

## Estrategias didácticas basadas en laboratorios virtuales y presenciales en el aprendizaje de las leyes de Newton

Teaching strategies based on virtual and presence laboratories in the learning of Newton's laws

**Alberto Jesús Iriarte Pupo**

Universidad de Sucre, Colombia  
albertoirarte4@yahoo.es

**Yessica Dallana Ortega Pérez**

Universidad de Sucre, Colombia  
yedaorpe125@hotmail.com

**Lizeth Paola Estrada Soto**

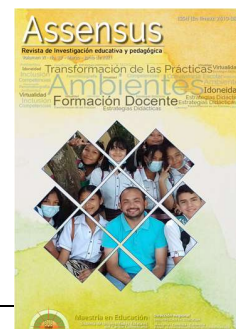
Universidad de Sucre, Colombia  
lizethestradasoto0416@gmail.com

### Resumen

Las investigaciones en didáctica de la Física, han venido desarrollándose de manera vertiginosa en las últimas tres décadas. Los problemas que subyacen a los procesos de enseñanza y aprendizaje de esta disciplina, se encuentran relacionados, entre otros aspectos con: la transferencia del cambio conceptual; la baja motivación hacia el aprendizaje de las ciencias; la utilización de estrategias didácticas distributivas. Por tanto, en la indagación relacionada con el presente artículo, se estableció como objetivo, evaluar la incidencia de secuencias didácticas basadas en laboratorios virtuales y presenciales, en el aprendizaje de las leyes de Newton en estudiantes de décimo grado. El abordaje teórico, se encuentra fundado en los postulados de las teorías psicológicas cognitivistas y constructivistas del aprendizaje. La metodología utilizada fue de tipo cuantitativo, dándole respuesta a un diseño cuasiexperimental con grupo control. Entre los resultados, se logró evidenciar que, mediante la puesta en marcha de una estrategia que articule los laboratorios virtuales con los presenciales en la enseñanza de la Física, se propician procesos cognitivos, procedimentales, metacognitivos y de autorregulación del aprendizaje, con el fin de desarrollar competencias científicas en los estudiantes, específicamente en los temas relacionados con las leyes de Newton.

**Palabras clave:** Prácticas de laboratorio, laboratorios virtuales, didáctica de la Física.

**Recepción:** 01-04-2021 | **Aceptación:** 10-05-2021 | **Publicación:** 30-06-2022



## Abstract

Research in the didactics of Physics has been developing in a dizzying way in the last three decades. The problems underlying the teaching and learning processes of this discipline are related, among other aspects, to: the transfer of conceptual change; low motivation towards learning science; the use of distributive didactic strategies. Therefore, in the investigation related to this article, the objective was established to evaluate the incidence of didactic sequences based on virtual and face-to-face laboratories, in the learning of Newton's laws in tenth grade students. The theoretical approach is based on the postulates of cognitive and constructivist psychological theories of learning. The methodology used was quantitative, responding to a quasi-experimental design with a control group. Among the results, it was possible to show that, through the implementation of a strategy that articulates virtual laboratories with face-to-face ones in the teaching of Physics, cognitive, procedural, metacognitive and learning self-regulation processes are promoted, in order to develop scientific competencies in students, specifically in topics related to Newton's laws.

**Keywords:** Laboratory practices, virtual laboratories, Physics didactics.

**Received:** 01-04-2021 | **Accepted:** 10-05-2021 | **Published:** 30-06-2022

## Introducción

Las investigaciones sobre enseñanza de las Ciencias Naturales en la escuela han venido gestando conocimientos ingentes en las últimas tres décadas, tomando fuerza lo referente a las transformaciones didácticas necesarias para propiciar en el estudiante aprendizajes significativos y el desarrollo de competencias científicas (Gutiérrez, 2012). Luego de la proclamación de la constitución política de 1991, y la expedición de la Ley General de Educación en Colombia (ley 115 de 1994), el Ministerio de Educación Nacional (MEN), ha expedido diferentes referentes que permiten profundizar sobre este tema en particular, entre algunos de ellos se destacan: Lineamientos Curriculares (MEN, 1998), Estándares Básicos de Competencias (MEN, 2004), Derechos Básicos del Aprendizaje (MEN, 2018).

Ahora bien, aún existen y persisten problemas que subyacen en la enseñanza y el aprendizaje de la Física. De esta forma, se destaca que en diferentes estudios realizados tanto a nivel nacional como internacional, se muestra una perspectiva escasamente alentadora, en lo referente a la adquisición de competencias para el nivel de entendimiento y aplicación de conocimientos científicos, en los estudiantes colombianos, que les faculta: identificar situaciones o fenómenos a cuestionar; recabar información relevante y pertinente sobre lo observado; explicar dichos fenómenos y sacar conclusiones basadas en la evidencia; adquirir y socializar nuevo conocimiento (Hinijosa y Sanmarti, 2013; Elizondo, 2013). Lo anterior, se corrobora en los resultados obtenidos en pruebas internacionales, como las llevadas a cabo por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), mediante el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA por sus siglas en inglés), donde para el análisis realizado en el 2018, el rendimiento de los estudiantes colombianos en lectura y ciencia no fue el esperado. Según el estudio de la OCDE, poco menos del 50 % de los estudiantes colombianos alcanzaron el nivel 2 en ciencias (la medida de la OCDE es de 78 %), donde como mínimo, se evalúa si los estudiantes pueden reconocer la explicación correcta de fenómenos científicos familiares.

Asimismo, específicamente en lo que respecta al aprendizaje y comprensión de la dinámica de Newton, tanto estudiantes como adultos, presentan dificultades cuando deben interpretar desde el modelo físico, transformaciones que están asociadas a creencias cotidianas. Así también, se ha comprobado que establecen relaciones entre las variables involucradas en el movimiento, que tiene su origen en ideas aristotélicas (García y Dell'oro, 2001). El problema aumenta, cuando en el proceso educativo, se llevan a cabo prácticas distributivas y memorísticas de enseñanza y aprendizaje, de esta temática en especial. De esta manera, las representaciones semióticas que exteriorizan los estudiantes, son tratadas de forma descuidada, prolongando vacíos estructurales en la construcción y tratamiento del conocimiento científico. De este modo, se logra advertir que existen diferentes circunstancias que impiden el buen desempeño de los estudiantes, entre ellos se denotan los vacíos cognitivos en operaciones básicas, y también el poco interés de los estudiantes por esta disciplina. Según Vera (2012), las metodologías que se están utilizando en los diferentes

eventos de clases, tienen ciertos problemas, como lo son el de no atraer la atención de los estudiantes y no fortalecer las habilidades científicas e investigativas.

Lo antes expuesto, conlleva a formular como objetivo del estudio, evaluar la incidencia de secuencias didácticas basada en laboratorios virtuales y presenciales, en el aprendizaje de las leyes de Newton en estudiantes de décimo grado de la Institución Educativa Policarpa Salavarrieta de Sincelejo (Sucre). Por medio del cual, se pretendió aportar a la solución de algunos de los problemas antes planteados, contribuyendo al desarrollo de la línea de investigación en didáctica de las ciencias. Asimismo, se procuró beneficiar a la comunidad educativa, brindando diferentes oportunidades para que los estudiantes aprendieran y aplicaran los conocimientos adquiridos.

El abordaje metodológico de la presente investigación, fue constituido desde un enfoque cuantitativo, teniendo en cuenta un diseño cuasi-experimental con grupo control, complementado con algunas apreciaciones, donde los estudiantes describían su experiencia en cuanto a la intervención pedagógica (Hernández et al., 2014). Los resultados sugieren que la utilización de laboratorios virtuales logra que los estudiantes puedan transitar desde una postura de aprendizaje heteroestructurante a una autoestructurante (Pozo, 1989).

## Referentes teóricos

Entre los aspectos teóricos a tener en cuenta, están dados desde la perspectiva psicológica cognitivista (Piaget, 2000), constructivista social (Vygotsky, 1995) y del aprendizaje significativo (Ausubel, 2002). Del primer referente, se destacan los conceptos asociados a la construcción del conocimiento, el cual según Piaget (2000), es producto de la acción que la persona ejerce sobre el medio y este sobre él. De esta forma, para que la construcción de conocimientos se dé, deben generarse procesos de asimilación, incorporación, organización y equilibrio. Desde esta perspectiva, el aprendizaje surge de la solución de problemas que permiten el desarrollo de los procesos intelectuales y la conformación de estructuras representacionales de la realidad.

Desde otro punto de vista, Vygotsky (1995) sostiene que las funciones psicológicas superiores son el resultado de la influencia del entorno y del medio donde el individuo se desenvuelve, es decir de la cultura. Por ende, el objetivo del aprendizaje no se da en solitario, este es un proceso intersubjetivo, que va desarrollándose en la medida que el sujeto se vincula con el medio. De ahí que se otorgue especial importancia a los escenarios sociales, se promueva el trabajo en equipo que contribuya a la solución de situaciones adversas. Con respecto a la postura de Ausubel (2002), se puede decir que el aprendizaje significativo es el proceso por medio del cual se relaciona un nuevo conocimiento con la estructura cognitiva del que aprende. Es decir, tal como plantea Moreira (2000), es lo que el individuo ya conoce

lo que le da sentido y significado a este nuevo conocimiento que contribuya a sus intereses, motivaciones y expectativas.

### **Enseñanza y aprendizaje de las leyes de Newton**

Con respecto a la enseñanza y el aprendizaje de la Física, y en especial de las leyes de Newton, se encontró que comprender la dinámica newtoniana, en la etapa escolar, presenta serias dificultades, toda vez que, los estudiantes llegan con ciertas ideas previas, o preconcepciones muy arraigadas, que explican el fenómeno del movimiento y las fuerzas que actúan sobre este, de manera convincente pero erradas según el conocimiento científico construido hasta el momento (Mosquera, 2012). En efecto, Pozo y Carretero (citados por Mosquera, 2012) mencionan que, la “comprensión se ve obstaculizada por la existencia de concepciones espontáneas muy persistentes, reacias al cambio y, por si esto fuera poco, decididamente contrarias a los conceptos que se les pretende enseñar...” (p.1). Aunado a lo anterior, se presentan casos donde el docente pretende enseñar las leyes de Newton desde una perspectiva didáctica tradicional, donde el estudiante es un sujeto pasivo, el libro de texto resulta indiscutible, una didáctica con un enfoque deductivista.

En este sentido, Córdoba et al. (2017) expresan que “es muy frecuente que las propuestas de actividades que ofrecemos a nuestros alumnos no generen en ellos un interés intrínseco, vinculado a la curiosidad y entusiasmo por la adquisición de conocimientos, que les permita resolver las situaciones planteadas” (p.2). Por ende, y con el fin de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, se deben diseñar estrategias didácticas, en las cuales se tengan en cuenta los siguientes aspectos: establecer una relación horizontal entre docentes y estudiantes; despertar una actitud positiva ante el aprendizaje de las ciencias; desarrollar la capacidad innovadora; despertar motivación, tanto intrínseca como extrínseca, hacia el aprendizaje; promover el trabajo colaborativo o cooperativo; realizar experimentos donde se realice el proceso establecido por las ciencias naturales para la construcción de conocimiento. Lo antes expuesto, servirá como plataforma para movilizar las preconcepciones erradas, y así, lograr que el estudiante transforme su estructura mental, sobre la comprensión y aplicación de las leyes de Newton.

### **Estrategias didácticas basadas en laboratorios presenciales**

Las prácticas de laboratorio, para la enseñanza de las ciencias han sido fundamentales para mostrar en la realidad los fenómenos en estudio. Ahora bien, “hasta la década de los cincuenta la enseñanza en el laboratorio se centró principalmente en actividades verificativas que se habían discutido en la clase teórica o planteada en los libros” (Saquinula et al., 2018, p. 7). De igual manera, en la década de los noventa del siglo pasado, los laboratorios eran realizados con el fin de generar motivación en los aprendices y comprobar teorías (desarrollo

de destrezas cognitivas) (Moreira et al., 2009). Si bien los propósitos de este tipo de prácticas se han diversificado (Por ejemplo para Domin (1999) se pueden desarrollar los estilos siguientes: expositivo; por descubrimiento; indagativo; y de resolución de problemas), siguen siendo importantes en la enseñanza de las ciencias naturales.

Por su parte, Espinosa-Ríos et al. (2016), expresan que la implementación de las prácticas de laboratorio, implica un proceso didáctico regulado por el docente, quien debe organizar temporal y espacialmente los diversos ambientes de aprendizaje, con el fin de ejecutar etapas estrechamente relacionadas. De esta manera, se le permite a los estudiantes: realizar acciones psicomotoras y sociales a través del trabajo colaborativo; relacionar diversas fuentes de información; interactuar con equipos e instrumentos; y abordar la solución de los problemas desde un enfoque interdisciplinar. Por tanto, es importante seguir avanzando en la comprensión de propuestas didácticas integradas que posibilitan el aprendizaje de las ciencias.

### **Estrategias didácticas basadas en laboratorios virtuales**

Las dinámicas sociales y culturales actuales, donde la tecnología ha transformado gran parte del diario vivir de la humanidad, ha conllevado a la necesidad de educar a las nuevas generaciones, en competencias para afrontar la incertidumbre y desarrollar la adaptación al cambio permanente (Castell, 1996). De esta manera, los profundos cambios que en todos los ámbitos de la sociedad se ha producido en los últimos años, exigen una nueva formación de base para los jóvenes, y una formación continua a lo largo de la vida para todos los ciudadanos. Los jóvenes cada vez saben más y aprenden más cosas fuera de los centros educativos. Por ello, uno de los retos que tienen actualmente los centros de enseñanza, consiste en integrar las aportaciones de estos poderosos canales formativos en los procesos de enseñanza y aprendizaje, garantizando cambios en la percepción didáctica, para que la implementación de las TIC se haga de forma eficiente (Alcántara, 2009).

Ahora bien, el conocimiento de la Física que se ocupa de los componentes fundamentales del universo, resulta esencial para la formación científica de los jóvenes. Este conocimiento es imprescindible para aquellos estudiantes, que tienen el interés y la posibilidad de seguir cultivándose en otros aspectos de las ciencias experimentales. De esta forma, al vincular el aprendizaje de conocimientos declarativos con los procedimentales, mediante diversas modalidades de prácticas de laboratorios (presencial, virtual o mixto), se logra potenciar el desarrollo de nuevas ideas y competencias, que conducen a la construcción de conocimientos sólidos y significativos (Rivera et al., 2009).

La educación ha cambiado y su dispositivo principal (la escuela), también lo viene haciendo. El sujeto pasivo que otrora época era el común denominador en el aula, se transformó. A los estudiantes de hoy les inquieta el porqué de las cosas, el para qué y cómo funcionan. Por esta razón, y teniendo en cuenta las habilidades que el medio cultural ha

desarrollado en ellos (considerados como nativos digitales), los laboratorios virtuales son una alternativa de aprovechamiento de diversos recursos, tanto cognitivos, como actitudinales. Por ende, a través de la implementación de estrategias donde se articulen las TIC, en específico laboratorios virtuales, se logran vislumbrar algunas ventajas tales como: son de fácil manejo; su practicidad por poderse repetir varias veces los problemas propuestos; su amigabilidad con el medio ambiente; permiten llegar con mayor facilidad a los educandos para desarrollar en ellos sus habilidades científicas y tecnológicas a la vez.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, sobre diversos aspectos teóricos y conceptuales que guiaron el trabajo en diferentes componentes, como el trabajo de campo y la interpretación de los datos, en esta ponencia se pretenden aportar al campo del estudio de la didáctica de las ciencias naturales; comprobando la eficiencia de utilizar laboratorios virtuales conjuntamente con laboratorios presenciales, para una mayor comprensión de los fenómenos estudiados. En consecuencia, los laboratorios hacen posible el manejo de conceptos abstractos de una forma llamativa para los estudiantes. Estos son herramientas que posibilitan descubrir el mundo de lo micro y lo macro, de manera aproximada, pero cumpliendo con la mayor parte de los requerimientos y postulados alcanzados por la ciencia. Esta es una estrategia que favorece tanto al docente como a los estudiantes, debido a que crea lazos entre ambos, para que puedan comprenderse mutuamente a través del conocimiento (García, 2016).

## **Metodología**

El estudio fue de enfoque cuantitativo y responde a un diseño cuasi-experimental de investigación (Hernández et al., 2014; Creswell, 2014). En un primer momento, se realizó una prueba diagnóstica para determinar el estado de desarrollo de los conocimientos y competencias referentes a las leyes de Newton que tenían los estudiantes. Luego, se llevaron a cabo las intervenciones didácticas mediadas por las TIC, utilizando laboratorios virtuales y presenciales como unidades principales. En uno de los grupos se realizó la intervención solo usando laboratorios virtuales. En otro, se intervino empleando, tanto laboratorios virtuales como presenciales. Con el fin de comparar los resultados se tuvo en cuenta un grupo control, en donde el docente siguió aplicando una metodología que puede ser considerada tradicional con atisbos de constructivismo. En esta el docente presenta el tema, lo pone en consideración de los estudiantes, realiza ejercicios tipo, que le sirven de ejemplos del fenómeno, pero más centrado en los procesos de matematización que en la comprensión del mismo, para luego terminar colocando ejercicios que los estudiantes deben resolver.

Este diseño de investigación, según Hernández et al. (2014), se le denomina cuasi-experimental transversal con grupo control. La ventaja de utilizar este tipo de diseño, radica en la posibilidad de ofrecer una evidencia casi tan fuerte del impacto del programa, como en un diseño experimental puro, si se controlan y analizan apropiadamente las variables extrañas

que puedan incidir en el proceso que se está ejecutando. Asimismo, se fueron tomando evidencias de tipo cualitativo, que posibilitaron tener en cuenta algunas narrativas expresadas por los estudiantes sobre diversos aspectos referentes a la estrategia llevada a cabo. Las técnicas de recolección de información que fueron utilizadas, fueron las siguientes: Test 1 (evaluación inicial); Test 2 (evaluación final, al finalizar la intervención de los grupos experimentales); entrevistas no estructuradas a estudiantes, realizadas al terminar cada evento de clase, para saber su percepción sobre el programa llevado a cabo.

El test utilizado para medir algunos de los conocimientos que han adquirido los estudiantes, con respecto a las leyes de Newton, consto inicialmente de 18 preguntas, las cuales después de haber sido revisadas por expertos, y luego de haber realizado un pilotaje, con estudiantes de otra institución con características similares a la de los participantes, quedo en 15 preguntas. El alfa de Cronbach general, dio como resultado 0,758, representado un nivel aceptable de confiabilidad. Se aclara que el 80% de las preguntas fueron rescatadas de las pruebas SABER 11, que el Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES), ha dejado liberadas, para ser utilizadas por la comunidad en general.

Este estudio fue realizado en la Institución Educativa Policarpa Salavarrieta de la ciudad de Sincelejo (Colombia), tomando como población los estudiantes del grado décimo de dicha institución. Se especifica que en el establecimiento educativo, se cuenta con un docente de matemática que está a cargo de orientar la disciplina de Física, asimismo no hay laboratorios, para hacer las prácticas necesarias. Sin embargo, si se tienen dos salas de informática con computadores de mesa y portátiles, que los estudiantes utilizan para llevar a cabo sus trabajos. La población total, distribuida en cuatro grupo de décimo grado, estuvo constituida por 164 estudiantes. De los cuatro grupos, se escogieron al azar tres de ellos, uno que fue tomado como grupo control, los otros dos como grupos experimentales. Por tanto, la muestra fue constituida por 106 estudiantes, representando el 64,6% de la población. Los grupos escogidos, tuvieron la siguiente participación en el estudio:

- 10° A: Grupo experimental 1. Estrategia didáctica basada en laboratorios presenciales (36 estudiantes).
- 10° B: Grupo control. Estrategias didácticas llevadas a cabo por el docente de la institución (36 estudiantes).
- 10° D: Grupo experimental 2. Estrategia didáctica basada en laboratorios virtuales y presenciales (34 estudiantes).

### **Programa de intervención**

El programa de intervención guarda estrecha relación con los referentes teóricos expuestos anteriormente. Por tanto, se elaboró teniendo en cuenta diferentes laboratorios virtuales y presenciales, donde los estudiantes tenían la posibilidad de interactuar



virtualmente por medio de laboratorios online u offline, y presencialmente por medio de laboratorios caseros en clase, para de esta manera, aproximarse a los conceptos y procedimientos de las tres leyes de Newton interactivamente. En la intervención se llevaron a cabo seis laboratorios virtuales y los seis laboratorios presenciales, durante un tiempo de cinco semanas, donde se trabajó con los educandos tres horas semanales. Los laboratorios (virtuales y presenciales) aplicados a los estudiantes, tenían el siguiente diseño: nombre del laboratorio; fecha; introducción; objetivos; temas a tratar; materiales; procedimiento; actividades.

Con respecto a los laboratorios virtuales, estos fueron rescatados de páginas web que permitieran su uso de manera gratuita, como por ejemplo la página web <https://phet.colorado.edu/es/simulations/category/physics>, en la cual se encuentran simulaciones de distintos temas pertenecientes al campo de las ciencias. De igual manera, para la realización de laboratorios presenciales, se tuvo en cuenta que los materiales fueran de fácil acceso o de material reciclable, por ejemplo: un vaso de vidrio, una moneda, un carnet, entre otros.

**Tabla 1.** *Objetivos de cada laboratorio.*

| Número del laboratorio | Nombre                    | Objetivo                                                                                   |
|------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| N° 001                 | Primera ley de Newton_001 | Comprender los conceptos de vinculados con la primera Ley de Newton de forma interactiva.  |
| N° 002                 | Primera ley de Newton_002 | Identificar cuando un objeto se encuentra con fuerza resultante igual a cero.              |
| N° 003                 | Segunda ley de Newton_001 | Comprobar el concepto de fuerza de fricción o rozamiento como opuesta al movimiento.       |
| N° 004                 | Segunda ley de Newton_002 | Analizar y comprobar la relación que tiene la fuerza con la masa y la aceleración.         |
| N° 005                 | Tercera ley de Newton_001 | Comprender los conceptos relacionados con la tercera ley, de forma interactiva y dinámica. |
| N° 006                 | Tercera ley de Newton_002 | Identificar la fuerza de acción y la fuerza de reacción.                                   |

Fuente: Elaboración propia teniendo en cuenta las planeaciones de los laboratorios

El proceso llevado a cabo durante al tiempo de intervención, estuvo inspirado básicamente en la filosofía de la transferencia gradual del control del aprendizaje, esta concibe al docente en el papel de modelo y guía de la actividad cognitiva y metacognitiva del discente. Las fases desarrolladas fueron las siguientes: instrucción directa; modelado cognitivo; práctica guiada; aprendizaje colaborativo (Iriarte, 2011; Iriarte y Flórez, 2017). En

este sentido se buscó que los estudiantes transitarán desde un aprendizaje heteroestructurante, donde el docente tiene completamente el control, hacia un aprendizaje autoestructurante, donde el estudiante aplica lo respectivo al aprendizaje autónomo (Pozo, 1998). La tabla 1, resume los objetivos a alcanzar, mediante cada laboratorio puesto en práctica (tanto para los virtuales como los presenciales).

En relación con las fases de intervención, estas se realizaban de manera conjunta en cada clase, dándole prioridad a alguna de ellas, dependiendo del objetivo y el tiempo de ejecución de la estrategia. Así, en los primeros dos laboratorios realizados, las fases que primaron fueron la instrucción directa y el modelado cognitivo. La instrucción directa tuvo como objetivo proporcionar a los estudiantes indicaciones sobre cómo realizar correctamente el laboratorio virtual o presencial, adoptado por el programa de intervención. En el modelado cognitivo, el docente sirve de “modelo” para los estudiantes, en cómo resolver las actividades planteadas en los laboratorios, no solo muestra cómo resolver dichas actividades correctamente, sino que también comete deliberadamente errores que va corrigiendo; de esta manera muestra a los estudiantes el modo de autorregularse y de realizar procesos metacognitivos durante la práctica de laboratorio.

En los laboratorios tercero y cuarto, se profundiza en la fase de práctica guiada, en donde a los estudiantes se les entrega la guía del laboratorio y el docente solo les orienta si tienen alguna duda sobre los mismos. El docente, proporciona a los estudiantes la guía necesaria para ir alcanzando progresivamente un nivel de autonomía más elevado. Esta práctica se realiza con la ayuda del docente quien conduce al estudiante en el camino hacia la autorregulación. Esta fase se caracteriza por el diálogo entre profesor y estudiante, cuyo fin último es de mediar entre las metas que se requieren alcanzar y que están por fuera de las posibilidades de los estudiantes sin esa ayuda, es decir, el docente sirve como mediador del proceso de aprendizaje (Osses y Jaramillo, 2008).

Por último, en las prácticas de laboratorios quinta y sexta, se priorizó la puesta en marcha del aprendizaje colaborativo, el cual utilizado como estrategia didáctica, promueve la realización conjunta de diferentes tareas, tomando como base que la participación conjunta, puede mejorar el aprendizaje personal y el grupal. Esta fase, según Mateos (2001), proporciona una fuente adicional de andamiaje al aprendizaje individual. Se lleva a cabo en el contexto de la interacción con un grupo de iguales que colaboran para completar la tarea. El control de la actividad se traslada al grupo para distribuirse entre sus miembros.

## **Resultados**

Con el objetivo de evaluar la incidencia de las estrategias didácticas basada en laboratorios virtuales y presenciales, en el aprendizaje de las leyes de Newton, se presentan a continuación los resultados obtenidos del control de algunas variables, que puedan estar

incidiendo en el aprendizaje de dicha temática. De igual forma, se darán a conocer los resultados del análisis de los datos recolectados en el pretest. Luego, se realizará el análisis del postest entre e inter grupos, con el objetivo de determinar la incidencia de las estrategias didácticas utilizadas. Al finalizar, se efectuará un análisis cualitativo de las narrativas expuestas por los estudiantes.

Ahora bien, con el fin de realizar las comparaciones de los resultados con los test aplicados, en primera instancia, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, para comprobar si los datos se disponen según la distribución normal. El sistema de hipótesis relacionado con esta prueba es el siguiente: **Ho**: Las notas se distribuyen de manera normal; **Hi**: Las notas no se distribuyen de manera normal.

**Tabla 2.** Prueba de Shapiro-Wilk, comprobación de normalidad de los datos

|               |          | Prueba de normalidad |    |      |
|---------------|----------|----------------------|----|------|
|               |          | Shapiro-Wilk         |    |      |
| Grado y grupo |          | Estadístico          | gl | Sig. |
| Pretest       | Décimo A | ,889                 | 36 | ,002 |
|               | Décimo B | ,931                 | 36 | ,026 |
|               | Décimo D | ,889                 | 34 | ,002 |

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia utilizando el software SPSS 21

El análisis de los resultados que muestra la tabla 2, establece que las notas en los tres grupos, no se distribuyen de manera normal, en atención que el p-valor es menor a 0,05 en todos ellos, aceptando la hipótesis alternativa. Por lo tanto, se hace necesario aplicar una prueba no paramétrica para determinar si hay alguna relación de dependencia entre las notas sacadas por los estudiantes y la estrategia didáctica aplicada en la disciplina de Física. De este modo, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney, la cual se aplica cuando se quiere demostrar que existen diferencias entre grupos independientes con variables cuantitativas, que tienen libre distribución (Rivas-Ruiz, Moreno-Palacios y Talavera, 2013). Asimismo, para comprobar que los grupos eran inicialmente equiparables en una serie de variables de control, se ha puesto a prueba la igualdad por medio de pruebas no paramétricas. Entre algunas de las pruebas utilizadas para la comparación de variables, se tienen la de Kruskal-Wallis y la U de Mann-Whitney.

En un primer momento se demuestra que los grupos son equivalentes en edad, para lo que se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, corroborando que la edad en los tres grupos no presenta diferencias estadísticamente significativas ( $X^2= 1.745$ ,  $p=0.781$ ). De igual manera, la distribución de sexo (masculino y femenino) no presenta diferencias estadísticamente significativas en los diferentes grupos ( $X^2= 0.745$ ,  $p=0.873$ ). Además las condiciones ambientales de los grupos se mantienen constantes, teniendo en cuenta que el estudio fue realizado en la misma institución, y en la misma jornada, estas características permanecen

invariables. Las aulas están adecuadas con sillas, abanicos, tableros acrílicos, televisores, entre otros.

De acuerdo con las particularidades del diseño acogido en la presente investigación, antes de desarrollar el programa de intervención, se aplicó una prueba pretest, tanto en los grupos experimentales como en el grupo control. Con los resultados obtenidos, se realizó la prueba no-paramétrica U de Mann-Whitney, para demostrar estadísticamente la equivalencia inicial entre los tres grupos del estudio. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3.** Prueba de U de Mann-Whitney, contraste del pretest entre los grupos.

| Grado y grupo |                     | Estadístico de contraste |        |                          |
|---------------|---------------------|--------------------------|--------|--------------------------|
|               |                     | Estadístico              | Z      | Sig. asintót (bilateral) |
| Pretest       | Décimo A y Décimo B | 488,500                  | -1,839 | ,066                     |
|               | Décimo A y Décimo D | 486,500                  | -1,503 | ,133                     |
|               | Décimo B y Décimo D | 598,000                  | -0,168 | ,867                     |

Fuente: Elaboración propia utilizando el software SPSS 21

Como se logra mostrar, no existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos en la prueba inicial realizada en los tres grupos. Lo anterior se determina teniendo en cuenta que el p-valor es mayor que 0,05 (0,066; 0,133; 0,867). De este modo, se logra determinar que los tres grupos presentan debilidades similares, en cuanto al aprendizaje de las leyes de Newton. Entre las deficiencias más marcadas se resaltan: tienden a confundir el concepto de fuerza con el de inercia; la masa no la ven como la cantidad de materia que posee un cuerpo, si no que se confunden creyendo que es el espacio que ocupa un cuerpo (volumen); no tienen clara la definición de aceleración, ni identifican el concepto de inercia; se confunden con las fuerzas de acción y reacción, no saben en qué dirección apuntan, ni sobre los cuerpos que son aplicadas; no reconocen las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en equilibrio; presentan dificultad en el despeje de ecuaciones; entre otras falencias que claramente afectan a la comprensión del fenómeno y la solución de problemas.

## Efectos del programa de intervención

### Pruebas intra-grupo

Seguidamente de la aplicación del programa de intervención llevado a cabo en los grupos experimentales, se realizan los análisis de los resultados obtenidos en el postest, en comparación con los obtenidos en la prueba pretest. Esto con el propósito de evaluar los efectos del tratamiento. De este modo, se realizó la prueba de signos para el análisis intra-grupo, la cual permite establecer si hubo diferencias estadísticamente significativas en cada curso al pasar del tiempo, luego de haber desarrollado la intervención.

De acuerdo a la tabla 4, el *p*-valor obtenido al aplicar la prueba de signos bilaterales, a los desempeños mostrados por los estudiantes pertenecientes al grupo control 10°B, es 0,700 (*p*-valor > 0,05), lo cual corrobora que no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre la aplicación de la prueba diagnóstica y el postest.

**Tabla 4.** Prueba de los signos, contraste del postest intra-grupos

| Estadístico de contraste |          | Prueba de los signos |                          |
|--------------------------|----------|----------------------|--------------------------|
|                          |          | Z                    | Sig. asintót (bilateral) |
| Pretest -Postest         | Décimo A | -4,395               | ,000                     |
|                          | Décimo B | -0,385               | ,700                     |
|                          | Décimo D | -4,564               | ,000                     |

Fuente: Elaboración propia utilizando el software SPSS 21

El análisis de los resultados obtenidos, indica que los estudiantes del grupo control no avanzaron en el desarrollo del aprendizaje de las leyes de Newton. Por su parte, el resultado del *p*-valor obtenido en la aplicación de la prueba de signos bilaterales a los desempeños de los estudiantes pertenecientes a los grupos experimentales (10°A y 10°D) es 0,000 (*p*-valor < 0,005), lo que permite corroborar con un nivel de confianza del 95%, que si presentaron diferencias estadísticamente significativas, entre la aplicación de la prueba preliminar a la intervención y el postest. Teniendo en cuenta este resultado, puede decirse que la implementación de las diferentes estrategias didácticas, presentaron, un efecto positivo en cuanto al aprendizaje de las leyes de Newton.

### Pruebas inter-grupo.

Con el objetivo de establecer si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos en cada uno de los grupos, comparándolos entre ellos, se ha realizado la prueba U de Mann-Whitney. Esta prueba contrasta si dos poblaciones muestreadas son equivalentes en su posición, para evaluar si hubo o no efectos sobre la variable dependiente. Los resultados obtenidos se muestran en las tabla 5.

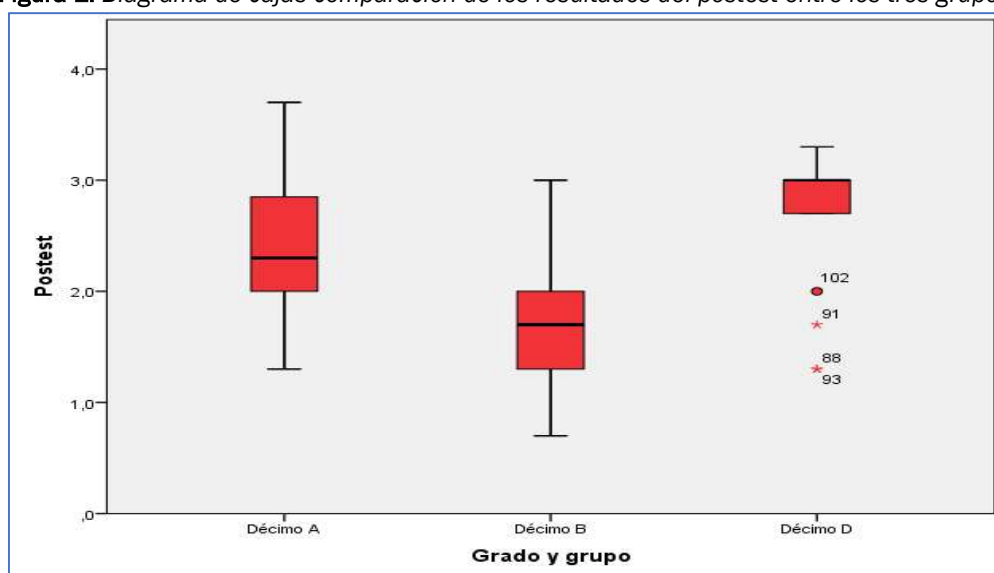
**Tabla 5.** Prueba de U de Mann-Whitney, contraste del postest entre los grupos experimentales y control.

| Estadístico de contraste |                     | U de Mann-Whitney |        |                          |
|--------------------------|---------------------|-------------------|--------|--------------------------|
|                          |                     | Estadístico       | Z      | Sig. asintót (bilateral) |
| Postest                  | Décimo A y Décimo B | 219,000           | -4,897 | ,000                     |
|                          | Décimo D y Décimo B | 116,500           | -5,938 | ,000                     |
|                          | Décimo A y Décimo D | 315,000           | -3,603 | ,000                     |

Fuente: Elaboración propia utilizando el software SPSS 21

Por tanto, en cada una de las pruebas realizadas, existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos en la prueba final. En este caso se logra evidenciar que existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los resultados conseguidos en el grupo experimental 10°A, en donde se utilizaron laboratorios virtuales únicamente, con respecto al avance de aprendizaje de las leyes de Newton del grupo control 10°B ( $p\text{-valor}=0,000$ ). Asimismo, se corrobora que existen diferencias estadísticamente significativas entre los resultados del postest del grupo experimental 10D, en donde se utilizaron laboratorios mixtos (presenciales y virtuales), con respecto al avance de aprendizaje de las leyes de Newton del grupo control 10°B ( $p\text{-valor}=0,000$ ). La figura 1, muestra las diferencias entre los puntajes obtenidos de los tres grupos. Ahora bien, el último contraste (10°A vs 10°D), lo que demuestra la eficiencia que tiene utilizar laboratorios mixtos, con respecto a la utilización de laboratorios virtuales únicamente ( $p\text{-valor}=0,000$ ). En la figura 1, se puede observar como el grupo 10°D, presenta mejores resultados en la prueba final, comparándolo con los otros dos grupos.

**Figura 1.** Diagrama de cajas comparación de los resultados del postest entre los tres grupos.



Nota. Elaboración propia utilizando el software SPSS 21.

En otro sentido, con respecto a los datos cualitativos recolectados, se tienen las percepciones de los estudiantes después de cada laboratorio, las cuales se han tomado en diferentes tiempos, y se han codificado para saber quien expresó cada una de las opiniones analizadas. De esta forma, el código E1, significa: Estudiante 1, en la lista de asistencia de la institución. Se aclara que se tomó una muestra representativa de expresiones, en cada uno de los diferentes laboratorios realizados, por tanto, no aparecen aquí todas las apreciaciones. Las narrativas destacadas son las siguientes:

*E15: Esta nueva experiencia me ha ayudado a aclarar ciertas dudas que tenía acerca de las leyes de Newton.*

E23: *El comportamiento de los cuerpos es muy diferente al que me imaginaba cuando estaba en el aula de clase, mientras la seño solo explicaba,..., y en realidad yo no entendía.*

E14: *Al estar en este espacio, he notado que es más agradable y me concentro más.*

E4: *Esta nueva forma de aprender ha enriquecido mis conocimientos sobre las leyes de Newton.*

E8: *Es una experiencia agradable, ya que los laboratorios virtuales permiten que pueda repetir el experimento varias veces y variar los datos, parece que estuviéramos jugando.*

E16: *Gracias a los laboratorios, puedo realizar varias veces el mismo experimento y observar el comportamiento de los cuerpos de manera más detallada.*

E12: *Eh, bueno,...logre ver con claridad algunos problemas, que a veces no puedo entender bien, cuando me lo explican en clase.*

E6: *Realizando los laboratorios virtuales, pongo en práctica diferentes conceptos aprendidos en el aula, con respecto a las leyes de Newton.*

E21: *Identifico con claridad cuando dos fuerzas son equilibradas, eso no lo entendía bien.*

E19: *Ahora ya puedo reconocer cuando la sumatoria de fuerzas de un cuerpo es igual a cero, o la dirección de la fuerza resultante.*

Los relatos descritos anteriormente, dan muestra del interés y motivación que despierta en los estudiantes, poder realizar actividades que articulen las TIC a los eventos de clases. Se observa como el poner en juego diversas habilidades y competencias por medio de los laboratorios, a los estudiantes se les hace más fácil la comprensión de los fenómenos físicos estudiados.

## Discusión

En el trabajo realizado, se corrobora lo estipulado por los teóricos del constructivismo, quienes plantean que la puesta en marcha de actividades grupales y en contextos significativos, desarrolla mejor los procesos de aprendizaje de los estudiantes (Piaget, 2000; Vygotsky, 1995; Alcántara, 2009). Por tanto, la utilización de laboratorios, conjuntamente, con un programa de intervención basado en la transferencia gradual del control del aprendizaje, logra que los estudiantes pasen de un proceso educativo heteroestructurante a uno autoestructurante (Pozo, 1998). De esta forma, se logró propiciar procesos cognitivos, procedimentales, metacognitivos y de autorregulación del aprendizaje, desde escenarios mediados por las TIC, en específico utilizando laboratorios virtuales (Aristizabal et al. 2016). A su vez, se confirma lo estipulado por Rivera et al. (2009), quienes plantean que la

vinculación del aprendizaje, mediante diversas modalidades de prácticas de laboratorio, logra desarrollar disímiles competencias de carácter científico, que conducen a la construcción de conocimientos sólidos y significativos, por parte de los educandos.

De igual modo, se está de acuerdo con Espinosa-Ríos et al. (2016) que a través de la puesta en marcha de diferentes formas de representación del fenómeno, se logra desarrollar y fortalecer disímiles habilidades científicas en los estudiantes, tales como: el manejo apropiado de las variables estudiadas en el laboratorio; la comparación entre datos teóricos como prácticos; la construcción y la formulación correcta de hipótesis; la resolución de problemas; y el establecimiento de conclusiones basadas en los conceptos científicos que se estudian. En este sentido, al realizar las prácticas de laboratorios presenciales (reales), los estudiantes deben tener en cuenta otras variables incidentes, que en la virtualidad no se presentan, tales como la fuerza de rozamiento. De este modo, más allá de resolver ejercicios, o llevar a cabo una guía estructurada, comparan el fenómeno desde diferentes perspectivas, posibilitando una mayor comprensión del mismo.

Por otra parte, de acuerdo a la percepción de los estudiantes, expresada mediante las entrevistas realizadas, se pudo constatar que la implementación de los laboratorios, permite generar mayor motivación e interés al momento de comprender y resolver problemas con relación a las tres leyes de Newton, demostrando así, una actitud positiva hacia el aprendizaje de las ciencias. Otro aspecto destacable de las estrategias de intervención, fue el eficiente desarrollo motivacional adquirido por los alumnos, durante el proceso. En este sentido, Del Toro et al. (2016), plantean que “la motivación es imprescindible en todo proceso de aprendizaje y que para lograr una atención efectiva; es preciso que el sujeto esté motivado, interesado, y dispuesto” (p.21).

## **Conclusiones**

En atención a los objetivos planteados en la investigación, se concluye que la puesta en escena de estrategias didácticas basadas en las TIC, específicamente en laboratorios virtuales, tiene una incidencia significativa en la comprensión y aprendizaje de las leyes de Newton. Asimismo, las estrategias didácticas utilizadas son eficientes para la enseñanza de esta temática, teniendo en cuenta que vincula herramientas tecnológicas, con un proceso de transferencia gradual del control del aprendizaje (Mateos, 2001). Esta transferencia se da de acuerdo al ideal de que el educando pase de un proceso de aprendizaje heteroestructurante, a uno autoestructurante, sin dejar de lado el aprendizaje coestructurante. De este modo, la realización de las fases llevadas a cabo (instrucción directa, modelado cognitivo, práctica guiada y aprendizaje colaborativo), consienten lograr de forma plausible, el desarrollo de la habilidad de aprender a aprender, por parte del estudiante.



Además, con respecto a la falta de laboratorios físicos en la institución (caso que resulta análogo para la mayoría de instituciones pertenecientes al departamento de Sucre), se concluye que, las TIC permiten subsanar parcialmente, este tipo de falencia. Por ende, la implementación de técnicas y actividades vinculadas a las herramientas tecnológicas, motivan tanto intrínsecamente, como extrínsecamente a los estudiantes, desarrollando competencias de carácter científico e investigativo. Por su parte, para el docente, el poner en práctica estrategias didácticas basadas en TIC, constituye un reto. De manera tal que, la idea de transformar diversas prácticas que responden a una educación tradicional, y distributiva, se haga realidad utilizando variadas herramientas que la actual sociedad del conocimiento ofrece.

Por su parte, se corrobora que la utilización de laboratorios tanto reales como virtuales, más que permitir elegir en cual tipo de ambos se quiere desarrollar una práctica, brindan la posibilidad de integrar diversidad de modos de representar el fenómeno, motivando a los estudiantes y desarrollando en ellos varias competencias científicas y tecnológicas, acordes con las exigencias de la contemporaneidad. De igual manera, se aportan en la incorporación de estrategias de aprendizaje diferenciales, usando eficientemente los recursos con que se cuentan en los establecimientos educativos (Velosa-García et al., 2017).

## Referencias

- Alcántara, M. D. (2009). Importancia de las TIC para la educación. *Innovación y Experiencias Educativas*, 15, 1-20.
- Aristizabal, J. H., Colorado, H. y Gutiérrez, H. (2016). El juego como una estrategia didáctica para desarrollar el pensamiento numérico en las cuatro operaciones básicas. *Sophia*, 12 (1), 117-125.
- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Barcelona, España: Ed. Paidós.
- Castell, M. (1996). *La era de la información. Economía, sociedad y cultura*. V.1 La sociedad red. Madrid, España: Alianza.
- Córdoba, A., Tapia, R., y Velázquez, E. (2017). *Leyes de Newton: Pensando nuevas propuestas de enseñanza enriquecidas con TIC para 4° año del IEM Tartagal*. VII Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad en Educación Virtual y a Distancia. Instituto de Educación Media Tartagal (Argentina).
- Creswell, J. W. (2014). *Qualitative inquiry and Research design: Choosing among five traditions*. London: Sage.
- Del Toro, C., Álvarez, T & Espitia, J. (2016). *Estrategias lúdicas para mejorar la atención* (trabajo de grado especialización, Fundación Universitaria Los Libertadores). Academicus Repositorio Fundación Universitaria Los Libertadores. <https://repository.libertadores.edu.co/>

- Domin, D.S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.
- Elizondo, M. (2013). Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. *Presencia Universitaria*, 3(5), 70-77.
- Espinosa-Ríos, E., González-López, K. y Hernández-Ramírez, L (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, 12(1), 266-281. <https://revistas.unilivre.edu.co/index.php/entramado/article/view/477>
- García, M.B. y Dell'oro, G. (2001). Algunas dificultades en torno a las leyes de Newton: una experiencia con maestros. *Revista Iberoamericana de Educación*. Rescatado de <http://www.rieoei.org/deloslectores/210DellOro.PDF>
- García, H. (2016). *Uso de los laboratorios virtuales para la enseñanza-aprendizaje del concepto materia y sus propiedades en estudiantes de grado noveno* (tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia). Repositorio institucional Universidad Nacional. <https://repositorio.unal.edu.co/>
- Gutiérrez, G. (2012). La enseñanza de las ciencias naturales y la educación ambiental en la escuela: realidades y desafíos. *Praxis & Saber*, 3(5), 9-14.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ª ed.). México: McGraw-Hill Education.
- Hinjosa, J. y Sanmarti, N. (2013). *Dificultades en la transferencia del modelo de mecánica newtoniana*. IX congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias. p. 1748-1753.
- Iriarte, A. (2011). Desarrollo de la competencia resolución de problemas desde una didáctica con enfoque metacognitivo. *Revista Zona Próxima*, 15, 2-21.
- Iriarte, A y Flórez, A. (2019). *La lúdica como escenario pedagógico para el desarrollo del pensamiento matemático a través de aprendizajes basados en situaciones problemas* (tesis de maestría no publicada Sociedad de Universidades Estatales del Caribe –SUECARIBE, Sede Universidad de Sucre).
- Ley 115 de 1994. Bogotá, Colombia. [https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-85906\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf)
- Mateos, M. (2001). *Metacognición y educación. Serie Psicología Cognitiva y Educación*. Buenos Aires, Argentina: Aique Grupo Editor.
- Meza, E., Folleco, F., Yopez, L. y Cardona, C.E. (2015). *Prácticas de enseñanza desde la formación inclusiva en el área de matemáticas* (tesis de maestría, Universidad de Manizales). Repositorio Institucional Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/>
- Ministerio de Educación Nacional - MEN. (1998). Lineamientos curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental. [https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-89869\\_archivo\\_pdf5.pdf](https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf5.pdf)

- Ministerio de Educación Nacional - MEN. (2004). *Formar en ciencias: ¡el desafío! Lo que necesitamos saber y saber hacer. Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y en Ciencias Sociales*. Bogotá. [https://www.mineducacion.gov.co/1759/articulos-81033\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1759/articulos-81033_archivo_pdf.pdf)
- Ministerio de Educación Nacional - MEN. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje - V.2*. Bogotá. <http://aprende.colombiaaprende.edu.co/siempreDiaE/93226>
- Monereo, C. (Coord.). (2002). *Estrategias de aprendizaje*. Madrid: Visor/Edicions de la Universitat oberta de Catalunya, 2ª ed.
- Moreira, M.A. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor.
- Moreira, M., Caballero, M., & Flores, J. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 33, 75-111.
- Morin, E. (1990). *Introducción al Pensamiento Complejo*. España: Gedisa Editorial.
- Mosquera, Y. (2012). *La segunda ley de Newton: propuesta didáctica para estudiantes del grado décimo de educación media de la Escuela Normal Superior de Neiva* (tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia). Repositorio institucional Universidad Nacional. <https://repositorio.unal.edu.co/>
- Osses, S. y Jaramillo, S. (2008). Metacognición: un camino para aprender a aprender. *Revista estudios pedagógicos*, XXXIV, 187-197.
- Piaget, J. (2000). *Psicología del niño*. Barcelona, España: Ediciones Morata.
- Picardo, J., Balmore, R. y Escobar, J. (2004). *Diccionario enciclopédico de ciencias de la educación*. San Salvador: Edición El Salvador.
- Pozo, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid, España: Ed. Morata.
- Rivera, L., Aroman, M., Moncayo, J.P., y Ordoñez, D. (2009). Laboratorio virtual de física. *Revista de la información educativa y medios audiovisuales*, 6(12), 8-12.
- Saquinaula, J.L., Guerrero, M. y Ortiz, J. (2018). Práctica experimental para comprobar el movimiento dependiente en una polea móvil, orientado a la enseñanza de las Leyes de Newton. *Espirales revista multidisciplinaria de investigación*, 2(12), 1-20
- Velosa-García, J.D., Castillo-García, F.J., Espíldora, E. y Cob, L. (2017). Requerimientos para laboratorios híbridos en Ingeniería de Manufactura. *DYNA*, 84(203), 65-74
- Vera, A. (2012). *Explorando las ondas una propuesta didáctica para la enseñanza aprendizaje de algunos conceptos básicos del movimiento ondulatorio* (tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia). Repositorio institucional Universidad Nacional. <https://repositorio.unal.edu.co/>
- Vygotsky, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona, España: Ed. Paidós.