

# El tratamiento de aspectos transversales sobre la energía en libros de texto de física universitaria

Treatment of cross-cutting aspects related to energy in university physics textbooks

Claudia Mariela Zang<sup>1\*</sup> y Norah Silvana Giacosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, Félix de Azara 1553, CP 3300, Posadas, Argentina.

\*E-mail: [claudiamzang@gmail.com](mailto:claudiamzang@gmail.com)

Recibido el 30 de septiembre de 2022 | Aceptado el 24 de octubre de 2022

## Resumen

Se muestran resultados del análisis del tratamiento dispensado a aspectos transversales acerca de la energía en una muestra intencional de diez libros de texto universitarios de Física, empleados frecuentemente en el ciclo básico de carreras científico-tecnológicas que se desarrollan en Argentina. Se empleó la técnica análisis de contenido para investigar si en los textos se exhiben las ventajas del tratamiento energético, se hace alusión al estatus epistemológico de los conceptos involucrados, se mencionan cuestiones vinculadas a la revolución que supuso la integración de la mecánica y la termodinámica bajo el concepto unificador de la energía, se contemplan aspectos históricos y finalmente si se contemplan las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Se detectó que en la mayoría de los textos estos aspectos se abordan de manera superficial, lo que podría influir en la imagen de la ciencia que podría formarse el lector.

**Palabras clave:** Libros de texto; Física; Universidad; Energía.

## Abstract

The results of the analysis of the transversal aspects of energy in a purposive sample of ten textbooks of university Physics are shown. These books are frequently used in the basic cycle of the scientific-technological careers in Argentina. The content analysis technique was used to investigate if the texts expose the advantages of energy treatment, the epistemological status of the concepts involved, the issues related to the revolution that brought about the integration of mechanics and thermodynamics under the unifying concept of energy, the historical aspects and finally, the relationships between science, technology and society. We detected that, in most of the analysed texts, these aspects are superficially approached, which could influence the image that readers could form about science.

**Keywords:** Textbooks; Physics; University; Energy.

## I. INTRODUCCIÓN

Los libros de texto (LT en adelante) han sido objeto de investigación desde diversas perspectivas. Tienen un rol protagónico en los procesos de instrucción que trasciende incluso al paradigma que orienta a estos procesos. En el enfoque tradicional de la enseñanza, se utiliza el LT como única fuente de conocimiento; en cambio, en el constructivismo, estas fuentes se han diversificado (Zabala Vidiella, 1995). Sin embargo, aun con el auge del constructivismo en educación y la diversificación de fuentes a la que se hizo referencia, el LT sigue siendo un recurso didáctico asiduamente utilizado por docentes y alumnos. La elección del LT es una de las decisiones curriculares más importantes que toman los docentes, dado que estos ejercen una influencia importante en el aprendizaje porque orientan sus propuestas áulicas, y los alumnos los usan como material de estudio (Maturano y Mazzitelli, 2018a).

En especial, interesa el rol que adquieren los LT universitarios, no sólo por la influencia que tienen en las carreras universitarias propiamente dichas, sino porque frecuentemente son utilizados como referentes por docentes de nivel medio y autores de LT para la Educación Secundaria, y también se remite a ellos como bibliografía de consulta en los dispositivos curriculares de distintas jurisdicciones. En consecuencia, sobre estos recae una cuota adicional de responsabilidad, ya que sus inadecuaciones pueden reproducirse en LT usados en los niveles educativos inferiores.

Se considera que una lectura crítica de las presentaciones que en los LT se hace de los contenidos permite a los docentes identificar las restricciones y dificultades de cada propuesta y las derivaciones conceptuales que puede acarrear la adopción de una determinada bibliografía. Además, dado que la mayoría de los docentes no tendrá oportunidad de elaborar sus propios materiales textuales, analizar los LT usados habitualmente es importante para la identificación de falencias e imprecisiones presentes en los mismos, y así advertir a los estudiantes y contribuir a la superación de eventuales interpretaciones no formales. Además, el conocer más acerca del abordaje de los conceptos centrales que se realiza en los LT proporcionaría criterios fundamentados para su selección y adopción.

Este trabajo se deriva de resultados obtenidos en una investigación realizada en el marco de una tesis de maestría, sobre el trabajo, la energía y el principio de conservación de la energía en LT universitarios comúnmente usados en Argentina. La finalidad de este artículo es describir si las cuestiones vinculadas con la naturaleza de la ciencia están contempladas en los LT. Específicamente, se inspeccionó si se explicitan las potencialidades del enfoque energético en la explicación de diferentes fenómenos, si se presentan alusiones a la historia, si se menciona la revolución que supuso la integración de mecánica y termodinámica (campos aparentemente inconexos), si se abordan las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, y si se contempla el estatus epistemológico de los conceptos vinculados al concepto de energía.

## II. ENCUADRE Y ANTECEDENTES

Diversas investigaciones sugieren una serie de atributos que debieran tener los LT para ser facilitadores de la comprensión y consecuentemente del aprendizaje. Según Caldeira (2005): los LT no deben contener incorrecciones desde el punto de vista científico; deben presentar un lenguaje claro y adecuado a los alumnos, prestando atención a las ideas previas; tener profundidad y amplitud conceptual; promover el conocimiento sobre la naturaleza del conocimiento científico; no desatender las conexiones Ciencia–Tecnología–Sociedad (en adelante, CTS); contener actividades diversificadas; propiciar la superación de concepciones alternativas; incluir imágenes correctas, legibles e integradas en el texto; presentar las actividades de laboratorio integradamente con los temas con los que se relacionan y promover el interés del alumno por la lectura y por aprender ciencia. Las autoras de este documento concuerdan con que es importante que los LT cuenten con todos o al menos gran parte de los atributos señalados por la investigadora.

Se concuerda con Jiménez y Sanmartí (1999) que la enseñanza de la ciencia en la Educación secundaria tiene una serie de objetivos vinculados con: el aprendizaje de conceptos y la construcción de modelos, el desarrollo de destrezas cognitivas y el razonamiento científico, el desarrollo de habilidades experimentales y la resolución de problemas, el desarrollo de actitudes y valores y aspectos vinculados a la imagen de la ciencia. En relación a este último objetivo, se espera que los estudiantes visualicen a la ciencia inmersa en un contexto social, como una construcción de modelos provisionales, sujetos a revisión y modificación. Además, resaltar la relación entre la ciencia y las aplicaciones tecnológicas. En relación a la enseñanza de los aspectos transversales de la energía, las autoras estiman que los LT deberían mostrar: a) la relevancia del concepto de energía para que funcione como un mecanismo de motivación extrínseca para los estudiantes; b) el carácter racional del conocimiento científico a través de la descripción de los problemas que condujeron a la introducción del concepto de energía y de todo el cuerpo de conocimientos asociado; c) que la ciencia es una actividad que busca alcanzar generalizaciones, que en ocasiones se traducen en la integración de campos aparentemente inconexos (en particular, integración mecánica–termodinámica); d) el estatus epistemológico de los conceptos que se presentan en ellos para contribuir a la formación de una imagen de la ciencia como un cuerpo organizado y coherente de conocimientos donde los conceptos se organizan en redes jerárquicas y e) las relaciones entre CTS para posibilitar el alejamiento de visiones descontextualizadas de la ciencia.

Se encontraron numerosos trabajos referentes al LT, publicados en diferentes revistas del ámbito educativo. No obstante, se citarán solamente las conclusiones de algunos de estos que se consideran pertinentes. Existen estudios que advierten que se presta poca atención a las relaciones CTS; y a los aspectos controvertidos de los conceptos científicos (García, 2008; García y Criado, 2008; de Pro y de Pro, 2011; Martín, Prieto y Jiménez, 2013). Varios trabajos se preocuparon en mostrar conexiones entre la mecánica y la termodinámica a través del abordaje de problemas mecánicos que involucran procesos disipativos, principalmente, en los que la conservación de la energía tal como se la aborda en mecánica resulta insuficiente para su explicación (Arons, 1989; Mallinckrodt y Leff, 1992; Sherwood y Bernard, 1984). En otros trabajos se señala que en los LT hay poca presencia de aspectos históricos, que la ciencia se

presenta como un proceso lineal y simplista y que se transmite una visión positivista y dogmática de la misma (Silva y Pimentel, 2008; Garzón y Slisko, 2010; Luna y Carreri, 2011; Monteiro y Nardi, 2015; Farina, Milicic, Jardón y Fernández, 2016; Maturano y Mazzitelli, 2018b).

### III. CONTEXTO METODOLÓGICO Y OBJETIVOS PRETENDIDOS

La metodología empleada corresponde a un estudio descriptivo de casos múltiples. Se utilizó una muestra intencional de LT que fueron estudiados empleando técnicas de análisis de contenido (Bardin, 1996).

Los criterios tenidos en cuenta para la selección de la muestra son: que los LT estén disponibles en la Biblioteca de la Facultad de ciencias Exactas, Químicas y Naturales dependiente de la Universidad Nacional de Misiones; estén citados en la bibliografía recomendada en los Programas Analíticos; que no se repita el autor y que su edición sea lo más actual posible. En la tabla I se muestra el código asignado (CO) y los datos de cada ejemplar.

**TABLA I.** Código asignado a los libros de texto seleccionados.

CO	Libros de texto
A	Alonso, E. y Finn, E. (1976) <i>Física. Vol. I. Mecánica</i> . Barcelona, España: Fondo Educativo Interamericano.
B	Gettys, E., Keller, F. y Skove, M. (2005) <i>Física para ciencias e Ingeniería. Tomo I</i> . México: McGraw Hill.
C	Giancoli, D. (2009) <i>Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Volumen I</i> . 4.ª ed. México: Pearson Educación.
D	Hewitt, P. (2004) <i>Física Conceptual</i> . 9.ª ed. México: Pearson Educación.
E	Resnick, R.; Halliday, D. y Krane, K. (2011). <i>Física. Vol. 1</i> . 5.ª ed. México: Grupo Editorial Patria.
F	Serway, R. y Jewett, J. (2009) <i>Física para ciencia e ingeniería con Física Moderna. Vol. 1</i> . 7.ª ed. México: Cengage Learning.
G	Tipler, P. (1993) <i>Física. Tomo 1</i> . 3.ª ed. España: Reverté.
H	Tippens, P. (2007) <i>Física, conceptos y aplicaciones</i> . 7.ª ed. Perú: McGraw Hill.
I	Wilson, J., Buffa, A. y Lou, B. (2007) <i>Física</i> . 6.ª ed. México: Pearson Educación.
J	Young, H. y Freedman, R. (2009) <i>Física universitaria con Física Moderna. Vol. 1</i> . 12.ª ed. México: Pearson Educación.

El proceso de análisis de contenido se efectuó a través de las siguientes fases: pre-análisis, exploración del material y tratamiento de resultados e interpretaciones. La información obtenida durante el pre-análisis se procesó mediante palabras claves y tablas que posibilitaron identificar con facilidad el ejemplar y la página del mismo de donde fueron extraídas. La exploración sistemática de los LT y la relectura (revisión) permitieron reconocer ciertas regularidades que, en forma conjunta con los objetivos prefijados por las investigadoras y los atributos mencionados en la sección precedente, posibilitaron definir una serie de variables: V1. *Presentación de ventajas del tratamiento energético respecto del cinemático y dinámico para el estudio de los movimientos*; V2. *Inclusión de referencias históricas*; V3 *Alusión a la revolución que supuso la integración de la mecánica y la termodinámica*; V4. *Alusión al estatus epistemológico de los conceptos* y V5. *Alusión a relaciones CTS*.

### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La tabla II muestra con una x la presencia de subvariables identificadas en el análisis de los LT, el espacio vacío corresponde a la ausencia de la misma en el ejemplar.

**TABLA II.** Variables y subvariables de análisis.

Variables		Libros de texto										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Tot
V1. Presentación de ventajas del tratamiento energético respecto del cinemático y dinámico	V1.1 Se presenta	x	x	x		x	x	x		x	x	8
	V1.2 No se presenta				x				x			2
V2. Inclusión de referencias históricas	V2.1 Se incluye	x	x		x	x				x	x	6
	V2.2 No se incluye			x			x	x	x			4
V3. Alusión a la revolución que supuso la integración de la mecánica y la termodinámica	V3.1 Se presenta			x								1
	V3.2 No se presenta	x	x		x	x	x	x	x	x	x	9
V4. Alusión al estatus epistemológico de los conceptos	V4.1 Se presenta	x	x	x		x						4
	V4.2 No se presenta				x		x	x	x	x	x	6
V5. Alusión a relaciones entre CTS	V5.1 Se presenta				x							1
	V5.2 No se presenta	x	x	x		x	x	x	x	x	x	9

## A. Acerca de las ventajas del tratamiento energético respecto del cinemático y dinámico para el estudio de los movimientos

En ocho de los textos (A, B, C, E, F, G, I, J) se menciona que el enfoque energético ofrece ventajas por sobre el cinemático-dinámico. Se ha observado que la tendencia general es indicar las ventajas del tratamiento energético a través de declaraciones que ponen en relieve su utilidad cuando se desconoce la naturaleza de las fuerzas.

Por razones de espacio, se citarán solamente algunos ejemplos representativos de las apariciones de expresiones, frases o párrafos alusivos a esta variable. En B, puede leerse: *“Este teorema de la energía cinética proporciona un método para relacionar la magnitud de la velocidad de una partícula con su posición, sin importar lo complicado que sea su movimiento”* (Gettys, Keller y Skove, 2005, p. 173). En E, se procede de un modo similar, pero se amplía el desarrollo de modo que el enfoque energético vincule las magnitudes de la velocidad con el tiempo:

*Estos dos métodos –el de la dinámica o de fuerza y el de energía– producen resultados idénticos, pero el segundo, tal como lo hemos venido aplicando, no nos da la posición ni la velocidad de los cuerpos en el sistema en función del tiempo. En esta sección explicaremos cómo el método de energía puede extenderse para que suministre esa información.* (Resnick, Halliday y Krane, 2011, p. 266)

Una advertencia similar, pero menos explícita se realiza en J. En dicho ejemplar, en un cuadro complementario del texto principal, puede leerse entre líneas, que el enfoque energético no es el medio más económico para resolver problemas en el que deban encontrarse magnitudes en función del tiempo: *“Si el problema implica tiempo transcurrido, el enfoque de energía no suele ser el mejor porque en él no interviene el tiempo directamente [...]”* (Young y Freedman, 2009, p. 217). Estos autores son redundantes en señalar las ventajas del enfoque energético.

En I, si bien no se dice que el enfoque energético es más ventajoso que el dinámico, en un recuadro titulado *“Sugerencia para resolver problemas”*, los autores afirman: *“Al seguir estudiando la energía, veremos lo útiles y potentes que son los conceptos de trabajo y energía, como nociones teóricas y también como herramientas prácticas para resolver muchos tipos de problemas”* (Wilson, Buffa y Lou, 2007, p.151).

En tanto que, en A, en la última sección del capítulo, se subraya el papel protagónico de los conceptos de fuerza y energía en la descripción de los movimientos que ocurren en la naturaleza, llegando incluso a presentarse una visión reduccionista acerca del propósito de algunos conceptos de la Física:

*En este capítulo hemos visto cómo podemos usar el concepto de energía de manera muy efectiva para resolver ciertos problemas dinámicos de una partícula cuando conocemos la fuerza en función de la posición. Esta es una de las razones básicas para introducir el concepto de energía en física.*

*[...] Nuestra experiencia inmediata nos lleva a reconocer que los cuerpos a nuestro alrededor están en movimiento. Atribuimos dichos movimientos a las interacciones entre los cuerpos, y lo describiremos por medio de los conceptos de fuerza y energía. Tales conceptos tienen un solo propósito: proporcionar métodos útiles para analizar y predecir los movimientos que observamos.* (Alonso y Finn, 1976, p. 232)

En C, el autor utiliza la redundancia como un recurso lingüístico para resaltar las ideas que considera importantes. A lo largo de toda la presentación que realiza (no sólo en la parte principal del texto sino también en los ejemplos e imágenes) pone énfasis en señalar las ventajas del tratamiento energético. Por ejemplo:

*Hay muchas situaciones en las cuales un análisis basado en las leyes de Newton sería difícil o imposible, ya que quizá las fuerzas no se conozcan o no estén accesibles para una medición. Sin embargo, tales situaciones a menudo pueden tratarse con la ley de la conservación de la energía.* (Giancoli, 2009, p. 184)

Las potencialidades del enfoque energético también son consideradas en F, señalándose que algunos problemas son muy difíciles de resolver con las leyes de Newton y que el enfoque energético los simplifica. En este mismo libro, se insiste con subrayar el poder de los conceptos energéticos, así se afirma: *“Además, en capítulos posteriores del libro la aproximación de energía permite comprender fenómenos térmicos y eléctricos, para los que las leyes de Newton no son útiles”* (Serway y Jewett, 2007, p. 164).

## B. Acerca de la inclusión de referencias históricas

Las referencias encontradas, en líneas generales, son comentarios escuetos sobre cuáles son los principales científicos que investigaron sobre algunos de los conceptos en cuestión. Aparecen para indicar porque cierta unidad de medida recibe el nombre con el que se la designa. Por razones de espacio, solo se citarán algunas afirmaciones ilustrativas: *“La unidad de trabajo en el SI es el joule (que se abrevia J y se pronuncia “yul”, nombrada así en honor del físico inglés del siglo XIX James Prescott Joule)”* (Young y Freedman, 2009, p. 182); *“En el SI la unidad de potencia es el watt (W),*

llamada así por el inventor inglés James Watt” (Young y Freedman, 2009, p. 199); “La unidad de potencia es el joule por segundo (J/s), que también se llama watt (en honor de James Watt, el ingeniero que desarrolló la máquina de vapor en el siglo XVIII)” (Hewitt, 2004, p. 106). También se encontraron breves alusiones a Robert Hooke: “La ecuación 5.3 es una forma de lo que se conoce como ley de Hooke, llamada así en honor de Robert Hooke, un contemporáneo de Newton” (Wilson et al., 2007, p. 146). En tanto que, en B, se incluye una nota al pie en que se afirma: “Robert Hooke (1635-1703), contemporáneo de Newton, es reconocido como el primero en demostrar que la fuerza ejercida por un resorte es proporcional a su deformación” (Gettys et al., 2005, p.170).

En G pudo encontrarse un breve comentario, con tintes de tipo histórico, sobre las dificultades para establecer la ley de conservación de la energía mecánica. Sin embargo, esta frase no aporta más información que situar cronológicamente los avances de esta rama de la Física. Así puede leerse: “...la importancia de la conservación de la energía no se apreció hasta el siglo XIX, cuando se descubrió que la desaparición de energía mecánica siempre viene acompañada por la aparición de otro tipo de energía” [...] (Tipler, 1993, p. 172).

### C. Acerca de si se resalta la revolución que supuso la integración de la mecánica y la termodinámica, inicialmente consideradas ciencias inconexas

En general, en los libros inspeccionados no se contemplan aspectos referentes a la revolución que significó la integración de la termodinámica y de la mecánica. Se detectó una sola referencia a este aspecto. En C se puede leer que la ley de conservación de la energía no pudo formularse hasta que se identificó el calor con una transferencia de energía. Sin embargo, en los problemas que se presentan, no se realiza una vinculación entre ambas ramas de la Física. La siguiente transcripción corresponde a la única aparición encontrada relativa a esta variable: *Los estudios cuantitativos realizados en el siglo XIX (capítulo 19) demostraron que si el calor se considera como una transferencia de energía (llamada a veces energía térmica), entonces se conserva la energía total en cualquier proceso* (Giancoli, 2009, p. 196).

Cabe aclarar que, si bien no se encontraron alusiones a esta variable, en dos libros (A, E), los autores presentan la primera ley de la termodinámica en los capítulos de mecánica destinados al estudio de cuestiones energéticas. En A se presenta en un apartado titulado “Reformulación del principio de conservación de la energía para los sistemas de muchas partículas” y en E se consideran sistemas mecánicos cuya resolución invoca tanto la ecuación del centro de masa o pseudotrabajo como la primera ley de la termodinámica (movimientos de una atleta que salta y de dos patinadores que se empujan mutuamente y uno de ellos permanece fijo apoyado sobre una pared, etc.). Es decir, sistemas que involucran objetos extensos que no pueden ser tratados como partículas. En tanto que en A los ejemplos versan sobre el movimiento de las moléculas en un gas.

### D. Acerca de si se contempla el estatus epistemológico de los conceptos que se desarrollan

En la mayoría de los textos no se realiza mención alguna sobre este aspecto. Las afirmaciones encontradas tienen relación con la ley de Hooke y con la conservación de la energía. En este sentido, el único ejemplar que contempla explícitamente esta faceta es B. En este libro se sigue la impronta de incluir aspectos vinculados a la naturaleza de la ciencia en todas las secciones con las que se cierran los capítulos. Interesa, particularmente, citar aquellas más estrechamente vinculadas con la energía. Por ejemplo, en una sección titulada “Comentario: ¿Qué es una ley?”, se realizan afirmaciones explícitas sobre el carácter provisorio del conocimiento y sobre cómo se produce la evolución de una ciencia, diferenciando cómo se estructuran las teorías físicas y matemáticas. Según los autores:

*En primer lugar, una ley es una afirmación fundamental que ayuda a formar las bases de una estructura conceptual. En este sentido, una ley es algo similar a un postulado de la geometría plana. En geometría se acepta un postulado sin ninguna prueba, y se demuestran las consecuencias (demostración de los teoremas) que se derivan de un conjunto de postulados. De manera similar, en mecánica, la tercera ley de Newton se acepta como una afirmación fundamental de la forma en que las fuerzas actúan. La tercera ley de Newton se utiliza como un postulado.*

*Sin embargo, hay una diferencia importante entre un postulado de la geometría y una ley de la física. Un postulado matemático no está sujeto a posterior comprobación. Esto es, su certidumbre o validez no se pone en duda: no puede ser comprobado, porque las matemáticas son una abstracción pura y no poseen una base física. Una ley en física posee una base en la experiencia y por tanto siempre está sujeta a comprobación. Esto es, su verdad se sustenta en nuestra insistencia en creer que la ley y sus consecuencias deben estar de acuerdo con los experimentos. Si un experimento muestra que un nuevo efecto es contrario a la ley, se abandona esa ley, o al menos se modifica para incluir ese nuevo efecto. Así, en la física las leyes no son inmutables; deben cambiar en respuesta al descubrimiento de nuevos fenómenos. Por ejemplo, Einstein modificó la ley de la conservación de la energía que hasta entonces no era considerada como tal [...]. Al efectuar esto, Einstein unió lo que hasta entonces habían sido dos leyes de conservación separadas, la ley de conservación de la energía y la ley de conservación de la masa, en una sola ley más general. (Gettys et al., 2005, p. 205)*



Por otra parte, en tres ejemplares (A, C, E) se insinúa algo sobre la naturaleza de los conceptos científicos, sin embargo, las menciones que se realizan son menos explícitas que las encontradas en B. Se encontraron comentarios al respecto en las secciones en que se analiza el trabajo realizado por la fuerza que ejerce un resorte. Así, en C, se denomina ley de Hooke a la relación entre fuerza y deformación sin hacer aclaración alguna sobre su naturaleza epistemológica. Sin embargo, se remite al lector a otro capítulo que versa sobre equilibrio estático, elasticidad y fractura, retomándose y ampliándose la información sobre esta relación y, además, en una nota al pie, se aclara que en realidad no corresponde a una ley. A continuación, se transcriben ambas afirmaciones:

*La ecuación 7-8 se conoce como la ecuación de resorte y también como la ley de Hooke, y es exacta para resortes siempre que  $x$  no sea demasiado grande comparada con la longitud natural (véase la sección 12-4) y no ocurra ninguna deformación permanente (Giancoli, 2009, p. 170)*

*El término "ley" aplicado a esta relación no es realmente adecuado, ya que se trata sólo de una aproximación y además se refiere sólo a un conjunto limitado de fenómenos. La mayoría de los físicos prefieren reservar la palabra "ley" para aquellas relaciones que son más profundas, de mayor alcance y precisas, como las leyes de Newton del movimiento o las leyes de la conservación de la energía. (Giancoli, 2009, p. 318)*

En cambio, en A, a esta relación no se la designa con ningún nombre, pero si se especifica su naturaleza empírica: "Se ha verificado experimentalmente que para extender un resorte una pequeña distancia  $x$  sin aceleración, se necesita una fuerza proporcional a la distancia:  $F=kx$ . Si el resorte es extendido sin aceleración, él reacciona con una fuerza igual y opuesta" (Alonso y Finn, 1976, p. 208).

Por otra parte, en algunos textos, en lo que respecta específicamente a la ley de conservación de la energía, los autores contemplan el estatus epistemológico de la misma. Por ejemplo, en B, comentan al respecto:

*No se ha demostrado la ley de conservación de la energía, por ello es una ley en el mismo sentido que la segunda ley de Newton es una ley de la naturaleza. Al igual que con la segunda ley de Newton, sólo se acepta su validez en tanto no se observe su violación. Que se sepa, jamás esta ley ha sido violada. En realidad, la creencia en la validez de la ley está tan arraigada que cuando aparentemente se observa una violación, se busca una nueva forma de energía que antes no se había identificado. (Gettys et al., 2005, pp. 201-202)*

En A, los autores dejan entrever cuál es el rol que le asignan a la conservación de la energía. De lo que se transcribe a continuación, puede inferirse que asumen que el estatus de la misma trasciende el de teorema, aun cuando en casos particulares se puede derivar de otros conceptos considerados como más primitivos. Puede leerse:

*Hasta ahora la ley ha aparecido como una consecuencia del principio de conservación del momentum y la suposición de que las fuerzas interiores son conservativas. Sin embargo esta ley parece ser verdadera en todos los procesos que observamos en el universo, y por lo tanto se le concede validez general más allá de las suposiciones especiales bajo las cuales las hemos derivado. (Alonso y Finn, 1976, p. 258)*

En C, el autor también menciona el carácter experimental de esta ley. Advierte que para cuerpos que pueden ser tratados como partículas, dicha ley se deriva de las leyes de Newton (si bien no lo dice expresamente, implícitamente le está otorgando el carácter de teorema), pero que su rango de validez trasciende al de éstas:

*Para sistemas mecánicos conservativos, esta ley se puede derivar de las leyes de Newton [...] sin embargo, la validez de la ley de la conservación de la energía reside en la observación experimental. Y aun cuando se haya encontrado que las leyes de Newton fallan en el mundo submicroscópico del átomo, la ley de la conservación de la energía es válida ahí y en cualquier situación experimental probada hasta ahora. (Giancoli, 2009, pp. 196-197)*

En tanto que en E se encontró sólo una frase que permite inferir la posición de los autores acerca del estatus epistemológico de la conservación de la energía: "Igual que la conservación del momentum lineal o angular, la conservación de la energía es una ley de la naturaleza que no han contradicho ni los experimentos de laboratorio ni la observación" (Resnick et al., 2011, p. 284).

### E. Acerca de la alusión a relaciones ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente

Solamente en D, se encontraron alusiones manifiestas a las mismas. En tanto que, en H, si bien no se hace referencia explícita a estos aspectos, se perfila una relación entre la ciencia y la tecnología cuando el autor afirma: "En la actualidad, las industrias centran su interés principal en el uso y el control de la energía, por lo que es esencial comprender a fondo los conceptos de trabajo, energía y potencia" (Tippens, 2009, p. 158). Algo similar puede inferirse en la resolución de un problema que involucra una montaña rusa propuesta en G. Sin embargo, dado que este aspecto tiene un

tratamiento poco claro y sumamente escueto, se optó por incluir a estos dos ejemplares entre aquellos que no consideran las relaciones CTS. Al respecto, en D, se indica:

*La energía geotérmica, como la solar, la eólica e hidráulica, es amigable al ambiente. Otros métodos de obtención de energía tienen consecuencias graves para el ambiente [...] A medida que aumenta la población mundial, también aumentan nuestras necesidades de energía. Con las reglas de la física como guía, los tecnólogos están investigando nuevas formas y más limpias de desarrollar fuentes de energía. El sentido común indica que a medida que se desarrollen, debemos continuar optimizando las fuentes actuales y usar con eficiencia y sabiduría lo que consumimos.* (Hewitt, 2004, pp. 118-119)

## V. REFLEXIONES FINALES

Del análisis realizado se desprenden algunas cuestiones. En la mayoría de los LT se mencionan las ventajas del enfoque energético con respecto al dinámico para el estudio de movimientos. No obstante, el poder explicativo que posee el tratamiento energético en una amplia gama de fenómenos, y que trasciende lo estrictamente ligado a la mecánica, queda algo opacado por la preeminencia que se le otorga en un ejemplar (Alonso y Finn, 1976) para describir movimientos. Estas características podrían propiciar el afianzamiento de ideas alternativas en los lectores tal como lo indicaron varios investigadores que advierten que los niños utilizan marcos conceptuales alternativos que los lleva a identificar energía con movimiento (Duit, 1981a, 1981b; Solomon 1985).

En lo referente a los demás aspectos contemplados en el análisis, se detectaron, en diferente medida, la presencia de todos ellos. Con respecto al carácter racional del conocimiento científico, éste no puede ser inferido a partir de las presentaciones que se realizan, dado que los textos analizados no contemplan el devenir histórico de los conceptos, las luchas y triunfos que supusieron su establecimiento. Llama poderosamente la atención que no se mencionen los problemas que condujeron a la introducción del concepto de energía y de todo el cuerpo de conocimientos asociado. Tampoco se reconocen las contribuciones, que en forma independiente y con diferentes motivaciones, hicieron Joule, Helmholtz y Mayer y que condujeron al establecimiento de la ley de conservación de la energía. Las referencias históricas son escasas y sumamente escuetas, en líneas generales corresponden a comentarios breves que aparecen para indicar por qué cierta unidad de medida recibe el nombre con el que se la designa, y por lo general se limitan a situar cronológicamente al científico que trabajó en determinadas áreas, sin mencionar conflictos y controversias en el desarrollo y aceptación de los conceptos tal como hoy se conocen.

En cuanto a la imagen de ciencia que se fomenta, se encontraron pocos intentos de mostrarla como un cuerpo organizado y coherente de conocimientos ordenados jerárquicamente, puesto que la explicitación acerca del estatus epistemológico de los conceptos que se presentan está poco explorada. Pudo detectarse que, en la mayoría de los libros, se engloba bajo el término ley a conceptos de naturaleza epistemológica diferente. Por ejemplo, se hacen afirmaciones sobre la ley de Hooke y sobre la ley de conservación de la energía. En la mayoría de los LT no se hace comentario alguno sobre el hecho de que en realidad la primera de ellas no es una ley fundamental de la Física, sino que se trata de una generalización realizada en base a resultados empíricos. En un solo ejemplar (Gettys *et al.*, 2005) las cuestiones relacionadas a la Epistemología son tenidas en cuenta, generalmente como cierre de los capítulos.

Por otro lado, la perspectiva de la ciencia como una actividad que busca lograr generalizaciones mediante la integración de campos aparentemente inconexos prácticamente no se contempla: en los textos no se explicita la revolución que supuso unificar la mecánica y la termodinámica vía el concepto de energía. Si bien en la literatura se plantea la necesidad de establecer puentes entre la mecánica y la termodinámica al tratar situaciones que se encuentran en la frontera de ambas ramas de la física (por ejemplo, los procesos mecánicos donde se disipa energía por acción de la fuerza de rozamiento), el análisis realizado muestra que prácticamente no se plantearon problemas mecánicos que requieren la utilización de la primera ley de la termodinámica para su resolución. Solamente en uno de los textos (Resnick *et al.*, 2011) se incluyen problemas de esta índole.

Por otra parte, las relaciones entre CTS están poco desarrolladas en los LT, sólo se hallaron alusiones explícitas en un único ejemplar (Hewitt, 2004). Su inclusión posibilitaría mostrar la relevancia del concepto de energía y sus aplicaciones en la vida moderna, y consecuentemente funcionar como una estrategia para atraer al lector.

**Nota:** Este trabajo se realizó en el marco del Proyecto de investigación Código 16Q-661 registrado en la Secretaría de Investigación y Posgrado de la FCEQyN (UNaM).

## REFERENCIAS

Alonso, E. y Finn, E. (1976) *Física. Vol. I. Mecánica*. Barcelona: Fondo Educativo Interamericano.

Arons, A. (1989). Developing the energy concepts in introductory physics. *The Physics Teacher*, 27, 506-517.

Bardin, L. (1996). *El análisis de contenido*. Madrid: Akal.

Caldeira, M. (2005). Los libros de texto de ciencias: ¿son como deberían ser? *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa del Instituto Universitario de ciencias de la Educación*, 36, 167-184. Recuperado de <https://revistas.uam.es/tarbiya/article/view/7240>

de Pro, C. y de Pro, A. (2011). ¿Qué estamos enseñando con los libros de texto? La electricidad y la electrónica de tecnología en 3º ESO. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 8(2), 149-170. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2704>

Duit, R. (1981a). Understanding Energy as a Conserved Quantity - Remarks on the Article by RU Sexl. *European Journal of Science Education*, 3(3), 291-301. Recuperado de <https://es.booksc.xyz/book/31502154/3be585>

Duit, R. (1981b). Students' Notions About the Energy Concept-Before and After Physics Instruction. Conference on "Problems Concerning Students' Representation of Physics and Chemistry Knowledge". Alemania.

Farina, J., Milicic, B., Jardón, A. y Fernández, P. (2016). Estructuras retóricas en libros de texto de física: argumentaciones sobre la entropía. *Revista de Enseñanza de la Física*, (28), 109-117. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/15629>

García, A. (2008). Relaciones CTS en la educación científica básica. Un análisis desde los textos escolares en la Enseñanza de Electrónica. *Enseñanza de las ciencias*, 26(3), 389-402. Recuperado de <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3749>

García, A. y Criado, A. (2008). Enfoque CTS en la enseñanza de la Energía Nuclear: análisis de su tratamiento. *Enseñanza de las ciencias*, 26(1), 107-124. Recuperado de <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3693>

Garzón, I. y Slisko, J. (2010). Uso de la historia en la enseñanza de la física en los libros de texto de ciencias para segundo de secundaria, *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 4(1), 987-993. Recuperado de [http://www.lajpe.org/LAJPE\\_AAPT/27\\_Irma\\_Miguel.pdf](http://www.lajpe.org/LAJPE_AAPT/27_Irma_Miguel.pdf)

Gettys, E., Keller, F. y Skove, M. (2005.) *Física para ciencias e ingeniería. Tomo I. 2.ª ed.* México: McGraw Hill.

Giancoli, D. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Volumen I. 4.ª ed.* México: Pearson Educación.

Hewitt, P. (2004). *Física Conceptual. 9.ª ed.* México: Pearson Educación.

Jiménez, M. y Sanmartí, N. (1999) ¿Qué ciencia enseñar? Objetivos y contenidos de la educación secundaria. En Del Carmen, L. (coord.) *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria*. ICE. Universidad de Barcelona. España: Horsoni.

Luna, M. y Carreri, R. (2011). Supuestos epistemológicos en libros de texto de Física para nivel medio: Aspectos de su discurso pedagógico regulador, *Revista Electrónica de Investigación en Educación en ciencias* 6(2), 38-52. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/reiec/v6n2/v6n2a03.pdf>

Mallinckrodt, A. J. & Leff, H. S. (1992). All about work. *American Journal of Physics*, 60(4), 356-365.

Martín, C.; Prieto, T. y Jiménez, A. (2013). El problema de la producción y el consumo de energía: ¿cómo es tratado en los libros de texto de educación secundaria?, *Enseñanza de las ciencias*, 31(2), 153-171. Recuperado de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/285768>

Maturano, C. y Mazzitelli, C. (2018a). La lectura y la escritura en las clases planificadas por docentes de ciencias Naturales de educación secundaria en Argentina. *Traslaciones: Revista Latinoamericana de Lectura y Escritura*, 5(10), 263-286. Recuperado de <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/traslaciones/article/view/1622>

Maturano, C. y Mazzitelli, C. (2018b). Libros de texto de ciencias naturales, de ayer, de hoy y, ¿de siempre? *Revista de Enseñanza de la Física*, (30), 49-62. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/20318>



Monteiro, M. y Nardi, R. (2015). As contribuições de Galileu à astronomia nas abordagens de livros didáticos de física: uma análise na perspectiva da natureza da ciência. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en ciencias*, (10), 58-73. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2733/273341286005.pdf>

Resnick, R., Halliday, D. y Krane, K. (2011). *Física. Vol 1*. 5.ª ed. México: Grupo Editorial Patria.

Sherwood, B. & Bernard, W. (1984). Work and heat transfer in the presence of sliding friction. *American Journal of Physics*, 52(11), 1001-1007. Recuperado de <https://es.booksc.xyz/book/18698649/b26076>

Silva, C. y Pimentel, A. (2008). Uma análise da história da eletricidade presente em livros didáticos: o caso de Benjamin Franklin. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 25(1), 141-159. Recuperado de <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2008v25n1p141>

Serway, R. y Jewett, J. (2009). *Física para ciencia e ingeniería con Física Moderna. Vol. 1*. 7.ª ed. México: Cengage Learning.

Solomon, J. (1985). Teaching the conservation of energy. *Physics education*, 20(4), 165-170. Recuperado de <https://es.booksc.xyz/book/36273566/0d288c>

Tipler, P. (1993). *Física. Tomo 1*. 3.ª ed. España: Reverté.

Tippens, P. (2007). *Física, conceptos y aplicaciones*. 7.ª ed. Perú: McGraw Hill.

Wilson, J., Buffa, A. y Lou, B. (2007). *Física*. 6.ª ed. México: Pearson Educación.

Young, H. y Freedman, R. (2009). *Física universitaria. Vol.1*. 12.ª ed. México: Pearson Educación.

Zabala Vidiella, A. (1995). *La práctica educativa. Cómo enseñar*. España: Graó.