

Una práctica de laboratorio de óptica mediante smartphones: una experiencia pedagógica en la Universidad de Cuenca

An optical laboratory practice through smartphones: a pedagogical experience at the University of Cuenca

Maribel Mora
Universidad de Cuenca
maribel.mora@ucuenca.edu.ec

Patricio Guachún
Universidad de Cuenca
patricio.guachun@ucuenca.edu.ec

Sonia Guznay
Universidad de Cuenca
janneth.guznay@ucuenca.edu.ec

Recepción: 06 de abril de 2020.
Aceptación: 13 de mayo de 2020.

Resumen

Este trabajo describe la experiencia pedagógica de una nueva práctica de laboratorio de óptica denominada Ley de Malus, desarrollada con materiales de fácil adquisición y dos smartphones. Se detalla el diseño, montaje y desarrollo de la práctica, con el fin de analizar la influencia que ha ocasionado en los estudiantes del séptimo ciclo de la Carrera de Matemáticas y Física de la Universidad de Cuenca. Como instrumento de recolección de información se ha utilizado una guía de observación, la misma que ha permitido concluir que realizar una práctica de laboratorio con smartphones despierta el interés de los estudiantes, eliminando el temor que suelen presentar cuando utilizan materiales experimentales sofisticados de un laboratorio de física. Finalmente se puede mencionar que el desarrollo del experimento con smartphones ha inducido a una participación activa de los estudiantes, demostrando la utilidad y necesidad de incluir la tecnología en los procesos de aprendizaje.

Palabras Clave: Smartphone, Ley de Malus, práctica de laboratorio, Física, experiencia pedagógica.

Abstract

This work describes a pedagogical experience of a new optical laboratory practice called Malus's Law, developed with easily acquired materials and two smartphones. The design, assembly and development of the practice are detailed, in order to analyze the impact that it caused on the students of the seventh cycle of the Career of Mathematics and Physics at the University of Cuenca.

An observation guide was used as an information collection instrument, which allowed us to conclude that doing a laboratory practice with Smartphones arouses the interest of students, eliminating the fear that they usually present when they use sophisticated experimental materials from a physics laboratory. Finally, it can be mentioned that the development of the experiment with smartphones induced the active participation of students, demonstrating the usefulness and need to include technology in learning processes.

Keywords: Smartphone, Malus Law, laboratory practice, Physics, pedagogical experience.

Intrroducción

Lassonde (2012) afirma que la tecnología está muy inmersa en la sociedad actual, donde cada individuo puede conocer e informarse de las situaciones que ocurren alrededor del mundo; en el campo educativo se han generado grandes cambios que han transformado los procesos de aprendizaje. Estas transformaciones han permitido la incorporación de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), a fin de brindar a los estudiantes herramientas adecuadas para adquirir conocimientos necesarios para su desarrollo académico, tanto individual como colectivo, a su vez apoyan a la adquisición de habilidades y capacidades críticas que permitirán a los estudiantes ingresar en un mundo globalizado.

Las TIC cambian la posición del alumno que debe enfrentarse de la mano del profesor, a una nueva forma de aprender, al uso de nuevos métodos y técnicas. De la misma forma que los profesores, los alumnos deben adaptarse a una nueva forma de entender la enseñanza y el aprendizaje. El alumno, desde una posición más crítica y autónoma, ya sea de forma individual o en grupo, debe aprender a buscar la información, procesarla, es decir, seleccionarla, evaluarla y convertirla, en última instancia, en conocimiento (Laborda, 2005). Efectivamente, las TIC y en especial internet se desarrollan y se incorporan a la vida de los ciudadanos a una velocidad vertiginosa. Los efectos que internet y sus múltiples aplicaciones tienen en la vida de las personas, de las empresas, de las instituciones y de los gobiernos se han manifestado en menos de una década. Por otra parte, si se mira alrededor, se observan muchos cambios en la forma de comunicarse, de organizarse, incluso de trabajar o de divertirse. Se ha configurado una nueva sociedad, la nueva *Sociedad de la Información*, conocida también como SI. Si damos un paso más, *Sociedad del Conocimiento*, que se caracteriza por la

posibilidad de acceder a volúmenes ingentes de información y de conectarse con otros colectivos o ciudadanos fuera de los límites del espacio y del tiempo (Laborda, 2005).

El sistema educativo cuenta con acceso a diferentes tecnologías, como por ejemplo: teléfonos celulares inteligentes, tabletas, mini altavoces bluetooth, etc., los cuales pueden servir para estudiar diferentes fenómenos físicos, con la ayuda de herramientas informáticas como software, applets, aplicaciones, simulaciones, etc., que se encuentran en internet y que pueden emplearse para medir las respectivas variables físicas. Por lo que, estos dispositivos deberían convertirse en piezas fundamentales durante el desarrollo de una práctica experimental de laboratorio, de manera que los estudiantes las utilicen para redescubrir las leyes físicas (Celin, Molina y Solano, 2017).

Para Gonzáles y Gonzáles (2016) los dispositivos móviles pueden convertirse en herramientas útiles para un aprendizaje experimental gracias al rico conjunto de sensores que incluyen y por sus grandes capacidades de cálculo. Estos sensores, tienen capacidades que permiten a los alumnos usar sus smartphones como dispositivos de medida en experimentos de laboratorio o incluso en actividades cotidianas en las que los estudiantes pueden fortalecer su aprendizaje observando la naturaleza por sí mismos y contrastando sus conocimientos o creencias con sus propios resultados experimentales.

La importancia de realizar prácticas de laboratorio con medios tecnológicos en la asignatura de Física hace que los estudiantes refuercen sus conocimientos y a la vez, puedan palpar la realidad de un fenómeno, despertando el interés y la curiosidad, convirtiéndose en un instrumento motivador. Con todo lo antes mencionado, se convierte en una alternativa para los docentes que día a día buscan la manera de realizar experimentos de laboratorio y carecen de material experimental en sus centros educativos.

Objetivos de la experiencia pedagógica

- Desarrollar una práctica de laboratorio de óptica de alto nivel con materiales que pueden conseguirse sin mayor dificultad y dos smartphones.

- Verificar la influencia que ocasiona en los estudiantes de la Carrera de Matemáticas y Física, el realizar una práctica de laboratorio con sus smartphones.

acerca del mundo que le rodea, entrenándose en la ejecución del método científico en el mundo real. Sin embargo, a pesar de ser un lugar ideal para la experimentación, este espacio también presenta inconvenientes, entre los que podemos destacar el costo inicial, el



mantenimiento, el consumo de energía y las restricciones de espacio, propios de la explosión demográfica (Lorandi, Hermida, Hernández y Ladrón de Guevara, 2011). Las prácticas en laboratorios son una gran estrategia pedagógica para la construcción de competencias procedimentales y por ende, es utilizada en una gran variedad de programas académicos, logrando alcanzar un aprendizaje significativo por parte de los estudiantes.

Marco Teórico

Una práctica de laboratorio es un proceso en el que los estudiantes relacionan la teoría con el mundo real, “la práctica es el proceso por el cual podemos experimentar el mundo y nuestro compromiso con él como algo significativo” (Wenger, 2001, p.75).

Una de las principales ventajas que ofrece el trabajo práctico en el laboratorio es su interactividad, puesto que permite al estudiante el contacto con los elementos, su manipulación y sus transformaciones. Al observar lo que sucede en los experimentos, el alumno desarrolla habilidades cognitivas y destrezas prácticas, que le facilitan el planteamiento de problemas y la aplicación de sus conocimientos

Actualmente en las instituciones educativas, se han implementado diferentes laboratorios de química, matemáticas, ciencias y física, con lo cual se pretende generar contextos que posibiliten a los estudiantes el contacto con la realidad y con las características específicas, de manera que puedan relacionar la teoría con la práctica.

Gracias a las herramientas informáticas y tecnológicas los estudiantes pueden trabajar con problemas reales, en los cuales pueden estudiar con mayor profundidad los fenómenos naturales mediante la modificación de variables y parámetros. La iniciativa de trabajar en un laboratorio con nuevas propuestas didácticas y con estrategias diferentes a las convencionales, hacen que los estudiantes tengan una participación activa en el proceso de enseñanza

aprendizaje, al integrar nuevos elementos para sus prácticas como son los smartphones y aplicaciones que están guiadas hacia el aprendizaje significado.

Los laboratorios son contextos, que en mayor o menor medida, han posibilitado a los estudiantes acercarse a la estructura de los sistemas que estudian y gracias a los adelantos en materia de nuevas tecnologías de la información surgen otros contextos que pueden, en alguna medida, ser apoyo o reemplazo a los contextos tradicionales de un laboratorio experimental.

La planificación de las actividades a realizar en un laboratorio es clave para el logro de los objetivos; dado lo anterior, la práctica pedagógica tradicional

el aprendizaje, no puede ofrecer la versatilidad idónea que se necesita en la actualidad. También es un hecho que la práctica de laboratorio presenta elevados tiempos de respuesta, los cuales tienden a bajar su productividad (Jiménez, 2014).

Se han realizado diferentes propuestas e investigaciones referentes a la utilización de herramientas tecnológicas en el desarrollo de prácticas de



pierde su sentido, ya que el estudiante puede unir conocimiento teórico con la práctica y descubrir por sí solo el nuevo conocimiento o ser más curioso y descubrir aún más.

Actualmente los laboratorios para las diferentes prácticas educativas están actualizándose en base a los medios tecnológicos, dejando a un lado los costos de instrumentos y materiales que muchas veces son inaccesibles a los educandos y las mismas están basadas en utilizar sus equipos tecnológicos y las diferentes aplicaciones, actualizando los laboratorios convencionales que poseían muchos materiales y poco espacio para la realización de las prácticas.

Sin embargo, a medida que los modelos educativos se han vuelto más flexibles y enfocados en competencias, la inclusión de las TIC ha cambiado radicalmente el concepto de espacio físico y esto ha evidenciado una serie de limitaciones, pues a pesar de la enorme importancia que este tiene para

laboratorio, entre ellas, Lilloa, Camacho y Martínez (2018) determinaron que los factores positivos que se derivarán del uso de los dispositivos móviles en el aula son el registro ordenado de los datos, la accesibilidad a la información y el fácil control por parte del docente. Gonzáles y Gonzáles (2016) por su parte indican que en su trabajo los resultados fueron positivos, verificando que la utilización de estos dispositivos facilita el aprendizaje de la física, estimula el trabajo autónomo y colaborativo, y ayuda a desarrollar la creatividad.

Fundamento conceptual de la práctica

Para un estudio profundo de la óptica clásica, la misma ha sido dividida en dos ramas principales: la óptica geométrica, que considera a la luz como flujo partículas que se desplazan en línea recta y

la óptica física que considera a la luz como onda electromagnética. Dentro de la óptica física, cuando la luz se propaga, su campo electromagnético oscila en todas las direcciones, sin embargo, es posible hacerla oscilar en una sola dirección, a este fenómeno físico que obliga a la luz a oscilar en una sola dirección se lo conoce como polarización. "Polarización generalmente significa orientación, viene de la palabra griega Polos. Este término es utilizado para describir cómo la luz u otra radiación electromagnética están restringidas a una dirección de propagación" (Rodríguez, 2018, p.1). Existen diferentes maneras de polarizar un haz de luz: por reflexión, por refracción, o por cristales polarizadores, etc.

La polarización por reflexión fue descubierta por accidente en el año de 1808 por Etienne Malus, un físico francés que vivió entre los años 1775 y 1812. Malus observó la luz en la puesta de sol, tras reflejarse en una ventana muy alejada y posteriormente atravesar un cristal de espato de Islandia, que actuaba como un prisma de Nicol, al dividir el rayo incidente despolarizado en un rayo reflejado polarizado perpendicular al plano de incidencia y un rayo transmitido polarizado paralelo al plano de incidencia. Moviendo el ángulo de incidencia para extinguir el rayo reflejado en el laboratorio, Etienne Malus encontró la relación que existe entre el ángulo y la intensidad de la luz transmitida.

Algunas de las aplicaciones más importantes de la polarización de la luz descubierta por Malus se pueden encontrar en los diseños de las pantallas planas de cristal líquido; en la fotografía a fin de conseguir imágenes nítidas; en algunos microscopios que sirven para resaltar las estructuras; en las gafas 3D para ver películas en tres dimensiones; en algunas ciencias como la biología, muchos animales son capaces de percibir la polarización con fines de navegación; en geología, la propiedad de la birrefringencia ayuda a identificar minerales; en química, en los efectos inductivos o de resonancia de enlaces se pueden observar los fenómenos de polarización; en astronomía se estudia la radiación

electromagnética polarizada que viene del espacio exterior como fuentes astronómicas o lóbulos de radio de galaxias activas.

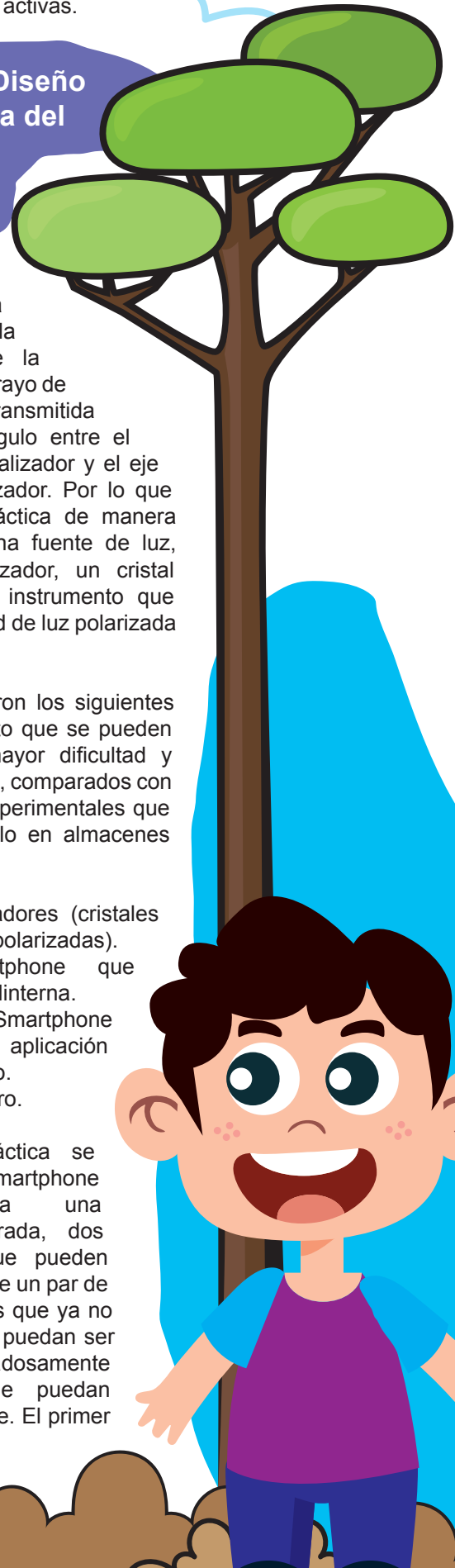
Propuesta: Diseño de la práctica del laboratorio "Ley de Malus"

Se pretende redescubrir la Ley de Malus, la cual indica que la intensidad de un rayo de luz polarizada transmitida depende del ángulo entre el eje del cristal analizador y el eje del cristal polarizador. Por lo que se diseñó la práctica de manera que se tenga una fuente de luz, un cristal polarizador, un cristal analizador y un instrumento que mida la intensidad de luz polarizada transmitida.

Se consideraron los siguientes materiales, puesto que se pueden conseguir sin mayor dificultad y son de bajo costo, comparados con los materiales experimentales que se consiguen sólo en almacenes especializados:

- 2 polarizadores (cristales de gafas polarizadas).
- 1 Smartphone que contenga linterna.
- 1 Smartphone con la aplicación Luxómetro.
- Goniómetro.

En esta práctica se utiliza un smartphone que contenga una linterna incorporada, dos polarizadores que pueden ser los cristales de un par de gafas polarizadas que ya no se utilicen o que puedan ser retiradas cuidadosamente de manera que puedan volver a colocarse. El primer



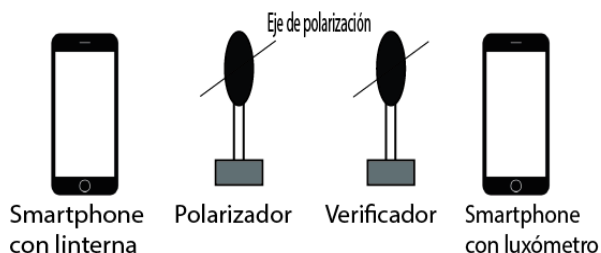
cristal polarizador se utiliza para polarizar la luz y el segundo como analizador de luz polarizada, los dos se colocan juntos mediante un soporte que permita girarlos entre sí, de manera que pueda variar sus ejes de polarización.

Después del analizador se coloca el smartphone que contiene la aplicación Luxómetro, la misma que puede ser descargada gratuitamente de Play Store, es preciso indicar que esta aplicación es sencilla de manipular puesto que no necesita calibración y se ajusta automáticamente al nivel de luz recibida para mostrar un valor en la pantalla, únicamente se la debe abrir. La unidad de medida que nos da el luxómetro es el lux.

En la Figura 1 se muestra un bosquejo del diagrama de cómo está diseñada la práctica. Se observan los dos smartphones y los dos cristales polarizadores, las distancias entre cada uno de ellos no debe ser muy grande, alrededor de unos 15 cm.

El primer smartphone actúa como fuente de luz y el segundo como instrumento de medición de la intensidad de luz polarizada transmitida. Los polarizadores sirven para variar el ángulo de polarización, se tomarán lecturas de la intensidad de luz polarizada para 10 ángulos diferentes, se elaborará una tabla de datos y mediante procesos estadísticos, se procesarán para obtener una ecuación que relacione la intensidad de la luz polarizada con el ángulo de polarización.

Figura 1. Diagrama de montaje



Elaboración: Los autores

cero. Se enciende la linterna del primer smartphone y se observa el valor que marca la aplicación luxómetro del segundo smartphone, en este caso la intensidad de luz debe ser máxima, se anota el valor que marca el luxómetro en una tabla respectiva; seguido, se mantiene en la misma posición el polarizador y se gira un cierto ángulo el analizador. Por ejemplo, hasta que formen aproximadamente un ángulo de 10° entre ellos, para esto se utiliza del goniómetro. Se observa el valor de la intensidad de la luz que marca el Luxómetro y se anota en la tabla, se continúa girando gradualmente el analizador hacia otros valores de ángulos, por ejemplo cada 10° y se toma el valor que marca Luxómetro.

La Tabla 1 muestra los valores de los diferentes ángulos de polarización y el valor de intensidad de luz polarizada transmitida.

Tabla 1. Relación Intensidad de la luz-ángulo entre ejes de polarización.

0°	$1/x$
0	4 510
10	4 300
20	3 880
30	3 400
40	2 560
50	1 890
60	1 100
70	780
80	315
90	155

Elaboración: Los autores.

Montaje de la práctica de laboratorio

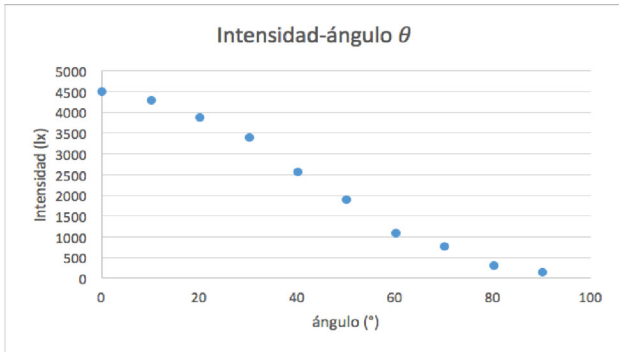
Se colocan los dos polarizadores de manera que sus ejes de polarización se encuentren en posición horizontal, con el fin de que el ángulo entre ellos sea



Procesamiento de los datos obtenidos

Existen diferentes programas y/o aplicaciones que permiten procesar datos estadísticos, en esta experiencia pedagógica se ha utilizado el software Excel, donde se han ingresado y graficado todos los datos, la Figura 2 muestra la tendencia que tienen los valores tomados de la práctica de laboratorio.

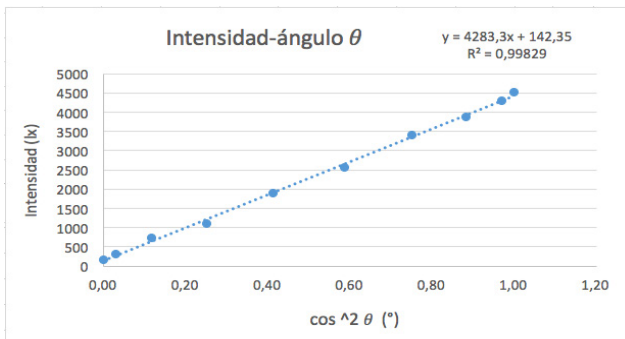
Figura 2. Relación Intensidad Luminosa-ángulo entre ejes de polarización modificado



Elaboración: Los autores.

Como se puede observar en la gráfica anterior, la curva se asemeja a una curva coseno por lo que se linealizará con $\cos^2 \theta$. Luego de ello se vuelven a graficar para ver su tendencia, tal como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Relación Intensidad Luminosa-ángulo entre ejes de polarización modificado



Elaboración: Los autores.

Se observa en la Figura 3 que los datos tienen una tendencia lineal, por lo que se puede afirmar que existe una relación de datos muy buena. Con ayuda del software Excel se traza una línea de tendencia central con su respectiva ecuación, se calcula el coeficiente de correlación, el mismo que es bastante bueno, puesto que está muy cerca de 1. Este resultado permite considerar que los datos obtenidos de la práctica son válidos.



La ecuación de la línea de tendencia central es:

$$I = 4283 \cos^2 \theta + 142,35$$

Se puede reemplazar los datos de la ecuación anterior por la siguiente simbología.

$$I = I_0 \cos^2 \theta + A$$

Donde,

- I = Intensidad de la luz resultante polarizada.
- I_0 = Intensidad de la luz inicial.
- θ = ángulo entre los ejes de polarización de los cristales.
- A = Absorción Óptica.

La ecuación anterior corresponde a la Ley de Malus, la cual se puede encontrar en los libros de óptica y/o Física Superior.

Metodología

Para analizar la influencia que ha ocasionado la nueva forma de realizar la práctica de laboratorio de óptica, se ha utilizado un enfoque cualitativo, en el que se formaron dos grupos, un grupo control y un grupo experimental; para la recolección de la información

se ha utilizado una guía de observación. Es preciso indicar que se contó con el consentimiento de los estudiantes para realizar la experiencia pedagógica.

El grupo control realizó la práctica de laboratorio con el material experimental específico que se encuentra en el laboratorio de física de la Carrera de Matemáticas y Física de la Universidad de Cuenca, es decir, como se ha realizado siempre. En cambio, el grupo experimental realizó la práctica con los materiales especificados anteriormente en la propuesta, es decir, con los smartphones. Los que realizaron la práctica son los 31 estudiantes que toman la asignatura de Laboratorio Superior II en la Carrera de Matemáticas y Física de la Universidad de Cuenca, la distribución fue la siguiente: 15 estudiantes en el grupo de control y 16 estudiantes en el grupo experimental.

La experiencia con la práctica se ha realizado durante tres horas aproximadamente, esto dentro de la clase de la asignatura de Laboratorio Superior II, que se oferta en el séptimo ciclo de la Carrera de Matemáticas y física durante el período marzo 2019 - agosto 2019, los dos grupos trabajaron al mismo tiempo dentro del laboratorio. Para iniciar con la experiencia el docente realizó una explicación

preliminar de los fundamentos físicos involucrados en la práctica de laboratorio, esta explicación fue dada a los dos grupos de estudiantes. Luego de ello, se limitó únicamente a guiar y responder inquietudes que surgieron durante el proceso, pues los dos grupos siguieron la misma guía de práctica de laboratorio. Para la recolección de la información se adaptó cuidadosamente una guía de observación sobre actividad experimental, la misma que fue elaborada por Suárez (2013) en su investigación titulada Incidencia del uso del laboratorio en el rendimiento escolar de física en los alumnos de primer curso de Bachillerato General Unificado del Colegio Menor de la Universidad Central del Ecuador. La guía de observación se aplicó para los dos grupos y fue llenada por una tercera persona ajena al docente y estudiantes, con el fin de que la información recolectada sea la más objetiva posible.

Es preciso indicar que lo que se analizó en esta experiencia pedagógica no es un análisis del impacto de un cambio de metodología para realizar las prácticas de laboratorio de física, sino el impacto que se genera cuando los estudiantes utilizan sus smartphones como instrumentos de laboratorio y otros materiales de fácil adquisición. Puesto que los dos grupos, control y experimental, utilizaron y siguieron la misma guía de práctica de laboratorio, recibieron las mismas explicaciones dadas por el maestro, la única variable que se cambió son los materiales con los que se ha ejecutado la práctica.

Resultados

Como se mencionó anteriormente, se ha utilizado la guía de observación sobre actividad experimental con los dos grupos y se han comparado los resultados para poder establecer conclusiones. La guía de observación llenada se presenta en la Tabla 3.

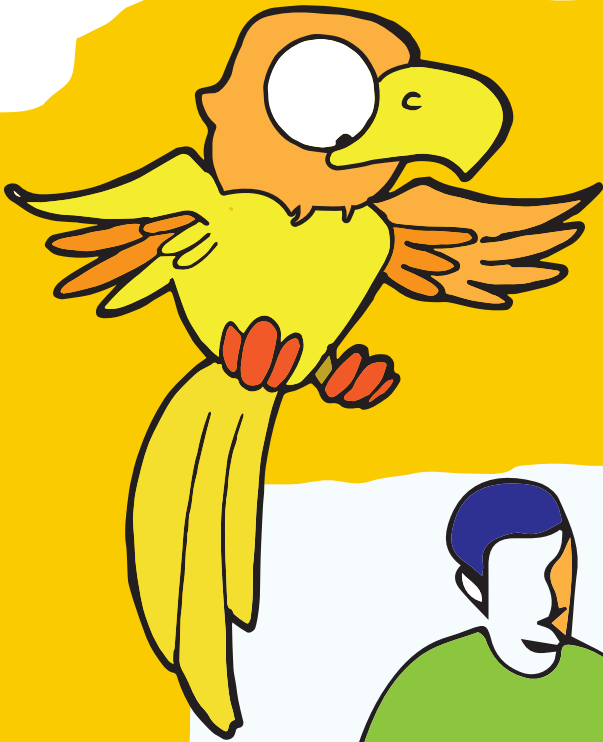


Tabla 3. Guía de observación sobre la práctica experimental

Aspecto	Grupo Control	Grupo Experimental
Tiene predisposición por realizar la práctica	X	X
Mantiene la atención y el entusiasmo durante el proceso de la práctica		X
Muestra tranquilidad al utilizar los materiales		X
Arma el modelo del fenómeno fácilmente		X
Maneja los instrumentos a su alcance	X	X
Participa activamente en la realización de la práctica		X
Colabora con sus compañeros de grupo	X	X
Plantea inquietudes sobre la práctica	X	X

Elaboración: Adaptado de la investigación *Incidencia del uso del laboratorio en el rendimiento escolar de física en los alumnos de primer curso de Bachillerato General Unificado del Colegio Menor de la Universidad Central del Ecuador (Suárez, 2013).*

De acuerdo a la guía de observación se ha podido verificar que, aunque los dos grupos realizaron correctamente la práctica, el grupo experimental mostró mucho más interés al momento de realizarla puesto que se observó su entusiasmo cuando utilizaron sus propios teléfonos móviles como instrumentos de laboratorio, acción que manifestaban que no lo habían hecho antes en ninguna práctica de laboratorio durante toda su formación profesional en la universidad, y como casi todos los estudiantes cuentan con un teléfono móvil del tipo smartphone, todos querían participar en la toma de datos, generando así una participación activa de los estudiantes en el laboratorio de física. Lo que es muy fructífero puesto que la Carrera de Matemáticas y Física cuenta con un laboratorio que no tiene suficientes equipos experimentales para que todos los estudiantes puedan realizar al mismo tiempo la práctica de laboratorio, muchas de las veces cuando se ha tenido que realizar las prácticas de laboratorio correspondientes a las asignaturas de la carrera, sólo ciertos grupos, ciertos estudiantes o sólo el docente podía realizar la práctica, lo que provocaba que el resto de estudiantes se limiten únicamente a observar y anotar los datos, esto ocasionaba muchas veces, que se pierda el interés por la experimentación, llegando a aburrirse y realizar otras actividades que no correspondían a su aprendizaje.

También se ha verificado que mientras el grupo control mostró cierto temor y cuidado al utilizar los instrumentos de laboratorio por ser considerados delicados y de alto costo, el grupo experimental se mostró tranquilo pues las únicas herramientas que tenían que manipular durante todo el proceso eran sus teléfonos móviles, a más de ello, la terminaron en menos tiempo, puesto que la aplicación Luxómetro del smartphone es de fácil utilización, muy versátil y de sencilla configuración, comparada con el luxómetro específico del laboratorio de física que usó el grupo control, puesto que hay que tener algunas consideraciones para su manejo y para calibrar su sensibilidad, debido a que es un material que fue adquirido hace algunos años atrás. Estos resultados concuerdan con los resultados de las investigaciones realizadas por Bañón y Torres (2017) y González y González (2016) en donde expresan que utilizar smartphones produce un impacto positivo en los estudiantes: se despierta el interés, el trabajo colaborativo y se mejora el aprendizaje de la Física.

Conclusiones

La aplicación Luxómetro de un smartphone como instrumento de medición de intensidad luminosa, es una herramienta útil y versátil para trabajar en prácticas de laboratorio de óptica ya que se ha evidenciado que los datos obtenidos durante el desarrollo de la práctica son válidos y confiables, permitiendo redescubrir las leyes físicas involucradas.

Al utilizar los smartphones en un laboratorio de física, los estudiantes están en contacto directo con los materiales de experimentación, de esta manera se despierta el interés por trabajar en el desarrollo de prácticas de laboratorio de óptica, disminuyendo notablemente el temor por utilizar material experimental.

Debido a que la mayoría de los estudiantes cuentan con un smartphone sea de cualquier gama, la participación en la práctica de laboratorio es completa, evitando el problema de que sólo ciertos grupos, ciertos estudiantes o sólo el docente tengan que elaborar la práctica y el resto de los estudiantes tengan que limitarse a sólo observar y copiar los datos; pues debido al alto costo y su difícil adquisición, las instituciones educativas no cuentan con material experimental o si es que cuentan, no es suficiente para que todos los estudiantes puedan realizar la misma práctica de laboratorio.



Es una propuesta que relaciona los smartphones con la investigación experimental de un laboratorio de física, lo que incentiva a los estudiantes a utilizar la tecnología con fines educativos, fomentando la participación y motivación en su proceso de aprendizaje, pues se percatan que los teléfonos inteligentes no sólo tienen fines de ocio o de entretenimiento.

Debido a los resultados positivos que se determinaron en esta experiencia, se puede proponer como línea de investigación para futuros trabajos, la inclusión de móviles inteligentes para el aprendizaje de la Física, puesto que los smartphones no tienen únicamente aplicaciones para la rama de la óptica, sino para muchas más ramas de la física.

Se concluye finalmente que los smartphones por si solos no son una solución a las dificultades que se encuentran en el desarrollo de las prácticas de laboratorio. Se convierte en una actividad enriquecedora cuando el docente direcciona esa herramienta al proceso educativo, con el fin de motivar, centrar la atención y dinamizar el proceso formativo de los estudiantes.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, M. (2012). Aprendizaje y Tecnologías de Información y Comunicación: Hacia nuevos escenarios educativos. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 10 (2), 801-811.
- Area, M. (2009). *Introducción a la tecnología educativa*. San Cristóbal de La Laguna, España: Universidad de La Laguna.
- Ayala, O. (2012). Las tecnologías de información y comunicación como recursos educativos en la formación para el ejercicio ciudadano. *Revista Integral Educativa*, 5(2), 105-118. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid

=S1997-40432012000200007

- Bañón, D. y Torres, L. (2017). Empleo de Smartphones y apps en la enseñanza de la física y química. X Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias. 671-677. Recuperado de: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/18_empleo_de_smartphones_y_apps_en_la_ensenanza_de_la_fisica.pdf
- Briceño, J. (2013). La argumentación y la reflexión en los procesos de mejora de los profesores universitarios colombianos de ciencia en activo. *Aplicación de estrategias formativas sobre ciencia, aprendizaje y enseñanza*. [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. Repositorio Institucional UG.
- Cabero-Almenara, J. (2005). Las TIC y las universidades: Retos, posibilidades y preocupaciones. *Revista de la Educación Superior*, 34(135), 77-100.
- Carretero, M., y Montanero, M. (2008). Enseñanza y aprendizaje de la historia: aspectos cognitivos y culturales. *Cultura y Educación*, 20(2), 133-142.
- Chaparro, F. (2001). Conocimiento, aprendizaje y capital social como motor de desarrollo. *Revista Ciencia de la Información*, 30(1), 19-31.
- Coll, C. (2004). Psicología de la Educación y prácticas educativas mediadas por las tecnologías de la información y la comunicación: Una mirada constructivista. *Revista Electrónica Sinéctica*, 25(1), 1-24.
- Celin, W., Solano, C. y Molina, J. (2017). Plano Inclinado con dos sensores para la enseñanza del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. *Revista Espacio*, 30(20), 9.
- González, M. y Gonzáles, M. (2016). El laboratorio en el bolsillo: Aprendiendo física con tu smartphone. *Revista de Ciencias*, 1(60), 28-35.
- Díaz-Barriga, F. (2013). TIC en el trabajo del aula. Impacto en la planeación didáctica. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 4(10), 3-21.
- Fernández R., y Panadeiro A. (2009). Influencias de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Universalización de la enseñanza. *RIED: Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 12(1), 63-75.
- González, M. (2016). Uso de Smartphones en experimentos de Física en el laboratorio y fuera de él. Congreso de Docentes en Ciencias: Madrid. Recuperado de: <http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/17485/gonzalez-CDC-nv.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gordillo, M. (2006) Controversias tecno científicas Diez casos simulados sobre ciencia, tecnología, sociedad y valores. España: Octaedro.



- Granados, A. (2015). Las TIC en la enseñanza de los métodos numéricos. *Sophia Educación*, 11(2), 143-154.
- Jiménez, C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista Mexicana de investigación educativa*, 19(62), 917-937.
- Laborda, R. (2005). *Las nuevas tecnologías en la educación*, Madrid, España: Fundación AUNA.
- Lassonde, O. (2012). Antecedentes internacionales y nacionales de las TIC a nivel superior: su trayectoria en Panamá. *Revista Electrónica: Actualidades Investigativas en Educación*, 12(3), 1-25. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/447/44723985015.pdf>
- León, A. (2009). Estructura y base conceptual del diseño curricular del Sistema Educativo Bolivariano. *Educere*. 13(45), 399-414.
- Lillo, S., Camacho, M., y Martínez, N. (2018). Uso de dispositivos móviles para el desarrollo de las prácticas de laboratorio utilizando una herramienta on line, Congreso In-Red. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/112846/8889-23918-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lorandi, A., Hermida, G., Hernández, J. y Ladrón de Guevara, E. (2011). Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Internacional de Educación en Ingeniería*, 4(1), 24-30.
- Herrera, A. (2015). Una mirada reflexiva sobre las TIC en Educación Superior. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. 17 (1) 1-4.
- Parra, C. (2012). TIC, conocimiento, educación y competencias tecnológicas en la formación de maestros. *Nómaditas*, 36, 145-159.
- Pescador, B. (2014). ¿Hacia una sociedad del conocimiento?. *Revista Med.*, 22(2), 6-7.
- Prieto, et al. (2011). Impacto de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la educación y nuevos paradigmas del enfoque educativo. *Revista Educación Médica Superior*, 25(1), 95-102.
- Rodríguez, M. (2018). Polarización de la luz: conceptos básicos y aplicaciones en astrofísica. *Revista Brasileira de Enseñanza de Física*, 40(4), 1-10.
- Sancho, J., Bosco, A., Alonso, C., y Sánchez, J., (2015). Formación del profesorado en Tecnología Educativa: de cómo las realidades generan los mitos. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 14(1), 17-30.
- Suárez, N. y Custodio, J. (2014). Evolución de las tecnologías de información y comunicación en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Vínculos*, 11(1), 209-220.
- Suárez, Y. y Álvarez, G. (2013). Incidencia del uso del laboratorio en el rendimiento escolar de física en los alumnos de primer curso de bachillerato general unificado del Colegio Menor de la Universidad Central del Ecuador. [Tesis de pregrado. Universidad de Central del Ecuador] Repositorio institucional. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2666>
- SITEAL (2014). Informe 2014: Políticas TIC en los sistemas educativos de América Latina. Madrid-Buenos Aires: OEI UNESCO IPE.
- Sunkel, G., Trucco, D., y Espejo, A. (2014). La integración de las tecnologías digitales en las escuelas de América Latina y el Caribe. Una mirada multidimensional. Santiago de Chile: CEPAL.
- Tapia, E. y León, J. (2013). Educación con TIC para la sociedad del conocimiento. *Revista Digital Universitaria*, 14(1), 1-12. Recuperado de: <http://www.revista.unam.mx/vol.14/num2/art16/art16.pdf>
- Tello, E. (2007). Las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) y la brecha digital: su impacto en la sociedad de México. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 4 (2), 1-8.
- Vacchieri, A. (2013). Estado del arte sobre la gestión de las políticas de integración de computadoras y dispositivos móviles en los sistemas educativos. Buenos Aires: UNICEF.
- Wenger, E. (2001). *Comunidades de práctica, Aprendizaje significado e identidad*. Barcelona, España: Paidós.

