Uso de la historia en la enseñanza de la física en los libros de texto de Ciencias 2 para segundo de secundaria

Irma Miguel Garzón[1,2], Josip Slisko[3]
[1]*Universidad Politécnica de Amozoc, Calle Madero No 5, Amozoc, Puebla, México*
[2]*Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Avanzada de Instituto Politécnico Nacional. Legaria 694, Col. Irrigación, Del. Miguel Hidalgo, C. P. 11500, México D. F.*
[3]*Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Ciudad Universitaria.*

E-mail: irmamiguel@hotmail.com, jslisko@fcfm.buap.mx

(Recibido el 10 de Enero de 2010; aceptado el 30 de Octubre de 2010)

Resumen

Este artículo presenta un análisis del episodio histórico sobre el experimento de plano inclinado realizado por Galileo, que se presenta en los libros de texto de Ciencias 2 para segundo de secundaria, usados en las secundarias públicas de México y que están aprobados por la SEP. Se analiza la veracidad histórica de la presentación del episodio histórico correspondiente al experimento del plano inclinado. El análisis se lleva a cabo considerando el planteamiento del bloque 1, contenido en el curriculum de secundaria, ya que este bloque es el que incluye la unidad sobre Galileo. Se usa una muestra de 7 libros para este análisis.

Palabras clave: Requisitos de veracidad histórica, plano inclinado, movimiento de caída libre.

Abstract

This paper presents a study about the way Galileo experiment for inclined plane is presented in secondary school level textbooks which are used in México secondary schools and are approved for SEP (Public Education Secretary). Historical veracity of the historical episode presentation corresponding to Galileo experiment is performed. This revision is carried out considering first block description that is present in the secondary level curriculum since this block includes Galileo experiment for free fall. Sample includes 7 textbooks.

Keywords: Historical veracity requirements, inclined plane, free fall movement.

PACS: 01.40.-d, 01.40.E-, 01.40.ek **ISSN 1870-9095**

I. INTRODUCTION

El nivel educativo de secundaria es el último nivel educativo obligatorio en nuestro país. Por esta razón, es muy importante que los estudiantes tengan un aprendizaje adecuado de la física en esta etapa. Este aprendizaje puede lograrse de dos formas: la primera, haciendo física y la segunda, teniendo acceso a los episodios históricos de la física, para que puedan desarrollar una visión de la física que les permita ubicar la construcción del conocimiento científico como proceso cultural. Tal y como se establece en la Reforma de Secundaria [1]. Por lo anterior, es fundamental que sea adecuada la presentación de episodios históricos en los libros de ciencias 2, que se usan en las secundarias públicas de nuestro país y que están aprobados por la SEP. Para lograr este objetivo, se cuenta con diversos trabajos de investigación educativa referentes a la inclusión de aspectos históricos en los libros de texto y que se consideran para el trabajo presentado en este artículo.

Este artículo presenta el análisis del episodio histórico sobre el experimento del plano inclinado, que realizó Galileo para comprobar su hipótesis acerca del movimiento de caída libre.

II. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

La historia de las ciencias y sus implicaciones en la enseñanza de la ciencia es una línea de investigación e innovación educativa que se inició en la Universidad de Harvard, donde en 1970, Holton, Watson y Rutheford [2], emprendieron el programa denominado Project Physics, mismo que marcó un hito en lo que a enseñanza de la física se refiere, ya que además de contemplar al estudiante como un individuo con múltiples y diferentes habilidades, enfatizaba el uso de la historia en la enseñanza de la física. La investigación educativa acerca del uso de la historia en la enseñanza de la física, tiene varios representantes. Nos referiremos primero a los autores que recomiendan el uso de

la historia en la enseñanza de la física, luego nos referiremos a los autores que muestran cómo hacer uso de la historia en esta enseñanza.

En primer lugar, tenemos al profesor Matthews [3], cuyo trabajo es una referencia indispensable si se trata de hablar del uso de la historia en la enseñanza de la física, ya que relata el trabajo de autores pioneros en el uso de la historia en la enseñanza de las ciencias. Tal es el caso de James B. Connant, quien siendo presidente de la Universidad de Harvard, fue dominante con sus aproximaciones históricas, de las que destaca: " Understanding Science: An historical approach" (1947). Sus dos volúmenes, *Harvard case histories in experimental science,* se convirtieron en libro de texto de muchos cursos de ciencias. Matthews habla del proyecto 2061 propuesto en 1985 por la AAAS (American Association for the Advancement of Science), y dice que se trató de un proyecto encaminado a elevar el interés por la ciencia en escuelas e institutos. También dice que dicho proyecto coincidía considerablemente con el NCC (National Curriculum Council de Gran Bretaña) respecto a la necesidad de que las ciencias en la primaria y en la secundaria, estén más contextualizadas, sean más históricas y más filosóficas o reflexivas. Más adelante indica que Bernard Cohen, destacado historiador de la ciencia de Harvard, apoyó la introducción de la historia en la enseñanza de las ciencias. Organizó un simposio sobre este tema en la conferencia anual de 1950 de la AAPT (American Association of Physics Teachers), contribuyendo con la conferencia principal titulada: " A Sense of History in Science", donde abordó algunos tratamientos convencionales de episodios históricos e indicó las numerosas inexactitudes cometidas en ellos. Luego, Matthews comenta que en gran Bretaña se ha realizado un esfuerzo por incluir la historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. Esta tradición ha sido documentada por Jenkins y Sherratt [2] y según Jenkins, la primera referencia data de 1855, cuando el Duque de Argyll, en su discurso presidencial dijo:<< Lo que buscamos en la formación de los jóvenes no es tanto los meros resultados como los métodos y, sobre todo, la historia de la ciencia>>. Ahí mismo, Mach y otros que pensaban como él argumentaron que para comprender un concepto teórico era necesario comprender su desarrollo histórico; el conocimiento era necesariamente histórico.

Matthews también cita a Whitaker quien habla de la <<casi historia>> como el <<resultado de numerosos libros de autores que han sentido la necesidad de dar vida a sus explicaciones de [estos episodios] con un poco de contenido histórico, pero que de hecho han reescrito la historia acomodándola paso a paso con la física>>. Ante este asunto de la <<casi historia>>, Matthews señala que es un asunto complejo ya que la objetividad en la historia es un asunto, en principio, imposible, dado que la historia no se presenta tal cual es a los ojos del espectador; tiene que ser construida. Ante todo esto, Matthews recomienda: seleccionar los materiales y las fuentes; formular las cuestiones y tomar decisiones sobre las contribuciones relevantes de factores internos y externos en el cambio científico. Estos aspectos están influidos no solo por aspectos sociales, sino también por la teoría o la filosofía de la ciencia y por esto concluye que así como la filosofía de la ciencia está vacía sin la historia de la ciencia, la historia de la ciencia está ciega sin la filosofía de la ciencia.

Matthews cita la historia de la interpretación de los logros y la metodología de Galileo para ilustrar el problema de cómo la teoría afecta la forma en que los hechos y documentos históricos son considerados. Así por ejemplo, Mach dice que <<Galileo no nos suministró una teoría de la caída de los cuerpos, sino que investigó, sin ninguna opinión preconcebida, el hecho real de la caída>>. También menciona Matthews que Galileo fue considerado desde inductivista y empirista, baconiano, positivista y demás por filósofos y científicos del siglo XIX. Para Feyerabend, Galileo es la pieza clave en contra de la primacía de un único método científico [3].

Continuando con los autores que recomiendan el uso de la historia en la enseñanza de la física, no podemos dejar de mencionar a Gil Pérez D. [4], quien indica que su trabajo revisa "lo que la renovación de la enseñanza de las ciencias debe ya a la historia y a la filosofía de las ciencias y que podemos sintetizar en la idea de una creciente aproximación de las situaciones de aprendizaje a las de una actividad científica".

Por otro lado, Cornejo y López Arriazu [5], señalan que "los libros de texto son documentos históricos donde se reflejan la ciencia y la didáctica de cada época, junto a las vivencias experimentales por cada autor en su particular contexto socio-histórico.

Entre los autores que indican la forma en que debe usarse la historia en la enseñanza de las ciencias, está Gagliardi [6], quien dice que la historia de las ciencias y de la epistemología pueden ser utilizadas en la enseñanza de ciencias de diversas maneras y menciona que estas posibilidades no son excluyentes y se pueden ir desarrollando en la medida que la historia de las ciencias y la epistemología se introduzcan en la escuela. De esta manera, la escuela ya no es <<el lugar donde se aprende ciencia>>, sino, << el lugar donde se transforma el sistema cognitivo para poder aprender ciencia>>.

Otros autores importantes son Solves y Traver [7], quienes han llevado a cabo la enseñanza de conceptos de física usando historia de la ciencia y han reportado la forma en que lo hicieron, logrando una mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. En su artículo estos autores se plantearon como tema de trabajo la elaboración de materiales curriculares para la clase de física y química con la introducción de la historia de la ciencia. Según su hipótesis, es posible introducir aspectos de historia de la ciencia en la enseñanza de la física y la química para conseguir que los alumnos comprendan mejor la manera en que se construye y se desarrolla la ciencia y qué repercusiones sociales tienen estos acontecimientos. Los autores señalan que en Traver [8] presentan una muestra variada de actividades con un contenido y orientación históricos que trata de cubrir los temas más importantes del currículo de secundaria. Hacen la aclaración de que es posible realizar un tema completo que utilice el hilo conductor histórico para la introducción adecuada de un determinado concepto científico.

Por otra parte, Medina [9] ha realizado un estudio muy minucioso acerca de los libros que se usan actualmente para enseñar física en secundaria y señala que "los libros de texto y los profesores con frecuencia pueden enfatizar determinados aspectos de la ciencia que se transmiten de manera explícita o implícita a través del lenguaje y de actividades de enseñanza, como la resolución de situaciones problemáticas y el trabajo de laboratorio.".

Ahora bien, el currículo resultante de la Reforma de Secundaria [8], enfatiza el uso de la historia en la enseñanza de la física. Asi por ejemplo, el bloque I de Ciencias II, que se describe en la Reforma Integral de la Educación Secundaria, es el bloque que se refiere al experimento de Galileo para estudiar la caída libre, incluye varios aspectos y vemos a continuación los que se relacionan con nuestro estudio.

Dentro de los **Propósitos** del curso de Ciencias II, de la Reforma de Secundaria (página 24), el punto 5 propone:

Desarrollar una visión de la física que les permita ubicar la construcción del conocimiento científico como proceso cultural. Ello implica avanzar en la comprensión de que los conceptos que estudian son el resultado de un proceso histórico, cultural y social en el que las ideas y teorías, se han transformado, cambio que responde a la necesidad constante de explicaciones cada vez más detalladas y precisas de los fenómenos físicos.

Por otro lado, la **Descripción General de los Contenidos** del bloque I (página 25), dice así:

Bloque I. Aborda la percepción del mundo físico por medio de los sentidos, la idea del cambio, con base en la descripción del movimiento. El estudio de este fenómeno, desde la perspectiva histórica, brinda a los alumnos la oportunidad de identificar el proceso de estructuración del conocimiento científico.

Luego, en la **Organización de los Contenidos por Bloque** (páginas 26 y 27), el propósito número 2 señala el propósito de que los alumnos:

Valoren las repercusiones de los trabajos de Galileo acerca de la caída libre en el desarrollo de la física, en especial en lo que respecta a la forma de analizar los fenómenos físicos.

Por último, en la tabla que muestra los **Contenidos** y los **Aprendizajes esperados** (página 28)**,** en el tema 2 titulado: **El trabajo de Galileo una aportación importante para la ciencia,** el subtema 2.1 tiene como contenidos y aprendizajes esperados los siguientes:

contenidos	**Aprendizajes esperados**
2. El trabajo de Galileo: una aportación importante para la ciencia	
2.1. ¿Cómo es el movimiento de los cuerpos que caen? * Experiencias alrededor de la caída libre de objetos. * La descripción del movimiento de caída libre según Aristóteles. La hipótesis de Galileo. Los experimentos de Galileo y la representación gráfica posición-tiempo. * Las aportaciones de Galileo: una forma diferente de pensar.	*Identifica a través de experimentos y de gráficas, las características del movimiento de caída libre. *Aplica las formas de descripción y representación del movimiento analizadas anteriormente para describir el movimiento de caída libre. *Contrasta las explicaciones del movimiento de caída libre propuesta por Aristóteles con las de Galileo. *Valora la aportación de Galileo como uno de los factores que originaron una nueva forma de construir y validar el conocimiento científico basado en la experimentación y la reflexión de los resultados. *Analiza la importancia de la sistematización de datos como herramienta para la descripción y predicción del movimiento.

Como se mencionó antes, la inclusión de la historia en la enseñanza de la física, es una línea de investigación que inició ya hace un buen tiempo y ha sido llevada a cabo por varios investigadores en diferentes países. A partir de este hecho, se tiene la certeza de que es muy conveniente usar episodios históricos para enseñar los conceptos de física incluidos en el programa curricular de secundaria. Por lo tanto, es importante considerar el planteamiento incluido en la Reforma Integral de la Educación Secundaria y que ya se ha descrito arriba, ya que establece requerimientos específicos para los contenidos y su relación con los aprendizajes esperados.

Asimismo, para asegurar que éste uso de la historia en la enseñanza de la física sea realmente provechoso, se necesita que la presentación de los episodios históricos cumpla con requisitos mínimos de veracidad histórica, adecuación cognitiva y estructura didáctica.

Por ahora solo nos ocuparemos del aspecto de veracidad histórica y este proceso de verificación se describe detalladamente en el apartado siguiente.

III. EXPERIMENTO DE GALILEO

Tomando en consideración el marco teórico descrito en el apartado anterior, así como las especificaciones del bloque I sobre el trabajo de Galileo presentes en la Reforma de Secundaria, se revisa ahora la forma en que se presenta el experimento del plano inclinado, realizado por Galileo y que se incluye en el Bloque I de los libros de Ciencias 2. Se analiza una muestra de 7 libros de Ciencias 2 para segundo de secundaria que se utilizan en las secundarias públicas de nuestro país y que están aprobados por la SEP. Se analizan aspectos de veracidad histórica de la presentación del experimento del plano inclinado que realizó Galileo para caída libre, que se presenta en cada libro de la muestra.

III.1 Análisis del Experimento de Galileo

Para realizar el análisis del experimento de Galileo en cada libro de texto, empezamos formulando las preguntas siguientes:

¿Qué hizo Galileo?
¿Para qué lo hizo?
¿Cómo lo hizo?

Entonces necesitamos a revisar la descripción que el mismo Galileo hace de su experimento [10] y es como sigue:

"*En un listón o, lo que es lo mismo, en un tablón de una longitud aproximada de doce codos, de medio codo de anchura más o menos y en espesor de tres dedos, hicimos una cavidad o pequeño canal a lo largo de la cara menor, de una anchura de poco más de un dedo. Este canal, tallado lo más recto posible, se había hecho enormemente suave y liso, colocando dentro un papel de pergamino lustrado al máximo. Después hacíamos descender por él una bola de bronce muy dura, bien redonda y pulida. Habiendo colocado dicho listón de forma inclinada, se elevaba sobre la horizontal una de sus extremidades, hasta la altura de uno o dos codos, según pareciera, y se dejaba caer (como he dicho) la bola por dicho canal, tomando cuenta como en seguida he de decir del tiempo que tardaba en recorrerlo todo.*

Repetimos el mismo experimento muchas veces para asegurarnos bien de la cantidad de tiempo y pudimos constatar que no se hallaba nunca una diferencia ni siquiera de la décima parte de una pulsación. Establecida exactamente esta operación, hicimos que esa misma bola descendiera solamente por una cuarta parte de la longitud del canal en cuestión. Medido el tiempo de la caída, resulta ser siempre, del modo más exacto, precisamente la mitad del otro.

Haciendo después el experimento con otras partes, bien el tiempo de la longitud completa con el tiempo de la mitad, con el de dos tercios, con el de ¾ o con cualquier otra fracción, ***llegábamos a la conclusión, después de repetir tales pruebas un y mil veces, que los espacios recorridos estaban entre sí como los cuadrados de sus tiempos****. Esto se podía aplicar a todas inclinaciones del plano, es decir, del canal a través del cual se hacía descender la bola. Observamos también que los tiempos de las caídas por diversas inclinaciones del plano guardan entre sí de modo riguroso una proporción que es... la que les asignó y demostró el autor.*

En lo que a la medida del tiempo se refiere, empleamos una vasija grande llena de agua, sostenida a una buena altura y que, a través de un pequeño canal muy fino, iba vertiendo un hilillo de agua, siendo recogido en un vaso pequeño durante todo el tiempo en que la bola descendía, bien por todo el canal o sólo por alguna de sus partes. Se iban pesando después en una balanza muy precisa aquellas partículas de agua recogidas del modo descrito, con lo que las diferencias y proporciones de los pesos nos iban dando las diferencias y las proporciones de los tiempos. Ocurría esto con tal exactitud que, como he indicado, tales operaciones, repetidas muchísimas veces, jamás diferían de una manera sensible."

En principio, Galileo supone que la caída libre es un movimiento uniformemente acelerado y busca la forma de verificar esta hipótesis. Una manera posible de verificar esta hipótesis directamente sería averiguar cómo cambia la velocidad instantánea de un cuerpo en caída libre y verificar si en intervalos iguales de tiempo el aumento de velocidad es el mismo. Otra manera de hacer la comprobación directa sería averiguar cómo cambia la distancia recorrida y verificar si los caminos recorridos son proporcionales a los cuadrados de los tiempos transcurridos.

La realidad era que ninguna de estas posibilidades era viable en la época de Galileo, ya que ni siquiera se disponía de un reloj preciso. Por eso, Galileo ataca el problema por otro camino, considerando un movimiento que sin ser caída libre, se presta a la experimentación usando los materiales e instrumentos disponibles en su época. Se trata del movimiento sobre un plano inclinado en el que las velocidades alcanzadas son mucho menores que las de la caída libre y por eso es posible realizar las mediciones de tiempos empleados y distancias recorridas.

De la descripción que hace Galileo de su experimento, vemos que debido a que no había forma de medir el tiempo de la caída libre, usó una rampa inclinada para estudiar el movimiento de caída libre. Además, Galileo usó la rampa inclinada para comprobar la hipótesis que ya tenía acerca de que el movimiento de caída libre es un movimiento uniformemente acelerado, pues el modelo matemático para este tipo de movimiento ya existe y realiza el experimento del plano inclinado para ver si el movimiento de caída libre sigue este modelo matemático.

Para comprobar esto último es que Galileo explica que después de haber tomado el tiempo de un descenso completo, hizo que esa misma bola descendiera una cuarta parte de la longitud del canal (parte subrayada de la descripción).

Es decir, Galileo no solo indica que repitió varias veces el recorrido de la bola de bronce sobre la rampa, sino que indica claramente las longitudes de los recorridos que usó y que fueron seleccionadas de forma que pudiera comprobar que las longitudes recorridas y los tiempos requeridos para completar tales recorridos estaban relacionadas de acuerdo al modelo matemático del movimiento uniformemente acelerado (parte en negritas en la descripción). O sea, si para recorrer toda la rampa, la bola tardaba un tiempo t, entonces para recorrer un cuarto de la longitud total de la rampa, requería solo la mitad de t. Es decir, las distancias recorridas son proporcionales a los cuadrados de los tiempos transcurridos. Resumiendo, Galileo realizó el experimento del plano inclinado seleccionando longitudes de recorridos, que le permitieron comprobar su hipótesis de que el movimiento de caída libre es un movimiento uniformemente acelerado.

Ahora bien, Galileo indica que los resultados obtenidos, se podían aplicar a todas las inclinaciones del plano. Aquí podríamos preguntarnos…¿ porqué interesaba a Galileo experimentar con diferentes inclinaciones del plano?. Pues porque si la inclinación aumentaba hasta estar cerca de 90º y se cumplía la misma relación entre distancia recorrida y tiempo transcurrido, entonces la inclinación de 90º correspondiendo precisamente a la caída libre, indicaría que el movimiento de caída libre seguía el modelo del movimiento uniformemente acelerado, con lo cual quedaba demostrada su hipótesis inicial.

Se puede resumir la gran hazaña de Galileo al realizar su experimento con el plano inclinado de la siguiente manera [9]:

1) Demostró, para una inclinación del plano, que el movimiento de la esfera sobre el plano inclinado es un movimiento uniformemente acelerado.

2) Demostró que se obtiene la misma conclusión para inclinaciones mayores.

3) Supuso que se tendría la misma conclusión para el ángulo de 90º. Siendo el movimiento sobre ese plano vertical correspondiente al de caída libre, resultaba muy probable que este movimiento fuera uniformemente acelerado.

A partir de este resumen, se obtienen las siguientes preguntas para analizar la veracidad histórica del episodio correspondiente al experimento de Galileo para el plano inclinado y que se contestan para cada libro.

1) ¿Es aceptable la descripción del contexto de realización del experimento?, es decir, se menciona que Galileo desea comprobar que el movimiento de caída libre es un movimiento uniformemente acelerado. Es decir, Galileo quiere ver si el movimiento de caída libre sigue el modelo modelo matemático que ya existe para este tipo de movimiento.

2) ¿Está presente la hipótesis que toma Galileo como punto de partida para realizar el experimento?, es decir, "la caída libre es un movimiento uniformemente acelerado" y realiza el experimento para probar su hipótesis.

3) Es aceptable en cuanto a la descripción del equipo utilizado?, es decir, ¿se menciona cuáles son los elementos y cómo son?, ¿se menciona cuáles son las dimensiones y características físicas de la rampa utilizada y de los otros instrumentos que indica detalladamente Galileo?, ¿se menciona el uso de la clepsidra para medir el tiempo transcurrido?

4) Está presente la conexión entre el experimento y el problema original?. Es decir, ya que no se puede medir el tiempo transcurrido en el movimiento de caída libre, directamente, se usa un plano inclinado para estudiar el movimiento uniformemente acelerado.

Los libros analizados en base a estas cuatro preguntas son 7 y se presenta su análisis a continuación.

Libro 1: ENERGÍA, Secundaria, Segundo grado; Autor: Héctor Covarrubias. Editorial sm, 2ª Ed. 2008.

Contexto de realización del experimento: Aceptable parcialmente. En el segundo párrafo de la página 55 dice… "con el fin de conocer en detalle el movimiento, Galileo decidió hacer medidas de tiempos y magnitudes de desplazamiento, para lo cuál ideó una manera de medir intervalos de tiempo muy breves….". En el siguiente párrafo de la misma página, dice… "Galileo resolvió el problema al hacer que el movimiento se llevara a cabo lentamente; en vez de dejar caer el objeto verticalmente, hizo rodar una bola de bronce sobre una tabla acanalada que tenía una cierta inclinación".

Hipótesis de Galileo: En ningún lado indica que Galileo realizó el experimento para ver si el movimiento de caída libre seguía el modelo del movimiento uniformemente acelerado. Por lo tanto, la hipótesis inicial de Galileo está ausente.

Descripción del equipo: Inaceptable. Es muy imprecisa la descripción que menciona el autor. En el tercer párrafo de la página 55, dice… "Galileo resolvió el problema al hacer que el movimiento se llevara a cabo lentamente; en vez de dejar caer el objeto verticalmente, hizo rodar una bola de bronce sobre una tabla acanalada que tenía una cierta inclinación". No menciona las dimensiones ni características físicas de la rampa, ni de la bola de bronce.

Conexión entre problema original y experimento. Presente en el tercer párrafo de la página 55, dice que… "Galileo resolvió el problema al hacer que el movimiento se llevara a cabo lentamente; en vez de dejar caer el objeto verticalmente, hizo rodar una bola de bronce sobre una tabla acanalada que tenía una cierta inclinación".

Libro 2: Ciencias 2, Autor: José Antonio Chamizo. Editorial Esfinge. 2ª Ed., 2008.

Contexto de realización del experimento: Inaceptable. En la página 53, el autor dice en el subtítulo *Las aportaciones de Galileo: una forma diferente de pensar* "En la defensa de sus ideas, Galileo empleó un argumento equivalente: Tómense tres objetos idénticos, por ejemplo tres bolas de arcilla o plastilina. Júntense ahora dos de ellas, de manera que se tenga una bola del doble de masa que la otra y déjeseles caer…y caerán juntas, recorriendo la misma distancia en el mismo tiempo. Despreciando las diferencias del rozamiento con el aire, mil bolas caerán juntas al mismo tiempo que una sola. ¿Estás de acuerdo con esto? ¿Por qué?. Una vez establecidos estos principios, y después de minuciosos experimentos, Galileo caracterizó al movimiento de caída libre como movimiento uniformemente acelerado…"

Hipótesis de Galileo: Ausente. En ningún lado menciona el autor que Galileo suponía que el movimiento de caída libre era un movimiento uniformemente acelerado.

Descripción del equipo utilizado: Inaceptable. No menciona el autor las dimensiones y características físicas de los materiales usados.

Conexión entre problema original y experimento: Presente. En la página 56 menciona el autor "construyó un aparato que disminuía la aceleración para así estudiar de mejor manera la caída de los cuerpos. El aparato que Galileo construyó para estudiar la caída de los cuerpos fue el plano inclinado".

Libro 3: Ciencias 2 Física 2, Santillana Ateneo. Natasha Lozano de Zwan. Editorial Santillana, 1ª. Ed. 2009.

Contexto de realización del experimento: Inaceptable. En la página 32 dice…"Una pregunta que tal vez se hizo Galileo fue: ¿cómo puedo medir las magnitudes de distancia y tiempo en la caída libre de un objeto?¿Qué haré para saberlo? Aristóteles no se planteó esta pregunta, pero Galileo tenía un gran reto. El no contaba con instrumentos precisos como los cronómetros de tu laboratorio, y tuvo que diseñar un experimento que aumentara el tiempo de la caída. Se le ocurrió construir una tabla acanalada por la cual dejaría rodar esferas metálicas. Fue muy cuidadoso de que el canal y la esfera estuvieran *muy lisos*…"

Como puede verse, la autora no menciona que Galileo desea comprobar que el movimiento de caída libre es un movimiento uniformemente acelerado y para eso es que realiza este experimento.

Hipótesis de Galileo: Ausente. En la página 33, la autora dice:" ¿Cómo lo evidencio y lo comunico? Para responder a esta pregunta, Galileo tuvo que analizar los datos de sus experimentos y obtener conclusiones a partir de ellos. Pero si representas los datos anteriores en una gráfica,

obtienes una serie de puntos por los que no se puede pasar una línea recta que también contenga al origen. Cuando Galileo se dio cuenta de esto, concluyó, como lo harías tú también, que no podía tratarse de un movimiento con velocidad constante aunque él no lo expresó de esta manera. Es decir, *descubrió* que en la caída libre, que es como se conoce a este tipo de movimiento, debe ocurrir un cambio de velocidad."

Descripción del equipo utilizado: Inaceptable. En la página 32, la autora dice: "Galileo tenía un gran reto. El no contaba con instrumentos precisos como los cronómetros de tu laboratorio, y tuvo que diseñar un experimento que aumentara el tiempo de la caída. Se le ocurrió construir una tabla acanalada por la cual dejaría rodar esferas metálicas. Fue muy cuidadoso de que el canal y la esfera estuvieran *muy lisos*…". No menciona dimensiones de la rampa, menciona las características de la clepsidra en la página 33, pero no indica que se usó para medir el tiempo durante el experimento.

Conexión entre problema original y experimento: Presente. En la página 32, la autora dice: "Galileo tenía un gran reto. El no contaba con instrumentos precisos como los cronómetros de tu laboratorio, y tuvo que diseñar un experimento que aumentara el tiempo de la caída. Se le ocurrió construir una tabla acanalada por la cual dejaría rodar esferas metálicas."

Libro 4: Ciencias 2. Autores: Segura, Riveros, Chiu, Ibáñez. Ed. Patria, 2ª ed. 2008.

Contexto de realización del experimento: Aceptable, en la página 58 los autores dicen…"Él intuyó que en algunos movimientos, como en éste, se daban cambios iguales de velocidad en tiempos iguales, y que el peso no influía en la velocidad de la caída, sino, en todo caso, en hacer despreciable la resistencia del aire".

Hipótesis de Galileo: Presente de manera imprecisa: en la página 58 los autores mencionan..."Él intuyó que en algunos movimientos, como en éste, se daban cambios iguales de velocidad en tiempos iguales".

Descripción del equipo utilizado: Parcialmente aceptable e impreciso: En la página 58, los autores dicen…" Lo asombroso en los experimentos que realizó Galileo es que la tecnología con que se contaba en aquella época era muy limitada como para poder experimentar con caídas libres así que empleó un reloj de agua, planos inclinados de madera y bolas pulidas. ". Como puede verse, los autores no mencionan dimensiones ni características de los materiales utilizados en el experimento.

Conexión entre problema original y experimento: Presente pero imprecisa. En la página 58 los autores preguntan…" ¿Por qué Galileo empleó planos inclinados para medir la velocidad de caída libre y no lo hizo desde una torre? Pues, porque en ésta la caída es muy rápida y no contaba con un instrumento para medir el tiempo de manera exacta, **por lo que usó dos pesos diferentes que cayeron iguales.** De esta forma, el asumió que el movimiento en un plano con cierto ángulo de inclinación es similar a una caída libre, cuando el ángulo de inclinación llega a 90º." La parte imprecisa de esta conexión entre problema original y experimento, se marcó en negritas.

Libro 5: Ciencias 2, Física. Autor: Ana Martínez. Ed. Mc Millan, 2ª. Ed. 2007.

Contexto de realización del experimento: Inaceptable: En el primer párrafo de la página 46, la autora dice… "Galileo realizó experimentos cuidadosos en los cuales midió el tiempo que tardan en caer los objetos. Con esto acabó con la idea aristotélica de que un objeto que pesa dos veces más que otro debería caer dos veces más rápido que el objeto más ligero.". Luego en la parte denominada *Actividades,* la autora dice…"A principios de la etapa del renacimiento y como ya vimos, Galileo decidió medir la rapidez con que caen diferentes objetos: dejó caer al mismo tiempo dos objetos, uno más pesado que el otro, y midió cuidadosamente la rapidez con que caía cada uno." Puede observarse que la autora no menciona que Galileo desea comprobar que el movimiento de caída libre es un movimiento uniformemente acelerado y para eso es que realiza este experimento.

Hipótesis de Galileo: Ausente

Descripción del equipo utilizado: No existe descripción alguna del equipo utilizado en este libro.

Conexión entre problema original y experimento: Ausente.

Libro 6: Ciencia y Movimiento 2. Secundaria. Autores: Alejandro Cortés y Yoshino Kamichica. Fernández Editores, 3ª. Ed. Mayo 2008.

Contexto de realización del experimento: Inaceptable. En la página 45, los autores mencionan lo siguiente: " Galileo realizó diversos experimentos con péndulos, planos inclinados y bolas lanzadas de diferentes maneras para estudiar sus movimientos; algunos de ellos fueron experimentos reales y otros fueron experimentos mentales o ideales. ". Por tanto, no se tiene un contexto aceptable de realización del experimento.

Hipótesis de Galileo: Ausente

Descripción del equipo utilizado: Aceptable. Existe en la página 47 una transcripción del experimento de Galileo, que incluye la descripción del equipo utilizado en y que es la que hace el mismo Galileo.

Conexión entre problema original y experimento: Ausente.

Libro 7: Ciencias 02, Física, Secundaria. Autores: Alejandro Ramos, Padilla, Torres y Contró. Ed. Ríos de tinta. 1ª Ed. 2009.

Contexto de realización del experimento: Inaceptable. En la página 50, los autores mencionan lo siguiente: "Para demostrar los errores de Aristóteles, a Galileo le bastó con tirar bolas desde una torre; no obstante, como dijimos, a pesar de que su teoría era correcta, las bolas no llegaban al suelo al mismo tiempo. Esto lo llevó a estudiar el movimiento mucho más a fondo, lo que significaba medir distancias y tiempo, Pero ¿cómo medir la altura de la Torre de Pisa con una regla de latón, o el tiempo que tarda la bola en caer con dos cubetas de agua? Por estas complicaciones es que hoy en día se considera el experimento del Plano Inclinado como uno de los más bellos de la Historia, ya que empleó solo un ángulo con el suelo y una tabla de unos siete metros con un canal muy bien pulido, y con esos elementos pudo dilucidar los secretos del movimiento y desmentir una

tradición de miles de años". Como puede verse, el texto anterior presenta un contexto inaceptable.

Hipótesis de Galileo: Ausente

Descripción del equipo utilizado: Inaceptable. En la página 49 hay una descripción de la clepsidra y su funcionamiento. En la página 50 los autores mencionan…" hoy en día se considera el experimento del Plano Inclinado como uno de los más bellos de la Historia, ya que empleó solo un ángulo con el suelo y una tabla de unos siete metros con un canal muy bien pulido, y con esos elementos pudo dilucidar los secretos del movimiento y desmentir una tradición de miles de años". Por lo tanto, es inaceptable la descripción del equipo utilizado.

Conexión entre problema original y experimento: Ausente.

III.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Del análisis anterior, puede verse que los libros de la muestra no satisfacen al 100% los requisitos de veracidad histórica planteados para el análisis, ya que algunos solo son satisfechos parcialmente y algunos no se satisfacen en absoluto. Entonces, para no caer en la casi historia mencionada por Mattews, resulta conveniente atender a sus recomendaciones en lo que respecta a seleccionar fuentes bibliográficas adecuadas y tomar en cuenta el trabajo de Solves y Traver para el desarrollo de material didáctico que incorpore aspectos históricos.

Por otra parte, Medina [9] ha realizado un estudio muy minucioso acerca de los libros que se usan actualmente para enseñar física en secundaria y señala que "los libros de texto y los profesores con frecuencia pueden enfatizar determinados aspectos de la ciencia que se transmiten de manera explícita o implícita a través del lenguaje y de actividades de enseñanza, como la resolución de situaciones problemáticas y el trabajo de laboratorio.".

Si nos referimos al señalamiento que hace Medina[9], podemos concluir que esta deficiencia parcial de veracidad histórica existente en las presentaciones del episodio histórico del experimento de Galileo en los libros de Ciencias II, tiene repercusiones negativas en el aprendizaje de la física, al enfatizar aspectos de la ciencia que son inexactos.

IV. CONCLUSIONES

Del anterior análisis, se concluye que mejorando la presentación que se hace del episodio histórico del experimento de Galileo para el plano inclinado, se contribuirá de manera importante al aprendizaje de la física por los estudiantes de secundaria, ya que completarán los otros aspectos de adecuación cognitiva y estructura didáctica necesarios y que en la mayoría de los casos parecen estar presentes. Ahora solo nos hemos limitado al aspecto de veracidad histórica. En cualquier caso, los criterios usados en el análisis anterior, pueden servir de guía para el mejoramiento requerido.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto del Bosque y en particular a la M. C. Efigenia Flores González por su valiosa colaboración para la realización del este trabajo, al proporcionar varios libros de la muestra.

REFERENCIAS

[1] Reforma de Educación Secundaria (Santillana, México, 2006).

[2] Holton, G., *The Project Physics Course – Notes on its educational philosophy*, Physics Education **11**, 330-335 (976).

[3] Matthews, M. R., *Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: La aproximación Actual*, Enseñanza de las Ciencias **14**, 255-277 (1994).

[4] Gil Pérez, D., *Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza aprendizaje como investigación*, Enseñanza de las Ciencias **11**, 197-212 (1993).

[5] Cornejo, J., *La enseñanza de la ciencia y la tecnología en la escuela argentina (1880-2000): un análisis desde los textos*, Enseñanza de las Ciencias **24**, 357-370 (2006).

[6] Gagliardi, R., *Cómo utilizar la Historia de Las Ciencias en la Enseñanza de las ciencias,* Enseñanza de las Ciencias **6**, 291-296 (1988).

[7] Solves, J. y Traver, M. J., *Resultados obtenidos introduciendo Historia de la Ciencia en las clases de Física y Química: Mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas*, Enseñanza de las Ciencias **19**, 151-162, (2001).

[8] Solves, J. y Traver, M. J., *La utilización de la Historia de las Ciencias en la enseñanza de la Física y la Química*, Enseñanza de las Ciencias **14**, 103-112 (1996).

[9] Medina. J. L., *Análisis del Programa de Estudios de Ciencias (énfasis en física, de secundaria), los libros de texto y la Competencia Científica de PISA*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 406-420 (2009).

[10] Slisko, J., *El encanto de pensar, (*Prentice Hall, México, 2007) pp. 109-116.