Uso del método científico experimental para aprendizajes significativos

Use of the Experimental Scientific Method for Significant Learning

Carlos Raúl Sandoval Alvarado,[1,*] Aurelio Alberto Tamez Murguía,[1] Jorge Mulia Rodríguez[1]

Recibido : 05 de octubre de 2023 Aceptado: 06 de diciembre de 2023

Resumen

¿Cuándo se considera que un conocimiento es científico? Mario Bunge exige que sea racional, sistemático, exacto, verificable y fiable. Basado en esto, es importante que los alumnos comprendan cómo se obtiene un conocimiento científico en una ciencia factual como lo es la Física. El uso del Método Científico Experimental proporciona la metodología adecuada para lograr que los alumnos descubran por ellos mismos cómo funciona la naturaleza, con la ayuda de sus teléfonos inteligentes como instrumentos de medición de variables físicas, y muchas aplicaciones de software libre que les permiten utilizar los sensores que tienen integrados en estos teléfonos; pueden instalar en ellos muchas aplicaciones para tabular datos, graficarlos, y realizar cálculos en forma rápida, y tomar fotos del arreglo experimental y videos del experimento. En este trabajo se utiliza una práctica sobre el período de oscilación de un Péndulo Simple como ejemplo de cómo se puede obtener conocimiento científico siguiendo los pasos del Método Científico Experimental. El resultado es sorprendente, pues utilizan el teléfono celular con muy buenos resultados. Se compara sus conocimientos previos sobre el del Método Científico Experimental antes y después de la realización de la práctica por medio de un cuestionario, resultando que los alumnos lograron un aprendizaje significativo para realizar por ellos mismos posteriores prácticas con este método.

PALABRAS CLAVE

Palabras Clave: Método Científico, Experimentación, Uso de teléfonos celulares

Abstract

When is knowledge considered to be scientific? Mario Bunge demands that it be rational, systematic, exact, verifiable and reliable. Based on this, it is important that students understand how scientific knowledge is obtained in a factual science such as Physics. The use of the Experimental Scientific Method provides the appropriate methodology for students to discover for themselves how nature works, with the help of their smartphones as instruments for measuring physical variables, and many free software applications that allow them to use the sensors that are built into these phones; they can install many applications on them to tabulate data, graph data, and perform calculations quickly, and take photos of the experimental setup and videos of the experiment. In this work, a practice on the oscillation period of a Simple Pendulum is used as an example of how scientific knowledge can be obtained following the steps of the Experimental Scientific Method. The result is surprising, since they use the cell phone with very good results. Their previous knowledge about the Experimental Scientific Method is compared before and after the practice was carried out by means of a questionnaire, resulting in the students achieving significant learning to carry out subsequent practices with this method by themselves.

KEY WORDS

Scientific Method, Experimentation, Use of cell phones

[1]Universidad Autónoma del Estado de México, México.
[*]Autor para correspondencia: crsa@uaemex.mx

Introducción

Durante la segunda mitad del siglo XX, en México se acostumbraba que el profesor era el instructor especialista que transmitía conocimientos, y el alumno solo memorizaba para pasar los exámenes, haciendo a un lado las experiencias previas que ha experimentado a lo largo de su vida. Solo a comienzos del siglo XXI, se implementó el modelo constructivista, y después el modelo por competencias (Bernate, 2020). Actualmente, tanto alumnos como profesores se enfrentan al uso de la formación por medios digitales, para dar respuesta a un mundo globalizado; el profesor pasó a ser facilitador del conocimiento, y los alumnos aprenden a aprender (Angulo, 2021). Por esto, el trabajo en los laboratorios de enseñanza es de vital importancia para su formación, para que obtengan conocimiento significativo por descubrimiento (Choez, 2021).

¿Cuál es la meta principal en todo trabajo experimental, para que tenga un carácter científico? ¿Cuándo se considera que un conocimiento es científico?

Mario Bunge (2013) exige que todo conocimiento que se precie de ser científico debe ser racional, sistemático, exacto, verificable y fiable. Afirma que toda ciencia fáctica, como lo es la Física, debe partir de la observación de las cosas, y debe descubrir cómo una hipótesis se adecua a la realidad, utilizando las matemáticas para expresar relaciones. Por todo esto, es importante que los alumnos comprendan cómo se obtiene un conocimiento científico.

El describir cómo funciona la naturaleza desde el punto de vista de la Física, utilizando el pizarrón como principal recurso para mostrar la explicación de los conceptos, las ecuaciones asociadas, los diagramas de las fuerzas involucradas y las gráficas de su comportamiento, produce en los alumnos poco interés por los conocimientos científicos. No se les muestra la interacción que existe de un objeto con otro y de un objeto con ellos mismos en su vida diaria, pues los libros de texto de física general describen ejemplos ideales para explicar los fenómenos físicos.

Por ejemplo: al exponer en una clase presencial las leyes de Newton (Young, 2009), en específico su segunda ley "F=ma", esta fórmula indica que a toda masa m, considerada como masa puntual, se le puede cambiar su estado de movimiento al aplicarle una fuerza F. Con esta sola explicación dada en el pizarrón, los alumnos no se percatan que es importante la forma del objeto y cómo se aplica una fuerza. No se puede aplicar una fuerza sobre un líquido igual a como se hace sobre un sólido, surgiendo los conceptos de fuerza sobre un sólido rígido y de presión hidrostática. En el primer caso, la fuerza se puede aplicar en cualquier punto sobre la superficie del sólido, en el segundo caso, aplicar una fuerza puntual sobre un líquido es imposible, pues solo se puede aplicar sobre toda una superficie.

La diferenciación entre una fuerza puntual y presión hidrostática se puede explicar mejor al darles a los alumnos la oportunidad de experimentar. De este modo, aprenden por descubrimiento (Douglas, 2006), y el profesor de Física puede aprovechar los errores que cometen los alumnos durante una práctica de laboratorio para pedirles que comparen, discriminen opciones y analicen las situaciones que van experimentando. De esta forma empiezan a comprender mejor el mundo en el que les tocó vivir y se cumple la finalidad primordial de todo proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física: que comprendan, que analicen y tomen decisiones para resolver los problemas cotidianos con las herramientas de esta ciencia.

Como ocurre en la vida diaria, es lógico que los alumnos cometan errores cuando están realizando activamente las acciones que se plantean en las clases de laboratorio. Por esto es importante indicarles que el equivocarse en un procedimiento o cálculo no los hace más o menos inteligentes o hábiles, ni les quita calificación, solo es una oportunidad de comprender qué es lo que ocurrió y por qué; deben asimilar que se aprende de los errores para seguir adelante. Con esta acción le pierden el miedo a la experimentación, a intentar hacer cosas nuevas, a intentar caminos nuevos para aprender por ellos mismos a resolver problemas. Por esta razón se necesita que los alumnos realicen experiencias prácticas en las cuales le puedan preguntar a la naturaleza ¿Qué pasa si....? y aprendan a entender lo que les responde. Aprenden su lenguaje, y su forma de responder nos permite conocerla y comprender su funcionamiento.

El procedimiento adecuado para aprender de ella es lo que actualmente conocemos como el Método Científico Experimental, y las matemáticas nos permiten analizar los resultados de los datos experimentales por medio de gráficas y relaciones matemáticas entre las variables involucradas.

El Método Científico (del griego: meta = hacia, a lo largo de; odos = camino; y del latín scientia = conocimiento; es decir: camino hacia el conocimiento) presenta diversas definiciones. Debido a la complejidad de una exactitud en su conceptualización, se puede explicar cómo: "Conjunto de pasos fijados de antemano por una disciplina con el fin de alcanzar conocimientos válidos mediante instrumentos confiables", o "secuencia estándar para formular y responder a una pregunta", o "pauta que permite a los investigadores ir desde el punto A hasta el punto B con la confianza de obtener un conocimiento válido" (De Hoyos, 2020). Así, el Método Científico Experimental es un conjunto de pasos que trata de protegernos de la subjetividad en el conocimiento.

El uso de las computadoras, las tabletas o los teléfonos inteligentes en los laboratorios de docencia de Física proporcionan una gran herramienta experimental porque los alumnos pueden utilizar los censores de estos dispositivos para la toma de datos experimentales; dispositivos como las cámaras, los generadores de señales, los acelerómetros, los medidores de temperatura y los cronómetros. Para el análisis de estos datos se pueden utilizar aplicaciones como son los visualizadores de fotos y videos, las calculadoras y las graficadoras.

En este trabajo se presenta una propuesta de cómo se puede utilizar el Método Científico Experimental, con el apoyo de dispositivos electrónicos como los teléfonos celulares, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de conceptos de Física en alumnos de nuevo ingreso de la licenciatura de Física, al pedirles que lo apliquen para la realización de una práctica de péndulo simple, con la finalidad de obtener la relación matemática o fórmula entre el período

de oscilación y la longitud del péndulo, utilizando sus teléfonos inteligentes para medir tiempos, y con el uso de la aplicación de hoja de cálculo en Excel para tabulación, graficado de estos datos y obtención de la fórmula que relaciona la longitud del péndulo con su período de oscilación.

Al inicio de la práctica se les pide que contesten un cuestionario donde se les pregunta entre otras cosas ¿Qué es un experimento?, y al final de la actividad se les vuelve a pedir que contesten el mismo cuestionario, para poder comparar los conocimientos previos con los aprendizajes adquiridos durante la práctica. Los resultados al comparar las respuestas se muestran en la discusión de este trabajo.

Método

La naturaleza tiene su forma de enseñarnos a comprender su funcionamiento sin ambigüedades; así que, el comprender este método e identificar los pasos que se deben seguir, se da origen a lo que ahora se conoce como conocimiento científico, pues es verificable y se puede comprobar, si se siguen los pasos de este método. En los laboratorios de Física, la medición de las variables involucradas es la base de todo trabajo experimental; además, es necesario que los procedimientos seguidos para obtener las mediciones se puedan repetir, es decir, que sean reproducibles.

Al inicio de la práctica se les expone a los alumnos los pasos del método científico para explicar el funcionamiento de un péndulo simple, considerando como apoyo para la mejor comprensión del tema el uso de algunas herramientas tecnológicas como son el uso de los teléfonos celulares de los alumnos para la toma del video de donde obtendrán los datos experimentales, además como instrumentos de medición de tiempo (cronómetro), y el uso de la hoja de cálculo Excel de la Microsoft para la elaboración de las tablas de los datos medidos y la elaboración de las gráficas de los datos tabulados.

La siguiente figura muestra los pasos del Método Científico Experimental propuesto para ser utilizado en esta actividad. Muestra tan solo los pasos, pero no explica cómo utilizarlos. En la educación media y media superior solo se les pide a los alumnos que lo aprendan memorizando los pasos, pero no se les explica en qué consisten. Siguiendo los pasos del Método Científico Experimental, se realiza en el laboratorio de Mecánica Traslacional Experimental una práctica con los alumnos de nuevo ingreso del nuevo plan de estudios de la licenciatura de Física de la UAEM sobre oscilaciones de un péndulo simple, describiéndoles detalladamente cada paso. Se los distribuye en el laboratorio formando de equipos máximo cuatro personas y se les indica cómo utilizar sus teléfonos inteligentes como cronómetro, cómo tabular los datos medidos y cómo utilizar la aplicación para hojas de cálculo en Excel en sus teléfonos celulares para que grafiquen los datos experimentales y obtengan la relación matemática. Al final, en la sección de resultados de este trabajo, se comparan los resultados de estos grupos con los de alumnos de semestres del plan de estudios de Física en desplazamiento. Los pasos del Método Científico Experimental para un péndulo simple se explican a los alumnos como se muestra a continuación, indicando en los pasos 4 y 5 las actividades que tienen que realizar. Se muestran fotos de las actividades que realizaron.

Figura 1. Pasos del Método Científico Experimental

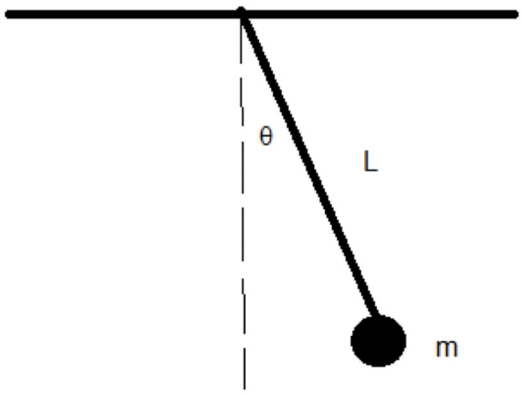


Fuente: https://sites.google.com/site/cienciadefincion/metodo-cientifico.

Paso 1: Observación

Cuando una masa m se cuelga por medio de una cuerda de longitud L y se le coloca fuera de su estado de reposo, como se muestra en la figura 1, esta masa empieza a oscilar. Este arreglo se le conoce en Física como péndulo simple.

Figura 2. Péndulo Simple



Fuente: Elaboración propia.

Por observación directa, se ve que el péndulo oscila. Para describir su movimiento desde el punto de vista de la Física, es necesario identificar las variables físicas medibles involucradas y los factores que pueden afectar las oscilaciones. Las variables medibles involucradas son: la longitud L de la cuerda del péndulo, el ángulo θ con respecto a la vertical, la masa m y el tiempo que tarda la masa en dar una oscilación completa T. Algunos de los factores que pueden afectar el movimiento de oscilación son: que la cuerda cambie su longitud por el peso de la

masa, que la masa sea arrastrada por corrientes de aire o que gire al desplazarse. Para que no se afecte el experimento, se pide a los alumnos que eviten lo más posible que ocurran estos factores.

Paso 2: Elaboración de preguntas de investigación

Las variables que el experimentador puede cambiar su valor a voluntad se denominan variables independientes, y las variables que la naturaleza cambia sus valores como respuesta a los cambios realizados por el experimentador son conocidas como variables dependientes. En base a esto, se tiene que L, m y θ son variables independientes; la variable dependiente es el tiempo de oscilación T.

Una vez que los alumnos identifican las variables, se efectúa una selección de estas por pares, relacionándolas como se muestra a continuación: (L,T); (L,m); (L,θ); (m,T); (m,θ) y (θT). De estas relaciones, se ve que en la naturaleza no ocurren las relaciones (L,m), (L,θ) y (m,θ) pues al variar la longitud L la naturaleza no cambia la masa o el ángulo, y al variar el ángulo desde el cual se lanza al péndulo, la naturaleza no cambia la masa. Para esta práctica se estudiará si existe relación entre la longitud del péndulo L y el período de oscilación T.

En el caso (L,T) se tiene que sí varía el período de oscilación T del péndulo cuando se varía la longitud de la cuerda L, manteniendo siempre constante la masa m y el ángulo θ en cada lanzamiento. Este comportamiento conduce a elaborar la siguiente pregunta de investigación: ¿Existe una relación entre L y T cuando se mantiene siempre constante la masa m y el ángulo θ?

Esta forma de elaborar las preguntas de investigación es el genial aporte de Galileo Galilei para efectuar experimentos confiables, y que permiten diseñar los experimentos de tal manera que la naturaleza responde a un solo cambio de las variables involucradas, dando paso, en forma natural, al planteamiento de la hipótesis de investigación.

Paso 3: Planteamiento de hipótesis

La pregunta de investigación permite la elaboración de una hipótesis de investigación, pues al convertirla en afirmación por comprobar experimentalmente, se da una explicación tentativa del fenómeno en estudio. Por ejemplo: para la relación (L,T) la pregunta asociada permite elaborar la siguiente hipótesis:

"Existe una relación entre la longitud L y el tiempo de oscilación T del péndulo, manteniendo constantes la masa m y el ángulo θ desde el cual se lanza"

Para comprobar la validez o falsedad de esta afirmación se debe realizar la experiencia, la cual se describe en el siguiente paso.

Paso 4: Experimentación

La hipótesis de investigación permite diseñar el experimento, pues permite elegir los instrumentos de medición necesarios para la toma de datos y el procedimiento a seguir para la toma de datos experimentales. Para la realización de la experiencia, se debe diseñar y construir un dispositivo que permita medir el tiempo T de una oscilación completa, variando la longitud L en cada ensayo, manteniendo constante la masa m y el ángulo θ en cada ensayo. Los alumnos realizan el experimento como se indica a continuación:

Desarrollo del experimento:

A. Selección de materiales para realizar la práctica

Se hizo uso de los siguientes materiales:
- Flexómetro de 5 metros con mínima escala en milímetros.
- Base de madera con un tornillo en la parte superior.
- Transportador de madera de 180º.
- Cuerda de 70 centímetros.
- Pelota de goma de 22.6 gramos, con armella en la parte superior.
- Cronómetro de un teléfono celular.
- Balanza en gramos.

B. Procedimiento experimental:

1. Se pesó la pelota.

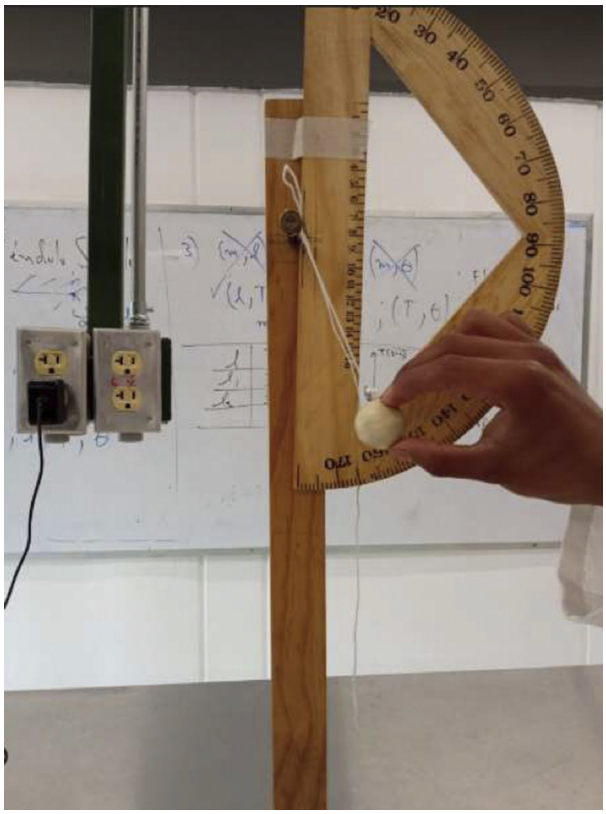
Figura 3. Pesado de la masa m del péndulo simple.



Fuente: Elaboración propia.

2. Se colocó el transportador en la base de madera con respecto a la vertical, de tal manera que pudimos medir el ángulo en contra de las manecillas del reloj. Se utilizó un ángulo de 20° para todas las mediciones.

Figura 4. Montaje del dispositivo experimental.



Fuente: Elaboración propia.

3. Después, se amarró una punta del cordel en la armella de la pelota, procurando formar las distancias de 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm y 60 cm (considerando a la pelota como una partícula puntual).

4. Se midió el tiempo de una oscilación para cada longitud, tomando 5 valores de tiempo para, posteriormente, obtener su promedio y se tabuló los resultados en una hoja de Excel de la Microsoft.

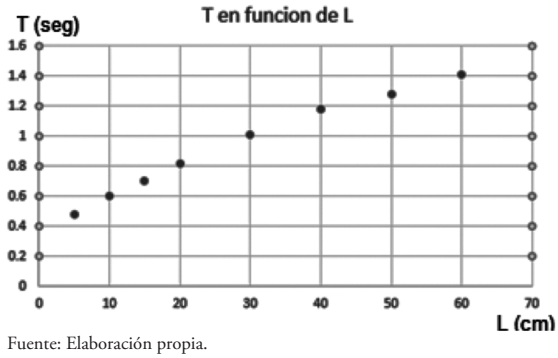
Figura 6. Tabla de Valores medidos

Tabla 1. **Longitudes y tiempos**							
Longitud (cm)	Tiempo de una oscilación (s)					Promedio (s)	Periodo (s)
5	0.46	0.49	0.49	0.49	0.49	0.48	0.48
10	0.60	0.60	0.58	0.60	0.62	0.60	0.60
15	0.69	0.70	0.71	0.70	0.71	0.70	0.70
20	0.82	0.83	0.83	0.84	0.82	0.82	0.82
30	1.02	1.02	0.96	1.03	1.02	1.01	1.01
40	1.22	1.16	1.16	1.22	1.16	1.18	1.18
50	1.29	1.28	1.30	1.28	1.28	1.28	1.28
60	1.41	1.42	1.39	1.41	1.42	1.41	1.41

Fuente: Elaboración propia.

5. Se grafican los datos.

Figura 7. Gráfica de los datos de la Tabla 1



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Variación de la longitud L



Fuente: Elaboración propia.

Paso 5: Análisis de Resultados Experimentales

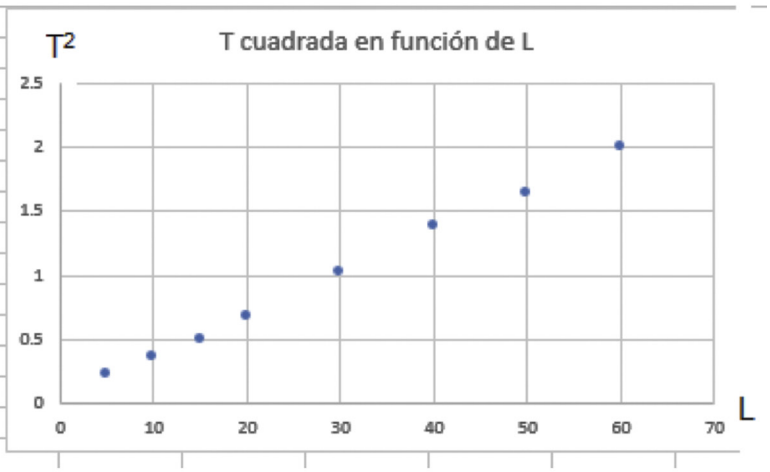
Se tiene que el comportamiento de la curva de la figura 6 no es lineal, por esto, se obtiene la tabla y gráfica de la figura 7, para poder comparar esta con la gráfica de la relación teórica (Young, 2009) como se muestra en la figura 8. Se obtiene que ambas gráficas concuerdan. Por lo tanto, se comprueba la validez de la teoría.

Aportaciones y Resultados

El uso del Método Científico en los laboratorios de Física permite que los alumnos realicen trabajo colaborativo al trabajar en equipo. Aprenden a ser rigurosos, objetivos y claros al realizar y describir procesos en una práctica de laboratorio.

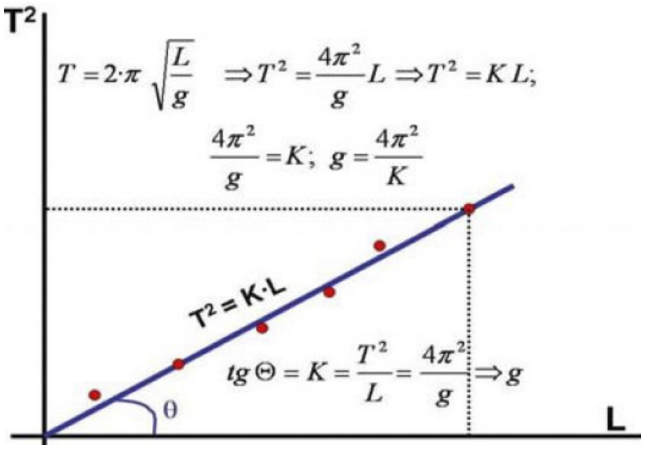
Figura 8. Gráfica del cuadrado del período de oscilación T2 en función de la longitud L de la cuerda

	L (cm)	T (seg*seg)
11		
12	5	0.23
13	10	0.36
14	15	0.49
15	20	0.67
16	30	1.02
17	40	1.39
18	50	1.64
19	60	2
20		
21		
22		
23		
24		
25		



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Gráfica del cuadrado del tiempo de oscilación en función de la longitud L del objeto que oscila. La línea recta es la relación teórica y los puntos son algunos de los datos de la tabla en la figura 7



Fuente: https://nanopdf.com/download/el-pendulo-simple-de-que-factores-depende-el-periodo-de-un_pdf

El Método Científico Experimental es una guía para la realización de experimentos, pues siempre se obtendrán los mismos resultados si se siguen los pasos indicados.

Esta práctica ayuda a la comprensión de cómo representar los datos de una forma gráfica, y en base a eso, poder obtener una comprobación de un tema visto en forma muy teórica en las aulas.

Podemos concluir que en efecto el periodo de oscilación de un péndulo tiene relación con la longitud de la cuerda comprobándose la hipótesis. Si comparamos los resultados obtenidos mediante la experimentación con las medidas que obtenemos al aplicar la fórmula que se establece para relacionar longitud y tiempo de un péndulo simple $T = 2\pi\sqrt{(Ll/g)}$.

Notamos que hay una ligera variación entre los cálculos, propia de los errores de precisión que se obtienen en la medición experimental.

Discusión

Los humanos son curiosos por naturaleza, por eso es muy útil aprovechar esa curiosidad para fomentar en los alumnos el interés por actividades de carácter científico. Fomentar la experimentación siguiendo los pasos del Método Científico les da a los alumnos la habilidad de adquirir una metodología de investigación que les permitirá aprender por sí mismos. La Física Experimental permite describir los hechos de la naturaleza de forma detallad

haciendo uso de este método, pues permite obtener resultados comprobables (De Hoyos, 2020), aportando a la finalidad de la ciencia el explicar por qué ocurren los hechos y de qué manera ocurren.

Actualmente juegan un papel preponderante los medios digitales en los procesos de enseñanza-aprendizaje, como fue evidente en la pandemia ocurrida entre los años 2019 y 2021, el concepto de aula dejó de ser espacio físico, para convertirse en espacios de colaboración (Bernate, 2020) y escenarios educativos post Covid (Acuña, 2022) en los cuales las condiciones sociales han cambiado para dar paso a nuevas profesiones que se desarrollan en entornos virtuales. La inteligencia artificial y el manejo de grandes cantidades de datos están produciendo nuevas necesidades de desarrollo profesional (Ocaña-Fernández, 2019) y nuevos retos para los egresados de universidades de todo el mundo, pues muchos puestos de trabajo sean sustituidos por máquinas virtuales o físicas.

Dar libertad al estudiante de que comenten ampliamente lo que le interesó y dé detalles del experimento que le resultaron curiosos y desconocidos abre la puerta a que investiguen por ellos mismos.

Cuestionario

Se aplicó a 54 alumnos de nuevo ingreso, de un total de 114 alumnos de primer semestre de la Licenciatura de Física de la Facultad de Ciencias de la UAEMex durante el semestre de otoño del 2022.

Pregunta	Respuesta más repetida antes de la práctica	Respuesta después de la práctica
¿Qué es un experimento?	Es un procedimiento para comprobar un conocimiento	Es un procedimiento meticuloso de medición para comprobar una hipótesis
¿Cuál es el objetivo de todo experimento?'	Comprobar una hipótesis	Medir el cambio de las variables en el experimento para descubrir la relación que hay entre ellas
¿Qué es una hipótesis?	Algo que se debe comprobar	Explicación tentativa de un fenómeno a comprobar con un experimento
¿Cómo se analizan los resultados de un experimento?	La mayoría no contestó esta pregunta	Tabulando los datos medidos y haciendo gráficas de estos datos

Fuente: Elaboración propia.

Se logran aprendizajes significativos pues se permite el aprendizaje interactivo con la naturaleza, integrando los conocimientos adquiridos en el laboratorio a sus conocimientos previos.

Conclusiones

El Método Científico Experimental permite obtener conocimientos comprobables sobre el funcionamiento de la naturaleza cuando se sigue esta metodología (ver cuestionario en la sección de discusión). Siguiendo los pasos en la secuencia correcta no es necesario suponer opciones aleatorias de formulación de hipótesis. La naturaleza da la información necesaria para construir los modelos que permiten explicar su funcionamiento, avanzar en la comprensión del mundo físico y permitir la aplicación que permite los avances tecnológicos que se tienen hoy en día.

Con relación a la práctica realizada, el periodo de un péndulo simple depende de variables que afectan el comportamiento del movimiento, entre ellas intervienen la longitud, el ángulo, masa, y la aceleración debido a la gravedad. A través de esta práctica se observa la respuesta del periodo del péndulo respecto al control de la longitud y cómo esta respuesta nos permite obtener una ecuación que describa el movimiento del sistema.

Los alumnos son muy hábiles en el uso de sus teléfonos celulares para el uso de las redes sociales, pero no le dan uso para mejorar su aprendizaje de los saberes que se les proporcionan en sus actividades escolares. En esta era de la información, se les debe enseñar a discriminar entre todos los datos que pueden obtener por medios digitales y utilizarlos en su beneficio para aprender a aprender.

Referencias

Acuña Gamboa, L.A. (2022), Aprendizajes Basados en la Incertidumbre: Construyendo Escenarios Educativos Post-Covid en México. Revista de Investigación en Educación, 20(2), 127-139

Angulo Moreno, A. D. J. (2021). Indicadores de la tutoría integral desde la percepción de los estudiantes de universidades públicas de México. Dilemas contemporáneos: educación, política y valores, 8(2).

Bernate, J., & Guativa, J. A. V. (2020). Desafíos y tendencias del siglo XXI en la educación superior. Revista de Ciencias Sociales, 26(2), 141-154.

Choez, J. S. M., Cedeño, R. A. B., & Cedeño, V. C. C. B. (2021). Aprendizaje significativo una alternativa para transformar la educación. Dominio de las Ciencias, 7(2), 915-924.

De Hoyos-Benítez, S. (2020). El método científico y la filosofía como herramientas para generar conocimiento. Revista Filosofía UIS, 19(1), Colombia. DOI: 10.18273/revfil.v19n1-2020010

Douglas de la Peña, C., (2006), "Una propuesta didáctica para el aprendizaje de la Física", Revista Iberoamericana

de Educación, 37(5), Cuba. Recuperado el 17 de noviembre de 2022 de: https://rieoei.org/historico/deloslectores/experiencias110.htm

Mario Bunge, (2013), LA CIENCIA Su método y su filosofía, Editorial Nueva Imagen, México. Recuperado el 23 de diciembre de 2022 de: https://www.posgrado.unam.mx/musica/lecturas/LecturaIntroduccionInvestigacionMusical/epistemologia/Mario-Bunge-la-Ciencia-su-Metodo-y-Filosofia.pdf

Ocaña-Fernández, Y., Valenzuela-Fernández, L. A., & Garro-Aburto, L. L. (2019). Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. Propósitos y Representaciones, 7(2), 536-568.

Young, Hugh D. y Roger A. Freedman (2009), Física Universitaria Volumen 1. Decimosegunda edición, PEARSON EDUCACION, México