

**Circuitos resistivo-inductivos en corriente continua:
análisis de su tratamiento en libros de texto del ciclo
básico universitario⁺***

Norah Silvana Giacosa

Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales
Universidad Nacional de Misiones – UNaM
Misiones - Argentina

Claudia Mariela Zang

Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales
Universidad Nacional de Misiones – UNaM
Misiones - Argentina

Silvia María Giorgi

Facultad de Ingeniería Química
Universidad Nacional del Litoral – UNL
Santa Fe - Argentina

Jorge Armando Maidana

Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales
Universidad Nacional de Misiones – UNaM
Misiones - Argentina

Alejandro Such

Estudiante de Ingeniería Química – UNaM
Misiones - Argentina

Resumen

*Este estudio se formula a partir del reconocimiento de ciertas
dificultades por parte de alumnos universitarios en el aprendizaje*

⁺ Inductive-resistive circuits with constant current: analysis of its treatment in University Basic Level textbooks

^{*} *Recebido: setembro de 2012.
Aceito: maio de 2013.*

de fenómenos electromagnéticos dependientes del tiempo. Se describe, mediante el análisis de contenido, la perspectiva con la que se abordan los circuitos eléctricos conformados por inductor, resistencia y fuente de corriente continua conectados en serie, en doce libros de texto universitarios de uso frecuente en Argentina. Se encontró que en la mayoría de los ellos se modela implícitamente el circuito como un sistema aislado y se deducen ecuaciones descriptivas de los fenómenos asociados a los procesos de aumento y decaimiento de corriente, partiendo del principio de conservación de la energía. Además del predominio de un instrumentalismo matemático del tema, se presentan ecuaciones temporales que no se grafican y gráficos cuyas ecuaciones no se explicitan, lo cual dificulta la comprensión lectora por parte de los estudiantes. Las imágenes, analogías, referencias históricas y aplicaciones a la vida cotidiana son escasas. Se concluye que el aprendizaje de los fenómenos transitorios en circuitos de esta naturaleza, usando como principal referente a los libros de texto, puede resultar en una tarea ardua. Estos recursos propiciarían de manera limitada la construcción de modelos mentales acordes a los científicos.

Palabras clave: *Circuito eléctrico. Inductor. Resistencia. Libros de textos.*

Abstract

This study is formulated from the recognition of certain difficulties that University students experience in learning time-dependent electromagnetic phenomena. It describes, through content analysis of twelve-frequently used College textbooks in Argentina, the perspective from which electrical circuits formed by inductor, resistor and constant current source connected in series are approached. We found out that in most texts, the circuit is implicitly modeled as an isolated system, and the descriptive equations of the phenomena associated with the processes of current increase and decrease are deduced from the principle of energy conservation. In addition to the predominance of the mathematical instrumentalism of the subject, temporary equations,

which are not plotted, and graphs whose equations are not explicit are presented, making reading comprehension difficult for students. The images, analogies, historical references and applications to everyday life are scarce. We conclude that learning transient phenomena in circuits of this nature, using as the main reference textbooks, can be an arduous task. These resources would encourage, in a limited manner, the building of mental models in accordance with the scientific ones.

Keywords: *Electrical circuit. Inductor. Resistor. Textbooks.*

I. Introducción

El desarrollo de los cursos de Física correspondientes al ciclo básico de carreras de corte científico-tecnológico, en particular de las ingenierías, es generalmente la instancia en la que se inicia el estudio de los fenómenos eléctricos con cierto grado de formalidad matemática. Entre los contenidos abordados se estudian los fenómenos descritos por variables que dependen del tiempo como son los asociados al comportamiento de los circuitos resistivo-inductivos (RL) en serie por los que circula corriente continua en régimen transitorio.

La experiencia en la práctica docente de los autores permite inferir que el estudio de fenómenos transitorios, generalmente no suele ser una tarea sencilla para los estudiantes. En este sentido, con relación al comportamiento de circuitos eléctricos, los mismos evidencian dificultades para explicar los procesos de variación de la corriente eléctrica, y para vincular, por un lado, las diferentes magnitudes físicas que intervienen (corriente eléctrica, diferencia de potencial, tiempo) y por otro, las formas en que pueden representarse las funciones matemáticas que describen tales magnitudes (ecuaciones, gráficas y/o tablas).

Otros inconvenientes, asociados al aprendizaje por parte de los estudiantes de los fenómenos de inducción electromagnética son: las ideas asociadas a la fuerza electromotriz inducida como opuesta al flujo del campo magnético en lugar de oponerse al cambio de ese flujo, la confusión entre las líneas de campo que atraviesan un circuito y la variación del flujo magnético a través del mismo circuito, la no diferenciación entre el área del circuito y la de integración de la ley de Faraday; y la no distinción entre modelos macroscópicos y microscópicos (POCOVÍ; HOYOS, 2011; GUIASOLA; ALMUDÍ; ZUZA, 2008; GUIASOLA *et al.*, 2009; GUIASOLA; ALMUDÍ; ZUZA, 2010).

Aunque son múltiples los factores que pueden atribuirse a las deficiencias mencionadas, los autores creen conveniente señalar que uno de ellos está relacionado con la falta de comprensión de los fenómenos a partir de los libros de texto (LT en adelante) que utilizan habitualmente los alumnos, pues no siempre las explicaciones presentes en ellos son suficientemente claras para facilitar la construcción de conocimientos.

El papel fundamental que tienen los LT en relación a la calidad educativa que se ofrece en la República Argentina se reconoció en el Plan de Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas¹. Entre las recomendaciones para mejorar el equipamiento y los recursos didácticos, se puede leer: “*Se recomienda que las autoridades educativas generen iniciativas que aseguren la calidad de los libros de texto existentes en el sistema*” (ARGENTINA, 2007, p.5). Las acciones sugeridas fueron crear un comité de análisis y recomendaciones de LT, elaborarlos teniendo en cuenta esos resultados, difundir y promover su uso en el nivel primario, secundario y superior.

Analizando los antecedentes del tema, se encontraron reportes de investigaciones relativas a contenidos específicos de Física presentes en los LT del nivel universitario, sin embargo no se hallaron estudios relacionados con el tratamiento de circuitos RL que se hace en dichos textos. Por esto, y dada la importancia que reviste el tema en la formación de futuros profesionales tecnológicos, en esta presentación se plantea como objetivo caracterizar la perspectiva que siguen los LT, empleados usualmente en las universidades argentinas, que básicamente son los mismos que se emplean en las universidades latinoamericanas, para el estudio del tópico mencionado.

Los resultados que se presentan en este trabajo pueden constituirse en una contribución a dos perspectivas esenciales para el perfeccionamiento y la actualización de la enseñanza de la Física: la curricular e instruccional, y la centrada en la investigación.

En los siguientes apartados se describen el marco teórico y los antecedentes que orientaron esta investigación, explicitando el significado atribuido a algunos términos que debido a su polisemia podrían dar origen a ambigüedades. Luego, se esbozan los lineamientos metodológicos que se estimaron más adecuados para su abordaje. Seguidamente se presentan los

¹ Documento elaborado por una Comisión Nacional convocada por el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la República Argentina anticipándose al Año Internacional de las Ciencias.

resultados obtenidos. Finalmente, se cierra la exposición mostrando las conclusiones que se derivan del análisis realizado.

II. Marco Teórico

En este trabajo se entenderá por LT a una modalidad específica de recurso didáctico diseñado para el acto pedagógico de un nivel educativo particular (MOYA PARDO, 2008). Se presumirá además, que fue bosquejado teniendo en cuenta los lineamientos curriculares oficiales de un contexto específico o una planificación de aprendizaje determinada. Independientemente de las razones que pudieran haberlos originados, es de suponer, concordando con otros investigadores (PERALES; JIMÉNEZ, 2002; MACÍAS; CASTRO; MATURANO, 1999), que fueron elaborados pensando que la lectura se realizará en el *orden o secuencia* propuesto por sus autores para promover los aprendizajes deseados de ciertos contenidos.

Desde la perspectiva constructivista de la enseñanza, asumida por los autores, el LT es un dispositivo útil que permite seleccionar y secuenciar contenidos, utilizar ejemplos, mediar en las experiencias de aprendizaje, provocar encuentros o situaciones entre docentes y alumnos, desarrollar habilidades cognitivas, apoyar las estrategias metodológicas y enriquecer la evaluación. Se acuerda también con investigadores que sostienen que el LT constituye una de las decisiones curriculares más importantes que toman los docentes, porque es un referente para planificar clases y elaborar exámenes (CAMPANARIO; OTERO, 2000).

Los indicadores de calidad de un LT que facilitarían la comprensión lectora y que podrían enunciarse en forma de decálogo, según Caldeira (2005, p.179), son:

1. *No contener incorrección científica alguna.*
2. *Tener un lenguaje claro y adecuado a los alumnos, con especial atención a las concepciones alternativas.*
3. *Tener profundidad y amplitud conceptual.*
4. *Promover el conocimiento sobre la naturaleza del conocimiento científico, en particular a través del uso de la historia de la ciencia.*
5. *No olvidar las conexiones ciencia – tecnología – sociedad.*
6. *Contener actividades diversificadas.*
7. *Propiciar el desmontaje de concepciones alternativas.*
8. *Contener imágenes con la debida parsimonia, correctas, legibles, y bien integradas en el texto.*

9. Integrar las actividades de laboratorio en los temas con los que se relacionan, de acuerdo con una metodología investigadora.

10. Promover el interés del alumno por la lectura y el gusto por el aprendizaje de la ciencia.

Desde la postura asumida por los autores y como lo plantean otros investigadores (GRAFFIGNA *et al.*, 2008; SARDÀ; MÁRQUEZ; SANMARTÍ, 2006; DIFFABIO, 2005), la comprensión lectora no es la mera decodificación literal del texto en sí, sino más bien la construcción de significados que elabora el lector basándose en sus experiencias previas, esquemas cognitivos y propósitos pretendidos.

Por otro lado, las Ciencias Naturales – entre ellas la Física – tienen por objetivo lograr descripciones y explicaciones precisas, objetivas, racionales, provisionales, comprensibles del mundo, y posibles de ser comunicadas a través del uso de definiciones *operacionales* y *teóricas*. Las definiciones operacionales son aquellas que incluyen formas de medición y criterios inequívocos. Por su naturaleza, favorecerían recodar el espacio donde se realizaron dichas operaciones y pondrían en evidencia el carácter *fáctico* de la Ciencia. Las definiciones teóricas, en su mayoría, son producto de la imaginación y de la inventiva humana para modelar una vasta gama de fenómenos. Ambas definiciones se expresan, comunican y validan entre pares utilizando un lenguaje especializado. Sin embargo, a los fines didácticos introducir términos basados en construcciones teóricas que aún no han sido conceptualizadas por los estudiantes es forzarlos a aceptar un conjunto de ideas sin basamento racional, como conocimiento revelado en vez de construido. De allí que sea recomendable, en la etapa inicial de instrucción, utilizar definiciones operacionales para poner en evidencia que los términos describen elementos del mundo real (GELLON *et al.*, 2005).

Los autores de los LT de Física, en el afán de convertir dichos conocimientos en conocimientos enseñables, utilizan parte de ese lenguaje especializado para transformar un “modelo científico” en un “modelo didáctico”. En el ámbito educativo, es deseable que los modelos mentales que construyen los alumnos sean consistentes con los modelos científicos consensuados (MOREIRA, 1997). No obstante, alguna bibliografía de uso académico no facilitaría el proceso, fundamentalmente cuando se utilizan de manera indiscriminada, secuencial y alternativa diferentes modelos científicos y se muestra solamente una versión simplificada de ellos, en la que la descontextualización, la despersonalización y la atemporalidad son los rasgos más sobresalientes. Agravado esto último, por la ausencia de una discusión sobre el dominio de validez de dichos modelos y una

exposición determinada por la mezcla de herramientas simbólicas, surgidas de convenciones y acuerdos entre comunidades de científicos. Estas particularidades, según Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001), se traducen en una enseñanza normativa de los modelos científicos.

Desde el punto de vista del aprendiz, el lenguaje especializado de la Física ofrece una doble dificultad. Por un lado, utiliza algunos términos de uso común que a veces, en el contexto científico tienen un significado concreto totalmente distinto al que se le otorga en la vida cotidiana. Esta cuestión no siempre es advertida por los estudiantes que recién se inician en el estudio de contenidos de la disciplina en cualquier nivel educativo, incluso en el universitario. Por otro lado, este lenguaje usa de una manera particular las Matemáticas como herramientas privilegiadas para expresar las leyes que describen los fenómenos físicos. La intensidad y la extensión del lenguaje matemático utilizado en los LT, pueden ser los motivos por los cuales se considere erróneamente a la Física, ciencia experimental, como una ciencia del mismo tipo que la Matemática, ciencia formal. Cabe remarcar que, las competencias matemáticas que posean los estudiantes condicionan fuertemente la comprensión lectora en el nivel educativo mencionado, y consecuentemente la predisposición hacia el aprendizaje (UNNE-SPU, 2003).

En este mismo sentido, los LT de Física son catalogados por algunos investigadores como “bilingües” (ALEXANDER; KULICOWICH, 1994, citados en POCOVÍ; OVEJERO, 2009). Utilizan alternativamente dos sistemas, *lingüístico* y *simbólico*, entre los cuales el lector debe desplazarse o realizar una “traducción” para lograr una adecuada comprensión lectora. El *sistema lingüístico* está constituido por las expresiones verbales que describen los fenómenos físicos, en tanto que al *sistema simbólico* lo conforman las representaciones tales como ecuaciones, gráficos, esquemas y diagramas. “*Los requerimientos de procesamiento de información por parte del lector aumentan cuanto menos abundantes y explícitas son las traducciones*” (POCOVÍ; OVEJERO, *op.cit.* p. 3).

Respecto al sistema simbólico, se sostiene que las imágenes que utilizan los LT no son neutras. Por un lado, influyen en el proceso de construcción de modelos mentales, fundamentalmente en los aprendices durante la conceptualización y/o explicación de fenómenos físicos, la resolución de problemas, el aprendizaje de procedimientos, etc. (OTERO; GRECA, 2004). Por otro lado, es bien conocida -y utilizada como estrategia de *marketing* de las editoriales- la importancia que tienen las imágenes abundantemente coloreadas y atrayentes, sobre otras posibles, en la adopción de un LT por parte de un lector novato (JIMÉNEZ; PERALES, 2001).

Con relación a las imágenes, de acuerdo con la revisión bibliográfica realizada, las mismas pueden clasificarse en: fotografía, ilustración, esquema y gráfica.

La *fotografía*, según la etimología de la palabra, es un conjunto de líneas grabadas con la luz. Si bien existen diferentes tipos de fotografías, todas intentan representar lo que capturan (diseños de montajes experimentales, relación de tamaños, distribución espacial, ampliaciones de algunas partes de dispositivos, retratos de protagonistas célebres, etc.) con la mayor fidelidad posible.

La *ilustración* es un estampado, grabado o dibujo impreso en el LT. Se utiliza para reducir la abstracción de la palabra escrita. La ilustración es portadora de mensajes icónicos. Se caracteriza por tener trazos manuales de líneas y formas.

El *esquema*, como su nombre lo indica, es una representación gráfica y simbólica de un asunto, materia o cosa, atendiendo sólo a sus caracteres o propiedades más sobresalientes. Es más abstracto que los dibujos y se lo suele usar para relacionar elementos o establecer niveles jerárquicos.

La *gráfica*, es una representación visual elaborada a partir de un conjunto de datos y basada en la noción de función matemática. Su principal objetivo es poner de manifiesto, utilizando un conjunto de convenciones y formalismos, la relación que guardan entre sí los datos, lo cual posibilita analizar un proceso o un fenómeno. Como posee un alto nivel de abstracción, su lectura es más compleja que la de un esquema o dibujo, y requiere por parte del lector, de un dominio de códigos específicos para su decodificación. Las *gráficas cartesianas* pueden tener dos usos científicos diferentes: experimental o teórico. Mientras que la gráfica con *uso experimental* representa un conjunto de datos, la gráfica con *uso teórico* constituye un modelo teórico que describe un fenómeno (GARCÍA GARCÍA, 2005).

Por otra parte, uno de los principios del constructivismo, indica que la adquisición de nuevos conocimientos es posible en la medida en que se puedan establecer relaciones con los saberes existentes en la estructura cognoscitiva del sujeto. Sin embargo, en algunas ocasiones, el estudiante no dispone de los conocimientos previos sobre los cuales anclar los nuevos, en virtud de lo cual se hace necesario generarlos de algún modo. Con este propósito se podrían utilizar las analogías (MIGUEL, 1997). En este sentido, las analogías, denominadas metáforas en el ámbito literario, son un tipo de recurso utilizado en la vida cotidiana y en situaciones áulicas para comparar objetos, fenómenos o experiencias, de los cuales se dispone de un bagaje de conocimientos, con otros nuevos por lo general más abstractos, poco familiares o desconocidos (OLIVA, 2003; GLYNN, 2007).

Si bien el concepto de analogía ha evolucionado con el tiempo y con los reportes de investigaciones educativas, existe en la actualidad un cierto consenso respecto a sus elementos constitutivos. Una analogía se compone de tres elementos: el análogo (cuestión conocida), el tópico u objetivo (cuestión nueva) y el conjunto de relaciones que se establecen entre ellos. El análogo y el tópico se caracterizan por poseer una serie de atributos o rasgos característicos. La analogía se crea cuando se identifican los atributos comunes existentes entre el análogo y el objetivo, y se establecen las diferencias en cada uno de los dominios.

Los resultados de los estudios realizados en torno a las analogías muestran que es común que los docentes no dispongan de un buen repertorio de analogías para trabajar en clase, generalmente utilizan las analogías elementales tomadas de los LT y en muy pocos casos recurren a la elaboración propia. Entre las ventajas o aspectos positivos que tiene el uso de analogías en las clases de Ciencias, la literatura indica que ayudan a los estudiantes a organizar la información o abordarla desde una perspectiva diferente, establecer nexos entre un dominio que le es familiar y otro desconocido, y visualizar conceptos abstractos, órdenes de magnitud o fenómenos difíciles de observar. Todos estos aspectos favorecerían la construcción de puentes conceptuales entre los modelos mentales y los modelos científicos. Asimismo, su uso estimula la imaginación, implica afectivamente a los alumnos, lo cual se traduce en un aumento de su interés y autoestima, y favorece el cambio conceptual (OTERO, 1997; SILVA, 2007). No obstante, el uso inadecuado de las analogías podría hacer que los alumnos las interpreten mecánicamente o inapropiadamente, fomentando errores conceptuales difíciles de modificar.

Como ya se mencionó anteriormente, si bien existen reportes de investigaciones relativas a contenidos específicos de Física presentes en los LT universitarios de uso habitual en estos cursos, no se encontraron estudios dedicados al tratamiento de los circuitos resistivo-inductivos en corriente continua, circuitos RL, que se presenta en dichos LT.

En el marco descrito en los párrafos anteriores, el propósito que se plantea en este trabajo es contribuir a la literatura existente sobre la caracterización de LT de Física en relación con las condiciones que estos recursos ofrecen al estudiante para promover el aprendizaje de los conceptos y leyes involucrados en el comportamiento físico de los circuitos RL. Para ello, este estudio se focaliza en el análisis del tratamiento que se da al tema en los LT de nivel universitario básico más usados.

Los LT de Ciencias son imprescindibles en educación y por lo tanto los docentes comprometidos con su labor deberían hacer una adecuada selección para favorecer en los estudiantes los procesos de aprendizaje. Hay cuestiones que en

ocasiones superan el accionar docente y es la que refiere a la elaboración de los LT, aunque es posible salvar dicha problemática analizando y escogiendo aquellos que reúnan las condiciones que requieran los diseños curriculares como también el contexto. Se sostiene que para lograr ese objetivo resulta necesario un trabajo de investigación sistemático de las características de los LT de Física desde el punto de vista didáctico como la que se plantea en el presente trabajo.

A continuación se presentan algunos de los sustentos teóricos-experimentales que complementan esta sección.

III. Antecedentes

Existen numerosos reportes de investigaciones educativas que tomaron como objeto de estudio a los LT que habitualmente se utilizan en los salones de clases de diferentes niveles de instrucción formal. Tales investigaciones se realizaron con diferentes propósitos y desde distintas perspectivas.

Por ejemplo, en el área de Física del nivel universitario latinoamericano existen reportes de estudios dedicados a contenidos específicos de la disciplina. Algunos de los tópicos abordados son: “fuerza electromotriz en circuitos de corriente estacionaria” (MONTERO MORENO, 2007), “circuitos eléctricos” (KOFMAN; CONCARI, 2006), “campo magnético” (ALMUDÍ, 2001), “ley de Ampère” (KOFMAN; CONCARI, 2000), “inducción electromagnética” (CATALÁN; CABALLERO SAHELICES; MOREIRA, 2009) y “corriente de desplazamiento” (POCOVÍ; HOYOS, 2009).

En el ámbito de la Educación Superior argentina se pueden citar dos trabajos en los que se estudió la relación entre el *currículum* teórico y los LT de Física (GATTONI; GANGOZO, 1995; GIACOSA; CONCARI, 2004). En ambos se advierte que los LT pueden determinar la selección y secuenciación de contenidos conceptuales explicitados en los Programas Analíticos de varias asignaturas de Física o influir en los trabajos prácticos propuestos. A tal punto que los primeros pueden llegar a responder al índice de “un libro específico”, y los segundos requerir, para comprender lo que se propone realizar, del manejo de contenidos no contemplados en el Programa Analítico, pero sí en “el LT de cabecera”.

También existen publicaciones de investigaciones centradas en las características con las que se presentan las explicaciones de los fenómenos naturales en los LT de Ciencia (IZQUIERDO, 2005). Dichas características, denominadas estructuras retóricas por el autor, permiten identificar en una variedad de textos – tanto en lo que hace al nivel educativo, como al año de publicación –

no sólo las diferentes narrativas presentes, sino también los estilos didácticos que proponen cada uno de sus autores. En una línea semejante, otros investigadores (JIMÉNEZ; ÁLVAREZ; LAGO, 2005) analizan ejemplos de argumentación presentes en los LT de Física y Medio ambiente de uso habitual en España en distintos niveles educativos. En otros reportes, el análisis de los LT se realiza con el objetivo de identificar hasta qué punto la producción de textos escritos es contemplada, por los autores de los LT de Ciencias de Portugal, como una estrategia de enseñanza posible de utilizarse para promover el pensamiento crítico y reflexivo en estudiantes adolescentes (OLIVEIRA; SERRA, 2005).

Hay estudios que invitan a reflexionar en torno a los errores o las imprecisiones que están presentes en los LT de modo que éstos puedan convertirse en un recurso para la enseñanza (CAMPANARIO, 2003; CARRASCOSA, 2006). Otro, comunica la multiplicidad de significados atribuidos al concepto “energía” en LT universitarios de diversas asignaturas, tales como Biología, Química y Física (SOLARTE, 2006).

Por otro lado, existen estudios que resaltan la importancia que tienen las ilustraciones que utilizan los LT de Ciencias, indagando si éstas son adecuadas y pertinentes para la comprensión de su contenido (PERALES; JIMÉNEZ, *op.cit.*; FANARO; OTERO; GRECA, 2005), frente a las condiciones que pueden favorecer la eficiencia didáctica de las imágenes, y a las respuestas que dan los estudiantes universitarios a la lectura de imágenes relativas a Cinemática, que requieren un alto grado de conocimiento por parte del sujeto para su decodificación (AGUILAR; MATURANO; NUÑEZ, 2008). Otro investigador (GARCÍA GARCÍA, *op.cit.*) analiza las representaciones gráficas cartesianas incluidas en LT de Física y Química que se utilizan en el Bachillerato de España

Del estudio realizado por integrantes del Grupo Blas Cabrera, en torno a LT de distintas asignaturas de la Educación Secundaria Obligatoria de España en los que se estudiaron analogías surge que, en general, los autores y editores de LT tienden a no invertir espacio de copia para introducir en ellos imágenes analógicas. Son reacios a incorporar las analogías extendidas ya que argumentan que el uso de las mismas lleva implícito necesariamente la discusión con los alumnos de correspondencias estructurales, semejanzas y diferencias, entre el análogo y el objetivo, cuestión que se debería trabajar necesariamente en el aula (FERNÁNDEZ GONZÁLEZ; GONZÁLEZ GONZÁLEZ; MORENO JIMÉNEZ, 2005). Otra investigación (ZAMORANO; MORO; GIBBS, 2011) usa la “buena” literatura de ciencia ficción, en el sentido de ser rigurosa con los conceptos científicos, como una posibilidad más para abordar contenidos científicos en la educación formal. Los autores toman de ella figuras que son básicamente analógicas, no sólo para

despertar el interés en los alumnos, sino también para provocar procesos de reflexión y conceptualización.

Además, también existen publicaciones de resultados de investigaciones que se concentran en la visión de la Historia de la Ciencia que los LT transmiten. Algunos lo hacen estudiando LT de Física y Química españoles, correspondientes al Bachillerato Unificado Polivalente y Curso de Nivel Universitario (SOLBES; TRAVER, 1996); otros, centran su atención en los LT de Física de la enseñanza preuniversitaria argentina (ARRIASSECQ; STIPCICH, 2000). Los resultados de ambos estudios indican que los aspectos de tipo histórico están ausentes en la mayoría de LT. En el primero de ellos, además se afirma que cuando aparecen, son tratados de forma superficial, en tanto que en el segundo, se destaca que no se mencionan los contextos socio-históricos en los que surgieron determinadas leyes, principios, etc., ni actividades relacionadas con estos aspectos.

Se sostiene que, indudablemente los trabajos citados no involucran una revisión exhaustiva de las investigaciones realizadas en torno a los LT, pero proporcionan un panorama representativo del tema abordado.

IV. Metodología

El trabajo consistió en el análisis de contenido de los capítulos en los que se desarrollan los conceptos relacionados con el comportamiento de los circuitos RL en corriente continua, en una muestra de doce LT (comercializados por ocho editoriales) usados comúnmente para la enseñanza de Física en los ciclos básicos de carreras de carácter científico-tecnológico que se imparten en universidades argentinas. El listado completo se muestra en el Anexo.

Los criterios utilizados para la selección de LT fueron: frecuencia de demanda de los alumnos, en época de exámenes finales, en la Biblioteca de una institución educativa universitaria de gestión estatal; frecuencia de citas de los mismos en la bibliografía recomendada en los Programas Analíticos de asignaturas, que con diferentes nombres, corresponden al área de Física, y en particular a Electromagnetismo, que se enseña en distintas carreras de dicha institución; disponibilidad de LT en Gabinetes de las diferentes cátedras; y frecuencia de demanda de docentes para preparar clases.

Los primeros cinco LT mostrados en el Anexo están ordenados conformes al primer criterio citado precedentemente, el resto se presentan en el listado sin ninguna preferencia en especial. A cada LT se le asignó una letra y un número arábigo. En lo sucesivo se hará referencia a ellos con las abreviaturas T1, T2, etc.

Esta investigación se situó en la modalidad de estudio descriptivo. Se usaron técnicas de análisis de contenido (BARDÍN, 1996; ANDER-EGG, 2010) que posibilitaron la recopilación de datos con propósitos específicos preestablecidos por los investigadores. Algunas de las categorías se construyeron a partir de una exploración previa, otras se reformularon en función de los resultados parciales que se fueron obteniendo en el avance del estudio.

Teniendo en cuenta el marco teórico asumido y algunos de los sustentos teóricos-experimentales citados, se pretende dar respuestas a los siguientes interrogantes: ¿Cuál es la secuencia de contenidos presentados al abordar el tema?, ¿Cómo se definen y modelizan los elementos del circuito?, ¿Qué características tienen los esquemas que se muestran?, ¿Qué ecuaciones y gráficos están explicitados en los LT?, ¿Qué ilustraciones se exhiben?, ¿Qué analogías se presentan?, ¿A qué referencias históricas se aluden? y ¿Qué aplicaciones a la vida cotidiana se mencionan?

Para intentar responder a estas preguntas se formularon las siguientes variables (V) para el análisis de contenido del material impreso en los textos:

V1: Lugar en el que se aborda el estudio de los circuitos RL en la secuencia de temas que conforma el LT

V2: Tipos de esquemas e imágenes presentados

V3: Formas en que se definen y modelizan los elementos del circuito

V4: Características de las ecuaciones presentadas y de las funciones representadas gráficamente

V5: Modalidades de recursos complementarios usados para propiciar la comprensión y/o el interés en los lectores

Para esta última variable, en base a las posturas adoptadas en el marco teórico y a partir del análisis realizado sobre los antecedentes relacionados con el tema, se tuvieron en cuenta las siguientes dimensiones o sub-variables:

V5.1: Utilización de analogías

V5.2: Alusión a referencias históricas

V5.3: Aplicaciones a la vida cotidiana

Se sostiene que el análisis de las variables presentadas brinda las condiciones para cumplir con el objetivo propuesto en la presente investigación.

V. Resultados

En los párrafos siguientes se presentan la operacionalización y construcción de los valores de cada una de las variables seleccionadas.

V.1 Lugar en el que se aborda el estudio de los circuitos RL en la secuencia de temas que conforma el LT

En todos los LT se propone estudiar los circuitos RL luego de haber presentado la ley de Faraday, en algunas ocasiones en el mismo capítulo (T1, T5, T7, T11) o en el/los capítulo/s anterior/es (T2, T3, T4, T6, T8, T9, T10, T12). En la mitad de los LT (T1, T3, T4, T7, T8, T10) se aborda seguidamente el tema Oscilaciones libres (circuitos LC) y forzadas (circuitos RLC con corriente alterna). En el resto de ellos se continúa el estudio proponiendo temas tales como: Propiedades magnéticas de la materia (T2, T5) e Inducción mutua (T6, T9, T11, T12). En algunos de estos últimos LT (T6, T11) también se estudia posteriormente el tema Transformadores como una aplicación del fenómeno de inducción mutua.

En la mayoría de los LT (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T9, T11, T12) la secuencia con la que se estudia el tema de circuitos eléctricos RL es: “proceso de aumento de la corriente eléctrica”, “proceso de decaimiento de corriente eléctrica” y “energía almacenada en el campo magnético”. En un LT (T8) no se presenta el segundo de los temas citados precedentemente y en otro (T7) se presenta primero la energía magnética y luego los procesos de aumento y decaimiento de la corriente en función del tiempo. Existe un solo LT (T10) que bajo el título *Circuito sin fuentes y condiciones iniciales no nulas* presenta primero el fenómeno de decaimiento de la corriente y luego el de crecimiento, ahora con el título *Circuito con fuentes y condiciones iniciales nulas*. En este mismo LT, no se abordan cuestiones energéticas relacionadas con el campo magnético en la sección destinada a circuitos RL.

V.2 Tipos de esquemas e imágenes presentados

En la mayoría de los LT (T2, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T12) se utiliza esquemas de circuitos eléctricos conteniendo puntos identificados con letras. Pero sólo en algunos de ellos se refiere a las letras en las explicaciones del fenómeno. Cuando se lo hace, es para detallar la diferencia de potencial en los extremos del inductor, de la batería o de la resistencia al aplicar la ley de Kirchhoff de las mallas.

En algunos LT además, se dibuja una pequeña flecha próxima a la FEM y al inductor (T2, T9), o los signos más y menos en las terminales de ambos elementos (T5, T8, T11, T12) como se puede apreciar en las Fig. 1 y 2, respectivamente.

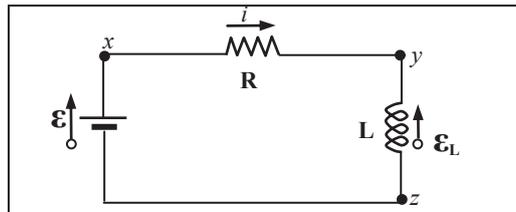


Fig. 1 – Circuito LR (T2, p.259)

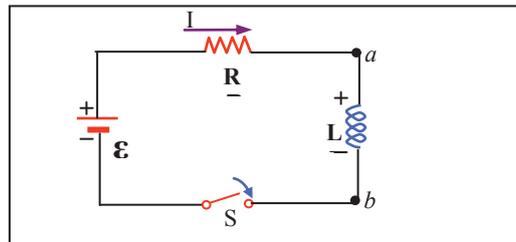


Fig. 2 – Circuito RL (T12, p.1018).

Durante el aumento de la corriente eléctrica en el tiempo la explicación dada a la flecha, haciendo referencia a la Fig. 1, son: “El punto y tiene un potencial más elevado que el punto z porque, para una corriente creciente, la fem inducida se opone a la elevación de la corriente **apuntando como se muestra**” (T2, p. 259). En el otro LT se aclara: “lo cual significa que **se opone a la polaridad de la fem ϵ de la batería**” (T9, p. 254. La negrita corresponde a los autores de esta investigación).

Los signos en las terminales del inductor se justifican con diferentes argumentos: “para señalar **la dirección de la fem** cuando la corriente crece” (T5, p.860); “la fem de la batería es igual a **la fem inversa generada en la bobina**” (T8, p.672), “el signo de ϵ_L es opuesto al de la FEM de la batería” (T11, p. 842) y “refleja **la disminución en el potencial eléctrico** que ocurre al ir de a a b a través del inductor” – haciendo referencia a la Fig. 2 – (T12, p. 1018. La negrita

corresponde a los autores). Nótese que la palabra *dirección* surge de una mala traducción del inglés y que en su lugar debería hablarse de *polaridad*.

Por otro lado, en la Tabla 1, se muestra el número de imágenes presentes en los LT analizados en la sección correspondiente exclusivamente al tema objeto de estudio. Se utilizaron las siguientes abreviaturas: FA (Frecuencia absoluta) y FP (Frecuencia porcentual).

Tabla 1: Tipos y números de imágenes presentes en el desarrollo del tema circuitos RL en la muestra de LT analizados (N = 65). Frecuencias absolutas y porcentuales.

Texto	Fotografías	Ilustraciones	Esquemas	Gráficas
T1	0	0	2	2
T2	0	0	2	5
T3	1	0	1	4
T4	0	0	3	2
T5	1	0	2	2
T6	0	0	3	3
T7	0	0	3	2
T8	0	0	3	1
T9	0	0	2	5
T10	0	0	2	1
T11	0	0	3	2
T12	0	0	2	6
FA	2	0	28	35
FP	3	0	43	54

Las imágenes totalizan 65 y todas tienen un epígrafe que las describen. En algunas ocasiones el epígrafe introduce nueva información, remite a determinadas secciones del texto y/o vincula las gráficas, a veces, a ecuaciones que se encuentran próximas a ellas. Según la categorización realizada en esta investigación, dichas imágenes corresponden a: 2 fotografías, ninguna ilustración, 28 esquemas y 35 gráficas. La totalidad de las gráficas son representaciones cartesianas, en 29 de ellas se grafican variables designadas con símbolos y en sólo 6 datos experimentales. Se aprecia que el 97% de las imágenes basa su discurso visual en esquemas y gráficas (63/65), lo cual coincide con los resultados de otras investigaciones (OTERO; GRECA, *op. cit.*).

V.3 Formas en que se definen y modelizan los elementos del circuito

Las definiciones presentes, en la muestra de LT analizados, para conceptualizar un inductor son variadas, pero en términos generales, indican que un inductor es un elemento más del circuito, que debido al fenómeno de inducción electromagnética que se produce cuando el flujo magnético varía en el tiempo, es capaz de generar una fuerza electromotriz (FEM) inducida. Una cantidad importante de LT se refiere al inductor como *bobina* o *solenoides* (T5, T6, T10, T11). En algunos LT se explicita que en la vida real un inductor tiene una cierta resistencia (T4, T5, T6, T7, T11, T12), en uno de ellos se agrega “*a menos que esté hecho de alambre superconductor*” (T4, p. 1041). Esta circunstancia en algunos LT se “*representa ilustrando su inductancia L y su resistencia R por separados*” (T7, p.790), lo cual facilita estudiar “*individualmente los efectos asociados a la resistencia y a la autoinductancia*” (T11, p. 841).

De igual manera, en algunos LT se explicita que en el estudio de circuitos RL se trabaja con elementos inductivos *concentrados* en el inductor (T11), lo cual implica suponer que la autoinductancia del resto del circuito es despreciable comparada con la del inductor (T3, T5, T8, T12). Sin embargo, en un LT se señala que: “*debemos hacer notar que la autoinductancia de un circuito no está concentrada en un punto particular sino que es una propiedad del circuito como un todo*” (T1, p. 658). Asimismo, en otro texto se indica que: “*los circuitos también tienen capacidades entre partes del mismo a potenciales diferentes. [...] Ahora se desprecia la capacidad con el objeto de simplificar el análisis y resaltar los efectos de la inductancia*” (T5, p. 860).

Respecto a la resistencia, los autores de algunos LT (T4, T5, T6, T7, T11) dicen que puede tratarse de un elemento individual o incluir en ella cualquier otra resistencia presente en el circuito. En uno de éstos, se puede leer: “*sus efectos resistivos (refiriéndose a la resistencia del inductor) junto con las demás resistencias del circuito, incluida la **resistencia interna de la batería**, se han englobado por simplicidad en la resistencia R*” (T6, p.718. La negrita corresponde a los autores). Sin embargo en otro LT se afirma: “*Suponemos que la fuente tiene **una resistencia interna igual a cero**, por lo que el voltaje terminal es igual a la fem*” (T4, p. 1041. La negrita corresponde a los autores).

En la mayoría de los LT (T2, T3, T6, T8, T9, T11, T12) la FEM inducida se representa en forma simbólica como ε_L . En el resto de los LT se usa: ε (T4, T5, T7), V_L (T1) y $u_L(t)$ (T10). En algunos de los LT analizados se utilizan los términos *fuerza contraelectromotriz* (T3, T5) o *fuerza inversa* (T8, T12) para referirse a ella.

La Ecuación (1), con las diferentes notaciones ya citadas, es la más utilizada en la muestra de LT, aunque en uno de los mismos (T8) se utiliza el cociente de incrementos en lugar de la derivada de la corriente en función del tiempo. En ella L representa la constante de proporcionalidad llamada *autoinductancia*, o de forma abreviada *inductancia*, y dl/dt la rapidez de cambio o derivada de la intensidad de corriente en el tiempo.

$$\varepsilon_L = -L \frac{dl}{dt} \quad (1)$$

En dos LT se advierte que el uso de esta ecuación supone que *el circuito es rígido* e invariable por lo que se considera que el valor de la inductancia L permanece *constante* (T1), esto último además significa aceptar que la *“magnetización permanece muy por debajo del nivel de saturación”* (T4, p.1036), aún tratándose de materiales ferromagnéticos.

En la mayoría de los LT (T1 T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T12) se resalta con otro tipo de letra (generalmente negrita) que la FEM inducida es proporcional a la derivada de la corriente con respecto al tiempo. Las expresiones que usan para referirse a esta cuestión son: *velocidad de variación de la corriente* (T2), *rapidez de cambio en el tiempo de la corriente* (T3, T12), *tasa de cambio de la corriente* (T4), *variación con el tiempo de la intensidad de corriente* (T5), y *rapidez con la que varía la corriente* (T6).

En la mayoría de los LT analizados (T1, T2, T3, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12), se explicita que la FEM inducida *se opone* a los cambios de corriente; pero en la mitad de los mismos (T2, T4, T6, T7, T9, T11) se menciona a la ley de Lenz en el estudio de circuitos RL. En algunos de estos LT, al referirse a la FEM inducida, se utilizan descripciones tales como: *“hace difícil”* o *“ayuda a impedir”* los cambios rápidos de corriente (T4, T5); y en uno se explicita que oponerse al aumento de corriente *“significa que se opone a la polaridad de la fem ε de la batería”* (T9, p.254). En algunos de los LT, además se indica que la función del inductor es *“moderar”* los cambios bruscos de corriente (T6), *“evitar las sobretensiones”* (T10) y provocar que el circuito se vuelva *“perezoso”* conforme reacciona a los cambios de corriente (T12, p.1018). En sólo un LT (T4), se resalta la importancia del inductor, particularmente cuando se requiere una corriente estable y la FEM de la fuente externa es fluctuante.

En sólo un LT, durante el desarrollo de circuitos RL, se explicita que la FEM inducida, como cualquier otra FEM produce *“una diferencia de potencial ΔV_L entre las terminales del dispositivo, por medios **no electrostáticos**. En este*

caso, la FEM es de origen electromagnético” (T11, p.840. El resaltado corresponde a los autores del LT).

V.4 Características de las ecuaciones presentadas y de las funciones representadas gráficamente

En la Tabla 2 se indica, para cada LT analizado, con un punto la presencia de las ecuaciones en función del tiempo de: corriente (I_c), diferencia de potencial en el inductor (V_L) y en la resistencia (V_R), y las gráficas relativas al proceso de crecimiento de la corriente eléctrica. Se usaron las siguientes abreviaturas: E (ecuaciones) y G (gráficas).

Tabla 2: Presencia de ecuaciones de variables en función del tiempo y gráficos en el proceso de crecimiento de la corriente de un circuito RL en los LT analizados (N=12). Frecuencias absolutas y porcentuales.

Texto	$I_c = f(t)$		$V_L = f(t)$		$V_R = f(t)$	
	E	G	E	G	E	G
T1	•	•				
T2	•		•	•	•	•
T3	•	•		•	•	•
T4	•	•				
T5	•	•				
T6	•	•				
T7	•	•				
T8	•	•				
T9	•			•		
T10	•		•			
T11	•	•	•			
T12	•	•		•		•
FA	12	9	3	4	0	3
FP	100	75	25	33	0	25

De su lectura surgen algunas derivaciones tales como: en todos los LT analizados se presenta la ecuación de la corriente eléctrica en función del tiempo en el proceso de crecimiento, pero sólo en las tres cuartas partes de ellos se muestra su gráfica. En la cuarta parte de los LT se expone la ecuación que describe

la diferencia de potencial en función del tiempo en el inductor en el mismo proceso, pero en un número mayor, la tercera parte, se muestra su gráfica. La diferencia de potencial en función del tiempo no se explicita en ninguno de los LT analizados, no obstante en la cuarta parte de ellos se presenta su gráfica.

Por otro lado, y sin que esta información se haya incluido en la Tabla 2, existen dos LT (T3 y T12) en los que, además, se grafica la función derivada de la corriente con respecto al tiempo en el proceso de aumento de la corriente eléctrica. La Tabla 3 muestra las mismas variables anteriores en función del tiempo y la aparición de sus correspondientes gráficas en la muestra de LT, pero ahora en el tratamiento del proceso de decaimiento de la corriente eléctrica. En esta ocasión se utilizó la abreviatura I_d para indicar la corriente en función del tiempo para el proceso de decaimiento.

Tabla 3: Presencia de ecuaciones de variables en función del tiempo y gráficos en el proceso de decaimiento de la corriente de un circuito RL en los LT analizados (N=12). Frecuencias absolutas y porcentuales.

Texto	$I_d = f(t)$		$V_L = f(t)$		$V_R = f(t)$	
	E	G	E	G	E	G
T1	•	•				
T2	•		•			
T3	•	•				
T4	•	•				
T5	•	•				
T6	•	•				
T7	•	•				
T8						
T9	•			•	•	•
T10	•	•	•	•		
T11	•	•	•			
T12	•	•				
FA	11	9	3	2	1	1
FP	91	75	25	17	8	8

De su lectura se infiere que en la mayoría de los LT (91%) se presenta la ecuación de la corriente en función del tiempo en su proceso de decaimiento, pero no en todos ellos (sólo un 75%) se muestra su gráfica. La ecuación correspondiente

a la diferencia de potencial en los extremos del inductor se presenta en la cuarta parte de los LT analizados y las ocasiones en que se presentan gráficas de dicha variable son menores (17%). Existe un solo LT (T9) en el que se exhiben ecuación y gráfica de la diferencia de potencial en función del tiempo en la resistencia.

En ambos procesos se muestran algunas ecuaciones en función del tiempo que no se grafican y se presentan gráficas, fundamentalmente las correspondientes a diferencia de potencial en el inductor, cuya ecuación no se explicita. Las oportunidades en que se presentan gráficas en función del tiempo para las variables analizadas son mayores en el proceso de crecimiento de la corriente que las propias del proceso de decaimiento.

Del estudio realizado para identificar el tratamiento matemático con el que se exhiben algunas de las ecuaciones mostradas en la Tablas 2 y 3, y la ecuación de la energía del campo magnético, surge que en la mayoría de los LT se muestra la deducción de algunas de las mismas, y en otros solamente se las presentan. Ordenando las deducciones de magnitudes físicas en orden decreciente de frecuencia porcentual en que se presentan, se aprecia que: en el 83% de los LT se deduce la ecuación de la energía almacenada en el inductor, en el 58% se hace lo mismo con la ecuación de la corriente en función del tiempo en el proceso de aumento y en la cuarta parte de los LT se deduce la ecuación mencionada anteriormente, pero ahora en el proceso de decaimiento.

En once de los doce LT analizados se deducen las ecuaciones particulares de la corriente en función del tiempo, tanto en el proceso de crecimiento como en el de decaimiento, a partir del principio de conservación de la energía en campos electromagnéticos, más precisamente aplicando la segunda ley de Kirchhoff. Existe un solo LT en el que se considera que la FEM total del circuito es igual a la suma de la FEM de la fuente y la FEM inducida, y se aplica la ley de Ohm (T1). En todos los LT se modela el circuito eléctrico como un sistema aislado, pero sólo en uno se lo explicita. En este último, se propone demostrar que toda la energía inicialmente almacenada en el campo magnético del inductor aparece como energía interna en la resistencia conforme la corriente decae a cero. Durante la demostración se puede leer: "*La espira derecha del circuito* (refiriéndose a una figura semejante a la mostrada en la Figura 3) **se modela como un sistema aislado, de modo que la energía se transfiere entre componentes del sistema pero no sale del sistema** (T3, p. 904. La negrita corresponde a los autores). Es de destacar que otro texto (T4) se especifica que siempre que la corriente, ya sea estable o variable, pase a través de una resistencia se disipa energía en forma de calor. En cambio, dado que un inductor ideal no tiene resistencia, la energía se almacena en él sólo cuando la corriente eléctrica se incrementa y se libera cuando ésta disminuye.

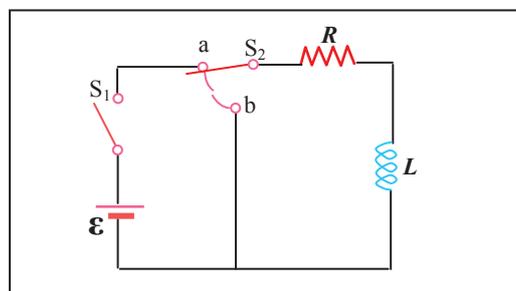


Fig. 3 – Circuito RL (T3, p.900).

El epígrafe, ubicado a la derecha de la figura mencionada en ese LT, explica: “Circuito RL. Cuando el interruptor S_2 está en la posición a, la batería está en el circuito. Cuando el interruptor S_1 se cierra, la corriente aumenta y se induce una fem en el inductor que se opone a la corriente creciente. Cuando el interruptor está en la posición b, la batería ya no es parte del circuito y la corriente disminuye. El interruptor está diseñado de modo que nunca se abre, lo que haría que la corriente se detuviera” (T3, p. 900).

V.5 Modalidades de recursos complementarios usados para propiciar la comprensión y/o el interés en los lectores

Para esta variable se tuvo en cuenta si en los LT analizados se aluden a analogías, se mencionan referencias históricas y/o aplicaciones de la vida cotidiana. Se considera o presupone que estos recursos son usados por los autores de los LT con el fin de propiciar una mejor comprensión y/o motivación de los estudiantes en el aprendizaje del tema.

V.5.1 Utilización de analogías

Respecto a las analogías utilizadas en la muestra de LT analizados, se encontró que en uno de los mismos (T1) se compara la ecuación de la variación temporal de la corriente de crecimiento en un circuito RL con la ecuación temporal de la velocidad de una partícula que cae en un fluido viscoso. Los autores remiten a un ejemplo ya resuelto en otro texto (ALONSO; FINN, 1986: p. 175) y establecen explícitamente las siguientes correspondencias en ambos dominios: “ $V \leftrightarrow F$; $L \leftrightarrow m$ y $R \leftrightarrow K\eta$ ” (T1, p. 659). Las relaciones simbólicas e implícitas en él aluden a: fuerza electromotriz con fuerza constante ejercida sobre la partícula, autoinductancia del inductor con masa de la partícula; y valor de la resistencia con

el valor obtenido del producto entre el coeficiente de fricción y la viscosidad del fluido.

En las dos primeras columnas de la Tabla 4 se aprecia, además, la relación entre la constante de tiempo inductiva y el tiempo de relajación, como así también la equivalencia de la corriente máxima y la velocidad límite de la mencionada partícula.

En otros LT (T2, T6, T9, T11, T12) se resalta la similitud entre los circuitos RL y RC, tanto en el proceso de crecimiento de la corriente eléctrica en un circuito RL con el proceso de carga de un condensador en un circuito RC, como en el proceso de decaimiento de la corriente en un circuito RL y el proceso de descarga de un condensador a través de una resistencia. La primera y tercera columnas de la Tabla 4 muestran las respectivas correspondencias en la primera situación citadas para la corriente (en RL) y la carga (en RC) en función del tiempo.

Tabla 4: Analogías entre expresiones correspondientes a Circuitos RL, Movimiento de una partícula en un fluido viscoso y Circuitos RC.

RL	Fluidos	RC
$I_c = I_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$	$v = v_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$	$q = q_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$
$\tau = \frac{L}{R}$	$\tau = \frac{m}{K\eta}$	$\tau = RC$
$I_0 = \frac{V_\varepsilon}{R}$	$v_0 = \frac{F}{K\eta}$	$q_0 = CV_\varepsilon$

En relación a las analogías utilizadas explícitamente al abordar el tema de energía del campo magnético almacenado en un inductor, es de destacar que en uno de los LT (T9) se presenta una detallada comparación en varios campos. Por ejemplo, se comparara la energía potencial gravitatoria (de un sistema Tierra-piedra, cuando se eleva la piedra), con la energía almacenada en un campo eléctrico (al separar dos cargas de signos diferentes) y con la energía almacenada en un campo magnético (al separar dos alambres largos y paralelos que conducen corriente en el mismo sentido).

Por otro lado, también se establece la correspondencia entre la energía almacenada en el campo magnético de un alambre aislado y la energía del campo eléctrico de una carga aislada. Se cierra la presentación comparando la energía

almacenada en forma de campo eléctrico en un condensador (U_E) de un circuito RC con la energía almacenada en un inductor (U_B) de un circuito RL. En esa misma sección, se muestran las Ecuaciones (2) y (3) que las representan.

$$U_B = \frac{1}{2} Li^2 \quad (2)$$

$$U_E = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} \quad (3)$$

V.5.2 Alusión a referencias históricas

En relación con la Historia de la Física, es de destacar que en el capítulo destinado al estudio de circuitos RL en corriente continua se puede encontrar una breve biografía del físico norteamericano Joseph Henry (1797-1878) en tres de los doce LT analizados (T3, T6, T8). En todos ellos se menciona que la unidad de la autoinducción se llama así en su honor, uno (T6) agrega que “... *es considerado, junto a Michael Faraday, codescubridor independiente de la inducción electromagnética*” (p. 728) pero como “*no está claro qué descubrió cada uno... la ley de la inducción es conocida como ley de Faraday y la unidad de la inductancia es el henrio*” (p. 729). Entre las invenciones atribuidas a Henry se citan: la optimización del diseño del electroimán y la construcción de uno de los primeros motores eléctricos. En el mismo LT se afirma: “*Henry rechazó patentar cualquiera de sus inventos porque él no consideraba compatible la dignidad de la ciencia con el confinamiento de los beneficios que se derivan de ella para el uso exclusivo de cualquier individuo*” (T6, p. 729).

V.5.3 Aplicaciones a la vida cotidiana

Una correcta interpretación de lo que sucede en este tipo de circuitos permite la toma de decisiones críticas de las aplicaciones del tema a la vida cotidiana. En los LT analizados se citan dispositivos tales como: detector de metales, sensores de semáforos automáticos, bobinas de encendido de automóviles impulsados por gasolina, protectores de equipos de iluminación (tubo fluorescente, alumbrado público y luces de neón) y aplicaciones a la electrónica moderna (lo que incluye sistemas de comunicación, fuentes de suministro de energía, redes de comunicación rápida para telecomunicaciones, dispositivos adecuados para evitar las sobretensiones que aparecen en el apagado de un *relé* o relevador de potencia, entre otras).

VI. Conclusiones e implicancias didácticas

Se presentó un análisis de LT de Física que se utilizan habitualmente en las universidades argentinas, que son básicamente los mismos que se usan en las universidades latinoamericanas, para el estudio de circuitos de corriente continua que contienen inductor y resistencia.

La muestra de LT universitarios seleccionados en esta investigación, y seguramente de otras que utilicen criterios de elección semejantes a los planteados aquí, revela que los autores de los LT más usados en la enseñanza de Física del nivel universitario de la República Argentina son extranjeros. Cabe señalar que la lengua original de la mayoría de ellos es el inglés y que los errores de traducción no revisten una cuestión menor a la hora de que los estudiantes los tomen de referencia para construir conocimiento.

Teniendo en cuenta los valores de la variable V.1 se aprecia que la secuencia didáctica propuesta en la muestra de LT analizados es disímil. Si bien en todos los LT existe coincidencia en el tema anterior al estudio de circuitos RL, no sucede lo mismo con en el posterior.

En el 75% de los LT se presenta el proceso de aumento de la corriente eléctrica y luego el proceso de decaimiento. En el resto se lo hace en un orden inverso. Los LT del primer grupo muestran los fenómenos en una sucesión semejante al de las actividades de experimentación que se realizan habitualmente en los laboratorios universitarios destinados a la enseñanza. Se estima que esta secuencia es adecuada porque ayudaría a los estudiantes a evocar los espacios en los que experimentan sobre el comportamiento de los sistemas físicos cuyo estudio abordan en el aula.

Del análisis realizado en torno a la variable V.2, se infiere que los esquemas mostrados en la mayoría de los LT están adecuadamente integrados al texto escrito. No obstante, en algunos de ellos se utilizan elementos que no se mencionan en la explicación (puntos y letras). Éstos detalles irrelevantes pueden dificultar la comprensión (PERALES PALACIOS, 2006) y en este caso particular, ser confundido con otros símbolos específicos de circuitos eléctricos (nudos).

A partir de los resultados encontrados en el análisis de la variable V3 se infiere que en la mayoría de los LT analizados se modela implícitamente a los componentes del circuito como elementos puros, es decir sólo resistivos o sólo inductivos y a la FEM como ideal. En todos ellos el inductor se modela como un elemento sin resistencia, pero sólo en la mitad se especifica esta cuestión. En un LT (T12) se le adjudica a este elemento la función de atenuar los cambios bruscos de intensidad de corriente e inducir un circuito “*perezoso*”. Una de las normas

recomendadas para la correcta utilización del lenguaje científico indica que se debe “evitar la personificación y el empleo de atributos o cualidades usual o específicamente humanos” (LEMKE, 1997; p. 147), lo cual en este LT, no se reproduce.

Por otro lado, también se modela implícitamente la resistencia como un elemento óhmico ideal en todos los LT. La fuente que alimenta el circuito se supone que no tiene resistencia interna en la mayoría de los textos (92 %), pero sólo en uno de ellos se lo explicita. Existe un único LT (T6) que se refiere a la resistencia interna de la fuente, pero luego utiliza indistintamente el valor del voltaje en los extremos de la fuente igual al valor de la FEM en los problemas resueltos, incurriendo en una clara contradicción.

En la mayoría de los LT se explicita que la FEM inducida se opone a los cambios de corriente, pero sólo en la mitad se menciona la ley de Lenz y en uno solo se explicita que la diferencia de potencial en los terminales del inductor, como cualquier otra FEM, tiene un origen “no electrostático”, particularmente en este caso, es de origen electromagnético. Los términos que aluden a ella son variados (fuerza contraelectromotriz o fuerza inversa) y en algunos casos poco apropiados para la conceptualización de los fenómenos por parte del estudiante. Al respecto, cabe mencionar que cuando se simboliza a la FEM con una flecha y se habla de dirección y/o sentido de circulación, las dificultades en su conceptualización se ven agravadas, ya que se asignan propiedades vectoriales a magnitudes escalares.

En el tratamiento de la variable V.4 se mostraron los resultados del análisis de las ecuaciones y gráficas presentes en la muestra de LT. De ellos surge que las gráficas en función del tiempo para las variables analizadas son más abundantes en el proceso de crecimiento de la corriente eléctrica que las correspondientes al proceso de decaimiento de la misma. Para ambos procesos se muestran algunas ecuaciones temporales que no se grafican y se presentan gráficas cuyas ecuaciones no se explicitan. Esto último, requiere una traducción de un sistema simbólico a uno lingüístico, que dificulta el proceso de comprensión lectora, e incluso podría carecer de sentido para los alumnos y/o profesores que los consultan y no consiguen lograr una adecuada decodificación. Conclusiones semejantes a estas fueron comunicadas en otro estudio relativo a corriente de desplazamiento (POCOVÍ, HOYOS, *op. cit.*).

Si bien la totalidad de las gráficas son representaciones cartesianas, el bajo porcentaje de ellas que alude al uso experimental (17%) podría inducir a los estudiantes a pensar que “una gráfica cuyo uso científico es el de modelo teórico representa el comportamiento real de un grupo de datos y no el comportamiento

ideal esperado sobre el fenómeno sin que se requiera ningún proceso de ajuste a la representación gráfica” (GARCÍA GARCÍA, op.cit., p. 191)

Por otra parte, en la mayoría de los LT analizados se realiza una presentación dominada por el instrumentalismo matemático, lo cual coincide con otros estudios ya realizados referentes al tema circuitos resistivo-capacitivos en serie en corriente continua (GIACOSA; GIORGI; MAIDANA, 2012). Este instrumentalismo matemático, sumado a otras cuestiones ya mencionadas, no promovería el interés en los estudiantes por la lectura y el aprendizaje de Física.

En once LT se deducen las ecuaciones de la corriente en función del tiempo aplicando el principio de conservación de la energía en campos electromagnéticos o segunda ley de Kirchhoff.

Las analogías extendidas presentes en los LT son escasas (dimensión V.5.1). Las analogías relacionadas con la variación de corriente eléctrica son dos. En un LT se desarrolla muy escuetamente una de ellas y en el 42% de los LT de la muestra se presenta la similitud entre circuitos RL y RC. En un solo LT (T9) se presentan numerosos ejemplos relacionados con la energía almacenada en distintos tipos de campos (gravitatorio, eléctrico, magnético) y particularmente se compara la energía del campo magnético almacenada en el inductor con la energía del campo eléctrico almacenada en un capacitor, lo cual favorecería establecer puentes conceptuales en distintos tópicos de Física.

Las referencias históricas en general son escasas y se circunscriben – en la cuarta de los LT analizados – a presentar una breve biografía de Joseph Henry (dimensión V.5.2). Algo semejante sucede con las aplicaciones a la vida cotidiana (dimensión V.5.3).

En síntesis, se concluye que el aprendizaje de los fenómenos transitorios en circuitos de esta naturaleza por parte de los estudiantes usando como principal referente al LT, puede resultar en una tarea ardua. Si bien dichos materiales son confiables en el sentido de que son sometidos a innumerables revisiones antes de ser publicados, a partir de los resultados de este estudio se puede decir que los LT propiciarían de manera limitada, y factible de ser mejorada en gran medida a partir de los resultados derivados de la investigación educativa, la construcción de modelos mentales acordes a los científicos.

Los autores de este trabajo consideran, concordando con otros investigadores (DE PRO; DE PRO, 2011), que los LT son un medio importante en el proceso de enseñanza y en las actividades de aprendizaje que se implementan en el ámbito educativo, siempre y cuando no sean considerados como el “único recurso”. Ellos, desde las restricciones de la palabra escrita y de las ilustraciones

estáticas, seguirán siendo referentes para guiar y orientar la enseñanza de la Ciencia en general y de la Física en particular.

Saber analizar críticamente los recursos disponibles antes de seleccionarlos para actividades curriculares, en una época caracterizada por la sobrecarga de información, es una tarea de fundamental responsabilidad para los docentes. Se espera con este trabajo realizar un aporte en esa dirección.

Agradecimiento

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto 16Q-479 UNaM-CAI+D 2011.

Referencias

AGUILAR, S.; MATURANO, C.; NUÑEZ, G. Analysis of the types of answers given by university students when reading images about movement. **Relieve**, v. 14, n. 1. p. 1-16. 2008. Disponible en:

<http://www.uv.es/RELIEVE/v14n1/RELIEVEv14n1_3.htm> Acceso en: 3 may. 2011.

ALMUDÍ, J. **Introducción del concepto de campo magnético en primer ciclo de Universidad**: dificultades de aprendizaje y propuesta de enseñanza alternativa de orientación constructivista. 2001. Tesis (Doctorado en Ciencias Físicas) - Universidad del País Vasco, Bilbao, España.

ALONSO, E.; FINN, E. **Física. Mecánica**. Fondo Educativo Interamericano S.A., Barcelona, España, 1986. v. 1.

ANDER-EGG, E. **Métodos y técnicas de investigación social**: Cómo organizar el trabajo de investigación. España: Lumen, 2010. v. III.

ARGENTINA, Comisión Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias Naturales y la Matemática. **Informe Final (Agosto, 2007)**. Disponible en: <http://www.me.gov.ar/doc_comision.html> Acceso en: 5 jul. 2009.

ARRIASSECQ, I.; STIPCICH, S. La visión de Ciencia en los textos de Física de nivel básico. In: SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN FÍSICA, V, 2000, Santa Fe. **Actas...** CD-ROM, APFA, Universidad Nacional del Litoral, [s.p]

BARDIN, L. **El análisis de contenido**. Madrid: Akal, 1996.

CALDEIRA, M. 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**. Universidad Autónoma de Madrid, Sumario n. 36, p. 167-184, 2005.

CAMPANARIO, J.; OTERO, J. La comprensión de los libros de texto. En PERALES, F.; PORLAN, R. (Eds.) **Didáctica de las Ciencias Experimentales**. España: Alcoy, Editorial Marfil, 2000. p. 323-338.

CAMPANARIO, J. De la necesidad a la virtud: cómo aprovechar los errores e imprecisiones de los libros de texto para enseñar Física. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 1, p. 161-172, 2003.

CARRASCOSA, J. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte III). Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 3, n. 1, p. 77-88, 2006.

CATALÁN, L.; CABALLERO SAHELICES, C.; MOREIRA, M. Los libros de texto usados por los alumnos para el aprendizaje del campo conceptual de la inducción electromagnética. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 3, n. 3, p. 656-664, 2009.

DE PRO, C.; DE PRO, A. ¿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**, v. 8, n. 2, p. 149-170, 2011.

DIFFABIO, H. **Competencias para la comprensión de textos y el pensamiento crítico en nivel medio y universitario**. 2005. Tesis (Doctorado en Ciencias de la Educación) - Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

FANARO, M.; OTERO, R.; GRECA, M. Las imágenes en los materiales educativos: las ideas de los profesores. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 2, p. 1-24, 2005. Disponible en:

<http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N2.pdf> Acceso en: 12 may. 2007.

FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J.; GONZÁLEZ GONZÁLEZ, B.; MORENO JIMÉNEZ, T. Hacia una evolución de la concepción de analogía: aplicación al análisis de libros de texto. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 23, n. 1, p. 33-46, 2005.

GALAGOVSKY, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y analogías en la enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 19, p. 231-242, 2001.

GARCÍA GARCÍA, J. El uso y el volumen de información en las representaciones gráficas cartesianas presentadas en los libros de texto de Ciencias Experimentales. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 23, n. 2, p. 181-200, 2005.

GATTONI, A.; GANGOSO, Z. Las instituciones formadoras de Profesores de Física: el formador de formadores. In: REUNIÓN NACIONAL DE EDUCACIÓN EN FÍSICA, IX, 1995, Salta. **Actas...** APFA, Universidad Nacional de Salta, p. 533-539.

GELLON, G.; ROSENVASSER FREE, E.; FURMAN, M.; GOLOMBEK, D. **La ciencia en el aula. Lo que nos dice la ciencia sobre cómo enseñarla**. Buenos Aires: Editorial Paidós, 2005.

GIACOSA, N.; CONCARI, S. Tesis Posgrado: Los currícula de Física en las carreras de Ingeniería Química, Farmacia y Bioquímica. Un estudio comparativo. In: SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN FÍSICA, VII, 2004, Santa Rosa. **Actas...** APFA, Universidad Nacional de La Pampa. p. 517-526.

GIACOSA, N.; GIORGI, S. y MAIDANA, J. Circuitos de corriente continua RC en serie: un análisis de textos universitarios y de otros recursos con incorporación de TIC. **Latin American Journal of Physics Education**, v. 6, n. 3, p. 449-465, 2012.

GLYNN, S.; TAASOOBSHIRAZI, G.; FOWLER, S. Analogies: Explanatory tools in web-based science instruction. **Educational Technology**, v. 5, n. 47, p. 45-50, 2007.

GRAFFIGNA, M.; LUNA, A.; ORTIZ, A.; PELAYES, A.; RODRIGUEZ MANZANARES, M.; VARELA, C. Lectura y comprensión de textos en el nivel superior: un desafío compartido entre alumnos y docentes. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 46, n. 2, p. 1-15, 2008. Disponible en: <<http://www.rieoei.org/deloslectores/2390Lunav2.pdf>> Acceso em: 12 mar. 2013.

GUISASOLA, J.; ALMUDÍ, J.; ZUZA, K. Explicaciones de los estudiantes de primer curso de Ingeniería sobre los fenómenos de inducción electromagnética. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 21, n. 2, p. 33-47, 2008.

GUISASOLA, J.; ALMUDÍ, J.; CEBERIO, M.; ZUBIMENDI, J. Designing and evaluating research-based instructional sequences for introducing magnetic fields.

International Journal of Science and Mathematics Education, v. 7, n. 4, p. 699-722, 2009.

GUISASOLA, J.; ALMUDÍ, J.; ZUZA, K. Dificultades de los estudiantes universitarios en el aprendizaje de la inducción electromagnética. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, 1401, p. 1-9, 2010.

IZQUIERDO, M. Estructura retórica en los libros de ciencias. **Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa del Instituto Universitario de Ciencias de la Educación**, Universidad Autónoma de Madrid, n. 36, p. 11-33, 2005.

JIMÉNEZ, M.; ÁLVAREZ, V.; LAGO, J. La argumentación en los libros de textos de ciencias. **Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa del Instituto Universitario de Ciencias de la Educación**, Universidad Autónoma de Madrid, n. 36, p. 35-58, 2005.

JIMÉNEZ, J.; PERALES, J. 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**, v. 19, n. 1, p. 3-19, 2001.

KOFMAN, H.; CONCARI, S. Dificultades conceptuales con la ley de Ampère. Análisis bibliográfico y simulación como propuesta. In: SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN FÍSICA, V, 2000, Santa Fe. **Actas...** APFA, Universidad Nacional del Litoral, v. 1. p. 82-90.

KOFMAN, H.; CONCARI, S. Aspectos polémicos de la estructura conceptual del tema circuitos eléctricos. Un análisis comparativo en textos de enseñanza universitaria, In: SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN EN FÍSICA, VIII, Gualeguaychú, 2006. **Actas...** APFA, Universidad Nacional de Entre Ríos, p. 209-217.

LENKE, J. **Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores**. España: Paidós, 2005.

MACÍAS, A.; CASTRO, J.; MATURANO, C. Estudio de algunas variables que afectan la comprensión de textos de Física. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 3, p. 431-440, 1999.

MIGUEL, H. La analogía como herramienta en la generación de ideas previas. **El caldero de la escuela**, n. 73, Escuela de Orientación Lacaniana, Buenos Aires, p. 85-97, 1997.

MONTERO MORENO, A. **El concepto de fuerza electromotriz en la interpretación de circuitos de corriente estacionaria. Análisis crítico de su enseñanza y propuesta didáctica alternativa.** 2007. Tesis (Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales) - Universidad de Granada, España.

MOREIRA, M. Aprendizaje significativo: un concepto subyacente. Traducción: M^a Luz Rodríguez Palmero. In: MOREIRA, M.; CABALLERO, M.; RODRÍGUEZ, M. (Orgs.). ENCUESTRO INTERNACIONAL SOBRE EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO, I, 1997, Burgos, España. **Actas...** p. 19-44.

MOYA PARDO, C. Aproximación al concepto y tratamiento de texto escolar. **Cuadernos de Lingüística Hispánica**, n. 11, p. 133-152, 2008.

NUÑEZ, P.; CORNEJO, J. La enseñanza de la mecánica en la escuela media: la evolución histórica de los textos (1840-2000). **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 19, n. 2, p. 35-46, 2006.

OLIVA, J. Rutinas y guiones del profesorado de ciencias ante el uso de analogías como recurso de aula. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 1, p. 31-44, 2003.

OLIVEIRA, M.; SERRA, P. La creatividad, el pensamiento crítico y los textos de ciencia. **Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa del Instituto Universitario de Ciencias de la Educación**, Universidad Autónoma de Madrid, n. 36, p. 59-80, 2005.

OTERO, M. ¿Cómo usar analogías en clases de Física? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 14, n. 2, p. 179-187, 1997.

OTERO, M.; GRECA, I. Las imágenes en los textos de Física: entre el optimismo y la prudencia. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 35-64, 2004.

PERALES, J.; JIMÉNEZ, F. Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 3, p. 369-386, 2002.

PERALES PALACIOS, F. J. Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 1, p.13-30, 2006.

POCOVÍ, C.; HOYOS, E. Traducción del sistema simbólico al lingüístico en la presentación de la corriente de desplazamiento en libros de texto de nivel universitario básico. In: NOVENO SIMPOSIO DE INVESTIGACIÓN EN

EDUCACIÓN EN FÍSICA, 2008, Rosario. **Actas...** CD-ROM, APFA, Universidad Nacional de Rosario [s.p].

POCOVÍ, M.; OVEJERO, A. Aprendizaje de la noción de aceleración angular a partir de textos. In: REUNIÓN NACIONAL DE EDUCACIÓN EN FÍSICA, XVI, 2009, San Juan, Argentina. **Actas...** CD-ROM, APFA, Universidad Nacional de Cuyo, [s.p. n° total de páginas 10].

POCOVÍ, M.; HOYOS, E. Corriente de desplazamiento: su presentación en textos y su comprensión por parte de los estudiantes. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 29, n. 2, p. 275-288, 2011.

SARDÀ, A.; MÁRQUEZ, C.; SANMARTÍ, N. Cómo promover distintos niveles de lectura de los textos de ciencias. **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 5, n. 2, p. 290-303, 2006. Disponible en:

<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART5_Vol5_N2.pdf>
Acceso en: 20 sep. 2007

SILVA, C. The role of models and analogies in the electromagnetic theory: a historical case study. **Science & Education**, v. 16, n. 7-8, p. 835-848, 2007.

SOLARTE, M. Los conceptos científicos presentados en los textos escolares: son consecuencia de la transposición didáctica. **Revista ieRed**, v. 1, n. 4, p. 1-12, 2006. Disponible en: <<http://revista.iered.org/v1n4/pdf/csolarte.pdf>> Acceso en: 13 may 2010.

SOLBES, J.; TRAVER, M. J. La utilización de la Historia de las Ciencias en la Enseñanza de la Física y la Química. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 1, p. 103-112, 1996.

UNNE-SPU. Competencias básicas requeridas para el ingreso a la Universidad Nacional del Nordeste, 2003.

ZAMORANO, R; MORO, L.; GIBBS, H. Aproximación didáctica a la termodinámica con modelos y literatura de ciencia ficción. **Ciencia & Educação**, v. 17, n. 2, p. 401-419, 2011.

Anexo

Abreviatura	Libros de texto
T1	ALONSO, E.; FINN, E. Física. Campos y ondas. Barcelona, España: Fondo Educativo Interamericano S.A, 1976. v. II.
T2	HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. Física. 4. ed. México: Compañía Ed. Continental, S.A., 1999. v. 2.
T3	SERWAY, R.; JEWETT, J. Física para ciencia e ingeniería con Física Moderna. 7. ed. México: Cenage Learning Editores S.A., 2009. v. 2.
T4	YOUNG, H.; FREEDMAN, R. Física universitaria con física moderna. 12. ed. México: Pearson Educación, 2009. v. 2.
T5	TIPLER, P. Física. Tomo 2. 3. ed. España: Editorial Reverté S.A., 1993.
T6	GETTYS, E.; KELLER, F.; SKOVE, M. Física para ciencias e ingeniería. Tomo II. México: McGraw Hill, 2005.
T7	GIANCOLI, D. Física para ciencias e ingeniería con física moderna. 4. ed. México: Pearson Educación, 2009. v. II.
T8	SERWAY, R.; FAUGHN, J. Física. 5. ed. México: Prentice Hall, 2001.
T9	RESNICK, R.; HALLIDAY, D. Física. Parte 2. 3. ed. México: Compañía Ed. Continental, S.A., 1990.
T10	MUÍGUEZ, J.; MUR, F.; CASTRO, M; CARPIO, J. Fundamentos físicos de la ingeniería. Electricidad y Electrónica. 1. ed. España: McGraw Hill Interamericana de España S.A., 2009.
T11	MCKELVEY, J.; GROTCHE, H. Física para ciencias e ingeniería. Tomo II. 1. ed. México: Harla S.A., 1981.
T12	SERWAY, R.; BEICHNER, R. Física para ciencias e ingeniería. Tomo II. 5. ed. México: McGraw Hill Interamericana S. A., 2002.