



Explicitación de las transformaciones de Galileo: el eslabón perdido en los libros de Física básica

Elena Hoyos^{1,2,4}, Pocovi M Cecilia^{3,4}

¹Facultad de Ciencias Exactas Universidad Nacional de Salta,
Av. Bolivia 5051 Salta Capital C.P. 4400 Salta Argentina.

²Sede Regional Tartagal Universidad Nacional de Salta,
Warner y Ejercito Argentino Tartagal CP: 4561 Salta Argentina,

³Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Salta.
Av. Bolivia 5051 Salta Capital C.P. 4400 Salta Argentina.

⁴Agencia de Promoción Científica y Tecnológica.
Proyecto PICT Bicentenario UNSa No. 2543.

E-mail: hoyosele@gmail.com

(Recibido el 13 de Junio de 2014, aceptado el 26 de Noviembre de 2014)

Resumen

Este trabajo estudia la presentación de las transformaciones de Galileo en los libros de mecánica básica (Física Introductoria). El estudio se realiza desde el marco teórico de Alexander y Jetton [1] que encuadra el aprendizaje de los lectores novatos mediante el planteo de un modelo evolutivo (developmental model). La metodología utilizada corresponde a un estudio de caso en donde la muestra de libros analizados está constituida por aquellos utilizados en las materias de Física básica. Los resultados sugieren que los textos para principiantes debieran resaltar la utilidad e importancia de las transformaciones de Galileo, no restringiéndola solamente a la presentación del tema de velocidad relativa.

Palabras clave: Transformaciones de Galileo, comprensión lectora, modelo evolutivo, lectores novatos.

Abstract

This work studies how basic Physics textbooks present Galileo's transformations. The study is carried out from the theoretical standpoint introduced by Alexander and Jetton [1] that consists in a developmental model of reading comprehension. The methodology corresponds to a case study where the sample of analyzed books are those used in basic Physics courses at the university level. The results suggest that textbooks should emphasize the usefulness of the Galileo's transformations, not restricting it to the topic of relative speed.

Keywords: Galileo transformations, reading comprehension, developmental model, acclimated readers

PACS: 01.40.Fk 01.30.mp 01.30.M 01.40.gv.

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Las transformaciones de Galileo constituyen uno de los pilares en donde se asienta la Física Newtoniana. La descripción del movimiento de un cuerpo requiere ineludiblemente la introducción de un sistema de coordenadas espaciales que permitan identificar unívocamente cada punto del espacio físico de interés, y una coordenada temporal que permita determinar el orden cronológico de sucesos en cualquier punto del espacio. A este conjunto de coordenadas espacio-temporal se lo denomina sistema de referencia. El estudio del movimiento y de las interacciones de un cuerpo implica la determinación de la posición, la velocidad y la aceleración en función del tiempo respecto de un sistema de referencia elegido. La cuestión que surge inmediatamente después de elegir un sistema de referencia es, si la descripción del

movimiento cambia cuando se cambia el sistema de referencia seleccionado. La respuesta a esta cuestión está contenida en las Transformaciones de Galileo. Debido a la importancia de este tema, sería deseable que el desarrollo del mismo en cursos de mecánica básica a nivel universitario pusiera especial énfasis en el valor y la utilidad de dichas transformaciones.

En el caso del aprendizaje de Física a nivel universitario, varios trabajos [2] muestran que una de las fuentes más importantes a la que los alumnos recurren durante su aprendizaje la constituyen los libros de texto.

Además, las investigaciones en lectura muestran que los textos dirigidos a los alumnos de los cursos básicos deben poseer características especiales para resultarles comprensibles. Un análisis crítico de dichos textos mostrará si, efectivamente, este es el caso.

II. ESTADO DEL ARTE Y PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El libro de texto sigue utilizándose en ciencias como un recurso didáctico básico en países y situaciones educativas distintas, permaneciendo como uno de los principales determinantes de la currícula en ciencias en diferentes etapas de la educación [3]. En especial, una de las formas más comunes en que los estudiantes de nivel universitario aprenden es mediante el uso de libros de texto [4]. En otras palabras, la comprensión lectora es uno de los procesos de aprendizaje más importantes que los alumnos llevan a cabo durante toda su carrera universitaria. Ya en 1979 [5] planteó su modelo de comprensión lectora en el que se reconoció que la habilidad para aprender a partir de un texto es un proceso que ocurre gracias a la interacción entre varias variables: el lector, el texto y el contexto.

En cuanto a los lectores que son alumnos de los primeros años de la universidad, existe evidencia de que los mismos llegan a este nivel educativo sin la preparación necesaria para asegurar la comprensión de los textos a los que se deberán enfrentar en los primeros años de su carrera [6, 7]. Fundamentalmente, la mayoría de los estudiantes universitarios novatos no posee el conocimiento de las habilidades metacognitivas necesarias para poder autoevaluar su comprensión acerca de un texto [8].

Esta situación, grave de por sí, se puede ver empeorada si los textos, la segunda componente de la comprensión lectora poseen algunas deficiencias. Las investigaciones acerca de las características del material escrito que favorecen la comprensión ha sido fructífera en la determinación de las mismas. Una de estas características críticas es la calidad lingüística de los textos: aquellos construidos para facilitar la comprensión han sido denominados “considerados” mientras que aquellos que hacen que los lectores realicen un gran esfuerzo cognitivo para compensar su mala construcción han sido llamados “desconsiderados” [9]. Los textos “desconsiderados” han sido descritos como faltos de una cohesión y estructura apropiada lo cual incrementa las demandas de procesamiento de parte de los lectores [10, 4]). A veces, se ha acusado a los textos de presentar conceptos importantes en forma particionada e incoherente [11]. Otras investigaciones se han centrado en el análisis de las características y el propósito de las imágenes [12] y de los gráficos cartesianos [13] presentes en libros de texto de Física.

La calidad de los textos es a veces medida en relación a cuán apropiado es el texto relativo a la audiencia. Anderson y Armbruster [9] se refirieron a esta característica como “audience appropriateness”. Los escritores deben considerar el conocimiento previo de su audiencia e incluir suficiente información relevante en el texto para facilitar su lectura. Otra característica importante de un texto es la organización o estructura. Para obtener un texto organizado, el escritor debe tener en cuenta dos aspectos: la macroestructura (red de ideas principales) y la microestructura (detalles de apoyo) que proveen la fundamentación de las ideas principales [14].

Un resultado recurrente en las investigaciones de Garner *et al.* [15] y las de Goldman y Rakestraw [16] es que la importancia de calidad de 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 [9].

En acuerdo con los resultados de las investigaciones mencionadas, Alexander y Jetton [1] 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 [18]. 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” [1] (p. 299). Estas personas son, además descritas 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. Más aún, mientras los novicios leen, tratan de distinguir el contenido relevante del no relevante [19].

Cabe preguntar qué implicaciones tienen estos resultados para la elaboración o selección de un texto para los alumnos. Alexander y Jetton [1] 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).

Es adecuado preguntarse, entonces, cómo lograr que un estudiante comprenda mediante la lectura el valor del tema presentado y, en particular, cómo lograrlo en el caso de textos científicos. Ya en 1982 Posner, Strike, Hewson y Gerzog [20] presentaron su perspectiva acerca de las condiciones necesarias para que el cambio conceptual tome lugar. Esta perspectiva, a pesar de sus años, sigue siendo citada en los manuales sobre investigación en enseñanza de ciencias actuales y su vigencia puede deberse a la adecuación de sus predicciones a la realidad [21]. Ledesma

y Pocoví [22] confirman que los textos que poseen alto contenido lingüístico favorecen la comprensión respecto de aquellos textos con bajo contenido lingüístico. Según Posner *et al.* [20] una de las condiciones para lograr el aprendizaje de un concepto es que las nuevas ideas sean percibidas como útiles o fructíferas (fruitful) por el estudiante. Si se generaliza este resultado al aprendizaje a partir de textos, se puede decir que coincide con lo expresado por Alexander y Jetton [1]: el lector debe percibir el valor que tiene el contenido que lee para favorecer, así, la comprensión.

Ya que los lectores “en aclimatación” presentan dificultades para detectar fácilmente el valor en lo que leen, los textos en esta etapa deben ayudar a presentar la utilidad de los conceptos de forma explícita. Una de las formas en que los textos pueden inducir a los alumnos a valorar el contenido presentado es mostrando su utilidad en el análisis de distintos problemas de aplicación. En cambio, difícilmente se logrará la valoración del contenido si la utilidad de un tema es simplemente “enunciada” en el texto y no es utilizada posteriormente.

En este trabajo nos propusimos examinar, en particular, cómo es presentado el tema de las transformaciones de Galileo en los textos que son utilizados en la universidad en los cursos de mecánica básica (Física I). Para ello realizamos un análisis que no se limita a ver si los libros explican para qué sirven las transformaciones de Galileo cuando éstas son presentadas sino también si muestran el valor de las mismas en, por ejemplo, la presentación de las Leyes de Newton.

La selección de este tema en particular, radica en su importancia que va más allá de las simples ecuaciones que se presentan en la Sección correspondiente a “velocidades relativas” en cualquier libro de Física básica, como se muestra a continuación. En realidad, el planteo fundamental radica en establecer qué magnitudes se mantienen constantes y cuáles cambian cuando se analiza el movimiento respecto de dos sistemas de referencia moviéndose con velocidad constante relativa uno respecto del otro. Así, se llegará a la conclusión que mientras la posición y la velocidad son magnitudes que están ligadas directamente al sistema de referencia elegido, el desplazamiento y la aceleración son independientes de dicha elección.

La búsqueda de magnitudes Físicas que se mantengan invariantes frente a un cambio de sistema de referencia sigue presente en el estudio de las interacciones entre cuerpos, es decir, en el estudio del concepto de fuerza. Las leyes de Newton establecen sobre qué sistema es válido el análisis realizado y cuáles son las consecuencias de dichas interacciones en el tipo de movimiento de los cuerpos. Ya en el enunciado de la primera ley de Newton se manifiesta la trascendencia de los sistemas de referencia en el desarrollo de la dinámica, definiendo los sistemas inerciales. Nuevamente pueden buscarse magnitudes invariantes frente a un cambio de sistema de referencia y parte de la respuesta está contenida en las transformaciones de Galileo. Debido a la relación entre fuerza y aceleración establecida en la segunda ley de Newton es inmediato que

Explicitación de las transformaciones de Galileo

la fuerza resultante que actúa sobre un cuerpo, es invariante frente a las transformaciones de Galileo. Esta invariancia se cumple solo en el caso que las fuerzas no dependan de la velocidad y en estos casos también es invariante la aceleración del cuerpo.

Una presentación en los libros de texto limitada a la explicitación de las ecuaciones de transformación Galileana en un tema de conjunto tratado en libros de Física básica no alcanzará para mostrar el valor relativo de estas ecuaciones en toda la Física Newtoniana.

El estudio de los problemas de aprendizaje en el tema particular de relatividad Galileana ha sido desarrollado desde hace décadas y se mencionarán, en lo que sigue, algunos de los resultados más importantes relacionados al planteo de este trabajo.

El trabajo de Saltiel y Malgrange [23], realizado con una importante muestra de estudiantes de varias edades, detectó que los estudiantes rara vez piensan en términos del sistema de referencia en problemas de cinemática elemental. Más aún, los alumnos definen de forma intrínseca el “movimiento propio” y la inmovilidad.

Panase, Ramadas y Kumar [24] buscaron entre estudiantes universitarios que toman cursos de relatividad especial algunas concepciones alternativas. Concluyen que, la mayoría de los alumnos consideran los sistemas de referencia como un “ardid decorativo” y sin propósito alguno. Esta visión alternativa causa, a su vez, el fracaso en la interpretación conceptual del principio de relatividad en Física.

El trabajo anterior fue continuado en Ramadas, Barve y Kumar [25], mediante el análisis de las concepciones alternativas de los estudiantes universitarios para el caso de situaciones que involucran transformaciones de cantidades cinemáticas básicas de un sistema de referencia a otro. Los estudiantes no utilizan la teoría de transformaciones en las situaciones en las que es necesario plantearlas y, en su lugar, confían en ideas cinemáticas y dinámicas intuitivas las cuales llevan a un fracaso en el abordaje y desarrollo de los problemas.

Trabajos más actuales como el de Ayala Filho [26] muestran que la falta de comprensión que poseen los alumnos acerca de la utilidad de los sistemas de referencia constituye un obstáculo epistemológico para el aprendizaje de la Teoría de la Relatividad Especial.

III. UNIDAD DE ANÁLISIS

El presente estudio constituye un Estudio de Caso. Ya que el problema planteado ha sido descrito en la sección anterior, a continuación se explicará cómo se seleccionó la unidad de análisis del presente Estudio de Caso, es decir, qué constituye la muestra de libros seleccionados. Para ello se utilizó la estrategia no probabilista más apropiada según Merriam [27], llamada: “muestra seleccionada con un propósito” (purposeful sampling) según Patton [28]. Más específicamente, corresponde a una “muestra típica”, es decir, a una que refleja una situación promedio o común en el fenómeno estudiado [27] p. 62. Así, los libros elegidos

corresponden a los que están disponibles en biblioteca para los alumnos que cursan Física I y, la mayoría están listados en el programa de esa asignatura.

Para el análisis se confeccionó un protocolo para determinar el valor relativo que tienen las transformaciones de Galileo en los libros usados por lectores “en aclimatación”. Más específicamente, se analizó si el valor de las Transformaciones de Galileo se explicita en la presentación de las Leyes de Newton. El protocolo consta de diferentes etapas que fueron llevadas a cabo sucesivamente:

- 1) Se buscó en los índices alfabéticos la existencia del título “Transformaciones de Galileo”. Si no se encontraba dicho título, se buscó “transformaciones de velocidades” o “velocidad relativa”.
- 2) Se identificó, por un lado, el enunciado/definición de las transformaciones de Galileo. En el desarrollo del tema se buscó si la presentación incluye la relación entre las posiciones, entre las velocidades y entre las aceleraciones. También se determinó si se menciona la relación entre los tiempos medidos desde cada sistema.
- 3) Por último se determinó si en la presentación de las leyes de Newton, por lo menos se menciona que las mismas son invariantes frente a las Transformaciones de Galileo, entendiendo que dicha mención es la mínima manifestación del “valor” de dichas transformaciones que se puede presentar en un texto.

IV. RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados de esta revisión de libros. Para hacerla, se han asignado (por cuestiones de espacio) los siguientes números a los libros citados de manera completa en las referencias de este trabajo:

(a) Hetch, E. [29], (b) Serway [30], (c) Sears, Zemansky, Young, Freedman [31], (d) Alonso y Finn [32]; (e) Tipler y Mosca [33], (f) Mc Kelvey Grotch [34], (g) Blatt [35], (h) Serway y Jewett [36], (i) Resnick, Halliday y Krane [37] (j) Eisberg Lerner [38], (k) Kittel, Knight y Ruderman [39], (l) Ingard y Kraushaar [40], (m) Semat y Baumel [41], (n) Giancoli [42] y (o) Young [43].

A. Índice alfabético

Los índices alfabéticos son una muestra resumida y ordenada de los temas importantes que se presentan en un texto y como tal fueron analizados en primera instancia.

Nueve de los libros revisados (d, f, g, i, j, k, l, m y o) incluyen el tema “Transformaciones de Galileo” en sus índices. En el caso de los libros a, b, c, e, h y n no hay referencia a las “Transformaciones de Galileo” en el índice pero tienen una sección dedicada a movimiento relativo.

B. Presentación de las Transformaciones de Galileo

Las transformaciones de Galileo incluyen las ecuaciones de transformación de la posición y del tiempo, de la velocidad y de la aceleración medidas en dos sistemas inerciales.

Como ya se dijo, estas ecuaciones permiten establecer si una magnitud es invariante frente a un cambio de coordenadas.

Se debe tener en cuenta que las distintas ecuaciones mencionadas se usarán en diferentes situaciones. Por ejemplo, para analizar si la posición de un objeto (o evento) se modifica cuando es medida respecto de dos sistemas de referencia inerciales, se usarán las transformaciones de posición (hablamos en plural pues es una ecuación vectorial que resulta en tres ecuaciones de componentes). Las mismas ecuaciones se pueden usar cuando se miden distancias desde dos sistemas de referencia inerciales. Si, en cambio se desea estudiar la velocidad de un objeto o una magnitud que depende de la velocidad (energía, fuerza magnética) desde dos sistemas inerciales se deberá recurrir a las transformaciones de velocidad. Por último, si queremos analizar la validez de la segunda ley de Newton en dichos sistemas deberemos utilizar forma galileana para la transformación de aceleración.

A continuación se detallan las presentaciones de cada texto.

(a) (Capítulo 2): En su planteo inicial analiza el desplazamiento respecto de dos sistemas de referencia. A partir de este planteo deduce la ecuación de transformación para las velocidades. No explicita el nombre de estas transformaciones.

(b) (Capítulo 4): Muestra las ecuaciones de posición, velocidad y aceleración. Aclara que estas ecuaciones son válidas para velocidades pequeñas comparadas con la de la luz.

(c) (Capítulo 3): Encuentra la transformación de la posición y de la velocidad en una dimensión y luego la extiende para dos y tres dimensiones. No las nombra como Transformaciones de Galileo.

(d) (Capítulo 6): Presenta las transformaciones de posición (vectorial y en componentes) y tiempo y las denomina Transformaciones Galileanas. Luego encuentra la de velocidad y la de aceleración. Se refiere explícitamente a la invariancia de la aceleración frente a estas transformaciones.

(e) (Capítulo 2): Plantea las ecuaciones de transformación para la velocidad en una dimensión. Más adelante, en el Capítulo 3, muestra la misma transformación de manera vectorial. No les asigna un nombre.

(f) (Capítulo 3): Explicita las ecuaciones de posición, tiempo, velocidad y aceleración. Aclara el rango de velocidades en el cual son válidas estas transformaciones que llama transformaciones Galileanas. En este mismo capítulo menciona que las Leyes de Newton son “esencialmente correctas” para los sistemas con velocidades bajas.

(g) (Capítulo 3): Encuentra la ley de transformación de velocidades. No le asigna nombre. Al final del libro (Capítulo 27) se hace un análisis de la relatividad clásica y se deducen las Transformaciones de Galileo.

(h) (Capítulo 4): Deduce la ley de transformación de posición, velocidad y aceleración. A las ecuaciones obtenidas las denomina Ecuaciones de Transformación Galileana.

- (i) (Capítulo 4): Obtiene la ley de transformación de posición, velocidad y aceleración. Como las leyes de Newton las presentó en un capítulo anterior se explicita su invariancia respecto de dos observadores en movimiento relativo uniforme. En el capítulo 20 retoma el tema de las transformaciones de Galileo y las explicita agregando la transformación del tiempo.
- (j) (Capítulo 3): Encuentra la transformación de posición, velocidad y aceleración. Las nombra como Transformaciones de Galileo.
- (k) (Capítulo 4): Encuentra la transformación de posición, tiempo, velocidad y aceleración. Las nombra como Transformaciones de Galileo.
- (l) (Capítulo 11): Encuentra la transformación de posición y velocidad en dos dimensiones. Las nombra como Transformaciones de Galileo.
- (m) (Capítulo 10): Encuentra la transformación de posición y velocidad como una introducción para encontrar las transformaciones de Lorentz. Las nombra como Transformaciones de Galileo.
- (n) (Capítulo 3): Encuentra la transformación de velocidad y la nombra como Transformaciones de velocidades.
- (o) (Capítulo 3): Encuentra la transformación de posición, velocidad y aceleración. En el capítulo 14: Mecánica Relativista nombra a las transformaciones de posición y velocidad como Transformaciones de Galileo.

C. Uso de las transformaciones de Galileo en la presentación de Leyes de Newton (explicitación de su invariancia)

Como se dijo anteriormente, la opción de mínima para mostrar al lector el valor de las Transformaciones de Galileo se reduce a la mención de la invariancia de las Leyes de Newton bajo dichas transformaciones. Se debe aclarar que, en nuestra opinión, dicha valoración es todavía escasa para atraer la atención de lectores en aclimatación.

Sin embargo, como se verá a continuación, es lo máximo que se puede esperar de los libros analizados.

- (a) (Capítulo 4): Cuando enuncia las Leyes de Newton no explicita su validez en sistemas inerciales ni aclara su invariancia frente a las transformaciones de Galileo.
- (b) (Capítulo 5): No hace referencia en ninguna sección a que las Leyes de Newton son invariantes frente a las transformaciones de Galileo.
- (c) (Capítulo 4): Usa la transformación de velocidades para explicar la Primera Ley de Newton. En la presentación de la Segunda Ley no explicita que es invariante frente a las Transformaciones de Galileo.
- (d) (Capítulo 7): Se refiere de manera escueta a que las magnitudes medidas por dos observadores inerciales se relacionarán mediante las transformaciones de Galileo o de Lorentz dependiendo de sus velocidades pero no detalla cómo se comporta cada una de las magnitudes dinámicas estudiadas en el capítulo.
- (e) (Capítulo 4): No explicita la invariancia de las Leyes de Newton.
- (f) (Capítulo 4): No explicita la invariancia de las Leyes de Newton.

(g) (Capítulo 4): En el texto se refiere someramente a la dependencia de la velocidad con el sistema desde el cual se realiza el análisis. Recién en el capítulo 27 se establece que las leyes de movimiento de Newton no cambian con las transformaciones de Galileo.

(h) (Capítulo 3): No explicita la invariancia de las Leyes de Newton.

(i) (Capítulo 3): A pesar de no haber definido a esta altura las transformaciones de Galileo, los autores explicitan claramente la validez de las leyes de la mecánica clásica sólo en un conjunto de marcos en los cuales todos los observadores miden la misma aceleración.

(j) (Capítulo 4): Define sistemas inerciales usando la Primera Ley de Newton y las Transformaciones de Galileo.

(k) (Capítulo 4): Concluye que las leyes básicas de la Física son invariantes frente a las transformaciones de Galileo. Establece que los observadores en sistemas inerciales medirán la misma fuerza independiente de las velocidades relativas.

(l) (Capítulo 3): Cuando enuncia las leyes de Newton, no analiza su invariancia frente a las transformaciones de Galileo. En el capítulo 11 establecen que las fuerza medidas en sistemas moviéndose a distintas velocidades son iguales y definen sistemas inerciales.

(m) (Capítulo 3): Cuando enuncia las leyes de Newton no analiza su invariancia frente a las transformaciones de Galileo.

(n) (Capítulo 4): Cuando enuncia las leyes de Newton no analiza su invariancia frente a las transformaciones de Galileo.

(o) (Capítulo 4): Analiza claramente la 1° y 2° ley de Newton desde dos sistemas de referencial que se mueven con velocidades uniformes. No menciona en su análisis las transformaciones de Galileo.

A continuación se muestra el resumen de los resultados obtenidos en la Tabla 1 para mostrar más claramente el patrón encontrado.

La Tabla 1 muestra de manera inequívoca que los libros destinados a lectores en aclimatación no explicitan el valor de las Transformaciones de Galileo durante la presentación de las Leyes de Newton. Hay que tener en cuenta, además, que el protocolo diseñado corresponde al caso de la mínima explicitación posible del valor de estas transformaciones, esto es, la sola mención de que las Leyes de Newton son invariantes frente a dichas transformaciones fue tomada como un indicador positivo. A nuestro criterio, dicha mención no es suficiente para captar el interés del lector en aclimatación.

IV. CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo muestran que, en el caso de un tema fundamental como lo es el de las Transformaciones de Galileo, los libros no parecen presentar las características necesarias para facilitar la comprensión de los lectores “en aclimatación”. A nuestro criterio, dichas transformaciones están “subvaluadas” en los

textos ya que en la mayoría están limitadas a una lista de ecuaciones y su potencial en otros temas no es explotado.

El problema de una valoración pobre de las transformaciones de Galileo se verá agravado posteriormente durante el estudio del electromagnetismo: si un alumno no comprende las implicaciones de una invariancia frente a las transformaciones de Galileo de las leyes de la mecánica, es muy difícil que pueda analizar la invariancia de las leyes del electromagnetismo y que sea capaz de analizar en forma crítica el paradigma clásico.

TABLA I. Características de los textos de mecánica básica (destinados a lectores “en aclimatación”). La cruz indica la existencia de la característica

Libros	Índice	Transformaciones de Galileo				Invariancia de Leyes de Newton	
		x	v	a	t	1	2
(a)			x				
(b)	x	x	x	x			
(c)		x	x			x	
(d)	x	x	x	x	x		
(e)			x				
(f)	x	x	x	x	x		
(g)	x		x			x	x
(h)	x	x	x	x			
(i)	x	x	x	x		x	x
(j)	x	x	x	x		x	
(k)	x	x	x	x	x	x	x
(l)	x	x	x				x
(m)	x	x	x				
(n)			x				
(o)	x	x	x	x		x	x

Los resultados hallados constituyen un llamado de atención para los docentes que se limitan enseñar en base a las presentaciones realizadas en los textos, vemos que, a veces dichas presentaciones no resultarán suficientes para comprender el valor intrínseco de un tema.

Una pregunta para futuras investigaciones es cómo la falta de un conocimiento cabal de las Transformaciones Galileanas puede afectar la comprensión de interacciones como la de la fuerza magnética que depende de la velocidad de la partícula sobre la cual está aplicada o como la de la fuerza electromotriz inducida que también depende de las velocidades relativas.

REFERENCIAS

- [1] Alexander, P. A. & Jetton, T. L., *Learning from Text: a multidimensional and developmental perspective*, En: Handbook of Reading Research, Vol III, (Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, USA, 2000).
- [2] Kelly, G. J., *Discourse in science classrooms*, En: Handbook of Research on Science Education, (Lawrence Erlbaum Associates Publishers, N. J., USA, 2007).
- [3] Solaz-Portolés, J. J., *Aprender ciencia con textos: bases teóricas y directrices*, Latin American Physics Education **3** 376-379, 2009).
- [4] Nist, L. & Simpson, M. L., *College studying*, En: Handbook of Reading Research, Vol III, (Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, USA, 2000).
- [5] Jenkins, J. J., *Four Points to remember: a tetrahedral model of memory experiments*, En: Levels of Processing in Human Memory, (Cermak & Craik, N. J., USA, 429-446, 1979).
- [6] Alvarez, M. & Risko, V., *Motivation and study strategies*, En: *Handbook of College Reading and Study Strategy Research*, 2nd Ed. (Routledge, New York, 2009).
- [7] Pressley, M., Yokoi, L., Van Meter, P., Van Etten, S. & Freebern, G., *Some of the reasons preparing for exams is so hard: What can be done to make it easier?* Educational Psychology Review **9**, 1-38 (1997).
- [8] Maxwell, M., *Improving student learning skills*, (H. & H. Publishing, Clearwater, USA, 1997).
- [9] Armbruster, B. B., *The problem of “inconsiderate texts”*, En: *Theoretical issues in reading comprehension*, (Longman, UK, 1984).
- [10] Alexander, P. A. & Kulikowich, J. M., *Learning from a Physics text: a synthesis of recent research*, Journal of Research in Science Teaching **31**, 895-911 (1994).
- [11] Mckeown, M. G., Beck, I. L., Sinatra, G. M. & Loxterman, J. A. *The contributions of prior knowledge and coherent text to comprehension*, Reading Research Quarterly **27**, 79-93 (1992).
- [12] Otero, M. R., Moreira, M. A. & Greca, I. M., *El uso de las imágenes en textos de Física para la enseñanza secundaria y universitaria*, Investigações em Ensino de Ciências **7** (2002).
- [13] García García, J. J., *El uso y el volumen de información presentadas en los libros de textos de ciencias experimentales*, Enseñanza de las Ciencias **23**, 181-199 (2005).
- [14] Meyer, B. J. & Rice, E., *The structure of text*, En: *Handbook of Reading Research*, (Longman, New York, 1991).
- [15] Garner, R., Alexander, P. A. Guillingham, M. G., Kulikowich, J. M. & Brown, R., *Interest and Learning from text*, American Educational Research Journal **28**, 643-659 (1991).
- [16] Goldman, S. R. & Rakestraw, J. A., *Structural aspects of constructing meaning from text*, En: Handbook of Reading Research, (Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, USA, 2000).
- [17] Alexander, P. A. & Jetton, T. L., *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. (2000).

- [18] Goldman, S. R. & Varma, S., *CAPing the construction-integration model of discourse comprehension*, En: *Discourse comprehension: Essays in honor of Walter Kintsch*, (Lawrence Erlbaum Associates, N. J.: USA, 1995).
- [19] Wade, S. E., How interest affects learning from text, En: *The role of interest in learning and development* (Lawrence Erlbaum Associates, N. J.: USA, 1992).
- [20] Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gerzog, W. A., *Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change*, *Science Education* **26** (1982).
- [21] Scott, P., Asoko, H. & Leach, J., *Students conceptions and conceptual learning in science*, En: *Handbook on Science Education*, (Lawrence Erlbaum Associates, N. J.: USA, 2007).
- [22] Ledesma, L., Pocovi C., *Ontología del concepto de aceleración: su comprensión mediante el aprendizaje a partir de textos*, *Latin American Physics Education*, **7** (2013).
- [23] Saltiel, E. y Malgrange, J. L., "Spontaneous" ways of reasoning in elementary kinematics, *European Journal of Physics* **1** (1980).
- [24] Panse, S., Ramadas, J. & Kumar, A., *Alternative conceptions in Galilean relativity: frame of reference*, *International Journal of Science Education* **16**, 63-82 (1994).
- [25] Ramadas, J., Barve, S. & Kumar, A., *Alternative conceptions in Galilean relativity: distance, time, energy and laws*, *International Journal of Science Education* **18**, 463-477 (1996).
- [26] Ayala Filho, A. L., *A construção de um perfil para o conceito de referencial em Física e os obstáculos epistemológicos a aprendizagem da teoria da relatividade restrita*, *Investigações em Ensino de Ciências* **15**, 155-179 (2010).
- [27] Merriam, S. B., *Qualitative research and case study applications in education*, (Jossey & Bass, San Francisco, 1998).

- [28] Patton, M. Q., *Qualitative evaluation and research methods*, 2nd Ed. (Sage, Londres, 1990).
- [29] Hetch, E., *Física I, Álgebra y Trigonometría*, 2a Ed. (International Thomson Editores, México, 2000).
- [30] Serway, R. A., *Física Tomo I*, 4a Ed. (Mc Graw Hill, México, 1982).
- [31] Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D. & Freedman, R. A., *Física Universitaria. Vol. 1*, 9a Ed. (Pearson Educación, México, 1999).
- [32] Alonso, M. & Finn E. J., *Física Vol 1: Mecánica*, (Fondo Educativo Interamericano, México, 1971).
- [33] Tipler, P. A. & Mosca, G., *Física para la Ciencia y la Tecnología, Volumen IA: Mecánica*, 5a Ed. (Reverté, España, 2005).
- [34] McKelvey, J. P. & Grotch, H., *Física para Ciencias e ingeniería I*, (Harla, México, 1980).
- [35] Blatt, F. J., *Fundamentos de Física*, 3a Ed. (Pearson Educación, México, 1991).
- [36] Serway, R. A. & Jewett, J. W., *Física para ciencias e Ingeniería. Vol. 1*, 7a Ed. (Cengage Learning: USA, 2009).
- [37] Resnick, R., Halliday, D. & Krane, K. S., *Física Vol. 1*, 4a Ed. (Grupo Editorial Patria, México, 2010).
- [38] Eisberg, R. L. & Lerner, L. S. *Física fundamentos y aplicaciones. Vol. 1*. (Mc Graw Hill, México, 1984).
- [39] Kittel, C., Kniffht, W. D. & Ruderman, M. A., *Mecanica Berkely Physics course. Vol. 1*, 2a Ed. (Reverté, España, 1999).
- [40] Ingard, U. & Kraushaar, W. L., *Introducción al estudio de la Mecánica, materia y ondas*, (Reverté, Argentina, 1984).
- [41] Semat, H. & Baumel, P., *Fundamentos de Física*, 5a Ed. (Nueva Editorial Interamericana, México, 1976).
- [42] Giancoli, D. C., *Física, principios con aplicaciones*, 4a Ed. (Prentice-Hall Hispanoamericana, México, 1997).
- [43] Young, H. D., *Fundamentos de Mecánica y calor*, (McGraw-Hill Book Company, España, 1966).