

Recibido el 23 de febrero de 2021. Aceptado el 31 de agosto de 2022.

Los laboratorios no convencionales para la enseñanza de la física de fluidos¹

Unconventional laboratories for teaching fluid physics

Wilton Robeiro Arenas Londoño²

Correo electrónico: robeiroarenas416@gmail.com

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4085-3329>

Luis Hernando Carmona Ramírez³

Correo electrónico: luiskar192@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4136-851X>

Cómo citar este artículo

Arenas Londoño, W. R., y Carmona Ramírez. (2021). Los laboratorios no convencionales para la enseñanza de la física de fluidos. *Revista de Investigaciones UCM*, 21(37), 85-99. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/498/4983556004/4983556004.pdf>

¹Este artículo se deriva de un proyecto de investigación realizado en la Escuela Normal Superior Miguel Ángel Álvarez, del municipio de Frontino (Antioquia).

²Institución Educativa Rural Gabriela White de Vélez. Frontino, Antioquia, Colombia. Magíster en enseñanza de las ciencias.

³Universidad Católica de Manizales. Manizales, Caldas, Colombia. Magíster en didáctica de las matemáticas.





RESUMEN

La mecánica de fluidos requiere de una estrategia de enseñanza que propicie la participación activa de los estudiantes. Una propuesta adecuada son los laboratorios no convencionales, los cuales no necesitan de instrumentos y recursos costosos para su implementación. Bajo esta modalidad, se realizó un estudio cuya población objeto la conformaron 34 estudiantes de educación básica para adultos, con los cuales se implementaron dos prácticas de laboratorio, acompañadas cada una de una prueba pretest y postest, con el fin de medir el avance de los estudiantes luego de hacerse la intervención. El enfoque de investigación empleado fue el cuantitativo y se aplicó una prueba libre de chi-cuadrado para analizar la dependencia de las variables. El objetivo que se planteó consistió en contribuir al proceso de enseñanza y aprendizaje de la mecánica de fluidos a los estudiantes de educación básica para adultos, mediante el uso de los laboratorios no convencionales. Finalmente, los hallazgos conclusivos determinaron que el uso de las prácticas contribuye al aprendizaje y mejoramiento de los conceptos fundamentales de la física de fluidos.

Palabras clave: Presión; principio de Arquímedes; prácticas de laboratorios; laboratorios no convencionales.

ABSTRACT

Fluid mechanics requires a teaching strategy that encourages the active participation of students. An adequate proposal are non-conventional laboratories, which do not need expensive instruments and resources for their implementation. Under this modality, a study was carried out whose target population was made up of 34 basic education students for adults, with whom two laboratory practices were implemented, each one accompanied by a pre-test and post-test, in order to measure the progress of the students after the intervention. The research approach used was quantitative and a free chi-square test was applied to analyze the dependence of the variables. The objective that was proposed was to contribute to the teaching and learning process of fluid mechanics to

students of basic education for adults, through the use of non-conventional laboratories. Finally, the conclusive findings determined that the use of the practices contributes to the learning and improvement of the fundamental concepts of fluid physics.

Keywords: Pressure; Archimedes principle; laboratory practices; unconventional laboratories.

Introducción

La enseñanza de las ciencias en la escuela, en especial, de la física, sigue presentándose como un cúmulo de teorías alejadas de la práctica y el uso de laboratorios es muy restringido o casi nulo, motivos por los cuales prima la aplicación de algoritmos. Sin embargo, esta es una situación que se presenta en todas las escuelas del mundo (Delord y Porlán, 2018).

Algunos estudios concuerdan con que muchas de esas dificultades obedecen a las actitudes que muestran los estudiantes hacia la ciencia y, en especial, a la manera como es enseñada en la escuela (Mazas y Bravo Torija, 2018; Delord y Porlán, 2018; Chamizo y Pérez, 2017). Con lo cual se sugiere que los métodos y mecanismos tradicionales no favorecen el aprendizaje, ya que alejan al estudiante del fenómeno natural y lo llevan al uso repetitivo de ecuaciones como único recurso para aprender.

Una buena manera de paliar esta dificultad está en la implementación de laboratorios en el aula, pero existe una problemática generalizada en las escuelas de Colombia y es que el uso de los laboratorios ha desaparecido de casi todas las instituciones educativas, bien sea por la escasa formación de los maestros o porque muchos directivos han visto estos lugares como inoficiosos, ya que no son utilizados con frecuencia.

De acuerdo con López Rúa y Tamayo Alzate (2012), "El trabajo de laboratorio favorece y promueve el aprendizaje de las ciencias, pues le permite al estudiante cuestionar sus saberes y confrontarlos con la realidad" (p. 147). De tal manera, las prácticas de laboratorio son las que mejor cumplen con las condiciones mencionadas,

pues estas proporcionan a los estudiantes la oportunidad de estar en contacto con los fenómenos estudiados. Esta efectividad de los laboratorios dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales ha sido ya comprobada por múltiples investigaciones, al punto de que pueden encontrarse propuestas con el uso de diversos tipos de laboratorios: los tradicionales o convencionales, los virtuales y los remotos (Lorandi Medina *et al.*, 2011; Andújar Márquez y Mateo Sanguino, 2010), según los recursos con los que cuente el contexto educativo. Un ejemplo claro del uso de laboratorios para la enseñanza de mecánica de fluidos se encuentra en el trabajo de Bolaños (2012), en el cual se utilizó un laboratorio de física para la mecánica de fluidos como herramienta pedagógica. En las conclusiones del estudio, el autor resaltó cómo los laboratorios les posibilitan a los estudiantes la construcción de conocimiento a partir de su experiencia. Asimismo, Rivera (2016) ofrece una propuesta para trabajar la mecánica de fluidos utilizando material de bajo costo o de fácil consecución; una alternativa que puede acomodarse a la problemática presentada en este trabajo de investigación.

Una vez definida la práctica de laboratorio como estrategia para la enseñanza de la mecánica de fluidos, aparece una nueva problemática: las propuestas que, hasta el momento, se han realizado con los diversos tipos de laboratorios (convencionales o tradicionales, virtuales y remotos) requieren de materiales que, muchas veces, no se encuentran en las instituciones, debido a los altos costos en su adquisición o mantenimiento. Este es el caso de la Escuela Normal Superior Miguel Ángel Álvarez, del municipio de Frontino (Antioquia), en donde se realizó este proyecto de investigación. Con base en esta experiencia, se planteó la siguiente

pregunta problematizadora: *¿cómo enseñar la mecánica de fluidos (presión y principio de Arquímedes), usando materiales del medio, reciclables o de fácil obtención para que sea posible que los estudiantes relacionen la teoría con la práctica?*

Esta problemática ya había sido notada en otros escenarios por el profesor Álvaro Zapata Correa, docente de la Universidad de Antioquia, quien narra lo siguiente en una entrevista realizada por los investigadores de este proyecto:

Siempre que salía a los municipios de Antioquia con proyectos de la universidad, preguntaba a los docentes de ciencias naturales de las instituciones por las prácticas de laboratorio que realizaban, obteniendo siempre una respuesta negativa, no se hacen prácticas de laboratorio porque no se cuenta con el material ni con el espacio, nos surgió entonces la pregunta *¿cómo garantizar las prácticas de laboratorio para la enseñanza de las ciencias naturales, aun cuando no se cuenta con el material o con el espacio?* (Zapata, comunicación personal, agosto de 2018)

Después de definir la problemática, el profesor Zapata lideró un grupo de investigación en la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia y con sus estudiantes proyectaron propuestas de laboratorios que se caracterizaran por utilizar materiales del medio y que pudieran desarrollarse en cualquier espacio. Con esto, se permite la manipulación del material por parte de los estudiantes y la comprensión de los fenómenos gracias a su relación con el medio.

El grupo de investigación decidió denominar esta propuesta como *laboratorios no convencionales*. Con esto, obtuvo grandes resultados, entre los que se destacan los siguientes proyectos: *Prácticas de laboratorio no convencionales en la enseñanza de la evolución biológica: una relación análoga con las plantas de la familia fabaceae* (Mosquera et al., 2014); *Prácticas de laboratorio no convencionales en química: relaciones entre el conocimiento científico y el diario vivir* (Díaz y García, 2014); *Prácticas de laboratorios no convencionales en física en el grado 11°, un vínculo entre la teoría y la práctica* (Zapata, 2008).

Los laboratorios no convencionales son, entonces, la mejor propuesta que puede adoptarse para la enseñanza de la mecánica de fluidos (presión y principio de Arquímedes), ya que se acomoda a las necesidades de la Escuela Normal Superior Miguel Ángel Álvarez como escenario de investigación. Además, responde al interrogante y al objetivo que se planteó para el desarrollo del proyecto, es decir, contribuir al proceso de enseñanza y aprendizaje de la mecánica de fluidos en los estudiantes de educación básica para adultos, mediante el uso de los laboratorios no convencionales.

Consideraciones teóricas

La mecánica de fluidos es la ciencia que se encarga del estudio de los fluidos en reposo (hidrostática) y de los fluidos en movimiento (hidrodinámica). Esta rama de la física tiene su origen en diversos trabajos aislados, pero fue en Grecia y, en especial, con las investigaciones de Arquímedes que se dio la primera sistematización de dicho conocimiento, pues este formuló las leyes o principios de la flotabilidad. Desde su nacimiento, esta ciencia contribuyó al desarrollo del diseño de barcos, canales y acueductos, pero fue, precisamente, en el siglo XVII que Isaac Newton propuso las leyes generales para el movimiento y la luz de resistencia viscosa lineal para los fluidos, con lo cual se dio el impulso a la llamada mecánica de fluidos (Yzocupe, 2002).

La física o mecánica de fluidos se encarga, principalmente, del comportamiento de los fluidos a nivel macroscópico en medios continuos. Un fluido es un conjunto de partículas que se unen entre sí mediante fuerzas de cohesión débiles, de tal manera que se ligan a las paredes del recipiente que los contiene sin conservar una forma determinada, ejemplo de ello son los líquidos y los gases (Ramírez y Villegas, 1989). La presión y el principio de Arquímedes (*fuerza de flotación*) son dos conceptos fundamentales dentro de la comprensión de la mecánica de fluidos. El primer término significa la fuerza que se distribuye en una superficie determinada y, matemáticamente, se describe con la ecuación ($\text{presión} = \text{fuerza}/\text{área}$). Es comprendida, también, como el único esfuerzo que realiza un fluido sobre cualquier cuerpo. Determinada situación lleva a que la presión sea primordial para la comprensión

de otros fenómenos de la mecánica de fluidos, como es el caso de la variación de presión con la profundidad. Además, la presión explica actividades del común como usar clavos, cortar con un cuchillo, aplicar una inyección, entre otros (Ramírez y Villegas, 1989).

Ahora bien, el segundo término, el principio de Arquímedes, también conocido como la fuerza de flotación, es una fuerza de empuje hacia arriba que realizan todos los fluidos sobre los objetos que en ellos se sumergen. Este concepto establece que la magnitud de la fuerza de flotación es igual al peso del fluido desplazado. A partir de este principio, puede explicarse por qué se hunde o por qué flota un objeto; fenómenos que continuamente se perciben en el medio. También, puede contribuir a la explicación de algunas tecnologías, como es el caso de los diseños de los barcos, las razones generales de que se mantengan a flote y sobre los fenómenos que generan que después de un accidente estos se hundan (Ramírez y Villegas, 1989).

Al reflexionar sobre la importancia de conocer los conceptos de presión y principio de Arquímedes, se identifica la necesidad de introducir esta temática dentro de los planes de estudio de educación media para adultos (Ministerio de Educación Nacional, (MEN), s. f.), y buscar una metodología adecuada para su enseñanza. Esto implica plantear una propuesta que garantice la comprensión de la temática por parte de los estudiantes adultos que ingresan a las aulas en tiempos tardíos y que, en la mayoría de los casos, tienen que trabajar para lograr su sustento. En Colombia, la educación básica para adultos se define como:

La educación para adultos brinda la posibilidad de terminar la educación básica primaria y secundaria o media a aquellas personas que por diversas circunstancias no cursaron los grados de servicio público educativo durante las edades aceptadas regularmente para cursarlos. Con esto se busca su inclusión en la vida económica, política y social, y el fortalecimiento de su desarrollo personal y comunitario. Esta oferta educativa incluye los procesos de alfabetización, y la educación básica y media en Ciclos Lectivos Especiales Integrados - CLEI. (Alcaldía de Medellín, 2021)

Desde el MEN también se reconoce la importancia de enseñar ciencias naturales en todas las instituciones de educación básica y media, e identifican, dentro de las temáticas propuestas, la enseñanza de la mecánica de fluidos. Además, este órgano pretende que los estudiantes tengan una participación activa en los procesos educativos, con el fin de que estos lleguen a la construcción de sus propios conocimientos. Dicha propuesta se fundamenta en la tesis: "de manera similar a como se hacen las ciencias, estas se aprenden" (Ministerio de Educación Nacional, 2006, p. 111).

Teniendo en cuenta la afirmación hecha por el Ministerio de Educación Nacional (2006), es necesario mirar hacia la historia de las ciencias para encontrar elementos que ayuden a la enseñanza de la misma, pues parte de lo que caracterizó el desarrollo científico fue la observación y la experimentación, a partir de las cuales fue posible crear un entendimiento general de la naturaleza y, posteriormente, comprobarlo. Siguiendo la línea de entendimiento del Ministerio de Educación Nacional (2006), una buena estrategia, que garantice el aprendizaje de las ciencias naturales, es permitir a los estudiantes hacer uso de la observación y la experimentación como herramientas que facilitan la construcción del conocimiento.

Por todo lo anterior, los laboratorios resultan ser una estrategia adecuada para enseñar los conceptos de presión y principio de Arquímedes. Adicional a esto, constituyen una propuesta fundada en la psicología cognitiva, desde la cual se apoya la teoría de Bruner (1995) descrita en su libro *Desarrollo cognitivo y educación*. Este autor afirma que existen tres tipos de representación del aprendizaje: primera, la *representación enactiva*, la cual hace referencia al aprendizaje que se adquiere por medio de los procesos de la actividad motora; segunda, la *representación icónica* que hace referencia al aprendizaje que se adquiere por medio de los sentidos; y, tercera, la *representación simbólica* que hace referencia al aprendizaje que se da por la relación establecida entre la experiencia sensitiva y el lenguaje. En este sentido, la representación icónica y la representación simbólica son las que fundamentan y explican el uso de las prácticas de laboratorio.

La implementación del experimento para la enseñanza de cualquier fenómeno de la física se convierte en una vivencia en el aula que enriquece la práctica pedagógica y didáctica (Vargas-Vargas y Carmona-Ramírez, 2021). Los experimentos se pueden desarrollar mediante laboratorios convencionales y no convencionales. Un laboratorio convencional se caracteriza porque es desarrollado dentro de un lugar específico y los experimentos se realizan con elementos propios de este, el profesor orienta el desarrollo y se realiza por medio de la aplicación consecutiva de determinados pasos, a manera de un recetario. Por su parte, en los laboratorios no convencionales se emplean elementos de bajo costo o caseros, se desarrollan fuera de un laboratorio y los estudiantes tienen la posibilidad de implementarlos de acuerdo con preguntas científicas (Shamsul Bahri *et al.*, 2013).

Materiales y métodos

Este estudio tiene un enfoque cuantitativo, de corte cuasi experimental, ya que los grupos no fueron seleccionados al azar. En la propuesta que se presentó, se diseñaron dos laboratorios no convencionales, uno para trabajar el concepto de presión y el otro para trabajar el principio de Arquímedes. Estos se aplicaron a dos grupos de educación media del programa de formación para adultos de la Escuela Normal Superior Miguel Ángel Álvarez, los cuales tenían características sociodemográficas similares, y, en total, participaron 34 estudiantes.

Los laboratorios incluían un acercamiento teórico en el que se presentaban las ecuaciones para el desarrollo de las actividades; los conceptos teóricos fundamentales, adaptados al nivel de conocimiento de los estudiantes; los materiales de fácil consecución por parte de los estudiantes; el procedimiento que consistía en la realización de cada uno de los pasos en el laboratorio; y un informe orientado desde preguntas que exigían al estudiante analizar los resultados obtenidos.

Además de los laboratorios, se aplicó, en cada temática, una prueba pretest y una postest, con el fin de analizar los conocimientos que adquirirían los estudiantes luego de la intervención en los laboratorios no convencionales. Los resultados de estas pruebas fueron analizados a partir de

la estadística descriptiva y de la aplicación de la prueba libre chi-cuadrado.

Para el laboratorio de presión se solicitaron los siguientes materiales a los estudiantes: plastilina, un tornillo delgado y sin punta, un vaso plástico o metálico, una roca de tamaño grande, una balanza y una regla o vernier. El procedimiento, inicialmente, consistió en calcular el área transversal del vaso y del tornillo. Esta información la debían plasmar en la Tabla 1.

Tabla 1. Matriz para consignar los datos obtenidos del laboratorio de presión

Elemento	Diámetro (m)	Área (m ²)
Vaso		
Tornillo		

Fuente: elaboración propia.

Luego de completar la tabla, se moldeó la plastilina hasta conseguir una hoja gruesa, cuyo tamaño debía ser un poco más grande que el área del vaso; en esta fue ubicado el recipiente y encima se le puso una piedra. Luego, se repitió el procedimiento con el tornillo, pues este fue dispuesto sobre la plastilina y encima se le agregó una piedra. Posteriormente, se observó la marca dejada por el vaso y por el tornillo, los cuales ejercieron la misma fuerza sobre la plastilina. Esto se realizó con el fin de observar cómo influía la presión sobre los fenómenos. De tal manera que se midió la masa de la piedra y se calculó la presión que ejercieron el vaso y el tornillo. Esta información fue registrada en la Tabla 2.

Tabla 2. Matriz para consignar los datos obtenidos de la segunda parte del laboratorio de presión

Elemento	Masa (kg)	Fuerza (N)	Presión del vaso (N/m ²)	Presión del tornillo (N/m ²)
Piedra				

Fuente: elaboración propia.

Una vez terminadas las actividades, se procedió a elaborar el informe. En este se describió lo ocurrido con la plastilina cada vez que se repetía el proceso de aplicar la misma fuerza sobre diferentes objetos.

Para el laboratorio del principio de Arquímedes se solicitaron los siguientes materiales a los

estudiantes: dos frascos de compota, arroz o arena, un balde con agua y una balanza. Para iniciar el proceso, los estudiantes debían llenar con arroz o con arena uno de los frascos de compota y dejar el otro vacío. Luego, se les dio a conocer el volumen del frasco, el cual fue medido con anticipación, y se les indicó que midieran la masa de ambos frascos para calcular su densidad. La información fue consignada en la Tabla 3.

Tabla 3. Matriz para consignar los datos obtenidos del laboratorio del principio de Arquímedes (parte 1)

Elemento	Masa (gr)	Densidad (gr/cm ³)
Frasco vacío		
Frasco lleno		

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se llenó el balde con agua y se le pidió a los estudiantes que sumergieran los dos frascos al mismo tiempo y que observaran lo que sucedía con cada uno de ellos. Después, teniendo

en cuenta que la densidad del agua es de 1 gr/cm^3 , se les solicitó que calcularan la fuerza de flotación, para la cual era necesario tener claro que el volumen desplazado por los frascos era igual al volumen del frasco. La información fue consignada en la Tabla 4.

Tabla 4. Matriz para consignar los datos obtenidos del laboratorio del principio de Arquímedes (parte 2)

Elemento	Masa del fluido movida	Fuerza de flotación
Frasco vacío		
Frasco con arena		

Fuente: elaboración propia.

Terminado el proceso, se realizó un informe desde el cual se buscó que los estudiantes llegaran a concluir que el hecho de que un objeto flote o no depende de la relación existente entre su densidad y la densidad del fluido.



Figura 1. Desarrollo de la práctica de laboratorio del principio de Arquímedes

Fuente: elaboración propia.

Ahora bien, las pruebas de pretest y de postest fueron diseñadas con cuestionarios de diez preguntas. Para el concepto de presión se trabajaron preguntas de opción múltiple, en las que se evaluó el conocimiento teórico y los problemas de aplicación. Para el principio de Arquímedes se trabajaron preguntas de opción múltiple, de demostración y preguntas abiertas, con las cuales se evaluó el conocimiento teórico y los problemas de aplicación. Para la medición total de los resultados en los test aplicados se utilizó una escala dicotómica: correcta, incorrecta.

Resultados y discusión

Durante la aplicación de los laboratorios, los estudiantes tuvieron una respuesta positiva, participaron de forma activa y mostraron mayor interés por las temáticas trabajadas. Solo hubo dificultades en el momento de la elaboración del informe, debido a que los equipos de trabajo eran numerosos y no todos participaban en la construcción de este registro.

En cuanto al desarrollo de las pruebas de pretest y de postest, de forma general, se pudo observar que, aunque los estudiantes tenían indicios de las temáticas, en la primera sentían inseguridad al momento de responder y confusión ante los términos utilizados. Para las pruebas de postest, los estudiantes mostraron mayor confianza y entendimiento, pues diferenciaron cada uno de los términos que introdujeron durante los laboratorios.

A continuación, se analizarán los resultados de las pruebas de pretest y de postest para cada una de las temáticas expuestas en los dos laboratorios. En la figura 1 se contrasta la cantidad de respuestas correctas e incorrectas para las pruebas de pretest y postest del laboratorio de presión.

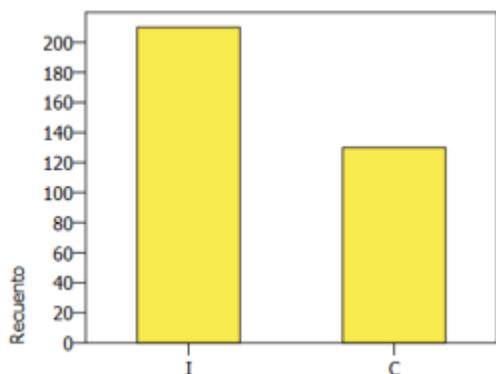


Figura 2. Contraste de la prueba de pretest del laboratorio de presión
Fuente: elaboración propia.

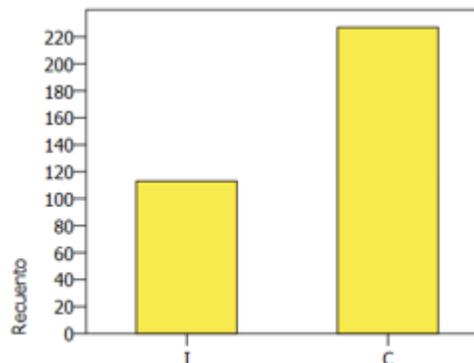


Figura 3. Contraste de la prueba de postest del laboratorio de presión
Fuente: elaboración propia.

En la gráfica del pretest se observa el predominio de las respuestas incorrectas, con un total de 210, las cuales representan un 60 % del total de las preguntas, frente a las respuestas correctas que fueron 130, las cuales constituyen el 40 %. En la gráfica del postest, las respuestas incorrectas disminuyen a 113, las cuales comprenden el 33 % y se manifiesta un aumento de las respuestas correctas, con un total de 227 que abarcan el 67 %. La diferencia en los resultados, observados en ambas gráficas, demuestra el mejoramiento que tuvieron los estudiantes con el desarrollo del laboratorio.

Para la aplicación de la prueba de chi-cuadrado se partió de las hipótesis que se presentan a continuación:

H_0 : La aplicación del laboratorio de presión es independiente de los resultados de la prueba del postest.

H_1 : La aplicación del laboratorio de presión es dependiente de los resultados de la prueba del postest.

Para determinar si hay independencia entre las variables, se comparó el valor de p con el nivel de significancia, denotado por α que es de 0,05.

Tabla 5. Prueba estadística del chi cuadrado para los resultados del pretest y postest del laboratorio de presión

PRETEST			
	N observado	N esperado	Residual
I	210	170,00	40,00
C	130	170,00	-40,00
Total	340		

POSTEST			
	N observado	N esperado	Residual
I	113	170,00	-57,00
C	227	170,00	57,00
Total	340		

Pruebas Estadísticas		
	PRETEST	POSTEST
Chi-cuadrado	18,82	38,22
df	1	1
Sign. Asint.	,000	,000

Fuente: elaboración propia.

Como $p < 0,05$, con $p = 0,000$ se descarta la hipótesis nula H_0 y se determina que las variables están relacionadas. Las diferencias observadas son estadísticamente significativas, motivo por el cual se concluye que los resultados de la prueba postest son dependientes de la aplicación del laboratorio no convencional de presión.

Ahora, se analizarán las gráficas en las que se contrastan la cantidad de respuestas correctas (C) e incorrectas (I) para las pruebas de pretest y postest del laboratorio del principio de Arquímedes.

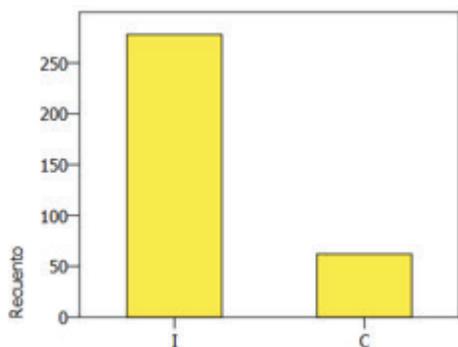


Figura 4. Contraste de la prueba de pretest del laboratorio del principio de Arquímedes
 Fuente: elaboración propia.

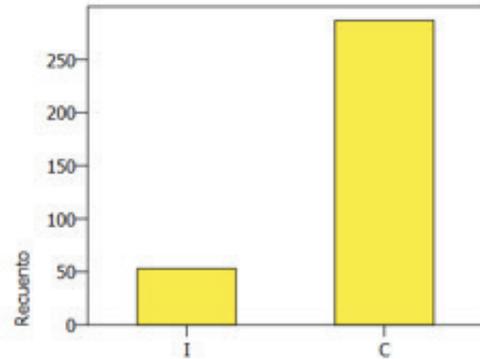


Figura 5. Contraste de la prueba del postest del laboratorio del principio de Arquímedes
 Fuente: elaboración propia.

En la gráfica de la prueba del pretest se observa que es superior la cantidad de respuestas incorrectas, con un total de 278 que representan el 80 %, mientras que las respuestas correctas solo tienen un total de 62, las cuales constituyen el 20 %. En las gráficas del postest se observa que la cantidad de respuestas incorrectas disminuye a un total de 53 preguntas que comprenden el 15 %, mientras que las respuestas correctas aumentan a un total de 287, las cuales representan el 85 %. El aumento que muestran las gráficas respecto a las respuestas correctas demuestra el mejoramiento que tuvieron los estudiantes luego de aplicarse el laboratorio.

Para la aplicación de la prueba de chi-cuadrado se partió de las siguientes hipótesis:

H_0 : La aplicación del laboratorio del principio de Arquímedes es independiente de los resultados de la prueba del postest.

H_1 : La aplicación del laboratorio del principio de Arquímedes es dependiente de los resultados de la prueba del postest.

Para determinar si hay independencia entre las variables, se comparó el valor de p con el nivel de significancia, denotado por α , que es de 0,05.

Tabla 6. Prueba estadística del chi cuadrado para los resultados del pretest y postest del laboratorio del principio de Arquímedes

PRETEST

	N observado	N esperado	Residual
I	278	170,00	108,00
C	62	170,00	-108,00
Total	340		

POSTEST

	N observado	N esperado	Residual
I	53	170,00	-117,00
C	287	170,00	117,00
Total	340		

Pruebas Estadísticas

	PRETEST	POSTEST
Chi-cuadrado	137,22	161,05
df	1	1
Sign. Asint.	,000	,000

Fuente: elaboración propia.

Como $p < 0,05$, con $p = 0,000$ se descarta la hipótesis nula H_0 y se determina que las variables están relacionadas. Las diferencias observadas son estadísticamente significativas, motivo por el cual se concluye que los resultados de la prueba postest son dependientes de la aplicación del laboratorio no convencional del principio de Arquímedes.

Es importante resaltar cómo el uso de los laboratorios favoreció el aprendizaje de los estudiantes, ya que desarrolló ciertas habilidades y destrezas para las cuales el trabajo experimental es fundamental. Además, les ayudó en la argumentación y en la comprensión de los fenómenos desde un campo más amplio que solo se puede percibir mediante la observación (López Rúa y Tamayo Alzate, 2012).

De igual manera, diversos estudios han demostrado la importancia de la aplicación de laboratorios para la enseñanza de las ciencias naturales, ya que permiten el descubrimiento al evitar el dato correcto que se logra con el uso de la ecuación o la manipulación empírica de los datos (Álvarez Amador *et al.*, 2019 y Lugo, 2006). Adicional a esto, el uso de laboratorios en los cuales los estudiantes crean sus instrumentos e interactúan con sus pares favorece el aprendizaje colaborativo y permite más protagonismo por parte del alumno y la supervisión del maestro que se convierte en un orientador o garante de cada proceso (Alvarado-Zamorano *et al.*, 2017;

Monroy Romero y Orozco Segovia, 2017).

Finalmente, las investigaciones en el campo de la didáctica reconocen el uso de los laboratorios no convencionales porque, además de su practicidad y uso de elementos de bajo costo, favorecen los procesos de aprendizaje, trabajo entre pares y fomento de la creatividad; ya que llevan al profesor y a los estudiantes a la creación de utensilios para su desarrollo (Hohenfeld y Penido, 2000; Shamsul Bahri *et al.*, 2013).

Conclusión

Ante la dificultad de encontrar o diseñar prácticas de laboratorios para la mecánica de fluidos o cualquier otra temática de las ciencias naturales debido a la falta de materiales, los laboratorios no convencionales resultan ser una buena estrategia para enseñar estos conceptos. Estos permiten a los estudiantes tener una participación activa en la construcción de sus conocimientos y les brinda la oportunidad de estar en contacto con los fenómenos en estudio.

Respecto a las prácticas de laboratorio, los estudiantes demuestran una actitud distinta a la que tienen durante las clases teóricas, lo cual se refleja en la apropiación y participación que tienen durante el proceso, en los aportes y discusiones que se van creando.

Los resultados y análisis de las pruebas de pretest y de postest demuestran que los laboratorios no convencionales, además de dar solución a la problemática comúnmente presentada de la falta de materiales, brindan a los estudiantes una educación de calidad y mejoran en ellos la comprensión de los conceptos que se trabajan.

Agradecimientos

Agradecemos al profesor Álvaro Zapata Correa de la Universidad de Antioquia por sus aportes teóricos para la realización de este proyecto de investigación.

Referencias

- Alcaldía de Medellín. (2021). *Educación para Adultos*.
<https://www.medellin.edu.co/estudiantes/acceso-cobertura-y-permanencia/matriculas-y-cupos-escolares/>
- Alvarado-Zamorano, C., Sara Páez, M., y De la Cruz Martínez, G. (2017). *Secuencia de enseñanza-aprendizaje colaborativa para la enseñanza de la Química ácido-base en una secundaria mexicana*. X Congreso Internacional Sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias (pp. 241-245). Sevilla, España.
- Álvarez Amador, C., González Brizuela, E., y López Borge, A. (2019). Incidencia del Laboratorio de Ciencias Naturales en los estudiantes de *Uraccan*. *Revista Universitaria del Caribe*, 22(1). <https://doi.org/10.5377/ruc.v22i1.8428>
- Andújar Márquez, J., y Mateo Sanguino, T. (2010). Diseño de Laboratorios Virtuales y/o Remotos. Un Caso Práctico. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 7(1), 64-72. [https://doi.org/10.1016/S1697-7912\(10\)70009-1](https://doi.org/10.1016/S1697-7912(10)70009-1)
- Bolaños, F. A. (2012). Laboratorio de física mecánica de fluidos como herramienta pedagógica. *Ingeniería solidaria*, 26-33.
- Bruner, J. (1995). *Desarrollo cognitivo y educación*. Morata.
- Chamizo, J., y Pérez, Y. (2017). Sobre la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Iberoamericana de Educación*, 74(1), 23 - 40. <https://doi.org/10.35362/rie741624>
- Delord, G., y Porlán, R. (2018). Del discurso tradicional al modelo innovador en enseñanza de las ciencias: obstáculos para el cambio. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (35), 77-90. <https://roderic.uv.es/handle/10550/68935>
- Díaz, L. E., y García, J. A. (2014). *Prácticas de laboratorio no convencionales en química: relaciones entre el conocimiento científico y el diario vivir*. Universidad de Antioquia.
- Hohenfeld, D. P., y Penido, M. C. (2000). Laboratórios convencionais e virtuais no ensino de Física. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educacao em Ciencias*. <http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viienpec/VII ENPEC - 2009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/663.pdf>
- Lorandi Medina, A., Hermida Saba, G., Hernández Silva, J., y Ladrón de Guevara Durán, E. (2011). Los Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Ingeniería. *Revista Internacional de Educación en Ingeniería*, 4, 24-30.
- López Rúa, A. M. y Tamayo Alzate, Ó. E. (2012). Las Prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145-166. <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134129256008.pdf>
- Lugo, G. (2006). *La importancia de los laboratorios. Construcción y tecnología*, 15(223), 20-22. <http://www.imcyc.com/revistact06/dic06/INGENIERIA.pdf>
- Mazas, B., y Bravo Torija, B. (2018). Actitudes hacia la ciencia del profesorado en formación de educación infantil y educación primaria. *Revista de currículum y formación del profesorado*, 331-346. https://zaguan.unizar.es/record/75021/files/texto_completo.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). *Estándares básicos de competencia en ciencias sociales y ciencias naturales*.
- Ministerio de Educación Nacional. (s. n.). *Educación para adultos*. <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-82806.html>
- Monroy Romero, F., y Orozco Segovia, S. (2017). Técnicas de aprendizaje colaborativo en el laboratorio de bachillerato para

el aprendizaje de cantidades físicas vectoriales. *Latin American Journal of Science Education*, 2-11. http://lajse.org/nov17/22049_Monroy_2017.pdf

Mosquera, O. L., Román, J. C., y Velásquez, L. (2014). *Prácticas de laboratorio no convencionales en la enseñanza de la evolución biológica: una relación análoga con las plantas de la familia fabaceae.* Universidad de Antioquia.

Ramírez, S. R., y Villegas, R. M. (1989). *Investiguemos Física.* Voluntad.

Rivera, H. (2016). *Diseño de prácticas de laboratorio con materiales de bajo costo o fácil consecución para la enseñanza de la mecánica de fluidos en la media vocacional.* Universidad Nacional de Colombia.

Shamsul Bahri, N. A., Azlib, N. A., y Samah, N. A. (2013). From Conventional to Non-conventional Laboratory: Electrical Engineering Students' Perceptions. En T. Hussain Maken (Ed.), *Internationalization of Engineering Education: Experiences from Project Based Learning Environment* (pp. 404-409).

Vargas-Vargas, S. J., y Carmona-Ramírez, L. H. (2021). Enfoque epistemológico y experimental en la enseñanza de las ciencias, una estrategia didáctica para el aprendizaje de la teoría de la luz de Newton. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 0(41), 155-170. <https://doi.org/10.7203/DCES.41.20806>

Yzocupe, V. A. (2002). *Mecánica de fluidos e ingeniería de fluidos.* <https://acortar.link/MlwY4q>

Zapata, G. A. (2008). *Prácticas de laboratorio no convencionales en física en el grado 11º, un vínculo entre la teoría y la práctica.* Universidad de Antioquia.