

# Inducción Electromagnética en libros de texto universitarios básicos: análisis de la presentación en el sistema lingüístico

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Elena Hoyos<sup>1,2,4</sup>, M. Cecilia Pocoví<sup>2,3,4</sup>

Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta, Av Bolivia 5051, CP4400, Salta, Argentina.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5051 - CP 4400 - Salta, Argentina.

<sup>3</sup>Concejo de Investigación, Universidad Nacional de Salta, Av Bolivia 5051 - CP 4400 - Salta, Argentina

<sup>4</sup>Agencia de Promoción Científica y Tecnológica

E-mail: hoyosele@gmail.com

## Resumen

El presente trabajo es un estudio de caso (Marradi, Archenti y Piovani, 2011), en el cual se analiza la presentación del concepto de inducción electromagnética en los textos de electromagnetismo de nivel universitario básico. Los marcos teóricos seleccionados son los presentados en Alexander y Kulikowich (1994) y Alexander y Jetton (2000) los cuales mencionan algunas características de los textos de física y de los lectores que pueden facilitar o entorpecer la comprensión de los conceptos presentados. Nuestros resultados muestran que: a) el carácter temporal de la variación involucrada en el concepto de fem inducida no es frecuentemente explicitada y la fem es presentada muchas veces como una "variación" sin especificación de la variable temporal, b) en algunos textos se presentan, de forma confusa, cálculos que podrían inducir a los lectores a pensar que la fuerza magnética realiza trabajo y c) algunos textos no enfatizan la naturaleza no conservativa del campo eléctrico asociado a la variación temporal del campo magnético.

**Palabras clave:** Fem inducida, Textos de física, Sistema lingüístico, Electromagnetismo.

## Abstract

A case study as that defined by (Marradi, Archenti y Piovani, 2011) is presented here. An analysis of how college-level textbooks address the concept of electromagnetic induction was carried out. The study was guided by Alexander's and Kulikowich's (1994) and Alexander and Jetton (2000) theories that mention some characteristics of physics textbooks that either improve or hinder the reader's comprehension of the target concept and some characteristics of the readers that affect their understanding. Our results show that: a) the temporal character of the variation involved in the induced emf concept is not frequently explicitly shown and the emf is presented just as a "variation" without the specification of the time variable, b) some textbooks present in a non clear way, calculations that might induce the readers to think of the magnetic force as doing work, and c) in some cases, the texts do not emphasize the non conservative nature of the electric field that is associated to the time variation of the magnetic field.

**Keywords:** Induced emf, Physics texts, Linguistic system, Electromagnetism.

## I. INTRODUCCIÓN

En el caso del aprendizaje de Física a nivel universitario, varios trabajos (Yore, 1991; Pandiella, Torné y Macías, 2004; Kelly, 2007) muestran que una de las fuentes más importantes a la que los alumnos recurren durante su aprendizaje la constituyen los libros de texto. El aprendizaje a partir de un texto de física ha sido descrito como una interacción compleja entre el que aprende (Alexander y Kulikowich, 1991) el texto (McKeown, Beck y Loxterman, 1992) y algunas variables de contexto (Wade, Trathen & Shaw, 1990).

Trabajos anteriores han señalado dificultades que existen en el aprendizaje a partir de los textos (Brown y Palincsar, 1989; McKeown, Beck, y Loxterman, 1992; Alexander y Jetton, 2000; Pocoví y Hoyos, 2011). El propósito de este trabajo es contribuir a la literatura existente sobre procesamiento de textos y el aprendizaje de física. Para ello focalizamos nuestro estudio en el análisis de textos de nivel

universitario básico para el caso de la presentación del tema de inducción electromagnética. Este concepto fue seleccionado por su fundamental importancia en el enunciado de las Leyes de Maxwell, centrales en cualquier programa de electromagnetismo básico en el ámbito universitario.

## II. MARCO TEÓRICO Y PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El modelo Tetraédrico de Jenkins (1979) fue uno de los primeros en reconocer a la habilidad para aprender a partir de un texto como un proceso multidimensional que ocurre gracias a la interacción entre varias variables. La interacción dinámica entre el que aprende, el texto y el contexto puede cambiar significativamente como una función del dominio científico de estudio. Esta interacción es a veces ignorada por los profesores (Shimansky, Yore y Good, 1991).

Los textos científicos han sido caracterizados en varios trabajos de investigación en enseñanza de ciencias. Algunos textos han sido descriptos como faltos de una cohesión y estructura apropiada lo cual incrementa las demandas de procesamiento para los lectores (Alexander y Kulikowich, 1994). A veces, se ha acusado a los textos de presentar conceptos importantes en forma particionada e incoherente (McKeown et al., 1992). Alexander y Kulikowich (1994) presentan un estudio de dos características de los libros de texto de física que pueden resultar en la mala comprensión de un tema. Su trabajo se centra en los efectos que producen la inclusión de información relativamente trivial pero interesante en los textos y el recuerdo que los lectores tienen acerca de lo que leen. Ellas caracterizan a los textos de física como “bilingües” ya que el lector debe moverse mentalmente entre un sistema simbólico (matemático y científico) y un sistema lingüístico (Alexander y Kulikowich, 1994, 900). Otero, Moreira y Greca (2002) realizaron una clasificación de un conjunto de textos de física centrando su análisis en las características distintivas de las imágenes que éstos presentan.

Un resultado recurrente en las investigaciones de Garner, Alexander, Guillingham, Kulikowich y Brown (1991) y de Goldman y Rakestraw (2000) es que la importancia de calidad del texto para lograr la comprensión depende del estadio de desarrollo académico del lector. Es decir, los lectores competentes están mejor equipados para lidiar con la vaguedad, incoherencia y otras características desconsideradas de los textos. Consecuentemente, es esencial que los materiales que se elaboran para dar a conocer información fundamental a los novicios en un tema deban ser extremadamente trabajados y dirigir la atención de los lectores a las ideas principales y a su aplicación (Armbruster, 1984).

En acuerdo con los resultados de las investigaciones mencionadas, Alexander y Jetton (2000) plantearon su modelo evolutivo (developmental model) de comprensión lectora. Este modelo se desarrolló para responder a la pregunta de cómo cambia el aprendizaje a partir de un texto a medida que el lector se vuelve más educado (p. 299). Las autoras clasifican a los alumnos en distintas categorías dependiendo de las competencias que tienen desarrolladas referidas a la comprensión lectora. Así, los lectores pueden estar “aclimatándose” a la lectura de ciertos textos, pueden ser lectores competentes o pueden ser lectores expertos. Mientras más avanzado sea el estadio del desarrollo académico, menos relevante es la calidad de texto (Goldman y Varma, 1995). En este estudio nos centraremos en el primer grupo.

Desde 1997, Alexander califica a los estudiantes en las primeras etapas del desarrollo académico como “en aclimatación”. Estos estudiantes “están tratando de entender el terreno de un dominio que no les resulta familiar” (Alexander y Jetton, 2000, p. 299). Estas personas son, además descriptas como que poseen muy poco conocimiento acerca del dominio o tópicos que se cubren en el texto y el poco conocimiento que poseen está seguramente fragmentado y desorganizado. Según estas autoras, toda la energía de los lectores está dirigida hacia la construcción de las bases conceptuales que les permitan comprender el texto. Estas afirmaciones acerca de la inexperiencia de los alumnos, puede aplicarse al caso del electromagnetismo, como también fuera señalado en Guisasola, Almudi y Zuza (2011).

Cabe preguntar qué implicaciones tienen estos resultados para la elaboración o selección de un texto para los alumnos. Alexander y Jetton (2000) señalan que los textos dirigidos a los lectores en aclimatación deben estar extremadamente bien diseñados, dirigiendo la atención de los lectores hacia las ideas principales mediante una discusión amplia de las mismas. Las mismas autoras muestran que “hasta que los estudiantes comienzan a ver el valor del dominio o de su contenido, su foco estará centrado en realizar la lectura más que en manejar el contenido del texto” (p. 299).

Entre los artículos encontrados en la revisión bibliográfica relacionados con la inducción electromagnética, algunos analizan la física involucrada en este concepto, entre los cuales se han seleccionado los que, aunque son de vieja data, han contribuido al planteo de este artículo (Munley, 2004; Heald, 1985; Lombardi, 1982; Mosca, 1974; Sears, 1963; Corson, 1955). Otros, plantean alguna alternativa para desarrollar el tema en el aula (Chabay y Sherwood, 2006, Galili y Kaplan, 1997; Galili, Kaplan y Lehavi, 2006), otros han analizado algunas dificultades de aprendizaje que se manifiestan en el

tema. En este último grupo, Guisasola et al. (2011) categorizan las explicaciones de los estudiantes relacionadas con situaciones de inducción electromagnética realizando su análisis desde los puntos de vista macro y microscópicos. Encuentran que el análisis desde el punto de vista microscópico o de fuerzas involucradas es el más resistido por los alumnos en sus explicaciones. Si bien concluyen que es necesario que los docentes enfatizen los dos aspectos, sugieren la existencia de otros factores que también podrían influir las preferencias explicativas de los alumnos. En este trabajo, postulamos que, siendo los textos tan importantes en el aprendizaje a nivel universitario, podrían existir características en la presentación que los mismos realizan del tema que afectarían de manera negativa la comprensión de los alumnos.

La fem inducida es el primer concepto, dentro de los cursos clásicos de electromagnetismo, en el que se vinculan los campos eléctrico y magnético en situaciones no estacionarias. Si se consideran los conceptos involucrados en la definición de fem inducida (flujo, campo magnético, área, tiempo) se puede apreciar que los mismos han sido previamente tratados de manera individual. En este sentido, previo a la presentación de fem inducida se ha trabajado con las corrientes estacionarias como fuente de campo magnético pero, este fenómeno no involucra variaciones temporales. También se ha estudiado el flujo del campo eléctrico mediante la Ley de Gauss, en situaciones electrostáticas. Es así, que la fem inducida constituye, para el aprendiz, una situación con características noveles, no en cuanto a los conceptos involucrados en su definición sino en cuanto a la relación entre ellos: la variación temporal del flujo del campo magnético produce la fem inducida.

La Ley de Faraday o de Faraday-Lenz es presentada en la mayoría de libros de texto de nivel básico en electromagnetismo como una ley empírica que en el sistema lingüístico (o sea, en palabras) se expresa: la variación con el tiempo del flujo de campo magnético produce una fuerza electromotriz inducida

$$\varepsilon_{\text{ind}} = - \frac{d\phi_B}{dt} \quad (1)$$

donde  $\varepsilon_{\text{ind}}$  es fuerza electromotriz inducida por la variación temporal del flujo del campo magnético  $\phi_B$ .

Un análisis más detallado como el realizado por Feynman, Leighton y Sands (1987) resalta la importancia que tiene el estudio de la naturaleza de los conceptos. Para este autor, la ecuación (1) constituye "la regla del flujo" que es una herramienta que permite resolver la mayoría de los problemas pero muestra, además, que existen excepciones a la misma que necesitan de un análisis más profundo de la Física involucrada; este tipo de análisis puede relacionarse con el nivel microscópico de explicaciones al que hace referencia Guisasola et al. (2011).

Ya en un artículo de 1974, Mosca advierte sobre un error que puede presentarse en los análisis microscópicos que involucran la consideración de las fuerzas sobre las cargas que se mueven en un circuito, esto es, que la fuerza magnética realiza trabajo.

Otro aspecto crucial del análisis de fem inducida es que, cuando existe un campo magnético variable con el tiempo, el campo eléctrico asociado con él es de carácter no conservativo. Esta característica puede quedar velada en una presentación que no la explicita adecuadamente lo cual impedirá un correcto aprendizaje de temas posteriores de suma importancia, como ser, ondas electromagnéticas.

La complejidad del concepto de fem inducida requeriría de parte de los textos utilizados por los estudiantes una claridad y explicitación extrema, tanto en el sistema lingüístico como en el simbólico, de los aspectos más importantes del fenómeno en cuestión: a) la derivada temporal del flujo de campo magnético implica que se está considerando un problema que no está estado estacionario, b) la fuerza magnética no realiza trabajo y c) el campo eléctrico asociado a la variación temporal del campo magnético es no conservativo.

En este trabajo se realizó el análisis de algunos libros de texto utilizados por nuestros alumnos a nivel universitario básico. Dicho análisis se centró en determinar cuán detalladas, abundantes y coherentes son las traducciones del sistema simbólico (ecuaciones) al sistema lingüístico (explicaciones verbales) en el caso específico de ciertos aspectos de la inducción electromagnética

### III. METODOLOGÍA

La metodología empleada en la presente investigación es un estudio instrumental de caso (Marradi et al., 2011), esto significa que los casos considerados constituyen el instrumento para estudiar en profundidad distintos aspectos de la investigación.

La selección de la muestra corresponde a una muestra "seleccionada con un propósito" (purposeful sample) como la definida por Patton (1990): "La lógica y el poder de una muestra "seleccionada con un propósito" yace en elegir casos ricos en información para su estudio. Los casos ricos en información son aquellos de los cuales uno puede aprender mucho acerca de aspectos de importancia central para el

propósito de la investigación” (en Merriam, 1998, pag. 61, traducción de las autoras).

Se seleccionaron ocho libros de electromagnetismo de nivel universitario básico que son comúnmente utilizados por los alumnos en nuestra universidad. Es en este sentido en que se consideraron una muestra rica en información. Dichos libros se encuentran enumerados en los programas de las asignaturas de electromagnetismo básico para las carreras de Licenciatura en Física y Electrónico Universitario.

#### A. Cómo se realizó el análisis de datos

El análisis de los textos fue llevado a cabo en base a un protocolo elaborado teniendo en cuenta que, según Alexander y Kulikowich (1994), los textos de física pueden considerarse como bilingües y la demanda de procesamiento de parte del lector es mayor cuanto menos traducción explícita exista entre los sistemas simbólico y lingüístico. Además, se tuvo en cuenta que los lectores a los que van dirigidos estos textos pertenecen a la categoría de lectores en aclimatación, como se explicó anteriormente. El protocolo de análisis se focalizó en la presentación de la fuerza electromotriz inducida, buscando las siguientes características:

a) Explicitación lingüística y simbólica del estado transitorio de la fem inducida. El carácter temporal de la variación involucrada en el concepto de fem inducida no es frecuentemente explicitada y la fem es presentada muchas veces, en forma lingüística, como una "variación" sin especificación de la variable temporal. No se consideró este tipo de aclaración como suficientemente explícita del estado transitorio de la variación temporal de flujo del campo magnético a menos que existieran expresiones lingüísticas como "el flujo magnético varía con el tiempo" o "depende del tiempo", entre otras, con las cuales no se deja librada al lector la inferencia de que la "variación" es temporal. En cuanto al sistema simbólico, también se considerarán como explícitas sólo a expresiones del tipo  $\phi(t)$  o equivalentes.

b) Explicitación lingüística y simbólica del hecho que la fuerza magnética no realiza trabajo. En la presentación a nivel microscópico de la fem de movimiento se involucran cálculos de trabajo por unidad de carga realizado sobre las cargas a lo largo del circuito considerado, la explicitación de qué fuerza realiza el trabajo y cuál no, podría ayudar a no inducir al lector a pensar que la fuerza magnética realiza un trabajo.

c) Énfasis en la naturaleza no conservativa del campo eléctrico asociado a la variación temporal del campo magnético. La omisión de esta característica podría inducir al lector a pensar que se trata de un campo eléctrico conservativo o electrostático con los cuales los alumnos están más familiarizados.

### IV. RESULTADOS OBTENIDOS Y SU ANÁLISIS

Por razones de espacio, no se puede describir la presentación completa de cada texto. Se recomienda al lector consultar los libros seleccionados para tener una idea más cabal de cada abordaje presentado. Hemos enumerado las características a identificar en los libros en el orden a), b) y c). Sin embargo, la presentación en los distintos textos no siempre sigue ese orden y, por esa razón, hemos respetado la secuencia existente en cada uno en nuestras descripciones.

#### A. Alonso, M. y Finn E. J. (1976).

Desarrolla el tema en el Capítulo 17. La presentación inicia con el caso de un campo magnético variable con el tiempo. En la misma no se explicita lingüísticamente que el campo eléctrico asociado a la fem es no conservativo. Un lector experto, podría deducir este hecho mediante la observación de la expresión simbólica:

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot \vec{u}_N dS \quad (2)$$

Ya que, de tratarse de un campo conservativo, la integral de la izquierda sería nula.

La dependencia temporal del flujo y del campo con el tiempo está explicitada lingüísticamente pero no de manera simbólica: no se escribe  $\phi(t)$  ni  $B(t)$ .

Cuando analiza la fem de movimiento, plantea la fuerza magnética a la que están sometidas las cargas de un conductor en movimiento y la iguala, sin mayor explicación, a una fuerza eléctrica debida a un campo eléctrico equivalente. Con éste, encuentra una diferencia de potencial que es asociada a la fem inducida. Este tipo de presentación elude el cálculo del trabajo y, por lo tanto, no necesita explicitar qué fuerza es la que lo realiza.

Recién, hacia el final de la presentación (sección 17.6) dedica un pequeño párrafo a aclarar que el

campo eléctrico es no conservativo, en este caso.

### **B. Tipler -Mosca (2010)**

Desarrolla el tema en el Capítulo 28 y comienza analizando el caso en que el campo magnético varía con el tiempo, presentando directamente la ecuación (1). En los símbolos asociados, no explicita la dependencia temporal del flujo y, al referirse lingüísticamente al cambio del flujo, usa la expresión "varía" sin hacer referirse explícitamente a "variación temporal".

Establece explícitamente en palabras que la fuerza magnética no realiza trabajo y usa esto para plantear que la fem es debida a fuerzas eléctricas asociadas a un campo eléctrico no conservativo. Este hecho lo vuelve a recalcar en un ejemplo de aplicación, lo cual se puede considerar como una buena característica del texto.

En la presentación de fem de movimiento sólo usa la fuerza magnética para explicar el sentido del movimiento de las cargas y la asocia con el valor de la fem inducida. Sin embargo, no se detiene en el análisis a nivel microscópico. En este planteo, no se refiere a la fem como el trabajo por unidad de carga de manera que evita mayores explicaciones al respecto.

### **C. Mckelvey - Grotch (1981)**

En el capítulo 20 se presenta una sección llamada "FEMs de movimiento, corrientes inducidas y Ley de inducción de Faraday", en la cual se analizan todos los casos. Lo primero que se plantea es la Ley de Faraday como un resultado experimental. Establece lingüísticamente que tratará con flujos variables con el tiempo y recalca este hecho a lo largo de su presentación. Luego analiza un caso de fem de movimiento y menciona "el trabajo realizado sobre la carga". Introduce la fuerza magnética para explicar el sentido en el cual se mueven las cargas. Posteriormente, detalla en palabras el cálculo del trabajo para mover una carga una cierta distancia. Para ello, calcula el trabajo por unidad de carga realizado por la fuerza magnética calculada previamente (p.821).

Más adelante, realiza un balance de energía considerando la potencia disipada por la resistencia y la entregada por la fuerza externa durante la presencia de la corriente inducida, concluyendo que el trabajo efectuado por la fuerza externa se transforma en energía térmica interna de los átomos en los conductores.

En el sistema simbólico, las dependencias temporales no son explicitadas y, en varias ocasiones, cuando trata la fem de movimiento, se refiere a un "cambio de flujo magnético" sin explicar que es un cambio temporal.

Posteriormente analiza el caso de un campo magnético variable con el tiempo y lo asocia con un campo eléctrico inducido que describe detalladamente, tanto en palabras y como mediante un planteo simbólico, como no conservativo.

### **D. Serway-Jewett (2009)**

El tema se presenta en el capítulo 31 en donde comienza introduciendo la Ley de Faraday Lenz como resultado de experimentos. La presentación realizada indica en todo momento, de manera lingüística, que la variación involucrada es de carácter temporal. No es así, en las expresiones simbólicas en las cuales la dependencia temporal de las variables no es mostrada explícitamente.

Luego, analiza la fem de movimiento usando la fuerza magnética para explicar el movimiento de las cargas. Evita calcular la fem como el trabajo por unidad de carga.

Realiza un análisis de la relación entre la fem inducida y el campo eléctrico aclarando al final de la sección y lingüísticamente que se trata de un campo no conservativo y recordando la diferencia de éste tipo con el electrostático.

### **E. Resnick - Halliday (1982) y Resnick, Halliday y Krane (2009)**

En el capítulo 35 y 34, respectivamente, plantea la Ley de Faraday Lenz como una ley experimental. En la versión en castellano, figuran expresiones como "ritmo con el cual cambia ...", "rapidez de cambio...", "ritmo de cambio de flujo" para indicar la variación temporal de las magnitudes intervinientes.

Luego analiza el caso de la fem de movimiento estableciendo que el agente que realiza trabajo es el agente externo que produce dicho movimiento (y lo iguala a la energía térmica). Calcula la fuerza sobre la espira una vez que la corriente está establecida para poder hacer un balance de potencias disipada y entregada. De esta manera, evita tener que calcular a la fem como el trabajo por unidad de carga.

Al final de la presentación y en letra más chica (p. 235), aclara que el campo eléctrico es no conservativo y, por lo tanto, no tiene sentido definir potencial eléctrico para este caso.

Presenta una última sección "La inducción y el movimiento relativo" en la cual realiza el análisis microscópico identificando una fuerza magnética, una fuerza normal de los conductores sobre las cargas y una fuerza asociada a las colisiones entre los transportadores de carga. Aclara que la fuerza magnética no realiza trabajo y que el trabajo es realizado por el agente que tira de la espira.

No recalca simbólicamente la dependencia temporal de las magnitudes involucradas en la fem inducida.

#### F. Sears, Zemansky, Young y Freedman (1999)

Comienza el capítulo 30 presentando los experimentos que demuestran la existencia de la fem inducida luego, plantea la ecuación (1). Al referirse al cambio temporal, utiliza varias veces las palabras "cambio", "cambiante", "variable" y "razón de cambio" sin explicitar la variable con la cual cambian las magnitudes. Finalmente, en la definición de fem inducida, la expresa lingüísticamente mediante la expresión "razón temporal de cambio del flujo...".

En el tema de fem de movimiento y en un ejemplo anterior, realiza un análisis somero a nivel microscópico. En él, afirma que el trabajo de la fuerza magnética es nulo. Además, no relaciona en ningún momento de forma explícita a la fem inducida con el trabajo por unidad de carga con lo cual, evita calcular trabajo.

Se llega finalmente a la expresión:

$$\varepsilon = \int_a^b (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} \quad (3)$$

Que podría inducir erróneamente a pensar en un trabajo de la fuerza magnética.

Luego analiza el caso de un campo magnético variable con el tiempo, haciendo la aclaración lingüística de que el campo eléctrico asociado es de carácter no conservativo, aclarando que su integral de línea a través de una trayectoria cerrada no es nula.

#### G. Kip (1978)

En el capítulo 8 inicia el análisis con la fem de movimiento. Habla explícitamente de la fuerza magnética como realizando trabajo sobre las cargas y calcula la fem como el trabajo por unidad de carga que realiza la fuerza magnética. Más adelante, en un ejemplo, se refiere al trabajo mecánico realizado al mover la varilla como la fuente de energía en el sistema.

En ningún momento hace referencia a la variación temporal de las variables, ni lingüística ni simbólicamente.

Aclara que, como la circulación del campo eléctrico relacionado con la fem inducida es distinta de cero, el campo es "distinto a un campo electrostático".

### V. COMENTARIOS FINALES

Se pueden señalar en los textos algunas características que demandan un mayor procesamiento por parte de los lectores, sobre todo aquellos en el estadio de "aclimatación", dificultando la comprensión del concepto de fem inducida:

a) En la primera parte de este trabajo se mostró que una de las características importantes del fenómeno de inducción electromagnética es que es un fenómeno no estacionario y, por lo tanto, la explicitación de las dependencias temporales deberían formar una parte fundamental de los textos dirigidos a los lectores en la etapa de aclimatación.

En el análisis de los libros seleccionados se pudo notar que en ninguno se aclara en el sistema simbólico, dicha dependencia temporal tanto en el caso del flujo, el campo magnético o el área, dependiendo de cada caso. Un lector avezado podría inferir, al ver una derivada temporal, que alguna de las variables involucradas debe depender del tiempo. Sin embargo, trabajos anteriores (Pocoví y Hoyos, 2011) muestran que, en casos similares, tales derivaciones no implican que los lectores novatos asocien las derivadas temporales de las variables con fenómenos transitorios.

En el caso del sistema lingüístico, la mayoría de los libros analizados expresan la variación de las magnitudes sin aclarar que dicha variación es temporal. Por ejemplo, se usa decir "varía", "cambia", "razón de cambio" obviando explicitar que dichos cambios son en el tiempo.

Específicamente, en el caso de las fem de movimiento, no se hace referencia explícita en palabras ni en símbolos a la variación del área con el tiempo lo cual, si bien puede parecer claro para un lector experimentado, puede resultar difícil de comprender para uno en el estadio de aclimatación teniendo en

cuenta que es la primera vez que se presentan áreas variables con el tiempo en el estudio de la Física básica.

b) El análisis referido a la presentación de la fem inducida como el trabajo por unidad de carga muestra que muchos de los textos evaden esta cuestión. La mayoría aclara que el trabajo realizado por la fuerza magnética es nulo y explicitan que el agente externo es el que lo realiza. Este tipo de planteo utiliza como base la regla de flujo y no profundiza en el análisis microscópico de la situación. Este desbalance en la forma de presentar el problema (micro vs. macro) podría ser una de las causas de la preferencia detectada en Guisasaola et al. (2011) por explicar las situaciones desde un punto de vista macro. Sin embargo, existen otros textos en los cuales queda planteada la expresión (3) que, un lector en aclimatación, podría vincular con el trabajo por unidad de carga realizado por la fuerza magnética. Se ha visto un caso en que, incluso, se habla del trabajo realizado por dicha fuerza.

c) Si bien la naturaleza no conservativa del campo es aclarada en todos los textos, el grado de énfasis que se pone en esta característica importante varía en los distintos libros. Por ejemplo, mientras en algunos, este hecho está reservado para una referencia al final de la sección, otros muestran la diferencia que existe entre los campos conservativos y los no conservativos llegando, incluso al planteamiento de la integral de circulación.

Al ser este un estudio de caso, no sería pertinente realizar ninguna generalización. Sin embargo, este tipo de análisis puede servir para plantear hipótesis que se utilicen como punto de partida en investigaciones futuras (Merriam, 1998, p. 11). Hemos comprobado que la Ley de Faraday-Lenz está, generalmente, bien presentada en su forma macroscópica. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el análisis microscópico es evadido o llevado a cabo de una forma escueta. Esto puede ser una de las causales de la no utilización de este tipo de análisis por parte de los alumnos, tal como fue encontrado en Guisasaola (2011). A futuro, podría investigarse si la utilización de textos que hicieran hincapié en el abordaje microscópico, elevaría la cantidad de alumnos dispuestos a explicar los fenómenos de inducción desde este punto de vista. Si esto sucediera, implicaría que los textos actuales no resultan lo suficientemente claros para que alumnos en la etapa de aclimatación comprendan los aspectos relacionados con las fuerzas intervinientes.

Sería interesante investigar hasta qué punto, las relaciones que los textos hacen entre los sistemas simbólicos y los lingüísticos mejoran o enturbian su comprensión por parte de los alumnos. El proceso de comprensión de textos es un proceso complejo en donde el texto mismo es uno de los factores que afecta la comprensión. Este estudio espera haber contribuido a señalar algunos aspectos del texto que pueden influenciar la comprensión del concepto de inducción electromagnética.

## REFERENCIAS

- Alexander, P.A. y Kulicowich, J.M. (1994). Learning from a Physics text: A Synthesis of recent research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9) pp 895-911.
- Alexander, P.A. Y Kulicowich, J.M. (1991). Domain-specific and strategic knowledge as predictors of expository text comprehension. *Journal of Reading Behavior*, 23, pp165-190.
- Alexander, P.A. y Jetton, T.L. (2000). Learning from Text: A multidimensional and developmental perspective. En (Kamil, Mosenthal, Pearson, Barr, Eds.) *Handbook of Research of Reading Research*. Vol III.(pp.285-311) NJ: LEA, Inc.
- Armbruster, B. B. (1984). The problem of "inconsiderate texts". En (Duffy, Roehler y Mason, Eds.) *Theoretical issues in reading comprehension*. (pp. 202-217) NY: Longman
- Alonso, M. y Finn, E.J. (1976), *Física. Volumen II: Campos y Ondas*. Bogotá: Fondo Educativo Interamericano S.A.
- Brown, A.L., Palincsar, A.S. (1989). Guided, cooperative learning and individual knowledge acquisition. En (Editor: Resnick) *Knowing, learning, and Instruction* (pp. 393-451). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chabay, R. y Sherwood, B. (2006). Restructuring the introductory electricity and magnetism course. *American Journal of Physics*, 74 (4), pp 329-336.
- Feynman, R., Leighton, R.B. y Sands, M. (1987). *Física. Volumen II: Electromagnetismo y Materiales*. Addison-Wesley Iberoamericana. S. A. Wilmington, Delaware.

- Galili, I. y Kaplan, D. (1997). Changing approach to teaching electromagnetism in a conceptually oriented introductory physics course. *American Journal of Physics*, 65 (7), pp 657-667.
- Galili, I., Kaplan, D. y Lehavi, Y. (2006). Teaching Faraday's law of electromagnetic induction in an introductory physics course. *American Journal of Physics*, 74 (4), pp 337-343.
- Garner, R., Alexander, P.A., Guillingham, M.G., Kulikowich, J.M. y Brown, R. (1991). Interest and Learning from text. *American Educational Research Journal*, 28, pp 643-659.
- Goldman, S.R. y Varma, S. (1995). CAPing the construction-integration model of discourse comprehension. En Weaver, Mannes, Fletcher (Eds.) *Discourse comprehension: Essays in honor of Walter Kintsch* (pp. 337-358) Hillsdale, NJ: LEA.
- Goldman, S.R. y Rakestraw, J.A. (2000). Structural aspects of constructing meaning from text. En (Kamil, Mosenthal, Pearson, Barr, Eds.) *Handbook of Research of Reading Research*. Vol III. (pp. 311-337) NJ: LEA, Inc.
- Guisasola, J., Almudi, J.M. y Zuza, K. (2011). University Students' Understanding of Electromagnetic Induction. *International Journal of Science Education*, pp. 1-26.
- Heald, M. A. (1985). Induced electric field from a time-dependent current. *American Journal of Physics*, 54 (12), pp. 1142-1143.
- Jenkins, J.J. (1979). Four Points to remember: A tetrahedral model of memory experiments. En *Levels of Processing in Human Memory* (Eds. Cermak y Craik). Nj: Erlbaum. pp. 429-446.
- Kelly, G.J. (2007). Discourse in Science Classrooms. En (Abell y Lederman Eds) *Handbook of Research on Science Education*. (pp. 443-470) London: LEA, Publishers.
- Kip, A.F. (1978). *Fundamentos de Electricidad y Magnetismo*. Méjico: McGraw-Hill.
- Lombardi, G. (1982). Feynman's disk paradox. *American Journal of Physics*. 51 (3), 213-214.
- Marradi, A. Archenti N., Piovani J.P. (2011). *Metodología de las Ciencias Sociales*. Buenos Aires: Cengage Learning.
- Mckeown, M.G., Beck, I.L. y Loxterman, J.A. (1992). The contributions of prior knowledge and coherent text to comprehension. *Reading Research Quarterly*, 27,79-93.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. San Francisco: Jossey – Bass Inc.
- McKelvey, J.P. & Grotch, H. (1981). *Física para Ciencias e Ingeniería Tomo II*. Mexico, D.F.: Harla.
- Mosca, E. (1974). Magnetic forces doing work? *American Journal of Physics*. 42, 295-297.
- Munley, F. (2004). Challenges to Faraday's flux rule. *American Journal of Physics*. 72 (12), 1478-1483.
- Otero, M.R., Moreira, M.A. Y Greca, I.M. (2002). El uso de las imágenes en textos de Física para la enseñanza secundaria y universitaria. *Investigações em Ensino de Ciências*,7(2).
- Pandiella, S., Torné, P.C. Y Macías, A. (2004). Las características de los textos de física y su incidencia en la comprensión. *Investigações em Ensino de Ciências*,9(1).
- Pocovi, M. C. y Hoyos, E. (2011) Corriente de desplazamiento: su presentación en textos y su comprensión por parte de los estudiantes, *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, 29(2), 275-288.
- Resnick, R., Halliday, D. y Krane, K.S. (2009). *Física. Volumen II*. 1º Grupo Editorial Patrial
- Resnick, R. Y Halliday, D. (1982). *Física Parte2*. 3º Ed. en Español de la 3º en Edición en Inglés.

México: Compañía Editorial Continental.

Sears, F. W. (1963). Faraday's law and Ampere's law. American

Sears F.W., Zemansky, M.W., Young, M.A. Y Freedman, R.A. (1999). *Física Universitaria. Volumen 2*. 9º Edición. México: Pearson Educación.

Serway, R.A. y Jewett, J. W. (2009). *FÍSICA para ciencias e Ingeniería con Física Moderna, Volumen 2*, 7ª Edición, México.D.F.: Sengage Learning.

Shymansky, J.A., Yore, L.D. y Good, R. (1991). Elementary school teachers' beliefs about perceptions of elementary school science, science reading, science textbooks, and supportive instructional factors. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 305-313.

Tipler, P. A. y Mosca, G. (2010). *Física para la ciencia y la tecnología. Volumen 2A. Electricidad y Magnetismo*. 2º Edición. Barcelona: Ed. Reverté.

Yore, L.D. (1991). Secondary science teachers' attitudes toward and beliefs about science reading and textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 28,55-72.

Wade, S.E., Trathen, W. Y Schraw, G. (1990). An analysis of spontaneous study strategies. *Reading Research Quarterly*, 25,147-166.