

Estructuras retóricas en libros de texto de física: argumentaciones sobre la entropía

Rhetorical structures in university physics textbooks: arguments about entropy

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Juan Farina¹, Beatriz Milicic², Alberto Jardón¹,
Patricia Fernández²

¹Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario,
Zeballos 1341, CP 2000, Rosario, Argentina

²Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad
Nacional de Rosario, Pellegrini 250, CP 2000, Rosario, Argentina.

E-mail: juanalbertofarina@gmail.com

Resumen

En este trabajo se analizan las estructuras retóricas presentadas en libros de texto de física básica universitaria en base a la metodología planteada por Izquierdo y colaboradores (2006) quienes las caracterizan según su comunicabilidad, su contenido factual y la historia que se explica en el libro. En particular se estudia el abordaje del segundo principio de la termodinámica y la noción de entropía. Encontramos que este tipo de análisis es una herramienta útil para el diseño de situaciones didácticas.

Palabras clave: Argumentación; Estructuras retóricas; Libros de texto; Física universitaria básica; Entropía.

Abstract

In this paper are analyzed the rhetorical structures presented in textbooks of basic university physics, based on Izquierdo et al (2006) methodology, who characterized them according to their communicability, their factual content and history explained in the book. In particular, the approach to the second law of thermodynamics and the notion of entropy are studied. We found that this type of analysis is a useful tool for designing teaching situations.

Keywords: Argumentation; Rhetorical structures; Textbooks; Basic university physics; Entropy.

I. INTRODUCCIÓN

En el contexto de la comunicación, la argumentación es una forma de discurso cuya finalidad es alcanzar el asentimiento o el rechazo de un interlocutor, o de una audiencia, respecto de la validez de una afirmación. Supone un contacto intelectual y un lenguaje común (Ruiz Ortega y otros, 2014). En el contexto de enseñanza “la palabra oficial” suele ser la del profesor o la del libro de texto y ellos son quienes intentarán convencer al alumnado de la validez de un cierto razonamiento científico. En las instancias más frecuentes, es la explicación del profesor quien intenta, a través de la comunicación oral, ser el nexo entre el lenguaje oral y el escrito. Estas explicaciones se proponen ayudar a los estudiantes a construir los conceptos científicos que les permitan dar una interpretación del mundo desde el modelo que se quiere enseñar. Sus recursos no son sólo lingüísticos sino que también incorporan elementos gestuales, movimientos corporales, imágenes, gráficas, demostraciones, ecuaciones, etc., y elementos retórico-argumentativos destinados a mantener la atención del alumno, su interés en el tema y convencerlo de la importancia y validez de la argumentación que se presenta.

Pero el verdadero valor de la argumentación supera estos aspectos. La argumentación es una competencia que permite relacionar fenómenos, modelos, evidencias y explicaciones favoreciendo la comprensión de los conceptos científicos y, cuando se involucra al estudiante, genera en ellos la necesidad de elaborar justificaciones racionales de enunciados y hechos. Así, los alumnos van construyendo significados a medida que son capaces de establecer relaciones entre lo que aprenden y lo que conocen. En este proceso la explicación es un elemento fundamental (Fagúndez, 2012). Asimismo, el ejercicio de la argu-

mentación en el aula favorecería el desarrollo del pensamiento crítico dando a la enseñanza de la ciencia una proyección que trasciende el conocimiento disciplinar.

Sin embargo, para desarrollar esta capacidad de razonar y argumentar, es necesario cambiar la autoridad centrada en el maestro o el libro de ciencia y generar espacios de discusión en los que esta nueva competencia se desarrolle (Jiménez Aleixandre y Díaz, 2003), es decir, es necesario plantear a los estudiantes el desafío de poner a prueba sus creencias en instancias dialógicas mediadas por el docente.

La argumentación así planteada abarca un espectro de actores que involucran el texto, el profesor y el alumno. En las diferentes instancias del proceso de enseñanza-aprendizaje cada uno de ellos asumirá en forma alternativa el desafío de convencer a su audiencia de la validez de ciertos enunciados científicos, recurriendo a argumentos lógicos que expresarán desde una retórica que le es propia.

Desde hace un tiempo se está investigando la argumentación en la enseñanza de las ciencias, es decir las explicaciones que imparte el profesor y las estructuras retóricas que se presentan en los libros de texto y que pretenden ayudar a los estudiantes a construir los significados científicos que le permitan interpretar el mundo (Fagúndez, 2012). Asimismo, se han implementado metodologías para enseñar a argumentar a los alumnos, de manera que puedan sostener un conjunto de ideas que desde el punto científico se caractericen por su rigor, estructuración y coherencia (Sardá y Sanmartí, 2000).

El libro de texto es posiblemente el primer eslabón argumentativo a tener en cuenta y uno de los recursos más importantes en la enseñanza de las ciencias (Otero y Caldeira, 2005). Su elección es un reflejo del modelo de ciencia con la que el profesor se identifica y establece el estilo de enseñanza que el profesor desarrolla. Asimismo, como sostiene Izquierdo (2005),

las historias que se explican en los libros . . . dependen de la perspectiva con la que observamos el mundo, de las preguntas que nos formulamos y de las respuestas que les damos . . . y esta perspectiva depende de lo que el autor quiere que sea su libro. (p.14)

Es decir, la forma de presentar los hechos en los libros no se realiza de manera neutra sino que se adapta a la concepción que el autor tiene del conocimiento que se ha de enseñar (Izquierdo y otros, 2006). En este trabajo nos centraremos en el análisis de la argumentación en libros de texto y la retórica utilizada en el desarrollo del tema Segundo Principio de la Termodinámica y Entropía. Veremos tres diferentes enfoques argumentativos del tema desde las estructuras retóricas utilizadas.

II. MARCO TEÓRICO

A. La retórica de los libros de texto

La misión de los libros de texto de ciencias es mostrar que el mundo funciona de determinada manera. Haciendo uso de retóricas particulares relatan los acontecimientos de forma de evidenciar el orden y sentido necesario para comprender cómo funciona (Izquierdo, 2005; Martins, 2000). Según Izquierdo (2005) una “buena retórica” es la que contribuye al desarrollo de relaciones coherentes entre “lo que se piensa, lo que se hace y lo que se dice”, es decir, entre el conocimiento, la intervención en los fenómenos y el lenguaje. La retórica es el arte de la buena utilización del lenguaje y, en el caso de la ciencia, contribuye a mostrar que se puede intervenir en los fenómenos del mundo de manera tal que se pueda pensar y hablar sobre ellos con fundamento y argumentos científicamente lógicos.

Llamaremos “estructuras retóricas” a las características a través de las cuales los libros relatan los acontecimientos del mundo de manera de evidenciar el orden y sentido necesario para comprender cómo funciona (Izquierdo, 2005; Martins, 2000). En esta retórica los fenómenos se muestran según una determinada secuencia en la cual se van exponiendo resultados de manera de convencer al alumno de la explicación correcta que se acepta a partir de cierta autoridad que se le confiere al libro. Las “narrativas experimentales” son uno de los mecanismos literarios utilizados en estos casos y a través de las cuales el libro expone historias sobre el mundo en el que se producen los fenómenos que deben explicarse (Ogborn y otros, 1996). En estas narrativas se presentan nuevas entidades (conceptos, definiciones, ecuaciones, etc.) que se van a utilizar para dar sentido al mundo. Estas narrativas conectan las nuevas entidades con el mundo y dependen de la perspectiva del narrador y por lo tanto, introducen una manera personal de observar el mundo, la del autor. Asimismo Austin y Searle emplean el concepto de “actos de habla” para evidenciar que el lenguaje no es sólo el vehículo para la descripción del mundo, de las cosas que nos rodean; sino que, además, sirve para realizar acciones: en los libros de ciencia escritos con intención didáctica, los enunciados se emiten con la intención de transformar el mundo del lector.

B. El tema elegido

El concepto de Entropía es un concepto central, tanto en física como en química. Es un indicativo del sentido de las reacciones químicas; permite deducir y evaluar de qué manera los procesos espontáneos harán evolucionar un sistema desde un estado a otro. Aporta una respuesta sobre cómo los estados vivos, aparentemente en situación de no equilibrio, pueden mantenerse en ese estado. Se trata no obstante de una noción compleja, difícil de explicar e interpretar significativamente, es por ello que el análisis de las argumentaciones en los libros de texto es importante ya que contribuye a la construcción de significados.

Generalmente, la entropía es presentada en los cursos básicos universitarios, desde una perspectiva clásica, sea porque esa es la que han recibido los docentes en su formación o porque es la que reproducen la mayoría de los libros de texto. Como detallan Tarsitani y Vicentini (1996), los libros de texto basados en el enfoque clásico desarrollan el concepto de Entropía a partir de la visión de Clausius, con particular atención en los aspectos fenomenológicos de los procesos térmicos y el rendimiento de las máquinas térmicas. Esa perspectiva, que se apoya en el análisis de las máquinas térmicas puede ser vista como muy relevante en carreras técnicas, como por ejemplo en ingeniería, dada su utilidad para realizar cálculos concretos. Sin embargo, muchos autores (por ejemplo, García Colin, 1983) coinciden en que es percibida por los estudiantes como una formulación matemática sin significado claro y preciso. La manera clásica de definir este concepto, si bien se organiza a partir de una elegante formulación matemática, acarrea el problema de no aportar demasiado a la comprensión de la entropía desde el punto de vista físico. La expresión clásica, en términos de $\delta Q/T$ permite realizar cálculos relevantes, pero su significado permanece, en general, oscuro y opaco para los estudiantes, e incluso para muchos profesores.

Frente a las dificultades de comprensión conceptual que acarrea la perspectiva clásica, surgen voces que plantean la conveniencia de enseñar el concepto desde una perspectiva microscópica. Vale citar autores como Frederick Reif (1969) y Bernard Jancovici (1997) quienes, entre otros, sugieren que la perspectiva microscópica ofrecería mayores ventajas para la interpretación de la entropía y proponen introducirla a partir de la formulación de Boltzmann tomando como base la noción de multiplicidad de estados. Si bien coincidimos con las apreciaciones anteriores, advertimos que este enfoque tampoco está exento de problemas, y requiere de la elaboración de situaciones didácticas adecuadas para lograr una apropiación significativa por parte de los estudiantes. Particularmente, hay que tener en cuenta que la misma involucra modelos especiales y consideraciones de probabilidades y estadística que no siempre los estudiantes comprenden acabadamente.

El propósito general de este trabajo es poner en evidencia las estructuras retóricas utilizadas en distintos textos universitarios en la introducción de la noción de entropía, procurando destacar lo que le proporciona coherencia, caracterizando el enfoque que el autor escogió, el modelo de ciencia, el lector al cual va dirigido, el modelo de aula que sustenta y los hechos de habla a los que recurre.

III. MARCO METODOLÓGICO

La metodología seleccionada para el análisis de las argumentaciones que presentan los libros de texto es la planteada por Izquierdo y colaboradores (2006) quienes sostienen que las narrativas presentes en los libros de texto se pueden caracterizar según su comunicabilidad, su contenido factual y la historia que se explica en el libro.

La *comunicabilidad* analiza:

- el modelo de ciencia que transmite el texto: dogmático (afirmativo apodíctico o magistral) o problemático (plantea duda retórica o duda real);
- el modelo de lector al que se dirige: distante (separación discípulo-profesor) o próximo (colega, colaborador, aprendiz activo);
- el modelo de aula que plantea para la enseñanza: coherente (planteos por descubrimiento, transmisivos o constructivistas), o incoherentes.

El *contenido factual* del libro atiende a los hechos de los que se habla:

- los fenómenos (reales, simbólicos o de laboratorio);
- los hechos de habla (definiciones, comparaciones, deducciones).

La *historia que se explica en el libro* está relacionada con:

- el narrador y la audiencia que se supone;
- los elementos de autoridad;
- los elementos factuales y conceptuales que intervienen;
- los recursos utilizados para presentarlos como 'científicos'.

A partir de esos aspectos, Izquierdo y colaboradores definen 18 indicadores que se muestran en la tabla 1.

TABLA I. Indicadores que permiten caracterizar los diferentes libros como narraciones orientadas por una retórica específica.

Comunicabilidad del texto	I. Modelo de ciencia	Dogmática	Afirmativa	1	Narrador y Audiencia ¿Quién narra y a quién se dirige? (1)
			Magistral	2	
		Problemática	Duda retórica	3	
			Duda real	4	
	II. Modelo de lector	Distante	Discípulo	5	
		Próximo	Colega	6	
			Colaborador	7	
	III. Modelo de aula	Coherente	Descubrimiento	9	
			Transmisiva	10	
			Constructivista	11	
		Incoherente		12	
	Contenido fáctual del texto	IV. Hechos de los que se habla	Fenómenos	Reales	
Laboratorio				14	
Simbólicos				15	
'Hechos de habla'			Definiciones	16	Recursos utilizados para presentarlos. ¿cómo se construye el conocimiento científico en esta historia? (4)
			Comparaciones	17	
			Deducciones	18	

IV.LA PRESENTACIÓN DEL SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA Y LA NOCIÓN DE ENTROPÍA EN DISTINTOS LIBROS DE TEXTO UNIVERSITARIOS

Se analizaron 6 libros de física universitaria básica; se encontraron tres modalidades diferentes relativas a la argumentación y se analizan tres textos de uso frecuente en el aula representativos de las modalidades.

A. Persuasión desde la coherencia formal

El libro Física de Marcelo Alonso y Edward Finn (1995) es uno de los referentes de la enseñanza de la física básica universitaria. En el Prefacio menciona que “*el objetivo principal del texto es proporcionar a los estudiantes un firme entendimiento de cómo se analizan los fenómenos físicos, ejemplificados con aplicaciones a situaciones específicas*”. En la Introducción (p.1) menciona “*la física es una aventura emocionante, aunque en ocasiones parezca difícil*”. A continuación sostiene que

Con el fin de lograr sus metas, la física – así como todas las ciencias naturales, puras o aplicadas- depende de la observación y de la experimentación. La primera consiste en el examen cuidadoso y crítico de un fenómeno; el científico identifica, mide y analiza los diferentes factores y circunstancias que parecen influir en ese fenómeno. . . En algunos casos . . . es necesaria la experimentación, que consiste en la observación de un fenómeno en condiciones cuidadosamente controladas, organizadas de antemano . . . sin la experimentación y la medición la ciencia moderna nunca habría logrado los avances actuales; por esta razón los laboratorios son tan importantes para un científico . . . De los hechos conocidos un científico puede inferir nuevos conocimientos de manera teórica, es decir, un modelo de la situación física que se estudia. Mediante relaciones previamente establecidas se aplica un razonamiento lógico y deductivo al modelo, normalmente mediante técnicas matemáticas . . . Esta relación entre experimentación y teoría permite a la ciencia hacer progresos de manera estable y sobre bases sólidas. (p.3)

En el capítulo 16 se presenta el tema Termodinámica que incluye, entre otros, los temas relativos a energía interna, trabajo, calor, procesos reversibles e irreversibles, entropía y eficiencia de una máquina térmica. Los temas se desarrollan desde la disciplina, los gráficos son los específicos de los temas desarrollados, no hay ejemplos, fotografías ni ilustraciones relativos a fenómenos de la vida diaria. La en-

tropía es presentada como una definición basada en la propuesta de Clausius. En el capítulo 17 se desarrolla la Mecánica Estadística donde se incluye la Entropía a partir de la definición estadística de Boltzmann “La entropía de un sistema es proporcional al logaritmo de la probabilidad de la partición correspondiente al estado del sistema” (p. 380). Como ejemplos de procesos que ocurren cuando la entropía aumenta incluye a la difusión molecular y la conducción térmica (p. 381), planteados no desde la vida diaria (por ejemplo difusión de tinta en agua) sino desde lo disciplinar.

Al aplicar las categorías propuestas por Izquierdo y colaboradores, encontramos que en este libro el modelo de ciencia es dogmático, afirmativo, que se transmite mediante definiciones y deducciones. La autoridad que da credibilidad a la narración es 'la ciencia' (lo que se ha de aprender) y la importancia (indiscutible) de saber. El tipo de intervención docente según el enfoque del libro es la clase transmisiva, desarrollada desde lo simbólico utilizando como principal herramienta de persuasión definiciones y deducciones lógico matemática. Es por ello que caracterizamos a la argumentación presente en este libro como apodóctica. Los indicadores que asignamos a esta 'historia' se presentan en la tabla 2

TABLA II. Caracterización del modelo de argumentación presentado en el libro Alonso y Finn.

Comunicabilidad	I. Modelo de ciencia	Dogmática	Afirmativa
	II. Modelo de lector	Distante	Discípulo
	III. Modelo de aula	Coherente	Transmisiva
Contenido factual	IV. Hechos de los que se habla	Fenómenos	Simbólicos
		'Hechos de habla'	Definiciones
			Deducciones

B. Argumentación desde el mundo y la vida de las personas

El segundo libro que vamos a presentar es el Sears Zemansky Young Freedman (2009) Física Universitaria Volumen 1. Las características argumentativas que se presentan aquí son compartidas por muchos otros libros de texto usuales en física básica.

Al comienzo del libro dedica una página y media a aconsejar al estudiante y tres páginas al profesor que dictará la materia. Al estudiante con una retórica que apunta a entusiasmarlo con el aprendizaje de la física con un epíteto: *Como triunfar en física si se intenta de verdad*. Explicita que el docente a cargo de la asignatura está interesado en que el alumno aprenda física y sienta placer por ello.

En el prefacio dedicado a los profesores describe las mejoras realizadas en las últimas ediciones al poner en los ejemplos resueltos un enfoque de cuatro pasos para resolverlos (identificar, plantear, ejecutar, evaluar). Incluye Metas de aprendizaje al principio de cada capítulo, así como Resúmenes visuales del capítulo, el agregado de figuras en color y la respuesta a un cuestionario de opción múltiple y clasificación. Se ofrece una biblioteca con un sinnúmero de aplicaciones en línea, agrega material, banco de exámenes y material complementario.

Cada tema se introduce en un apartado donde se muestran situaciones de la vida diaria relacionadas con el mismo, pero luego en el desarrollo del tema se presentan modelos consensuados por la comunidad científica. Se incluyen gráficos e ilustraciones para aclarar los temas. Al finalizar se plantea un ítem denominado “evalúe su comprensión” donde se plantean preguntas conceptuales, por ejemplo “¿por qué no podemos enfriar una casa dejando abierta la puerta del refrigerador?”. Asimismo se presentan aplicaciones, por ejemplo, cómo funciona un refrigerador doméstico.

Presentamos a continuación la introducción al tema del Segundo Principio:

Muchos procesos termodinámicos se efectúan naturalmente en una dirección pero no en la opuesta. Por ejemplo, el calor siempre fluye de un cuerpo caliente a uno más frío, nunca al revés. El flujo de calor de un cuerpo frío a uno caliente no violaría la primera ley de la termodinámica, pues se conservaría la energía; sin embargo, no ocurre en la naturaleza. ¿Por qué?

También, resulta fácil convertir energía mecánica totalmente en calor; esto sucede cada vez que usamos los frenos del automóvil para detenerlo. En la dirección inversa, hay muchos dispositivos que convierten calor parcialmente en energía mecánica. (El motor del auto es un ejemplo.) Pero ni los inventores más brillantes han logrado construir una máquina que convierta el calor totalmente en energía mecánica. ¿Por qué?

La respuesta a ambas preguntas tiene que ver con la dirección de los procesos termodinámicos y constituye la segunda ley de la termodinámica. Esta ley impone limitaciones fundamentales a la eficiencia de una máquina o una planta de electricidad, así como al aporte de energía mínimo necesario para hacer funcionar un refrigerador. Por lo tanto, la segunda ley se aplica directamente a muchos problemas prácticos importantes.

También podemos plantear la segunda ley en términos del concepto de entropía, una medida cuantitativa del grado de desorden o aleatoriedad de un sistema. La noción de entropía ayuda a explicar por qué la tinta mezclada con agua nunca se separa espontáneamente y por qué multitud de otros procesos al parecer posibles nunca se observan. (p. 673)

El autor (narrador) se dirige al alumno de modo de convencerlo de contrastar ejemplos de la vida cotidiana con el sustento científico. Al enumerar los fenómenos menciona ejemplos que podrían ser de interés del alumno (motor de un auto), que es aplicable a problemas prácticos importantes y que la segunda ley es posible expresarla en términos de una magnitud física desconocida para el lector como la noción de entropía.

Respecto de la entropía la define como:

La entropía es una medida cuantitativa del desorden.” (p.691) Más adelante sostiene que “Podemos generalizar la definición de cambio de entropía para incluir cualquier proceso reversible que lleva de un estado a otro, sea isotérmico o no. Representamos el proceso como una serie de pasos reversibles infinitesimales. Durante un paso típico, se agrega una cantidad infinitesimal de calor dQ al sistema a temperatura absoluta T . Luego sumamos (integramos) los cocientes $dQ>T$ para todo el proceso: $\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$ (Cambios de entropía en un proceso reversible). (pág. 692)

Asimismo, introduce la interpretación microscópica de la entropía ejemplificando con los posibles estados de cuatro monedas, tema que es comprensible para el alumno, para luego presentar la expresión formal de la entropía: “Sea w el número de posibles estados microscópicos para un estado macroscópico dado. Entonces, puede demostrarse que la entropía S de un estado macroscópico es: $S = k \ln w$ ” (p.698)

Al aplicar las categorías propuestas por Izquierdo y colaboradores, la ciencia se presenta como algo indiscutible, pero de manera magistral, desde el punto de vista de un 'maestro' que enseña su significado en el mundo y en la vida de las personas. Los hechos que se explican son fácilmente identificables para el alumno: algunos son de la vida cotidiana, otros del laboratorio, pero tratados desde la perspectiva de algún modelo científico.

TABLA III. Caracterización del modelo de argumentación presentado en el libro Sears y otros.

Comunicabilidad	I. Modelo de ciencia	Dogmática	Magistral
	II. Modelo de lector	Próximo	Alumnos
	III. Modelo de aula	Coherente	Transmisiva
Contenido factual	IV. Hechos de los que se habla	Fenómenos	Reales
			Laboratorio
		'Hechos de habla'	Definiciones
			Comparaciones

C. Argumentación desde lo útil, interesante y divertido.

El tercer libro que se presenta es Fundamentos de Termodinámica de OctaveLevenspiel (1997). A continuación se copiará el prefacio para tener una idea acabada de la orientación del libro:

*Mi volumen favorito de termo comienza con una cita de la prima de JosiaWillardGibbs cuando vio una copia del artículo más famoso sobre este temasu reacción fue
 Se ve tan lleno de palabras difíciles, signos y números, de apariencia no muy entretenida o comprensible, que me pregunto si hará a la gente más sabia o mejor
 Aquí está el desafío para mí: hacer gente más sabia sin esas palabras difíciles. El gurú de la termo Kenneth Denbigh escribió:
 La termodinámica es un tema que necesita ser estudiado no una sino varias veces en niveles avanzados. En la segunda y tercera vueltas . . . es útil de nuevo repasar las bases de la primera y segunda leyes, esta vez con una secuencia más lógica.
 Este libro no está planeado como una segunda o tercera vuelta en el tema, sino como una primera introducción. Por ello, trato de presentar las ideas principales de la termo y mostrar su uso con numerosos problemas prácticos.
 La opinión común de un estudiante que choca por primera vez con el tema en un curso de segunda o tercera vuelta la cita Andrews.*

Para mí, la termodinámica es un laberinto de cantidades vagas, símbolos con superíndices, subíndices, barras, estrellas, círculos, etcétera, que cambian en el camino, y un método dudoso de comenzar con una ecuación y realizar suficientes derivadas parciales hasta que se termina con algo nuevo y supuestamente útil.

Tengo compasión por ese estudiante. En lo práctico evito la sofisticación lógica y los aspectos abstractos del tema que son más fáciles de digerir en la segunda o tercera vuelta. En mi opinión, el estudio de termo debe ser útil, interesante y divertido, no un quehacer. También espero que el lector me disculpe por el uso del término común “termo” en lugar del término completo termodinámica.

El tema del segundo principio y la entropía lo trata en el capítulo 15, en el 16 desarrolla gases ideales y la segunda ley, en el 17, la entropía en fluidos de ingeniería, en el 18, el trabajo a partir de calor, en el 20 Termo en ingeniería mecánica y en el capítulo 24, Entropía e información. El desarrollo de los temas se basan en la disciplina, pero los ejemplos son de la vida diaria, un ejemplo es la *fabricación de dinero a partir del aire de desecho*: se trata de instalar una turbina con un generador eléctrico para aprovechar el aire de alta presión que se descarga a la atmósfera.

Respecto de la entropía, en el capítulo 15 sostiene que “*La ciencia aspira a explicar lo que nos rodea y ha dejado a la termo el tratar de desarrollar una declaración general, una ley, una ley científica que explique de algún modo los fenómenos que suceden sólo de una forma en el tiempo* [los libros nunca saltan del piso a la mesa, no puedo extraer una taza de agua caliente de una cacerola con agua tibia, etc.] *La termo ha incluido esto en lo que se llama segunda ley. Esta ley se expresa en muchas formas diferentes... una de ellas es la expresión termodinámica útil llamada entropía... La entropía es una propiedad del sistema, como es la energía interna U y justo como por lo general medimos ΔU para un cambio, así es con la entropía; por lo general medimos ΔS sobre algún estado arbitrario.*” (p. 183)

En el capítulo 24 relaciona la entropía con la información al analizar el movimiento de las moléculas de gas en una caja, muchos lanzamientos al aire de una moneda, tirar muchas veces dos dados: “*una ganancia de entropía siempre significa una pérdida de información*”... “*la entropía mide la información ausente sobre un sistema o nuestra ignorancia acerca del estado exacto de un sistema*”.... “*Las ideas aquí bosquejadas colocan el escenario para el desarrollo de los temas de mecánica estadística, termodinámica estadística, termodinámica cuántica y mecánica estadística cuántica, con las ecuaciones de Maxwell Boltman, de Bose Einstein y de Fermi Dirac. Estas teorías estadísticas explican el comportamiento macroscópico del mundo observado a nuestro alrededor en términos del comportamiento microscópico en que tales sistemas tienen sus orígenes*” (p. 336)

Al aplicar las categorías propuestas por Izquierdo y colaboradores (2006), la ciencia se acerca al lector a partir de ejemplos de la vida cotidiana, incluso los problemas están planteados de esta manera. Si bien las categorías son las mismas que en el caso anterior, en este libro se ha hecho un esfuerzo en la argumentación para motivar a los estudiantes.

TABLA IV. Caracterización del modelo de argumentación presentado en el libro de Levenspiel.

Comunicabilidad	I. Modelo de ciencia	Dogmática	Magistral
	II. Modelo de lector	Próximo	Colegas
	III. Modelo de aula	Coherente	Transmisiva
Contenido factual	IV. Hechos de los que se habla	Fenómenos	Reales
			Laboratorio
		'Hechos de habla'	Definiciones
			Comparaciones
	Deducciones		

V. CONCLUSIONES

Como se ha mencionado anteriormente, el propósito general de este trabajo es poner en evidencia las estructuras retóricas utilizadas en diferentes textos universitarios en la introducción de la noción de entropía. En los libros de texto analizados se han encontrado diferencias en el enfoque que los diferentes autores escogieron, el modelo de ciencia que transmiten, el lector al cual van dirigidos, el modelo de aula que sustentan y los hechos de habla a los que recurren.

El libro de Alonso y Finn (1995) recurre a la persuasión desde la coherencia formal, presentando un modelo de ciencia dogmático, que se transmite mediante definiciones y deducciones lógico matemáticas.

Es por ello que lo caracterizamos como argumentación apodíctica. El libro de Sears, Zemansky, Young y Freedman (2009) argumenta desde el mundo y la vida de las personas: se apela a hechos concretos de la vida cotidiana o del laboratorio, para introducir los temas, los que luego son analizados formalmente. El libro de Levenspiel (1997) argumenta desde lo útil, interesante y divertido, lo cual se refleja en los ejemplos presentados. Habla al alumno empleando recursos lingüísticos sencillos. En los tres libros analizados, la entropía es presentada primero como una definición basada en la propuesta de Clausius y más tarde se aborda desde la Mecánica Estadística. En el primer libro en ambos momentos sólo se la define. En el segundo libro, se la introduce apelando a las probabilidades y en el tercero, si bien se basa en probabilidades, se analiza la información que están brindando dichas probabilidades.

Esperamos que este tipo de análisis sea una herramienta útil para el profesor y pueda ser tenido en cuenta para el diseño de las unidades didácticas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNR por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo mediante el subsidio correspondiente al proyecto de investigación IING447.

REFERENCIAS

- Alonso, M., Finn, E. (1995). *Física*. Wilmington: Addison Wesley Latinoamericana.
- Fagúndez Zambrano, T., Castells Llavenera, M. (2012). La argumentación en clases universitarias de física: una perspectiva retórica. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(2), 153-174.
- García-Colín, L. (1983). *Procesos irreversibles en la física contemporánea*. Colección *Las Ciencias en el Siglo XX*, Méjico: UNAM.
- Izquierdo, M. (2005). Estructuras retóricas de los libros de ciencias. *Tarbiya*, 36, 11-35
- Izquierdo, M., Márquez, C., Gouvêa, G. (2006). La función retórica de las narraciones experimentales en los libros de ciencias. Presentación de una pauta de análisis. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação Ciências*, 6(2), 1-14
- Jancovici, B. (1997). *Physique Statistique thermodynamique*. Paris: Ediscience
- Jimenez Aleixandre, M., Diaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: Cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las ciencias*, 21(3), 359-370.
- Levenspiel, O. (1997). *Fundamentos de la Termodinámica*. Nahualcapán de Juárez: Prentice Hall Hispanoamericana.
- Martins, I. (2000). Rethorics of School Science Textbooks. En Moreira M.A. (org) *Proceedings of the VII International Conference on Physics Education*, Canela RS, Brasil.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., McGillicuddy, K. (1996). *Explaining Science in the classroom*. Buckingham: Open University Press
- Otero, J., Caldeira, M. (2005). La comprensión de los libros de texto de ciencias, *Tarbiya*, 36, 5-8
- Reif, F. (1969), *Física estadística*. Barcelona: Reverté
- Ruiz Ortega, F., Tamayo Alzate, O., Márquez Bargalló, C. (2014). Cambio en las concepciones de los docentes sobre la argumentación y su desarrollo en clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 53-70. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.985>
- Ruiz Ortega, F., Tamayo Alzate, O., Márquez Bargalló, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educ. Pesqui.*, 41(3), 629-646.

Sardà Jorge, A., Sanmartí Puig, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 405-422.

Sears, R., Zemansky, M., Young, H., Freedman, R. (2009). *Física universitaria*. México: Pearson Ed.

Tarsitani, C., Vicentini, M. (1996). Scientific mental representations of thermodynamics. *Science & Education*, 5, 51-68.