligro de mantener el ideal de crecimiento económico como condición necesaria para el progreso de las naciones. Sin embargo, en Chile, el crecimiento económico es un pilar fundamental en el programa del gobierno actual para el período 2018-2022¹.

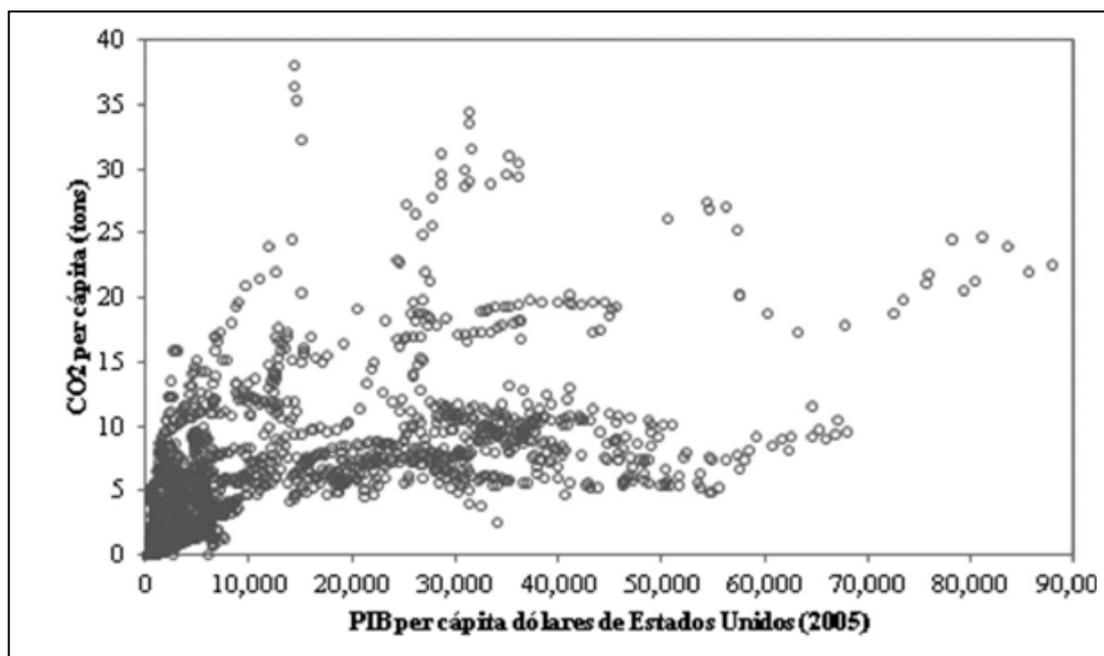


Figura 5. Diagrama de dispersión emisiones CO₂ vs pib per cápita: 1990-2010 (Catalán, 2014).

Este tipo de problemas requiere de ciudadanos que comprendan que los problemas globales nos afectan y que crean en su derecho y deber de buscar y construir alternativas que pongan fin al crecimiento nocivo para el medio ambiente, reconociendo las causas como el hiperconsumo y la explosión demográfica, con el objetivo de adoptar medidas en lo tecnológico, político y educativo para superar las contradicciones sociales, políticas y ambientales del mundo actual (Gil y Vilches, 2006).

En este contexto, es un deber para los profesores de ciencias incluir en sus clases los objetivos de alfabetización científica (AC). Aunque existen diversas formas de entender la AC (Macedo y Katzkowicz, 2005), a modo general, se busca un acceso universal a educación de calidad, con el fin de que los alfabetizados científicamente desarrollen competencias y herramientas para constituirse plenamente como individuos y ciudadanos conscientes y responsables.

La inclusión de asuntos sociocientíficos en la enseñanza puede dar pie para trabajar la AC incluyendo “temas sociales polémicos con vínculos conceptuales y/o de procedimiento de la ciencia [...] que tienden a tener múltiples soluciones plausibles [...] pero las soluciones no se pueden determinar totalmente por consideraciones científicas” (Sadler,

¹ Ver <http://programa.sebastianpinera.cl/>. Consultado el 06/09/2018.

2011²). Los asuntos sociocientíficos son problemas complejos que se constituyen desde la realidad de los estudiantes, lo que debería estimularlos a posicionarse en alguna de las posibles soluciones de forma crítica y dialogada; “se va(n) haciendo a sí mismo(s), y a la vez, descubriendo que con su proceso formativo va(n) ganando espacios que le(s) permitan gestar mundos posibles, interrogando a la realidad con sus preguntas como necesidad perentoria del espíritu humano” (Agudelo y Estupiñán, 2009).

Los asuntos sociocientíficos incluyen en sus planteamientos aspectos del enfoque ciencia, tecnología y sociedad (CTS), pero además añaden una dimensión moral, ética y afectiva (España y Prieto, 2009), ya que intentan involucrar al estudiante en temas controvertidos y relevantes para su contexto. Una de las formas de hacer relevante estos asuntos es incluir una componente ambiental (CTSA) que pretende desarrollar conciencia sobre los graves problemas actuales de la humanidad (Gil y Vilches, 2006) que tienen relación directa con la calidad de vida de los estudiantes (Fernandes, Pires y Villamañán, 2014).

Existen diversos problemas ambientales en Chile (Beramini, Irrázabal, Monckeberg, Pérez, 2017) como la escasez de recursos hídricos, la contaminación atmosférica, la erosión del suelo, la disminución de la biodiversidad o el cambio climático. En todos ellos, la enseñanza de la noción de energía podría ser especialmente integradora para comprender a fondo las limitaciones de nuestro planeta y actuar cívicamente en función de ello.

Enseñanza de la energía

Según Hierrezuelo y Molina (1990) existen dos posturas tradicionales de tratar el concepto de energía en la enseñanza. Una de ellas, la opción mayoritaria, propone que se introduzcan en primer lugar los conceptos de fuerza y trabajo, luego definir la energía como la capacidad que tiene un cuerpo o sistema para realizar un trabajo. Según esta perspectiva la energía es una idea abstracta, conceptualmente lejana de la experiencia cotidiana, pero útil para estudiar fenómenos cuantitativos.

La otra postura indica que la comprensión del concepto de energía lo construyen los estudiantes por medio de la integración de conocimientos, definiendo la energía como “una propiedad o atributo de todo cuerpo o sistema material en virtud de la cual éste puede transformarse, modificando su situación o estado, así como actuar sobre otros originando en ellos procesos de transformación” (Hierrezuelo y Molina, 1990). Luego, tiene sentido introducir el trabajo como la medida de intercambio de energía en algún proceso.

Estas dos posturas son posibles de verificar en textos especializados para la enseñanza de la física. En un libro orientado a la enseñanza de mecánica clásica a estudiantes de licenciatura en física (Massmann y Muñoz, 1997), se define la energía como una función escalar que, al medirla antes y después de un proceso, es igual al producto $\vec{F} \cdot (\vec{x}_f - \vec{x}_i)$. Este producto se define a continuación como trabajo, es decir, según el libro, trabajo y

² Traducción propia del texto original en inglés.

energía son esencialmente lo mismo. La energía lleva a una formulación de la mecánica más simple, elegante y poderosa, generalizable a otros ámbitos de la física.

Por otra parte, en el libro Feynman Vol.1 (1971) se define en primer lugar la conservación de la energía como un principio matemático, una cierta cantidad de un sistema (energía) que antes y después de un proceso siempre es la misma. La energía tiene diversas formas de expresarse y cada una con su propia fórmula, la que no es siempre fácil de obtener debido a que no es un objeto sensible, sino que una propiedad de un sistema. Las formas de energía que se enumeran en el libro son energía gravitacional, cinética, calórica, elástica, eléctrica, química, radiante, nuclear y de masa. Luego, el trabajo es un recurso que utiliza para calcular la función que representa a algunos de los tipos de energía, como medida del intercambio energético.

En este trabajo, se diferenciarán los conceptos de transferencia, transformación, conservación y degradación de la energía (Duit, 1984). La *transferencia* se entenderá como el traspaso de energía de un sistema a otro, y como la energía se manifiesta de variadas formas, puede *transformarse* de un tipo a otro. En cualquier experimento físico en un sistema cerrado, el total de la energía se *conserva*, aunque en el proceso de conversión siempre hay parte de la energía que se *degrada* como calor, siendo aún energía, pero que no puede ser utilizada nuevamente en el proceso. Se toman estas definiciones debido a la dificultad de los estudiantes de comprender la aparente contradicción entre la conservación de la energía mecánica y el cese de los movimientos que experimentamos cotidianamente.

En el curriculum chileno, como ya se ha visto en la sección anterior, la energía es una noción que está presente en casi todos los niveles, desde distintas perspectivas, añadiendo sucesivamente más atributos para su conceptualización. En los libros de texto de física II medio (Mineduc, 2010; 2017; 2018) se desarrolla la primera postura descrita, es decir, en unidades anteriores se trabajan conceptos de cinemática y dinámica, luego define el trabajo y la potencia. Además, se entiende la energía como la capacidad de realizar un trabajo. Solo en el texto escolar 2018 cambia la definición de energía a “la capacidad que tiene un cuerpo (o sistema) para poder realizar cambios en sí mismo o en otros” (Mineduc, 2018). A pesar de esto, los ejemplos y la secuenciación de conceptos es la misma.

Estas dos propuestas de enseñanza no están total desacuerdo, ya que operativamente llevan a los mismos resultados numéricos. Sin embargo, pueden generar diferencias sustantivas en la conceptualización que podrían llevar a concepciones alternativas (Hierrezuelo y Molina, 1990), más aún cuando consideramos que la enseñanza hasta II año de educación media está destinada a la formación general, donde lo principal es la aplicación de nociones científicas a la comprensión de fenómenos y no solo el cálculo de magnitudes físicas.

A continuación, se presenta un esquema (fig. 8) muestra una red de contenidos físicas importantes para comprender la conservación de la energía mecánica.

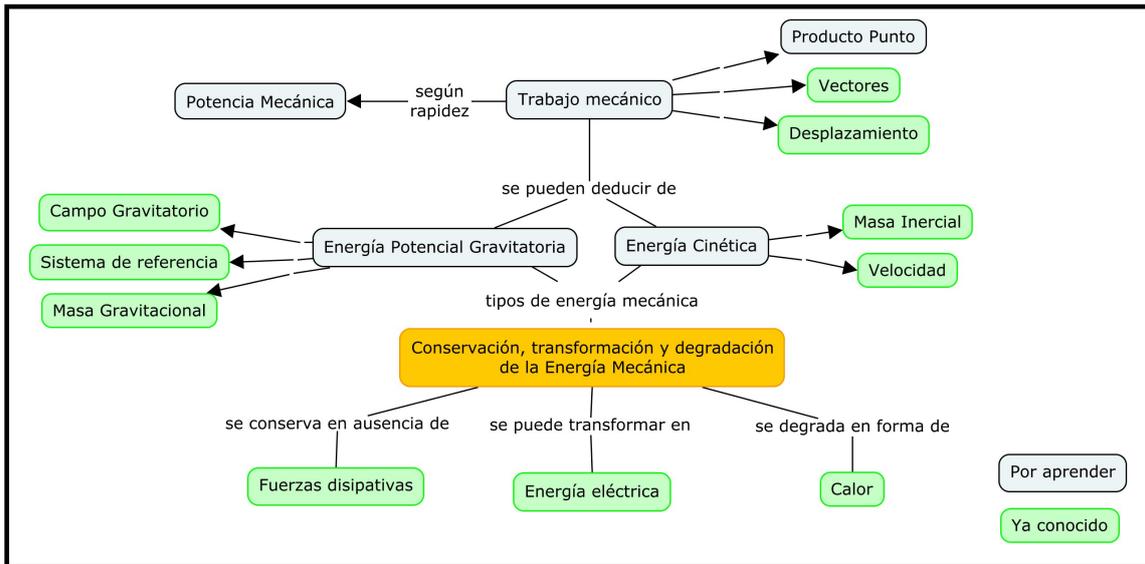


Figura 6. Esquema conceptual desde el punto de vista del contenido físico. La conservación, la transformación y la degradación de la energía ocupa el lugar central. Los cuadros en verde se consideran ya conocidos por los estudiantes de II medio.

La complejidad del objetivo curricular, del contenido científico y su relevancia cultural, social y ambiental, dificultan que la SEA pueda ser valorada a través de estándares y niveles de logro bajo una perspectiva puramente cuantitativa, ya que, al establecer previamente una propiedad del objeto de estudio a medir, se puede despreciar información valiosa sobre el proceso de la construcción de significados.

Enfoque fenomenológico

El enfoque cognitivo constructivista, que actualmente lidera las investigaciones sobre enseñanza (Marín, 2008), considera que las personas tienen un rol activo en la construcción de sus conocimientos, y lo hacen a partir de sus conocimientos previos, experiencias y emociones. En una situación pedagógica enmarcada en un contexto escolar, profesores y estudiantes están inmersos en una situación compleja de múltiples interacciones, en que la construcción de realidad es compartida (Maykut y Morehouse, 1999). Asumiendo esta perspectiva, las relaciones que se dan en una sala de clases son multicausales y, si queremos dar cuenta sobre lo que ahí ocurre, no podemos investigar desde una perspectiva cuantitativa tradicional de las ciencias, más aún, cuando el propio investigador es participante en la situación.

Para comprender de forma integral un fenómeno, en nuestro caso un fenómeno educativo, el enfoque fenomenológico de investigación se centra en interpretar el significado que atribuyen las personas a su realidad (Maykut y Morehouse, 1999). Las teorías que se construyen se entienden como una versión del mundo preliminar o un punto de vista (Flick, 2004) en un lugar y momento determinado. Para llegar a una comprensión más acabada del mundo, la investigación cualitativa debe tener un carácter recursivo (Fig. 9) donde los resultados de una investigación pueden levantar información que permita un

nuevo acercamiento al campo de estudio o incluso pueden cambiar el rumbo de la investigación mientras está siendo realizada.



Figura 7. La comprensión entre la construcción y la interpretación (Flick, 2004).

Como ya se ha desarrollado anteriormente, la conservación de la energía es un concepto central en las teorías científicas actuales y tiene una gran capacidad de aplicación en diversos campos. Dados nuestros supuestos sobre la cognición y cómo se debe investigar en el escenario educativo, se necesita una organización de SEA que sea coherente con esta postura.

Diseño de la secuencia: modelo y ciclo de enseñanza y aprendizaje

El principio de conservación de la energía es una de las ideas científicas más profundas, abstractas, generalizables y explicativas de situaciones naturales, sociales y tecnológicas. La asimilación de este principio abstracto y su vinculación con el mundo cotidiano necesitan que se contextualice a los estudiantes con diversos fenómenos. El propósito es que por medio de la integración de experiencias construyan de manera progresiva significados sobre los conceptos científicos y su relación con la tecnología, la sociedad y el ambiente.

La secuencia de actividades que realizarán los estudiantes, es decir, la pauta de acciones que mediará las interacciones entre profesor y estudiantes en la sala de clases se fundamenta sobre el ciclo de aprendizaje constructivista (Jorba y Sanmartí, 1993), el cual considera las siguientes cuatro fases:

1. Exploración. El objetivo de esta fase es conocer las ideas de los estudiantes sobre el tema que se estudiará, realizando actividades abiertas en que promuevan el análisis o la construcción de hipótesis.
2. Introducción de nuevos conceptos. Se presentan a los estudiantes situaciones problemáticas donde puedan poner a prueba sus ideas iniciales con la intención de enriquecer su visión inicial.
3. Sistematización. En esta fase se promueve la abstracción de los conocimientos que surgen de las fases previas, con el fin de que los estudiantes construyan su propio aprendizaje que les servirá de base para otras oportunidades.
4. Aplicación. Se presentan nuevos contextos más desafiantes para que los estudiantes apliquen y transfieran los aprendizajes antes construidos.

Una vez completa la fase de aplicación, se recurre nuevamente a la fase de exploración para ampliar o profundizar los acercamientos al objeto de estudio. Así, se propiciarán sucesivas instancias donde los estudiantes deberán plasmar sus concepciones, generando datos que se analizarán con la metodología que se desarrolla en la siguiente sección.

Para estructurar y relacionar las actividades de la SEA de modo que vincule progresivamente la noción de energía con los problemas socioambientales, se seleccionó el modelo de la demanda de aprendizaje descrito por Couso (2012). Los estudiantes, en interacción constante entre ellos y con el profesor, construyen la historia de la importancia del “gran motor de agua” en la generación de energía eléctrica. Esta historia se desarrolla a través de actividades secuenciadas que relacionan progresivamente el flujo de masas de agua en el ciclo hidrológico con la conservación, transferencia, transformación y degradación de las diferentes manifestaciones de la energía.

Objetivos

Objetivo general

Valorar el impacto de una secuencia de enseñanza y aprendizaje bajo un enfoque CTSA que promueva una adecuada comprensión y aplicación del principio de conservación de la energía mecánica a través del análisis de las diversas transformaciones energéticas presentes en el ciclo del agua y la degradación inevitable de la energía en cada proceso para facilitar la reflexión sobre la importancia y las posibilidades de acción frente a la crisis ambiental actual.

Objetivos específicos

1. Diseñar y validar una secuencia de enseñanza y aprendizaje con enfoque CTSA.
2. Identificar el significado y uso que los estudiantes hacen de los conceptos trabajo, energía y potencia.
3. Identificar las creencias y actitudes de los estudiantes relacionadas con los problemas ambientales.
4. Comparar los resultados de las creencias y actitudes con los estudiantes de otros niveles en el mismo contexto educacional.

Metodología

Para valorar la influencia de la SEA, en esta investigación se utilizará una metodología mixta, entendiendo que, a pesar de lo expuesto respecto al enfoque fenomenológico, es posible complementar la investigación cualitativa con la medición de la prevalencia de ciertos parámetros de interés para los objetivos de investigación.

Para recabar información cualitativa sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje se ha confeccionado una planificación con una secuencia de actividades (ver Anexo 3) bajo el ciclo de enseñanza de cuatro fases antes descrito. Se espera que los estudiantes construyan uno o varios conceptos científicos sobre energía y problemas socioambientales cada vez más coherentes con la visión científica.

La secuencia planifica en 5 semanas un total de 16 actividades con una o varias preguntas abiertas cada una, contenidas en 4 guías (ver Anexo 4). Las actividades van aproximando sucesivamente la relación entre energía, trabajo y potencia contextualizadas en partes del ciclo del agua y la energía eléctrica. En la última guía se propone una actividad final de aplicación que consiste en la diseñar de un fanzine, un tipo de revista alternativa y de fácil reproducción, en la que tratan temas socioambientales relacionados con la energía. Los estudiantes deben responder y fundamentar en cada una de las actividades, de modo que develen el uso y las ideas que tienen sobre los conceptos en estudio.

Diseño para la implementación de la secuencia y evaluación de resultados

Participantes

La SEA se aplicó en un colegio de la comuna de La Pintana, Región Metropolitana de Chile. Este es un colegio gratuito de dependencia particular subvencionada que trabaja con estudiantes clasificados en un grupo socioeconómico medio bajo y un índice de vulnerabilidad entre un 54% y 71%. En la última evaluación SIMCE (2017) los estudiantes de educación media obtuvieron 287 puntos en promedio, con 45 puntos sobre la media de establecimientos en el mismo grupo socioeconómico. Hay en total 83 estudiantes en II medio divididos en dos curso (A y B) de un total de 329 de I a IV medio. Todas las actividades se trabajaron en grupos de entre 2 y 4 personas (12 grupos en el curso A, 11 grupos en el curso B), con el objetivo de fomentar la interacción entre pares, fundamental para la construcción de significados desde una perspectiva constructivista.

Análisis de datos

Para organizar y analizar todos los datos, se utilizará el software de análisis cualitativo ATLAS.ti, que también da la posibilidad de realizar un análisis cuantitativo.

Para el análisis de datos cualitativos, se realizará una “codificación línea por línea” en el que se expresarán las respuestas de los estudiantes en forma de ideas (Flick, 2004), intentando develar sus intenciones y modos de pensar. Estos conceptos se constituyen en códigos del software ATLAS.ti a partir de los cuales se crearán categorías (familias de códigos) que recrearán el relato sobre las ideas de los estudiantes.

Además, para comparar si se produce una diferencia cualitativa y cuantitativa en la percepción y valoración de los problemas socioambientales, se aplicará una encuesta con preguntas cerradas y abiertas, la que ha sido adaptada desde un estudio medioambiental del Ministerio del Medio Ambiente (Ministerio del Medio Ambiente, 2018). Se seleccionan aquellas preguntas que son atingentes a este estudio (ver Anexo 6). Luego, se contrastarán los resultados de los participantes con los estudiantes de I, III y IV medio.

Resultados

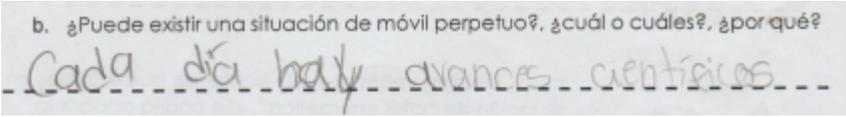
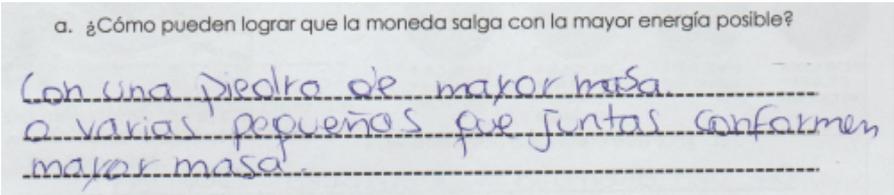
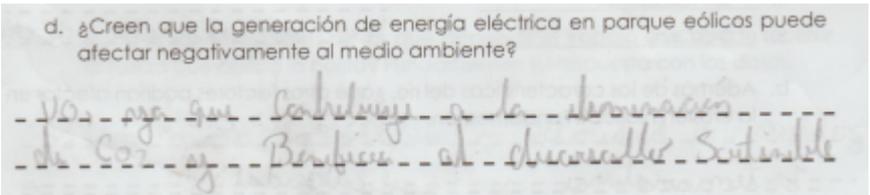
A continuación, se presentan los resultados recolectados a partir de las actividades de las guías de trabajo de la SEA, la creación de fanzines y la encuesta medioambiental.

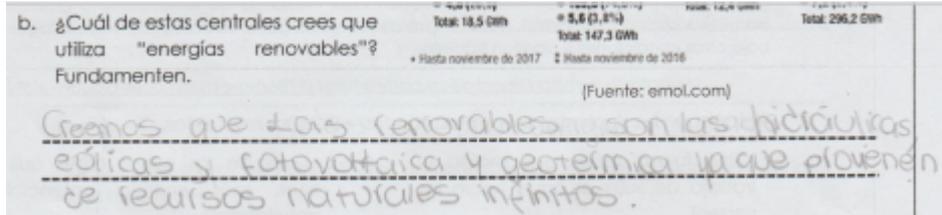
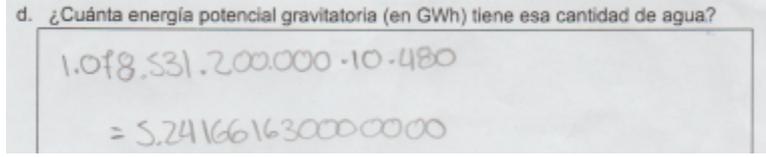
Resultados de las guías de trabajo

A partir de una completa y exhaustiva revisión de los resultados de las cuatro guías se han construido 223 códigos que contienen más de mil respuestas. Cada código es una frase que interpreta la respuesta escrita por un grupo de estudiantes. Las respuestas de distintos grupos a una misma pregunta se pueden clasificar con el mismo código, y a la vez, una respuesta puede estar asociada a más de un código, ya que esta puede contener más de una idea.

A partir de las codificaciones y de los objetivos de investigación, emergen 5 categorías: energía, magnitudes de las que depende la energía, medioambiente, energías renovables/no renovables y procedimientos. Cada código se ha asignado a una de estas categorías. En la siguiente tabla se presentan algunos ejemplos de codificaciones y su clasificación. Entre paréntesis se indica la cantidad de respuestas que se han relacionado con el código. En cada figura de la tabla se especifica un código que permite ir directamente al archivo de evidencia. Por ejemplo, el código AA1.2.A3 significa que se debe revisar la respuestas del grupo 3 del curso A en la actividad 2 de la guía N°1.

Tabla 3. Ejemplos de codificación y consignación en categorías

Ejemplo 1	Categoría: Energía. Código: “La ciencia podría crear máquinas de movimiento perpetuo [3]”.  Código: AA1.3.A8.
Ejemplo 2	Categoría: Magnitudes de las que depende la energía. Código: “Identifica peso o masa y altura para la energía potencial [16]”.  Código: AA2.2.A4
Ejemplo 3	Categoría: Medioambiente. Código: “Los parques eólicos no afectan al medioambiente, lo benefician [2]”.  Código: AA3.4.B1
Ejemplo 4	Categoría Energías renovables/no renovables. Código: “Las energías renovables son inagotables [12]”.

	 <p>Código: AA2.4.B10</p>
Ejemplo 5	<p>Categoría: Procedimientos. Código: “No transforma de Joule a GWh [5]”.</p>  <p>Código: AA4.4.A12</p>

A continuación, se presenta la definición de cada categoría y un resumen de los principales resultados.

Energía. Se han agrupado en esta categoría todas aquellas codificaciones que tienen relación con el uso del concepto de energía y las ideas de los estudiantes sobre la conservación, transformación y degradación de la energía: Además, se incluyen aquellas afirmaciones relacionadas con los movimientos perpetuos. Se diferencian según si son adecuadas respecto del conocimiento científico o si existen concepciones alternativas. (Ver tabla 4).

Tabla 4. Descripción de principales hallazgos sobre el concepto de energía.

Tema	Descripción de los hallazgos
Movimientos perpetuos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En la primera guía casi la totalidad de los estudiantes cree que el movimiento perpetuo puede existir y generalmente lo asocian a un ciclo. ▪ En la cuarta guía algunos grupos mantienen posibles consecuencias de esta idea, como que la energía eólica o hidráulica ceden energía a la atmósfera o cuando afirman que la energía hidráulica no puede disminuir porque es un ciclo.
Fuerza / energía	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El uso del concepto de fuerza cuando se refieren a la energía se mantiene a lo largo del desarrollo de las guías, pero no aumenta. ▪ El uso del concepto de energía aumenta con el desarrollo de las guías y progresivamente más adecuada con respecto al conocimiento científico.
Conservación de la energía mecánica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solo un grupo reconoce por sí solo la conservación de la energía mecánica, al reflexionar sobre la transformación de energía potencial gravitatoria a energía cinética en la caída de un objeto. ▪ Otros 4 grupos se acercan a esta idea cuando afirman que una energía disminuye y la otra aumenta en la caída de un objeto. ▪ Generalmente, cuando los grupos reconocen la conservación de la energía, lo hacen en contextos reales donde existe degradación y diversos tipos de energía involucradas.
Transformación y degradación de la energía	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desde las primeras guías se observa que los estudiantes reconocen la transformación de la energía, pero no tienen integrada la noción de degradación. ▪ Con el transcurso de las guías aumenta considerablemente el uso de la transformación y degradación en el discurso. ▪ Sin embargo, aparecen algunas concepciones alternativas que se deben tener en cuenta en una próxima aplicación de la SEA:

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CA1: La energía que se transforma/degrada en calor se pierde. ▪ CA2: La degradación es distinta a la transformación y corresponde a una pérdida de energía.
--	--

Magnitudes de las que depende la energía. En esta categoría se agrupan todos los códigos en que los estudiantes deben reconocer las propiedades medibles de un sistema. Se diferencia entre aquellas codificaciones en que los estudiantes identifican adecuadamente todas las variables de un sistema para determinar la energía mecánica y las que reconocen parcialmente las variables o que identifican otras que no corresponden (Tabla 5).

- **Tabla 5.** Descripción de principales hallazgos sobre magnitudes de las que depende la energía.

Tema	Descripción de los hallazgos
Energía potencial gravitatoria	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En la actividad de introducción de nuevos conceptos los estudiantes comprenden que la masa y altura son magnitudes relevantes para la energía. Esta actividad es solo cualitativa, los estudiantes no tienen realizaciones mediciones rigurosas. ▪ En las actividades subsiguientes se contextualiza a los estudiantes en las nubes y la ubicación de las hidroeléctricas. En estos casos los estudiantes vinculan con mayor frecuencia la masa con la energía y el factor de la altura es menos relevante para los estudiantes.
Energía cinética	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En la actividad de introducción de nuevos conceptos, cerca de un quinto de los grupos identifican la rapidez como factor de la energía cinética, pero en su mayoría reconocen masa y altura. En esta actividad se pide a los estudiantes que suelten bolitas en un plano inclinado y realicen medidas rigurosas. ▪ En las actividades subsiguientes, se contextualiza en la erosión de los ríos y la energía eólica. En estas existe un leve aumento de la cantidad de estudiantes que reconocen el factor de la velocidad en la energía.
Corriente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Al menos la mitad de los grupos incorporan en sus explicaciones “la corriente de viento” o “la corriente del río”. El concepto de corriente es utilizado por los estudiantes en diversos contextos en reemplazo de magnitudes como velocidad, caudal, energía o turbulencia.

Medioambiente. Al contextualizar la secuencia en torno a fenómenos naturales y la matriz energética, emergen reflexiones medioambientales que están intencionadas a través de las preguntas, pero generalmente de forma implícita. En esta categoría se clasifican aquellos códigos en que los estudiantes identifican problemáticas medioambientales o reflexionan sobre su responsabilidad y los que tienen una visión ingenua al respecto o no reconocen las problemáticas.

- **Tabla 6.** Descripción de principales hallazgos sobre medioambiente

Tema	Descripción de los hallazgos
Responsabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Existen algunas reflexiones sobre su propia responsabilidad en los problemas ambientales, pero estas no aumentan en el desarrollo de las guías.
Visión ingenua	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Al contextualizar a los estudiantes en fenómenos como una inusual nieve o la disminución de las precipitaciones en algunos sectores, muchos no visualizan causas ni consecuencias ambientales, solo variables físicas.
Ambiente y sociedad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Frente a la disminución de las precipitaciones en el cajón del Maipo, identifican en mayor medida las consecuencias directas para las ciudades (agua potable y energía eléctrica) y en menor proporción muestran preocupación por la biodiversidad de los ecosistemas o las localidades que habitan en la ribera del río.

Parques eólicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La mitad de los grupos reconoce que los parques eólicos impactan al medioambiente. ▪ Los demás grupos reconocen que tienen un impacto, pero de menor magnitud que otros tipos de centrales.
Centrales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los estudiantes no ven problemáticas en la necesidad de construir más centrales eléctricas. ▪ Los estudiantes afirman que se deben aprovechar los recursos naturales para abastecer de energía a la población y fomentar el desarrollo. No existe reflexión sobre el consumo excesivo de las sociedades.

Energías renovables y no renovables. A pesar de no haber sido un objetivo desde un principio, la energía renovable y no renovable emergió como un tema relevante al aplicar la secuencia. En esta categoría se incluyen códigos en que los estudiantes comprenden la diferencia entre los tipos de energía y las que presentan concepciones alternativas al respecto (ver tabla 6). Se entenderá por recurso renovable todos aquellos que su ciclo de regeneración está por debajo de su tasa de extracción (Mineduc, 2016).

Tabla 6. Descripción de principales hallazgos sobre energías renovables y no renovables.

Tema	Descripción de los hallazgos
Energías no renovables	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los estudiantes reconocen que las energías no renovables están asociadas a recursos que se agotan en el tiempo y por ende que estas energías se pueden agotar.
Energías renovables	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los estudiantes reconocen en gran medida cuáles son las centrales eléctricas que funcionan en base a energías renovables, y las relacionan con disponibilidad sin restricciones porque los recursos de las que dependen son inagotables. ▪ Sin embargo, en una pregunta a continuación, algunos grupos reflexionan en torno a la disminución de la transformación de energía eléctrica en hidroeléctricas. ▪ Es común que se asocie energía renovable con energía limpia, lo que dificulta que los estudiantes reconozcan los impactos socioambientales que de todos modos provocan.

Procedimientos. En esta familia se clasifican todos los códigos que se relacionan con las habilidades procedimentales para realizar correctamente cálculos de magnitudes físicas y de leer o construir gráficos o tablas. Se categoriza entre las realizadas de acuerdo con las relaciones físicas y las normas matemáticas y las que no cumplen o lo hacen solo parcialmente, de modo que pueden dificultar la resolución de las actividades subsiguientes (Tabla 7).

Tabla 7. Descripción de principales hallazgos sobre procedimientos.

Tema	Descripción de los hallazgos
Cálculos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los estudiantes reconocen los datos en un problema para realizar ejercicios numéricos. ▪ Los estudiantes calculan apropiadamente en mayor proporción la energía potencial gravitatoria que la energía cinética.
Unidades de medida	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La SEA se contextualiza en el ciclo del agua, donde ocurren fenómenos a distinta escala. Esto implica que muchas veces los estudiantes tienen que realizar transformaciones de unidades, lo que presenta dificultades para algunos grupos.
Gráficos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los estudiantes presentan dificultades en la construcción apropiada de gráficos. Principalmente olvidan poner un título y una leyenda que

	permitan comprender los datos y en menor medida la escala de los ejes y las variables que se grafican.
Tablas	<ul style="list-style-type: none"> Un poco más de la mitad de los estudiantes no logra presentar apropiadamente tablas de datos ordenadas y con variables controladas.

Resultados de actividad de fanzines

En la actividad los estudiantes desarrollan una actividad de aplicación que consiste en investigar sobre algún problema socioambiental en Chile y deben crear un tipo de revista independiente (fanzine) que explique la situación incorporando la idea de la conservación de la energía y que promueva el cuidado del medioambiente (ver tabla 8). Los principales resultados de esta actividad se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 8. Descripción de principales hallazgos.

Tema	Descripción de los hallazgos
Conservación, transformación y degradación de la energía	<ul style="list-style-type: none"> Solo la mitad de los grupos utilizan estas nociones para explicar el problema socioambiental. La transformación y degradación de la energía son las más utilizadas, generalmente de forma adecuada. La conservación de la energía es la menos nombrada. Se identifican dos concepciones alternativas relacionadas con la transformación y degradación: CA1: La transformación de la energía equivale al cambio climático. CA2: El calor no se puede transformar en otra energía.
Impactos socioambientales	<ul style="list-style-type: none"> Todos los grupos reconocen un contexto donde se produce un daño ambiental, principalmente relacionados con el aire o el agua. Casi todos los grupos relaciona daño ambiental con un perjuicio a las personas o grandes poblaciones. Solo 4 grupos reconocen una población o comunidad que está siendo especialmente perjudicada. Solo la mitad de los grupos relaciona daño ambiental con perjuicio a la vida más allá del ser humano.
Responsabilidad y soluciones	<ul style="list-style-type: none"> La mitad de los grupos reconoce a una empresa como responsable de los daños ambientales. Solo un grupo identifica a las autoridades como los responsables de los daños ambientales. Los estudiantes no se reconocen como responsables de los daños ambientales. Poco menos de un tercio de los grupos se reconoce como agentes de cambio a nivel individual a través de una modificación de hábitos o a nivel social a través de protestas.

Resultados de la encuesta medioambiental

Al cabo de dos semanas luego de finalizada la aplicación de la SEA, se realizó la encuesta sobre el medioambiente a todos los estudiantes de enseñanza media. Hubo un porcentaje de participación mayor al 80% en todos los niveles (tabla 9). A continuación, se presentan los principales hallazgos de la encuesta separados por tema.

Tabla 9. Descripción de principales hallazgos encuesta.

Tema	Hallazgos
Importancia	<ul style="list-style-type: none"> Cerca del 20% de los estudiantes del colegio asigna prioridad 1 al medioambiente, donde destaca II y III con el 26% y 28% respectivamente. Existe una tendencia en que, a mayor nivel, mayor porcentaje de estudiantes asignan importancia 1 y 2 al medioambiente. El nivel que menos indiferencia tiene sobre el cambio climático es II medio.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En I medio, algunos estudiantes ven con buenos ojos el cambio climático porque les agrada un clima con mayor temperatura. ▪ Se observa una tendencia que, a mayor nivel, más creen en el esfuerzo propio y de las personas por el cuidado del medioambiente y menos creen en las empresas, gobierno y escuelas. Las opiniones de II medio se acercan más a las de III medio que de I medio. ▪ Los estudiantes creen que es más importante para ellos el medioambiente que para la región o el país. II medio es el nivel que menos disminuye su creencia sobre la importancia que les otorga su región y el país a los problemas medioambientales.
Hábitos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No se observa una tendencia en que los estudiantes de mayores niveles tengan más hábitos de cuidado del medioambiente. ▪ Los estudiantes identifican con mayor frecuencia reciclar y reutilizar. La idea de reducir aparece generalmente vinculado al consumo de agua o energía eléctrica.
Responsabilidad y efectividad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los estudiantes de todos los niveles asignan en mayor porcentaje la responsabilidad al humano sobre el cambio climático. En II medio es donde se produce más diferencia. ▪ Los estudiantes consideran más efectivas las acciones de científicos y, organizaciones no gubernamentales y gubernamentales. Las que menos efectivas según los estudiantes son las empresas y ellos mismos.
Cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los niveles que más creen que ya está ocurriendo el cambio climático son II y IV medio. Ningún estudiante cree que no ocurrirá el cambio climático.
Soluciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A mayor nivel, generalmente los estudiantes están más de acuerdo con tomar medidas de restricciones para mitigar la contaminación del aire. ▪ En niveles mayores los estudiantes tienen más expectativas sobre los beneficios sociales que puede traer el cuidado del medio ambiente. ▪ En general, los estudiante ven que la reducción del consumo de carne trae menos beneficios que reducir el consumo de otro tipo de recurso.

Discusión

A pesar de que existe evidencia desde hace 30 años sobre los problemas en la comprensión de la energía, su conservación y la importancia que se le da en las grandes ideas de la ciencia a esta noción, no se han observado cambios sustantivos en la forma en que se planifica su enseñanza en el curriculum chileno y los libros de texto. La propuesta de secuencia de enseñanza y aprendizaje intenta ser un aporte a la construcción conceptual adecuada de la conservación de la energía mecánica y que, a la vez, pueda vincularse con temáticas socioambientales.

Al comparar la secuencia propuesta con los libros de texto ministeriales, es fácil advertir que existe una gran diferencia en la secuenciación de contenidos, las habilidades que se desarrollan y las actitudes relacionadas con la perspectiva de ciencia, tecnología, sociedad y ambiente. Las propuestas ministeriales utilizan ejemplos descontextualizados de movimientos ideales con algunas secciones que invitan a reflexionar en torno a la generación y uso de la energía eléctrica. Nuestra propuesta articula en cada una de sus clases la relación de los conceptos físicos con el ciclo del agua, la generación de energía eléctrica y su implicancia natural y social.

A partir de la aplicación de la SEA y su análisis exhaustivo se ha obtenido una gran cantidad de información relevante para valorar sus efectos, que hemos interpretado a partir del trabajo de los estudiantes. A continuación, se presentan las conclusiones sobre

los logros obtenidos en el contenido conceptual y procedimental, junto con la evaluación de las creencias socioambientales de los estudiantes.

En general, podemos decir que los efectos producidos a nivel conceptual se acercan más a la idea de conservación de la energía en las grandes ideas de la ciencia que al objetivo de aprendizaje curricular. En la explicación de las grandes ideas, la transformación, degradación y transferencia de la energía se articulan para comprender la conservación de la energía. De estas, las nociones de transformación y degradación de la energía se logran desarrollar en la SEA generalmente de forma adecuada, a pesar de que se han generado concepciones alternativas, las que deben tenerse en cuenta en una próxima aplicación de la secuencia. Además, el ciclo del agua ha resultado ser un contexto familiar para los estudiantes, y permite, a través de la exploración de sus partes, que los estudiantes integren progresivamente en su discurso el concepto de energía en el análisis de situaciones.

Por otro lado, el objetivo curricular se centra en la descripción del movimiento usando la conservación de la energía mecánica junto con los conceptos de trabajo y potencia mecánica. En la SEA los estudiantes no integran en sus respuestas de las guías ni en los fanzines el concepto de trabajo y potencia mecánica, posiblemente por poca intencionalidad de las actividades. Si se quiere que la secuencia ponga su énfasis en el contenido conceptual curricular, se deben realizar algunas modificaciones en las actividades de aplicación. Sin embargo, el poco tiempo asignado a esta unidad es un factor relevante que nos obliga a tomar decisiones no solo didácticas, sino que también pedagógicas y curriculares.

En este sentido, la conservación de energía en general es mucho más amplia que la conservación de la energía mecánica. Tiene muchas más aplicaciones en el mundo entrópico en el que vivimos, y posibilita contextos más significativos para los estudiantes de enseñanza general obligatoria. Esto no significa dejar la mecánica ideal de lado en la asignatura de física. En las unidades anteriores de la propuesta ministerial, que se centran el movimiento y la fuerza, efectivamente se analizan los movimientos y se construyen modelos físicos ideales desde una perspectiva física rigurosa.

En la aplicación de la SEA los estudiantes trabajaron colaborativamente, mostrando interés en las actividades, principalmente en las actividades de exploración e introducción de nuevos conceptos. Sin embargo, presentaron algunas dificultades en la detección de las propiedades relevantes, como masa, altura y velocidad, que dan cuenta de la energía de un sistema. Se logró con mayor satisfacción para la energía potencial gravitatoria que para la energía cinética, lo que podría provenir de alguna deficiencia en la actividad de introducción de nuevas variables.

Las actividades no permitieron que los estudiantes modelaran por sí mismos ambos tipos de energía, sin embargo, es necesario tener en cuenta que esto es una tarea difícil a nivel escolar. Al formalizar matemáticamente los conceptos, los estudiantes lograron con

mayor satisfacción el uso de modelos matemáticos en el cálculo de la energía potencial gravitatoria en comparación con la energía cinética, probablemente, por su mayor complejidad matemática. La dificultad más generalizada fue la construcción rigurosa de tablas y gráficos que permitiera extraer conclusiones a partir de estos. A pesar de ello, las actividades permitieron que los grupos que procedían adecuadamente desde un punto de vista matemático pudieran generar conclusiones a partir de sus resultados.

Utilizar contextos diversos trajo consigo otro tipo de dificultades para el aprendizaje. En primer lugar, el concepto de “corriente” es utilizado por los estudiantes con distintas acepciones como velocidad, masa, turbulencia o caudal, lo que podría resultar una dificultad para que los estudiantes identifiquen las propiedades físicas relevantes. Por otro lado, el ciclo del agua puede analizarse a distintas escalas, lo que trae consigo que los estudiantes deban manejar transformaciones de unidades que les permita interpretar sus resultados. La enseñanza formal tiene preferencia por el uso del sistema internacional de unidades, sin embargo, si queremos contextualizar la enseñanza se hace necesario que se fomente el uso de un sistema técnico de unidades a lo largo de todo el curriculum de ciencias.

En cuanto a las ideas de los estudiantes sobre los problemas socioambientales, generalmente no son autocríticos sobre su responsabilidad en el cambio climático, y esta actitud no se desarrolló con el paso de las actividades. En situaciones de fenómenos climáticos inusuales, los estudiantes tienen una visión más bien ingenua al respecto y se les dificulta identificar causas y consecuencias socioambientales en estas situaciones. Cuando identifican las consecuencias, lo hacen en mayor proporción cuando les afecta directamente. En este sentido, son menos empáticos con las problemáticas que se generan en la biodiversidad y las comunidades locales, aunque en la actividad del fanzine estas preocupaciones aumentan y logran reflexionar en torno al cambio de sus hábitos y su participación en movimientos sociales.

Los estudiantes ven poca problemática la necesidad de construir más centrales eléctricas cuando utilizan energías renovables, ya que estas no contaminarían el aire. Por el contrario, las centrales eléctricas son consideradas como un factor relevante para el desarrollo del país y como una oportunidad para aprovechar los recursos naturales que tiene el país. Sin embargo, esta asociación entre energía renovable, inagotable y limpia dificulta que identifiquen el perjuicio que provoca toda central eléctrica. En este sentido, pocos grupos reconocen, en la actividad del fanzine, que los daños socioambientales también se provocan en la construcción de este tipo de centrales.

El desarrollo de las guías y el diseño del fanzine permitió que los estudiantes reflexionen en torno a temáticas medioambientales y es posible que haya tenido un impactado en los resultados de la encuesta medioambiental. Muchas de las respuestas en todos los niveles son ingenuas, por ejemplo, que una medida para evitar el cambio climático es no botar basura al suelo. Sin embargo, al comparar las respuestas, los estudiantes de niveles superiores tienden a tener respuestas levemente más críticas. En esta escala de progreso,

las respuestas de los estudiantes de II medio se aproximan más a las respuestas de los cursos mayores y se diferencian de la visión más ingenua que posee I medio.

De todos modos, no existen evidencias suficientes ni puntos de comparación establecidos a priori para demostrar que la SEA haya sido un factor preponderante en las visiones sobre medioambiente de los participantes. A pesar de esto, la presente investigación ha generado basta información que podría servir de antecedentes susceptibles a ser verificados en próximas investigaciones complementarias.

Limitaciones y proyecciones

A partir de III año de enseñanza media, la educación chilena se diversifica en las modalidades técnico-profesional, científico-humanista y artístico experimental. Esto significa que II medio es el último año de enseñanza formal general para todos los estudiantes del país, lo que representa una de las últimas ocasiones para integrar los aprendizajes construidos en la asignatura de ciencias naturales. En este sentido, es necesario reflexionar, como profesionales de la educación y especialistas en la enseñanza de las ciencias, no solo en torno a lograr aprendizajes sobre los contenidos formales de la disciplina, sino que estos tengan concordancia con otros fines mayores de la educación, entre ellos, actitudes favorables con el medio ambiente y una visión crítica de los efectos socioambientales de la ciencia y la tecnología.

La SEA no ha permitido que los estudiantes logren el objetivo de aprendizaje curricular a cabalidad -la conservación de la energía mecánica-, y si se quiere utilizar la secuencia en la enseñanza formal de este OA, se deben hacer algunas modificaciones a las actividades. El exhaustivo análisis presentado nos permite visualizar qué actividades se podrían mejorar en una próxima aplicación y qué precauciones debemos tener a partir de algunos obstáculos de aprendizaje detectados que se repiten de la literatura revisada y otros descubiertos en esta investigación.

Por otra parte, esta SEA es una propuesta completamente distinta a la desarrollada por el Mineduc, y su valor está en haber ubicado un contexto cercano y abundante en aplicaciones que permiten que los estudiantes reflexionen científicamente y en constante vínculo con la realidad natural y social. Esto se ha materializado en la creación de los fanzines, donde varios de los grupos de estudiantes pudieron vincular apropiadamente problemáticas socioambientales con el conocimiento científico e invitan a reflexionar a sus posibles lectores sobre estas problemáticas.

A pesar de estos avances, las concepciones de los estudiantes siguen siendo ingenuas e insuficientes para disminuir la brecha entre la biocapacidad del planeta y el consumo humano. Las actividades de la SEA generaron reflexiones socioambientales, pero no pudieron lograr que estas evolucionaran significativamente como para estar optimistas al respecto. Se hace necesario revisar las actividades para que sus ideas científicas y socioambientales progresen a la par.

En cuanto a las ideas sobre energía, se ha desarrollado en extenso en este trabajo un marco teórico y práctico que podría resolver algunas de las dificultades de aprendizaje para avanzar hacia modelos más adecuados. Sin embargo, ¿en qué sentido tienen que evolucionar las ideas de los estudiantes – y las nuestras – para resolver las dificultades socioambientales que a todos nos atañen?

A pesar de que no se previó que la idea de recursos naturales, renovables o no renovables fuera relevante en la aplicación de la SEA, puede que ahí esté la principal dificultad que no permite ir más allá en la reflexión socioambiental. No está relacionado con que los estudiantes comprendan científicamente la diferencia entre recurso renovable y no renovable, los estudiantes saben bien reconocerlas e identificar la menos dañina (figura 8). Tiene que ver con la idea misma del “recurso”, con asumir que la naturaleza está ahí para ser apropiada, explotada y mercantilizada, que el desarrollo de la sociedad está ligada a la generación de más bienes y la idea de que la naturaleza es un medio para satisfacer las necesidades humanas (Morales, 2016).

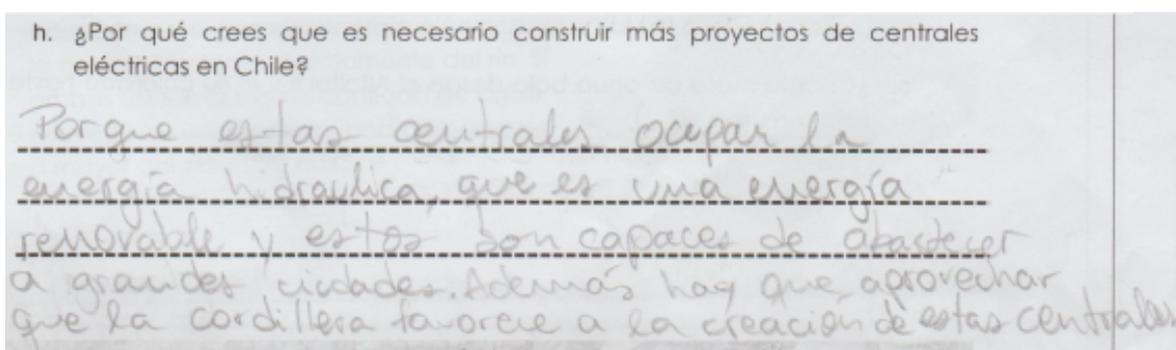


Figura 8. Este grupo asocia central eléctrica a central hidroeléctrica. Usa el concepto de energía hidráulica y la reconoce como un tipo de energía renovable. Argumenta que se debe sacar provecho de este recurso.

Hacer visible la existencia de los problemas socioambientales no fue suficiente para que esta propuesta de enseñanza logre efectivamente los objetivos del enfoque CTSA. Se debe trabajar con los estudiantes para construir una visión completamente distinta de la naturaleza, planificando actividades que los vincule desde la emocionalidad y utilizando puntos de vista fuera de la concepción utilitaria, que transforma a la naturaleza en un recurso para satisfacer los deseos de la humanidad. Sin embargo, este cambio no materializará si es que los mismos profesores de ciencias consideran a la naturaleza solo como su objeto de estudio.

Bibliografía

- Agudelo, N., y Estupiñán, N. (2009). La sensibilidad intercultural en Paulo Freire. *Rhela*, 13(1), 85-100.
- Bañas, C., Mellado, V., y Ruiz, C. (2004). Los libros de texto y las ideas alternativas sobre la energía del alumnado de primer ciclo de educación secundaria obligatoria. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 21 (3), 296-312.
- Bergamini, K., Irrazabal, R., Monckeberg, J. y Pérez, C. (2017). Principales problemas ambientales en Chile: desafíos y propuestas. *Temas de la Agenda Pública*, 95.

- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte 1). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2, 183-208.
- Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. *Economía Informa*, 389, 19-37.
- Centro de estudios Mineduc. (2017). *Estadísticas de la educación 2016*. Recuperado de: https://centroestudios.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/100/2017/07/Anuario_2016.pdf
- Corbo, V. y Hurtado, A. (2014). Causas y consecuencias del problema energético en Chile: Una visión desde la macroeconomía. *Revista Puntos de Referencia*, 382, 1-16.
- Correa, F. (2007). Crecimiento económico, desigualdad social y medio ambiente. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 6(10), 11-30.
- Couso, D. (2012). Las secuencias didácticas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación. En Caamaño, A. (Ed.), *Didáctica de la Física y la Química 2*, 57-84. Barcelona: Garó.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 109-120.
- Duit, R. (1984). Learning the energy concept in school-empirical results from The Philippines and West Germany. *Physics Education*, 19, 59-66.
- Elliott, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Madrid: Ediciones Morata.
- España, E. y Prieto, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: El contexto de los problemas sociocientíficos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6 (3). 345-354.
- Falconí, F., Burbano, R. y Cango, P. (2016). La discutible curva de Kuznets. *Documento de trabajo FLACSO*.
- Fernandes, I., Pires, D. y Villamañán, R. (2014). Educación Científica con enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente. Construcción de un Instrumento de Análisis de las Directrices Curriculares. *Formación Universitaria* 7 (5). 23-32.
- Feynman, R., Leighton, R., y Sands, M. (1971). *Feynman Física Volumen 1: Mecánica, radiación y calor*. México: Addison Wesley Longman de México S.A.
- Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- Furió, C., Solbes, J. Carrascosa, J. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. En *Revista Alambique* 48, 64-77.
- Gil, D. y Vilches, A. (2006). Contribución de la educación secundaria a la formación de ciudadanos y ciudadanas para una sociedad sostenible. En Katzkowicz, R. y Salgado, C. (2006). *Construyendo ciudadanía a través de la educación científica*, 5-17. Publicación digital de OREALC/UNESCO. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001595/159537s.pdf>
- Grossman, G. y Krueger, A. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110 (2), 353-377.
- Hierrezuelo, J., y Molina, E. (1990). Una propuesta para la introducción del concepto de energía en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 23-30.
- Instituto de Estadísticas. (2008). *Distribución y consumo energético en Chile*. Recuperado el 20/06/18 de <http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/Energ%C3%ADa.pdf>
- Jiménez, J., y Perales, F. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito e ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 3-19.
- Jorba, J. y Sanmartí, N. (1993). La función pedagógica de la evaluación. *Aula de Innovación Educativa*, 20, 20-30.
- Macedo, B., Katzkowicz, R. y Quintanilla, M. (2006). La educación de los derechos humanos desde una visión naturalizada de la ciencia y su enseñanza: aportes para la formación ciudadana. En Katzkowicz, R. y Salgado, C. (2006). *Construyendo ciudadanía a través de la educación científica*, 5-17. Publicación digital de OREALC/UNESCO. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001595/159537s.pdf>
- Macedo, B. y Katzkowicz, R. (2005). *Alfabetización científica y tecnología. Aportes para la reflexión*. Chile: OREALC/UNESCO.
- Marín, J. (2008). Planteamiento epistemológico de la pedagogía vista desde el realismo científico y filosófico. *Revista Magistro*, 2(3), 25-37.

- Márquez, C. y Bach, J. (2007). Una propuesta de análisis de las representaciones de los alumnos sobre el ciclo del agua. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (15.3)*, 280-286.
- Massmann, H. y Muñoz, V. (1997). Introducción a la mecánica. Recuperado de: <https://macul.ciencias.uchile.cl/~vmunoz/homepage/cursos/mecanica2/2006/fisica.pdf>
- Maykut, P. y Morehouse, R. (1999). *Investigación cualitativa: una guía práctica y filosófica*. Madrid: Hurtado Ediciones
- Ministerio de Educación. (2009). *Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios de la Educación Básica y Media. Actualización 2009*. Recuperado de: <http://www.curriculumnacional.cl/inicio/>
- Ministerio de Educación (2010). *Texto de Física II° Medio*. Santiago: Editorial Santillana.
- Ministerio de Educación. (2013). *Bases curriculares 1° básico a 6° básico*. Recuperado el 10/04/18 de <http://www.curriculumnacional.cl/inicio/>
- Ministerio de Educación. (2015). *Bases curriculares 7° básico a II° medio*. Recuperado el 10/04/18 de <http://www.curriculumnacional.cl/inicio/>
- Ministerio de Educación. (2016). *Texto de Biología I° Medio*. Santiago: Editorial Santillana.
- Ministerio de Educación (2017). *Texto de Física II° Medio*. Santiago: Editorial sm.
- Ministerio de Educación (2018). *Texto de Física II° Medio*. Santiago: Editorial sm.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2018). Primeros Resultados Encuesta Nacional de Medioambiente. Recuperado el 04/07/18 de <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/02/Primeros-Resultados-Encuesta-Nacional-de-Medioambiente-2018.pdf>
- Morales, G. (2016). La apropiación de la naturaleza como recurso. Una mirada reflexiva. *Gestión y Ambiente*, 19 (1). 141-154.
- Sadler, T. (2011). Situating socio-scientific issues in classrooms as a means of achieving the goals of science education. En Sadler, T. (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research*, 1, 1 - 9. New York: Springer.
- Solbes, J., y Tarín, F. (1998). Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 387-397.
- Stake, R. (1983). La evaluación de programas; en especial la evaluación de réplica. En W. B. Dockrell y D. Hamilton (eds.) *Nuevas reflexiones sobre la investigación educativa*. Madrid: Narcea.
- Tarbut, E. y Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. Madrid: Pearson Educación S.A.
- Varela, P., Favieres, A., Manrique, M., y Pérez-Landazabal, M. (1995). ¿Cómo construyen los estudiantes el concepto energía? Una aproximación cualitativa. *Revista de Educación*, 307, 381-398.
- Vergara, C. y Cofré H. (2012). La indagación científica: Un concepto esquivo, pero necesario. *Revista Chilena de Educación Científica*, 11(1), 30-38.
- World Wildlife Fund. (2016). *Informe Planeta Vivo 2016. Riesgo y resiliencia en el Antropoceno*. Recuperado de: wwf.panda.org/planetavivo2016/