

# Repensando las Leyes de Newton en la formación de profesores

Marisol Montino<sup>1</sup>, Laura Chiabrando<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias, Universidad Nacional de General Sarmiento. J. M Gutiérrez 1150, Los Polvorines, Buenos Aires.

<sup>2</sup>Instituto de Enseñanza Superior N°1. Av. Córdoba 2016, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

E-mail: mmontino@ungs.edu.ar

## Resumen

En este trabajo se presenta el relato de una actividad sobre las Leyes de Newton realizada en el marco de la formación de Profesores de Física. Las leyes de Newton forman parte de los contenidos mínimos en todos los diseños curriculares de la enseñanza media, esto significa que los futuros profesores tendrán que emprender la tarea de enseñarlas durante su práctica profesional. El objetivo es reflexionar sobre el significado de cada una de las leyes y las consecuencias que conlleva enunciarlas de una forma o de otra. Con esta actividad se espera que los futuros profesores cuenten con herramientas para justificar las decisiones de enseñanza que tomen, así como también reconozcan los compromisos que asumen al adoptar una posición u otra.

**Palabras clave:** Formación de profesores, Leyes de Newton, Enseñanza, Mecánica.

## Abstract

The current work report an activity about the Newton's Laws of motion. It was made in the training of Physics Teachers. Newton's Laws are part of content in all curriculum of secondary school. Future teachers will have to undertake the task of teaching them in their professional practice. The aim of the activity is to reflect on the meaning of each one of the laws and the consequences that entails state them in one way or another. When they'll teach them can justify their decisions, and know what are the commitments assumed by adopting one position or another.

**Keywords:** Teacher training, Newton's Laws of motion, Teaching, Mechanics.

## I. INTRODUCCIÓN

En la formación de profesores se pretende que los estudiantes adquieran un conocimiento profundo de los contenidos disciplinares de la materia que van a enseñar y conozcan el pensamiento docente "del sentido común" (Furió, 1994) adquiriendo las herramientas teóricas necesarias para cuestionarlo.

El plan curricular de los profesorado se estructura sobre contenidos que pueden agruparse en tres campos: los disciplinares, los de Educación General y los de Didáctica específica.

En las materias relacionadas con la Didáctica de la Física se espera que los futuros profesores puedan reflexionar sobre el conocimiento adquirido a lo largo de la propia formación, con el objetivo de complejizarlo y profundizarlo para tomar decisiones fundamentadas a la hora de enseñarlo. Los docentes nos proponemos que los estudiantes adquieran las herramientas necesarias para apropiarse de los contenidos y los temas a enseñar; es decir puedan decidir cómo enseñarlos, en qué orden, con qué profundidad, etc.

Como señala Paruelo (2003) existen diferencias entre las teorías desarrolladas por los científicos y las que enseñan los profesores en las aulas. Por un lado están las simplificaciones y adaptaciones que se realizan en la transposición didáctica y que, según el autor, suelen reconocerse explícitamente. Por otro lado, aparecen diferencias en los supuestos, en el ordenamiento del mundo que presuponen, en el tipo de relaciones que abordan, etc. Éstas últimas no suelen ser tan fáciles de reconocer.

Creemos que es valioso compartir aquellas actividades que se proponen para la reflexión sobre el contenido en las materias que forman parte del eje de Didáctica específica. Estas actividades nos parecen necesarias porque colaboran a generar el hábito de repensar el contenido que se enseña. Por ello diseñamos una actividad en la que se trabaja con los estudiantes del profesorado de Física sobre el

significado de las Leyes de Newton y las implicaciones de las decisiones tomadas al enfrentar la enseñanza de las mismas. En este trabajo presentamos el diseño e implementación de la actividad.

## II. CONTEXTO DE IMPLEMENTACIÓN

### A. Descripción de la materia

La actividad se llevó a cabo en la materia Enseñanza de la Física del Profesorado Universitario de Educación Superior en Física de la Universidad Nacional de General Sarmiento y en la materia Didáctica de la Física del Instituto de Enseñanza Superior N°1 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Son materias cuatrimestrales y suelen cursar una cantidad menor a cinco estudiantes por vez.

Ambas asignaturas se estructuran alrededor de tres preguntas fundamentales para pensar y tomar decisiones acerca de la enseñanza de la Física en el nivel secundario y superior: ¿Qué física enseñar?, ¿Cómo aprenden Física los estudiantes? y ¿Cómo enseñar Física? La finalidad es que el estudiante conozca y recurra a los aportes de la investigación en enseñanza y aprendizaje de la Física para analizar críticamente las propuestas de enseñanza y los recursos a utilizar.

La actividad se llevó a cabo en el marco de la unidad ¿Cómo enseñar Física? luego de trabajar el tema de ideas previas y antes de que los estudiantes realizaran su primera planificación.

### B. Elección del tema: Leyes de Newton

Las Leyes de Newton forman parte de los contenidos mínimos en todos los diseños curriculares de la Escuela Secundaria y, por supuesto, también están presentes en todos los cursos de Física de la formación de profesores. Quizás sea el tema más estudiado en ambos niveles y tal vez por ello los estudiantes del profesorado de Física, según nuestra experiencia, lo mencionan como el contenido que mejor comprenden y manejan (junto con la cinemática de la partícula). Justamente por eso consideramos la pertinencia del tema para comenzar un trabajo de reflexión con los estudiantes, es decir, pensar en las distintas formas de enseñar uno de los contenidos disciplinares que mejor conocen.

A su vez, las Leyes de Newton están formuladas mediante enunciados breves que podrían dar sensación de simplicidad. Esto llevaría a trabajarlas de manera superficial. En este sentido, Swartz (1998) se muestra preocupado porque muchos textos de Física parecen trivializar las Leyes de Newton, por ejemplo, haciendo de la primera ley un caso particular de la segunda, definiendo masa como la cantidad de materia y creando en la tercera ley dos fuerzas a las que llaman acción y reacción.

Por otra parte, coincidimos con Miguel (1986) en que tanto en los libros como en las clases de Física se comete el error de dar demasiado énfasis a la segunda ley y tratar rápidamente la primera y la tercera; de esta manera la enseñanza se centra en las posibilidades operacionales y no en la comprensión de las tres leyes como una unidad indisoluble.

Creemos que con la actividad propuesta puede comenzarse una reflexión sobre algunas de estas cuestiones.

## III. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD E IMPLEMENTACIÓN

La semana anterior a realizar la actividad se les pide a los estudiantes que, como ejercicio, traigan escritas de manera individual las Leyes de Newton tal como se las presentarían a un grupo de alumnos del nivel secundario y un ejemplo que consideraran representativo de cada una. Decidimos que esta propuesta sea escrita e individual para que cada estudiante la presente al comenzar la clase y se evidencien las diferencias, tal vez sutiles, en la formulación de cada una de las leyes. Esto permite que luego de la discusión que se propone en la clase los estudiantes puedan repensar su propia propuesta, de manera de involucrarlos en la reflexión a partir de lo que ellos mismos plantearon. Intentamos con esto no correr el riesgo de que la discusión quede en un plano teórico que podría parecer no tener relación con la práctica docente.

A continuación presentaremos un breve bosquejo de la secuencia que se trabajó en la clase.

### A. Las Leyes de Newton tal como aparecen escritas en los *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*

Luego de que cada estudiante lee las Leyes de Newton tal como las trajo escritas con los ejemplos correspondientes, los docentes presentan el libro “Principios Matemáticos de la Filosofía Natural” editado

por primera vez en el año 1687 y realizan una breve descripción de los contenidos de la obra de Newton. Los Principia comienzan con una serie de *Definiciones* y *Axiomas o leyes del movimiento*, que incluyen las tres leyes conocidas y los corolarios de las mismas, luego continúa con los tres libros: los libros I y II *Del movimiento de los cuerpos* y el Libro III *Sobre el sistema del mundo*.

Se hace hincapié en que no existe traducción directa al español, por lo tanto la versión con la que se trabajará cuenta con dos traducciones intermedias: del latín al inglés y del inglés al español. Esto implica que se han creado nuevos textos que pueden tener un significado distante de las intenciones del autor.

Luego se trabaja con algunas de las definiciones con las que Newton comienza el libro para discutir con los estudiantes las diferencias del lenguaje y para, luego, poder presentar las leyes tal como las escribió Newton. El objetivo de presentar los enunciados en su formulación original es poder discutir con los estudiantes la distancia existente con las formulaciones/interpretaciones actuales, tanto las que ellos presentaron como las que se encuentran en los libros de Física.

## B. Discusión sobre cada una de las leyes

A continuación se presenta la discusión que se dio en la clase sobre cada una de las Leyes de Newton. Para organizar la discusión se utilizaron los textos de Khiari (2011), Lopes Coelho (2007, 2009), Santavy (1986), Swartz (1998) y Sebastián (2013) entre otros.

Discutimos las leyes una a una en el orden que históricamente han sido formuladas, esto es parte de una decisión metodológica que de ninguna manera significa perder de vista los lazos que las unen y hacen de ellas una unidad indisoluble y coherente. Cada ley se trabajó con la siguiente secuencia: presentamos a los estudiantes un espectro de posibles enunciados (elegidos con la intención de que contengan los que ellos trajeron) y luego se discutimos el significado de cada uno y sus implicancias en la enseñanza.

Para el analizar la Primera ley (en adelante PL) trabajamos con los enunciados que se presentan en la Tabla 1.

**TABLA I.** Enunciados utilizados de la Primera ley de Newton.

Enunciados de la Primera ley de Newton
Un cuerpo aislado permanecerá en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme
Un objeto permanecerá en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme a menos que actúe sobre él una fuerza externa.
Todo cuerpo permanecerá en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme si no actúan fuerzas sobre él o la suma de las fuerzas que actúan es cero.
Si la fuerza neta $\Sigma \vec{F}$ ejercida sobre un cuerpo es cero, el objeto continúa en su estado original de movimiento. Esto es, si $\Sigma \vec{F} = 0$ , un objeto en reposo permanece en reposo y un objeto con alguna velocidad continua con la misma velocidad

Fueron ordenados considerando el nivel de abstracción en el enunciado, en este caso van desde lo más abstracto hasta lo más concreto, de acuerdo a la imposibilidad/posibilidad de realizar demostraciones experimentales.

El primer punto que analizamos es la diferencia entre enunciar la ley haciendo referencia a un cuerpo *aislado* (o libre) o a un cuerpo sobre el cual *la fuerza total externa es cero*.

Si nos referimos a un cuerpo *aislado* deberíamos considerar que la PL es hipotética dada la imposibilidad de que exista un cuerpo aislado. Deberíamos preguntarnos ¿cómo podemos saber cómo se mueve un cuerpo qué, estrictamente hablando, no existe? En relación a los ejemplos utilizados para ilustrar la PL debemos tener en claro que para este tipo de enunciados no son pertinentes aquellas situaciones que refieren a un objeto que se mueve sobre una superficie rugosa y se extrapola al caso en que el rozamiento se elimina; ya que en este caso la fuerza externa sobre el cuerpo es cero pero éste no se encuentra aislado.

En cambio, si enunciamos la PL haciendo referencia a un cuerpo sobre el cual *la fuerza total es cero* se evitan los problemas que conlleva pensar en un cuerpo aislado y se posibilita la referencia a numerosas situaciones experimentales que la describen. En este caso debemos ser conscientes que estaríamos considerándola como un caso particular de la segunda Ley, por lo tanto sólo serían necesarias dos leyes; es decir, si tomamos ésta decisión al enseñarlas debemos reorganizar y reformular la manera de presentarlas a los estudiantes. También debemos considerar que nos alejamos del planteo original de Newton dado que lo que él expresa en la PL es diferente a la situación donde la fuerza resultante es igual al cero, es el caso especial en que cada fuerza vale cero (o sea, no hay fuerzas actuando sobre el objeto).

Consideramos necesario discutir un tipo de situación que muchas veces aparece relacionada a la PL: las relacionadas a la propiedad de inercia de los cuerpos. En algunos libros, luego de enunciar la PL se

presenta la inercia como *la tendencia natural de un cuerpo a permanecer en reposo o movimiento rectilíneo uniforme* y en general se dan ejemplos que están relacionados a Sistemas de Referencia No Inerciales, presentando situaciones del tipo "si estamos sentados sobre un auto que arranca sentimos que nos vamos para atrás, eso es por la inercia". En estos casos no se discute el significado de la PL sino que se trabaja sobre el concepto de inercia. Esto podría deberse a la tendencia a buscar causas y así presentar a la inercia como la causa "necesaria" para explicar que los cuerpos permanecen en reposo o movimiento rectilíneo uniforme.

Hasta aquí discutimos algunos de los posibles enunciados e interpretaciones de la PL, es decir hemos analizado la PL según su significado. Considerando las dificultades que se presentan al realizar esta tarea podemos tomar otro camino: analizar la PL según su *rol en la teoría*.

El rol de la PL en la teoría es el de definir en qué sistemas de referencia es válida la mecánica newtoniana. Para clarificar esta afirmación comencemos analizando la PL en la formulación original de Newton "Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser en tanto que sea obligado por fuerzas impresas a cambiar su estado" en la primera frase se establece el estado en que un cuerpo permanece: con velocidad constante, y en la segunda frase, luego de *a no ser en tanto*, el tipo de movimiento si una fuerza actúa sobre él: con aceleración.

Si que un cuerpo esté aislado es condición suficiente para que su velocidad sea constante, se deduce que si la velocidad no es constante el cuerpo en movimiento no es aislado. Velocidad no constante implica que hay aceleración. Por lo tanto la aceleración está necesariamente conectada con algo externo que actúa sobre el cuerpo, la "fuerza" tiene las propiedades requeridas en la PL para ser agente; por lo tanto cuando hay aceleración debe haber una fuerza y viceversa.

El problema surge en aquellos sistemas donde aparece una aceleración pero no podemos identificar de qué interacción proviene la fuerza, por supuesto aquí se mezcla la tercera ley de Newton ya que estamos asumiendo que cualquier fuerza debe provenir de la interacción entre dos objetos. La PL por un lado, declara la existencia de ciertos sistemas de donde todas las partículas libres se ven como si estuvieran en reposo o con movimiento rectilíneo uniforme, y por otro lado constituye una definición de lo que conocemos como sistema de referencia inercial. Esta manera de comprender la PL ha sido la más aceptada por los físicos en el último siglo. En este punto es interesante destacar que ninguno de nuestros estudiantes conocía ésta última interpretación de la PL.

A la hora de enseñar la PL es importante tener en claro las decisiones que se toman, considerando para ello el nivel al que estará dirigida. Esto lo notamos en dos libros del mismo autor que para la enseñanza preuniversitaria la enuncia: "Un objeto se moverá a velocidad constante en magnitud y dirección a menos que sobre él actúe una fuerza neta distinta de cero" (Serway y Vuille, 2007) y para la enseñanza superior: "Si un objeto no interactúa con otros objetos, es posible identificar un sistema de referencia en el cual la aceleración del objeto es cero. Ese sistema de referencia es llamado Sistema de referencia inercial" (Serway y Jewett, 2014).

En el caso de la Segunda ley (en adelante SL) encontramos que en los libros de texto se le asignan diferentes significados: como una definición de fuerza, suponiendo conocido el significado de masa; como una definición de masa, suponiendo conocido el significado de fuerza o como una relación causal entre fuerza y aceleración.

Sin entrar en la discusión respecto de las definiciones en relación a la SL sólo se discutieron cuestiones iniciales referidas a la causalidad. Hemos decidido trabajar sobre esta cuestión especialmente porque al introducir los contenidos de Dinámica luego de los de Cinemática es habitual escuchar en las clases y encontrar en los textos frases del tipo "ahora nos ocuparemos de la *causa* de la aceleración: la fuerza". Creemos que una discusión inicial sobre la SL puede colaborar a ilustrar diferentes alternativas además del operacionalismo con el que suele ser abordada. En la Tabla II se presentan los enunciados de la SL que se trabajaron con los estudiantes.

**TABLA II.** Enunciados utilizados de la Segunda ley de Newton.

<b>Enunciados de la Segunda ley de Newton</b>
La fuerza resultante ejercida sobre un cuerpo es igual al producto de su masa por la aceleración que la fuerza le produce. $\sum \vec{F} = m\vec{a}$
La aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza que actúa sobre el e inversamente proporcional a su masa. $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$
La fuerza que actúa sobre un cuerpo es proporcional a su aceleración y la constante de proporcionalidad es la masa del cuerpo. $\vec{F} = m\vec{a}$
La fuerza sobre una partícula es igual a la razón de cambio de su momento lineal. $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ . Si la masa es constante $\vec{F} = m\vec{a}$

Respecto del rol de la causalidad en la SL podríamos definir tres posturas: la que supone a la fuerza como causa de la aceleración, la que supone a la aceleración como causa de la fuerza y la que considera que no hay relación causal sino que la ley expresa la proporcionalidad entre ambas magnitudes. En cuanto a esto es importante reflexionar sobre las tres para poder tomar una posición al enseñarlas y enunciar la ley de manera consecuente con esa posición. En la formación de profesores es interesante cuestionar la causalidad que está implícita en la forma tradicional de enunciar la SL presentando alternativas no causales.

En la enseñanza en los primeros años del nivel secundario existen diversas razones por las que un profesor podría elegir presentar la SL de manera causal. Por un lado, en el caso de la experimentación nos resulta más sencillo pensar en "ejercer una fuerza" que en "ejercer una aceleración" por el significado de ambos términos en el lenguaje cotidiano, ya que fuerza está directamente relacionado a empujar o tirar. Por otro lado, aunque la Física se haya ido desprendiendo de los "por qué" para concentrarse más en las estructuras de las relaciones que simbolizan el "cómo" sobre el funcionamiento del mundo, es cierto que en el pensamiento cotidiano, en relación a la dinámica, se considera que las fuerzas son las causas por excelencia.

Respecto de la Tercera ley (en adelante TL) la primera cuestión a considerar es que Newton declara la existencia de los pares de fuerzas provenientes de las interacciones, ésta es la única característica sobre la naturaleza de las fuerzas que menciona en su teoría.

**TABLA III.** Enunciados utilizados de la Tercera ley de Newton.

Enunciados de la Tercera ley de Newton	Interpretación
Para cada acción existe siempre una reacción igual pero en sentido opuesto.	<i>Enunciados que dan cuenta de causalidad</i>
Cuando un objeto ejerce una fuerza sobre otro objeto (acción), el segundo objeto ejerce sobre el primero una fuerza (reacción) igual, en igual dirección, pero en sentido opuesto.	
Siempre que dos cuerpos interactúan, la fuerza $F_{21}$ que el primer cuerpo (1) ejerce sobre el segundo (2) es igual y opuesta a la fuerza $F_{12}$ que el segundo (2) ejerce sobre el primero (1). $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$	<i>Enunciados que refieren a interacción</i>
Las fuerzas de interacción entre dos partículas (sistema) son siempre de igual módulo, de igual dirección (recta de acción) y de sentidos opuestos.	
Las fuerzas se presentan siempre en parejas. Si el cuerpo A ejerce una fuerza sobre el cuerpo B, éste ejerce simultáneamente sobre A una fuerza de igual módulo y dirección pero en sentido opuesto.	<i>Enunciado que refiere a interacción simultánea.</i>
Para un sistema aislado formado por dos cuerpos, en cualquier intervalo de tiempo $\Delta t$ , la conservación del momento lineal se expresa como : $\Delta(m\vec{v})_1 = -\Delta(m\vec{v})_2$ por lo tanto $\vec{F}_{2sobre1}\Delta t = -\vec{F}_{1sobre2}\Delta t$ entonces $\vec{F}_{2sobre1} = -\vec{F}_{1sobre2}$	<i>Definida mediante la conservación del momento lineal para un sistema aislado</i>

En general los enunciados que utilizan los nombres de acción y reacción para designar a ambas fuerzas indican una relación causal. Estos nombres dan la idea de intencionalidad, que parece aceptable cuando pensamos en ejemplo en mover un mueble o tirar una pelota, sin embargo es complejo sostener este tipo de argumentos al referirnos a interacciones como las gravitatorias o las magnéticas donde no aparece ningún sujeto que sea capaz de actuar de manera intencionada. Esto puede solucionarse al hablar de *interacciones* ya que éste término no involucra una dimensión temporal ni intencional.

Sea cual fuese la formulación que hagamos de la TL, en todos los casos hablamos de dos cuerpos que interactúan y de fuerzas aparecen de a pares, con cada una de las fuerzas que compone ese par actuando sobre cuerpos diferentes. Este es un tema central para la enseñanza, porque sabemos que los estudiantes muchas veces identifican como par de interacción el Peso y la Normal. También es cierto que en los cursos de Física suele enfatizarse mucho sobre el "diagrama de cuerpo libre" donde pareciera que los demás cuerpos involucrados en las interacciones nada tienen que ver. En este sentido la TL es una herramienta muy útil, dado que es a partir de las interacciones que podemos construir el diagrama de cuerpo libre de un objeto, asignando una fuerza sobre ese objeto siempre que podamos identificar cuál es el otro objeto presente en la interacción.

### C. Posibles secuencias

Luego del análisis sobre cada ley trabajamos con los estudiantes diferentes secuencias posibles para enseñarlas en el aula. Se propusieron secuencias que suponían alterar el orden, por ejemplo dar primero la TL, luego la SL y luego la PL; dar dos leyes en lugar de una; combinar diferentes formas de enunciar las tres leyes de manera de conservar una coherencia interna entre ellas. Para finalizar se propuso a los

estudiantes repensar su propuesta original de las Leyes de Newton. Es interesante aclarar que todos reformularon su propuesta. Si bien la mayoría se mostró muy interesado sobre la posibilidad de considerar la PL como aquella que delimita los sistemas de referencia en la que es válida la teoría ninguno eligió esa formulación como una opción para enseñar en el secundario.

#### IV. COMENTARIOS FINALES

Las tres Leyes de Newton están imbricadas y constituyen un sistema coherente donde ninguna de ellas puede ser separada de las demás, forman una unidad indisoluble donde el sentido aparece a partir del análisis de las tres en conjunto (Swartz, 1998).

Con esta actividad quisimos que los estudiantes comenzaran a mirar el contenido a enseñar, en este caso las Leyes de Newton, con nuevos ojos. Un trabajo como el descripto colabora a incorporar la idea de que lo que enseñamos es siempre una adaptación de los enunciados originales de Newton, ya que en el tiempo que ha pasado desde la publicación de los *Principia* los supuestos han sido revisados, reformulados e incluso algunos descartados. Es muy interesante la propuesta de Flichman (2001) donde se presenta una manera completamente distinta de entender las Leyes de Newton; esta propuesta fue trabajada con los estudiantes durante la clase pero no ha sido comentado en el presente trabajo.

#### REFERENCIAS

Flichman, E.H. (2001). Formulación y problemas epistemológicos de las Leyes de Newton. *Memorias XI Jornadas de Epistemología e Historia de la Ciencia*.

Furió, M.C.J. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), pp. 188-199.

Khiari, C. (2011). Newton's laws of motion revisited: some epistemological and didactic problems. *Latin American Journal of Physics Education*, 5 (1), pp. 10-15.

Lopes Coelho, R. (2007). The law of inertia: how understanding its history can improve physics teaching. *Science & Education*, 16 (9-10), pp. 955-974.

Lopes Coelho, R. (2009). On the web of the law of inertia. IHPST Tenth International Conference, Notre Dame University, Notre Dame, IN, USA. Recuperado de <http://www3.nd.edu/~ihpst09/papers/IHPST-Coelho-On%20the%20Law%20of%20Inertia-2009-6-26.doc>.

Miguel, O. (1986). Análisis comportamental de las leyes de Newton. *Enseñanza de las ciencias*, 4(1), pp. 51-55.

Newton, I. (1987). *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*. Trad. Rada García, Eloy. Madrid: Alianza Editorial.

Paruelo, J. (2003). Enseñanza de las ciencias y filosofía. *Enseñanza de las ciencias*, 21 (2), pp. 392-335.

Santavy, I. (1986). Newton's first law. *European Journal of Physics*, 7, pp. 132-133.

Sebastiá, J. M. (2013). Las Leyes de Newton de la mecánica: Una revisión histórica y sus implicaciones en los textos de Enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 27, pp. 199-217.

Serway, R. A. y Jewett, J. (2007). *Physics for Scientists and Engineers*. Belmont: Thompson Learning.

Serway, R. A. y Vuille, C. (2014). *Essentials of College Physics*. Boston: Brooks Cole Pub. Co.

Swartz, C. (1998). Trinity sure I, II y III. *The Physics Teacher*, 36, pp. 391, 456 y 544.