

# Enseñanza del movimiento parabólico mediante el uso de un simulador interactivo desde la perspectiva del aprendizaje por descubrimiento

Teaching of parabolic movement through the use of an interactive simulator from the perspective of discovery learning

N. J. Castillo-Rodríguez  ; D. S. Giraldo-Santamaría  ; D. F. Devia-Narváez 

DOI: <https://doi.org/10.22517/23447214.24779>

Artículo de investigación científica y tecnológica

**Abstract**— One of the most relative studies from the perspective of discovery learning is the content to be learned autonomously by the individual himself. In the teaching of parabolic movement from the physics subject, applied to tenth grade students in Colombian secondary education of the Hernando Caicedo de la Paila Valle School, a didactic sequence was carried out through the use of an interactive simulator where there were 30 students; conforming a control group and an experimental group, both with 15 learners; the reference group was approached the subject under study in the traditional educational way, while the experimental group was carried out the educational tool that was the subject of study, in order to determine the effectiveness and ownership in the instructional process. It was found that the use of interactive simulators and the pedagogical strategy applied to the discovery showed that the control group had 23.33% of correct answers in the initial form applied and in the final 53.33% of correct answers respectively, as well as a normalized learning gain of 0.80. The data found evidenced significant learning, highlighting the effectiveness of the application of the discovery method in the didactic sequence of the parabolic movement as support for the processes of teaching physics for high school students.

**Index Terms**—Learning, Discovery, Physics, Parabolic, Simulator.

**Resumen**—uno de los estudios más relativos desde la perspectiva del aprendizaje por descubrimiento, es el contenido a ser aprendido autónomamente por el individuo mismo [1]. En la enseñanza del movimiento parabólico desde la asignatura de física, aplicado a estudiantes de décimo grado en la educación media Colombiana del Colegio Hernando Caicedo de la Paila Valle, se realizó una secuencia didáctica por medio del uso de un simulador interactivo donde se contó con 30 estudiantes; conformando un grupo control y otro experimental, ambos con 15 aprendices; al grupo de referencia se abordó el tema en estudio en la forma educativa tradicional, mientras que al grupo experimental se le

realizó la herramienta educativa motivo de estudio, con el fin de determinar la eficacia y apropiación en el proceso de instrucción. Se encontró que el uso de simuladores interactivos y la estrategia pedagógica aplicada del descubrimiento, mostraron que el grupo control fue del 23.33% de aciertos del formulario inicial aplicado y en el final un 53.33% de respuestas correctas respectivamente, como también una ganancia de aprendizaje normalizada de 0.80. Los datos encontrados evidenciaron un aprendizaje significativo, colocando en manifiesto la efectividad de la aplicación del método por descubrimiento en la secuencia didáctica del movimiento parabólico como apoyo a los procesos de la enseñanza de la física para estudiantes de educación media.

**Palabras claves**— Aprendizaje, Descubrimiento, Física, Parabólico, Simulador.

**Resumo** - Um dos estudos mais relativos na perspectiva da aprendizagem por descoberta é o conteúdo a ser aprendido de forma autônoma pelo próprio indivíduo. No ensino de movimento parabólico a partir da disciplina de física, aplicado a alunos da décima série do ensino médio colombiano da Escola Hernando Caicedo de la Paila Valle, foi realizada uma sequência didática por meio da utilização de um simulador interativo onde estavam 30 alunos; conformando um grupo controle e um grupo experimental, ambos com 15 alunos; o grupo de referência foi abordado a matéria em estudo na forma educacional tradicional, enquanto o grupo experimental foi realizado o instrumento educacional que foi objeto de estudo, a fim de determinar a eficácia e propriedade no processo instrucional. Constatou-se que o uso de simuladores interativos e a estratégia pedagógica aplicada à descoberta mostraram que o grupo controle teve 23.33% de acertos na forma inicial aplicada e no final 53.33% de acertos respectivamente, além de um aprendizado normalizado ganho de 0.80. Os dados encontrados evidenciaram aprendizagens significativas, evidenciando a eficácia da aplicação do método de descoberta na sequência didática do movimento parabólico como

Este manuscrito fue enviado el 21 de octubre de 2020 y aceptado el 23 de septiembre de 2021.

N. J. Castillo-Rodríguez, Docente Departamento de Física, Universidad Tecnológica de Pereira., (e-mail: nancycastleill@utp.edu.co)

D. S. Giraldo-Santamaría, estudiante Maestría En Enseñanza De La Física, Universidad Tecnológica de Pereira., (e-mail: dayangiraldo-1995@utp.edu.co)

D. F. Devia-Narváez, Docente Departamento de Matemáticas, Universidad Tecnológica de Pereira., (e-mail: dfdevia@utp.edu.co)



**suporte aos processos de ensino de física para alunos do ensino médio.**

**Palavras-chave— Aprendizagem, Descoberta, Física, Parabólica, Simulador.**

## I. INTRODUCCIÓN

EN la enseñanza de las ciencias y la tecnología, la utilización de prácticas pedagógicas físicas motiva al estudiante de hoy a profundizar en los conceptos del movimiento parabólico que conllevan al mejoramiento de sus capacidades conceptuales [1].

Una de las características más significativas del aprendizaje por descubrimiento, es el contenido a ser aprendido, requiriendo una actuación activa y a su vez ser descubierto por el hombre mismo [2].

Existen diferentes maneras de descubrimiento, desde el autónomo, hasta el guiado y orientado por el docente; siendo este último el más utilizado en los métodos de enseñanza y aprendizaje [3].

El aprendizaje por descubrimiento, defendido por Bruner (1988), parte del constructivismo, el cual plantea que el modo de aprender depende de la construcción de competencias por parte de los educandos siendo a la vez esta relación una forma activa de adquirir el conocimiento [4].

Shulman citado por Hormaza M. y Roca J. (2001) manifiestan que “esta técnica es un procedimiento antiguo reconocido por su gran efectividad en la sociedad. Permite al individuo hacer generalizaciones entre casos concretos de una misma clase y por poder discriminar entre los casos que son y que no son de esa clase” [5].

Rivero (2004) señala que los experimentos de demostración son necesarios para que los aprendices adviertan que la Física es una ciencia natural, y que cada teoría debe, finalmente, basarse en las repuestas que la naturaleza proporciona a las preguntas, formuladas de manera adecuada por medio de los experimentos [6].

Frisancho S. (2007) sustenta “El aprendizaje por descubrimiento según Bruner son técnicas de enseñanza y que a su vez es un objetivo de la educación y una práctica de su teoría de la instrucción” [7].

Pérez L. Eliecer y Falcón Nelson (2008) realizaron un conjunto de prototipos experimentales para el aprendizaje de la óptica, Los resultados obtenidos con la guía de construcción, validada y probada en aula, demostraron ser una herramienta eficaz para el logro de la didáctica experimental, en la Enseñanza secundaria [8].

Walter L. Arias G. y Adriana Oblitas H. (2014) llevaron a cabo un estudio sobre “Aprendizaje por descubrimiento vs.

Aprendizaje significativo: Un experimento en el curso de historia de la psicología”. En este compararon el rendimiento académico de dos grupos de estudiantes universitarios del Programa Profesional de Psicología de la Universidad Católica San Pablo, considerando que un grupo fue instruido con el modelo de aprendizaje por descubrimiento de Bruner en el curso de historia de la psicología I, y otro grupo fue instruido con el modelo de aprendizaje significativo por recepción de Ausubel [9].

Zarza (2009) definió que descubrir es llegar a razonar de manera inductiva, ya que se da desde el aprender por ejemplos, logrando expresar a partir de reglas, teorías y conceptos en general; es por tal motivo que una de las mayores repercusiones del descubrimiento no solo es dejar que el joven de hoy realice lo que el crea, sino que el docente sea el guiador en las actividades de búsqueda, análisis e investigación, promoviendo al mismo momento el aprendizaje significativo [10] [11].

Este trabajo es producto de una investigación realizada en una de las asignaturas de la Maestría en Enseñanza de la Física, de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) y ejecutada en la asignatura de física en grado décimo del Colegio Hernando Caicedo.

En el estudio se llevó a cabo el fomento de la interacción con los simuladores a partir de una secuencia didáctica y la aplicación del método del aprendizaje por descubrimiento, colocando de esta manera en manifiesto la importancia de llevar a la realidad educativa una serie de entornos y contextos que faculten al estudiante en el proceso de adquirir los conceptos básicos del movimiento parabólico, de tal manera que esté en la capacidad de razonar, debatir, producir, convivir y desarrollar nuevas formas de instrucción en el aula de clase.

N. C. Autora es Magíster en Instrumentación Física, Magister en Enseñanza de la Física y Química Industrial egresada de la UTP. También es docente e investigadora de la UTP. (e-mail: nancycastle@utp.edu.co).

D. G. Autor es Ingeniero Físico de la UTP. Actualmente es estudiante de la Maestría en Enseñanza de la Física en la UTP y docente del Colegio Hernando Caicedo en la asignatura de física. (e-mail: dayangiraldo-1995@utp.edu.co).

D. F. D es Doctor en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente realiza una estancia postdoctoral de la convocatoria 848 del MinCiencias. También, es docente e investigador de la UTP. (e-mail: dfdevia@utp.edu.co).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. *Materiales Y Equipos Utilizados*

Computador, celular, internet, formulario de Google, software de simulación interactiva de la Universidad de Colorado bajo la licencia de CC-BY 4,0.

### B. *Método*

El estudio de investigación se aplicó a una población de 30 estudiantes de grado décimo del Colegio Hernando Caicedo de la Paila - Valle del Cauca, en la asignatura de física del área de ciencias naturales, donde se contó con un grupo control de 15 estudiantes y un grupo experimental de igual número.

La metodología es una propuesta por los autores de la investigación en el proceso de enseñanza y aprendizaje del

movimiento parabólico, basados en una secuencia didáctica estructurada y segmentada, donde el estudiante adquiera los conocimientos basados en la teoría física, método por descubrimiento y teniendo en cuenta las habilidades socioemocionales [12] presentes en los educandos. Para este estudio se contó con:

#### *Habilidades*

El desarrollo de las habilidades, como la asertividad, comunicación, liderazgo y empatía, evidenciaron ser positivas en los grupos de trabajo, ya que a partir de ellas, los educandos reconocieron la importancia de los roles de cada uno de los participantes, llegando de esta manera a poder fortalecer los objetivos de aprendizaje [13].

#### *Saberes Previos*

Es importante verificar fortalezas y debilidades conceptuales en el grupo de estudiantes que con anterioridad, apropiaron conceptos del movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente variado. Para este caso se realizó un cuestionario mediante un formulario de Google form que contenía 10 preguntas con respuesta sobre conceptos básicos del movimiento en estudio; donde el docente no resuelve las inquietudes en este apartado de la clase y por lo contrario se encontró atento a que las respuestas fueran propias del estudiante para lograr generar un proceso sin sesgo alguno.

#### *Conformación de equipos de trabajo*

Se dispuso un grupo control y un grupo experimental para verificar la ganancia de aprendizaje de Hake de cada grupo [14]. Con la intención de comparar el proceso de aprendizaje y enseñanza del movimiento parabólico por medio de una estrategia tradicional y el método de aprendizaje por descubrimiento; cada grupo fue dividido en tres equipos de trabajo.

#### *Desarrollo del contenido temático y actividades áulicas*

Se tuvo un grupo control y el experimental, cada uno conformado por 15 estudiantes. El primero se dispuso para realizar un trabajo individual, mientras que el segundo se dividió al mismo tiempo en tres equipos de trabajo, conformados por 5 educandos, los cuales previamente habían trabajado los conceptos de la cinemática con un método de enseñanza tradicional que favoreció los aprendizajes repetitivos y memorísticos, por lo cual se propuso entonces que el grupo control continuara con esta metodología de aprendizaje, mientras el grupo experimental realizo simulaciones interactivas del movimiento parabólico en la plataforma de la Universidad de Colorado y con el apoyo de la metodología del aprendizaje por descubrimiento, invitando de esta manera a este último a participar en un modelo de enseñanza constructivista para profundizar en la comprensión de los temas en estudio.

**-Apertura:** en el grupo control el docente efectuó una actividad de recordatorio para los movimientos horizontales y

verticales de la cinemática, mientras que en el grupo experimental se contó con la visualización de un video de tres tipos de movimientos: horizontal, vertical y de proyectil, donde posteriormente, el docente presento 5 preguntas abiertas para que los diferentes equipos de trabajo construyeran las respuestas y las interpretaciones del movimiento que dieran lugar. En esta primera fase se puso en manifiesto el interés, la curiosidad y disposición para el aprendizaje por parte de los estudiantes [15].

**-Proceso enseñanza y aprendizaje por grupos:** el enfoque de la clase se desarrolló en torno a la enseñanza del movimiento parabólico, en el grupo patrón se implementó el uso de ejemplos de movimientos de proyectil, donde se socializa el uso y operación de cada fórmula de la cinemática para el eje  $x$  en un movimiento uniforme, también para el eje  $y$ , con un movimiento uniformemente acelerado.

Para el grupo experimental el inicio de instrucción se efectuó a partir del uso de un simulador interactivo del movimiento parabólico, donde el aprendiz tiene la oportunidad de variar el objeto a disparar con un cañón, el ángulo de tiro y la velocidad inicial; del mismo modo poder medir parámetros principales del movimiento como el tiempo de vuelo, la altura máxima y además, observar el comportamiento vectorial de la velocidad y aceleración en cada eje. Con esta metodología el estudiante interactuó directamente con el conocimiento a adquirir; llegando a presentar una coherencia con el fenómeno de estudio y el material potencialmente significativo [16].

Se realizó un taller de 10 ejercicios para el grupo control quienes realizaron cálculos propios de las características del movimiento parabólico en cada eje y el docente asesoro al estudiante en la resolución de estos. Por otro lado, al grupo experimental se le diseñó una guía práctica que oriento al equipo de trabajo durante el transcurso del aprendizaje, desde como desenvolverse hasta llegar a adquirir el conocimiento pertinente de los temas propuestos. Inmediatamente el educando pasó a medir con los instrumentos de la simulación, tiempos, distancias horizontales y alturas, seguido de la construcción de tres gráficas con ayuda de herramientas de Excel, siendo: altura vs tiempo, distancia horizontal vs tiempo y altura vs tiempo. Con base a los datos obtenidos se estableció las ecuaciones de movimiento y las relaciones con la posición velocidad y aceleración en cada eje, determinando una comprensión del comportamiento de cada magnitud física y finalmente el grupo de trabajo llego a establecer tres conclusiones del movimiento estudiado.

En esta sesión el docente oriento a los educandos en el proceso del aprendizaje de los conceptos a ser adquiridos; es por ello que en el grupo control se realizaron esquemas, ecuaciones, operaciones y se obtuvo por predeterminado el resultado numérico al cual llego el estudiante por sí mismo. Ahora bien, en el grupo experimental el profesor oriento y guió a los grupos de trabajo en el desarrollo de la práctica, con el fin de promover el aprendizaje por descubrimiento, fomentando entre los integrantes de cada grupo los conocimientos adquiridos a partir de los fenómenos que se observaron en ella.

Posteriormente se procedió con el análisis de las posibles causas de dichos fenómenos físicos asociados al movimiento cinemático. A continuación, en la figura 1 se evidencia La simulación del movimiento parabólico.

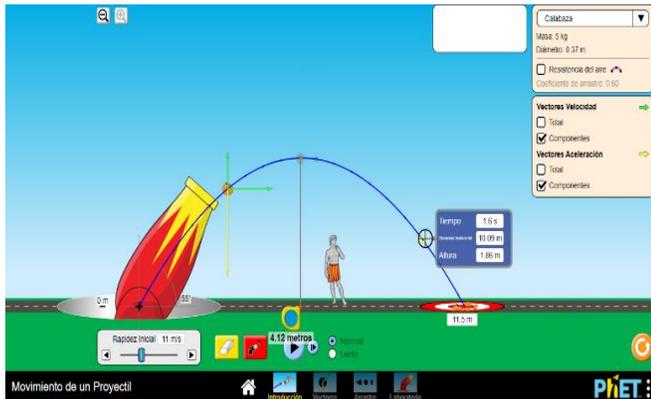


Fig. 1. Simulador Interactivo del Movimiento Parabólico del Phet de La Universidad de Colorado

**-Estrategia para la construcción social del conocimiento:** debido a que los conceptos de cinemática necesitan de unas definiciones físicas, matemáticas y un aprendizaje paulatino de los temas, se propuso que el grupo control realizara ejercicios del movimiento parabólico donde se calcularon las características propias del eje horizontal, eje vertical y posteriormente parámetros de tiempos, alcance y velocidades del recorrido del proyectil. Por otro lado, el grupo experimental, dispuso de una guía de laboratorio que recogió las instrucciones para que los equipos de trabajo manipularan las herramientas, al mismo tiempo observarían y generarían sus propios criterios sobre el comportamiento de la velocidad y aceleración en el eje  $x$ , en el eje  $y$ , distancias horizontales y verticales con respecto al tiempo.

El simulador interactivo presenta la opción de activar el modo vectorial para la velocidad y aceleración del movimiento, por lo cual los equipos de trabajo verificaron el comportamiento de cada vector mientras el objeto realizó su trayectoria parabólica.

Posteriormente, el grupo experimental por medio del cronómetro y cinta métrica del simulador, tomó datos de medidas de tiempo, distancia horizontal y altura para un tiro de una bala de cañón con un ángulo y rapidez inicial, configurado por el grupo de trabajo, luego, se realizó las gráficas pertinentes en Excel con los datos de la tabla I, distancia horizontal vs tiempo, altura vs tiempo, altura vs distancia horizontal; llegando a poder determinar el tipo de función, la relación entre las variables con el tipo de movimiento en los ejes, como también, con ayuda de línea de tendencia del programa se generaron las ecuaciones de movimiento para cada gráfica. El equipo de trabajo organizó las variables de las ecuaciones debido a que el programa en cuestión solo trabaja con  $(x, y)$ , mientras que en las gráficas de estudio se tiene las variables tiempo  $(t)$ , altura  $(y)$  y distancia horizontal  $(x)$ . Para terminar el valor de las mismas, los estudiantes asociaron los coeficientes de las ecuaciones con las distancias y altura iniciales,

velocidades iniciales y aceleración del movimiento donde se llegó a generar tres conclusiones del movimiento parabólico [17].

**-Socialización de los experimentos y conceptos:** en el grupo control los conceptos básicos del movimiento parabólico abordados se trataron normalmente con base a las orientaciones pedagógicas del plan de estudio del área de ciencias naturales en el entorno de la asignatura de física de grado décimo, donde se profundizó mediante una clase magistral; consecutivamente en el grupo experimental se planteó una propuesta de aprendizaje por descubrimiento llegando a motivar a los estudiantes en asumir un reto y al mismo tiempo llegar a realizar un análisis de profundización de lo que se puede evidenciar en un movimiento parabólico, a continuación entre los miembros del equipo de trabajo se realizaron preguntas sobre el fenómeno físico observado, y mediante un análisis de datos y de gráficas, formularon las respuestas que fueron después un momento de debate, en el cual todos los integrantes participaron y defendieron la comprobación o refutación de dichas hipótesis. Esta socialización tuvo una importancia significativa para el proceso de aprendizaje, debido a que evidencio el criterio que se generó en cada integrante que experimentó en el simulador interactivo.

En esta etapa de la metodología se evidencio con mayor claridad el aprendizaje por descubrimiento, ya que se incentivó la curiosidad, creatividad y cada estudiante adoptó un rol dentro del grupo, siendo importante y necesario para la interacción con los demás en alcanzar el conocimiento nuevo [12].

**-Refuerzo teórico:** en el grupo control una vez los estudiantes individualmente terminaron el taller, el docente realizó un ejercicio de profundización sobre el tema en estudio, dirigido a los 15 estudiantes control. En este caso específico del movimiento parabólico se realizó un análisis del comportamiento de los datos, funciones y gráficas, dando una retroalimentación de los conceptos anteriormente presentados.

**-Evaluación:** después de finalizar el refuerzo teórico en el grupo control y experimental, se aplicó un formulario final (saberes adquiridos). Este cuestionario tuvo la misma estructura que se utilizó en los saberes previos antes de ejecutar la propuesta metodológica y se evaluó mediante la lectura por parte del educador. De cada respuesta escrita por el estudiante en el formulario de Google, los cuales tuvieron la misma estructura, ya que se utilizaron para el análisis de la ganancia de aprendizaje por estudiante. Al comparar las respuestas en los mismos se procedió a estimar qué conceptos pudo aprender y apropiarse el educando gracias al proceso metodológico implementado en el aula [14].

**-Actividad de cierre:** con el objetivo de que cada estudiante pueda identificar que sabía antes de la clase y que aprendió con esta metodología propuesta, se realizó una actividad de cierre que permitió culminar el proceso en ambos grupos. Para este caso puntual, se le pidió al estudiante que hiciera una síntesis mediante palabras escritas, de los nuevos términos o conceptos aprendidos en la actividad.

**-Actividad de retroalimentación:** para finalizar, en el grupo control y experimental se efectuó una actividad de realimentación que facultó al docente a conocer las opiniones de sus estudiantes con respecto a la metodología implementada en la clase. Posteriormente se dio instrucción a los mismos para escribir las opiniones y comentarios de la clase llegando a enriquecer el proceso y analizando por parte del orientador como se sintieron sus educandos.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta estrategia de enseñanza y aprendizaje por descubrimiento se diseñó y se estructuró para aplicarla a estudiantes de décimo en educación media en Colombia, donde la propuesta metodológica fue aplicada a un grupo de 30 estudiantes de grado décimo, en el colegio Hernando Caicedo de La Paila – Valle del Cauca. Los resultados obtenidos según las caracterizaciones del aprendizaje propuesto fueron:

#### A. Caracterización del grupo:

El grupo conformado por estudiantes con capacidades y fortalezas que le permitieron alcanzar los objetivos de aprendizaje propuestos en la asignatura de física, el 80% viven en zona rural y el restante en zona urbana. La edad promedio de los aprendices es de 15 años  $\pm$  1 año y provienen de familias con un estado económico medio-bajo, tienen acceso a celular propio y a equipo de cómputo e internet en la sala de informática del colegio.

Realizando una indagación sobre la disposición de los 30 estudiantes donde las preguntas en relación fueron: ¿Les gusta la física y las matemáticas? ¿Le parece difícil la física y la matemática? ¿Tienes habilidades básicas para navegar en Internet? En ellas los educandos tuvieron la opción de responder Si o No, cuyos resultados se vieron reflejados en la **figura 2**, mostrando a partir del diagrama de barras que el 40% de los estudiantes tienen gusto por las matemáticas y física, siendo la mayoría de ellos, el 80% de los educandos les pareció que la física y las matemáticas son difícil de estudiar, mientras que hay una pequeña cantidad del grupo que sienten tener facilidad por aprender las asignaturas mencionadas. El 90% de los aprendices presentaron tener habilidades básicas para navegar en Internet y solo algunos manifestaron tener inseguridad al interactuar con páginas de internet.

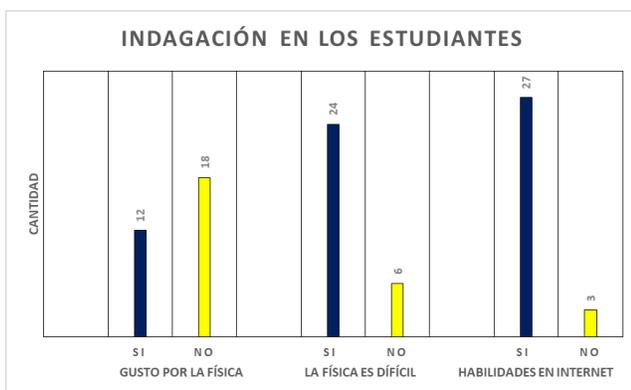


Fig. 2. Indagación en los estudiantes de décimo del Colegio Hernando Caicedo

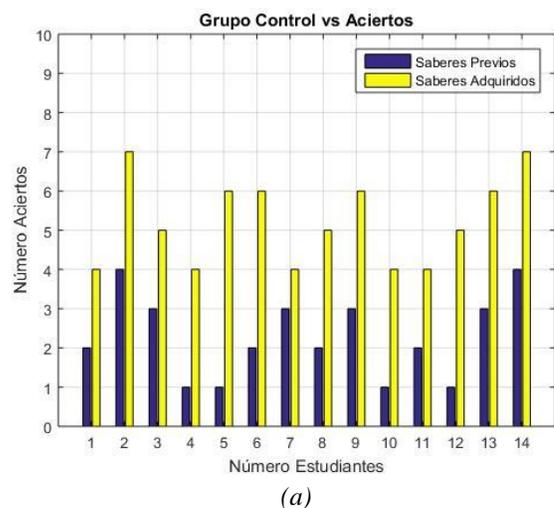
Los anteriores resultados también nos permitieron evidenciar como en el grupo experimental el educando que le gusta la matemática y la física, al involucrarse con uno que no le fue de su agrado, llegó de esta manera a ocasionar una disposición asertiva en el proceso de aprendizaje.

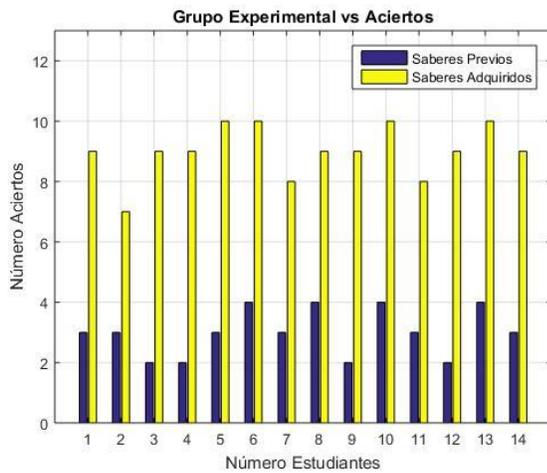
#### B. Análisis de aciertos por estudiante:

A partir de los datos arrojados en la **figura 3 (a)**, se evidenció un contraste diferenciador sobre los conceptos que los educandos ya sabían, con los nuevos aprendidos durante la sesión de clase. A nivel general se pudo analizar estudiantes que de 10 preguntas, no acertaron más de la mitad de las preguntas en el formulario de saberes previos, mientras en el formulario de saberes adquiridos, el número máximo de respuestas acertadas por parte de un estudiante fue de 7, adquiriendo entonces un mejor desempeño en básico dentro del grupo control.

En la **figura 3 (b)**, para el grupo experimental se visualizó un desempeño bajo al responder las 10 preguntas del formulario de saberes previos, donde después de aplicar la metodología de aprendizaje por descubrimiento, los educandos obtuvieron unos desempeños altos y superiores, resaltando a cuatro de ellos que llegaron a responder las 10 preguntas correctamente.

Es importante aclarar que los niveles de desempeños son tomadas según el sistema institucional de evaluación de los estudiantes del Colegio Hernando Caicedo donde se detalla que de 10 preguntas, de 1 a 5 respuestas correctas equivale a un desempeño bajo, de 6 a 7 respuestas correctas equivale a un desempeño básico, de 8 a 9 respuestas correctas equivale a un desempeño alto y 10 respuestas correctas es un desempeño superior.





(b)

Fig. 3. Diagrama de barras que muestra el contraste entre el número de acierto por pregunta que se obtuvieron en el formulario de saberes previos y saberes adquiridos por estudiante.

Las gráficas anteriores fueron utilizadas como un recurso ágil para contrastar los conocimientos previos de los conocimientos adquiridos después de ejecutar la propuesta metodológica.

**C. Análisis del formulario de saberes previos y adquiridos:** tomando como referencia un sistema de evaluación tradicional: Si el número de preguntas acertadas en el formulario de saberes previos y en el formulario de saberes adquiridos se analizaron tomando como referencia un sistema tradicional de evaluación, con una escala de 0 a 10 y los desempeños mencionados según el sistema institucional de evaluación para los estudiantes del colegio, se obtuvieron los datos mostrados sobre el número de aciertos y desempeño en la tabla I para el grupo control y la tabla II para el grupo experimental. Teniendo en cuenta dicha escala, se evidenció que los estudiantes alcanzaron los saberes mínimos con 6 preguntas correctas y que ese nivel de desempeño aumento según el número de respuestas correctas. Se pudo llegar a observar que en la metodología tradicional para enseñar el movimiento parabólico, del grupo control sólo 7 estudiantes presentaron un desempeño básico en el formulario de saberes adquiridos y ningún con un desempeño alto o superior. Además, 8 estudiantes no evidenciaron adquirir los conocimientos debido a su desempeño bajo en las respuestas del formulario final.

TABLA I

NÚMERO DE ACIERTOS Y DESEMPEÑO DEL GRUPO CONTROL

Estudiante	Saberes Previos		Saberes Adquiridos	
	Aciertos	Desempeño	Acierto	Desempeño
1	2	Bajo	4	Bajo
2	4	Bajo	7	Básico
3	3	Bajo	5	Bajo
4	1	Bajo	4	Bajo
5	1	Bajo	6	Básico
6	2	Bajo	6	Básico
7	3	Bajo	4	Bajo
8	2	Bajo	5	Bajo
9	3	Bajo	6	Básico
10	1	Bajo	4	Bajo
11	2	Bajo	4	Bajo

12	1	Bajo	5	Bajo
13	3	Bajo	6	Básico
14	4	Bajo	7	Básico
15	3	Bajo	7	Básico

Ahora, para el grupo experimental quien se le aplico la metodología de aprendizaje por descubrimiento y realizo simulaciones interactivas del movimiento parabólico, se tuvo que el total de estudiantes que obtuvieron un desempeño bajo en el formulario de saberes previos, el 100% evidencio adquirir los conocimientos en torno a la temática abordada, donde, cuatro estudiantes tuvieron un desempeño superior, nueve estudiantes un desempeño alto y solamente uno con desempeño en básico, quedando en evidencia que la aplicación de esta metodología mejora significativamente el proceso de enseñanza y la forma como el educando se apropia de los conceptos a adquirir en el tema en estudio.

TABLA II

NÚMERO DE ACIERTOS Y DESEMPEÑO DEL GRUPO CONTROL

Estudiante	Saberes Previos		Saberes Adquiridos	
	Aciertos	Desempeño	Acierto	Desempeño
1	3	Bajo	9	Alto
2	3	Bajo	7	Básico
3	2	Bajo	9	Alto
4	2	Bajo	9	Alto
5	3	Bajo	10	Superior
6	4	Bajo	10	Superior
7	3	Bajo	8	Alto
8	4	Bajo	9	Alto
9	2	Bajo	9	Alto
10	4	Bajo	10	Superior
11	3	Bajo	8	Alto
12	2	Bajo	9	Alto
13	4	Bajo	10	Superior
14	3	Bajo	9	Alto
15	3	Bajo	10	Superior

**D. Análisis y cálculo del factor de Hake:** al realizar una comparación entre la efectividad de la metodología tradicional y la metodología de aprendizaje por descubrimiento en la enseñanza del movimiento parabólico en estudiantes de educación media, se hizo un análisis de la ganancia promedio normalizada o factor de Hake, se debió partir de la tabla I (grupo control) y la tabla II (grupo experimental) donde se discrimino el número de aciertos que obtuvo cada educando en el formulario inicial y en el final [14]. Se tuvo en cuenta, que el número máximo de aciertos posibles por el grupo control y grupo experimental que están conformados por 15 estudiantes es de 150, ya que el formulario consto de 10 preguntas. Según las tablas, el número total de aciertos obtenidos en el formulario inicial por el grupo control fue de 35 y por el grupo experimental fue de 45, ya que en el formulario final el número de aciertos en el grupo control fue de 80 y por el grupo experimental fue de 129.

Para determinar la ganancia promedio normalizada <G> del grupo control se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

Primero se calculó la puntuación máxima que se alcanzó a nivel de grupo, el puntaje obtenido en el formulario inicial y obtenido en el formulario final [14]. Donde  $N$  es el número de estudiantes (15),  $P$  es el número de preguntas del test (10),  $F_i$  es número total de aciertos que se obtuvieron en el formulario inicial a nivel grupal (35), y  $F_f$  es número total de aciertos que se obtuvieron en el formulario final a nivel grupal (80).

$$P_{max} = NXP = 15 \times 10 = 150$$

$$F_i = 35$$

$$F_f = 80$$

Después se <normalizan> el número de aciertos en el formulario inicial y final teniendo en cuenta el número máximo de aciertos [14].

$$\langle F_i \rangle = \frac{F_i}{P_{max}} = \frac{35}{150} = 0,233$$

$$\langle F_f \rangle = \frac{F_f}{P_{max}} = \frac{80}{150} = 0,533$$

Para obtener la ganancia de aprendizaje normalizada  $\langle G_c \rangle$  del grupo control se reemplazan los valores obtenidos anteriormente en la siguiente ecuación:

$$\langle G_c \rangle = \frac{\langle F_f \rangle - \langle F_i \rangle}{1 - \langle F_i \rangle}$$

$$\langle G_c \rangle = \frac{0,533 - 0,233}{1 - 0,233} = 0,391$$

El procedimiento anterior se repitió para determinar la ganancia de aprendizaje normalizada  $\langle G_e \rangle$  del grupo experimental, teniendo en cuenta que,  $N$  es el número de estudiantes (15),  $P$  es el número de preguntas del test (10),  $F_i$  es número total de aciertos que se obtuvieron en el formulario inicial a nivel grupal (45), y  $F_f$  es número total de aciertos que se obtuvieron en el formulario final a nivel grupal (129).

$$P_{max} = NXP = 15 \times 10 = 150$$

$$F_i = 45$$

$$F_f = 129$$

$$\langle F_i \rangle = \frac{F_i}{P_{max}} = \frac{45}{150} = 0,30$$

$$\langle F_f \rangle = \frac{F_f}{P_{max}} = \frac{129}{150} = 0,86$$

$$\langle G_e \rangle = \frac{\langle F_f \rangle - \langle F_i \rangle}{1 - \langle F_i \rangle}$$

$$\langle G_e \rangle = \frac{0,86 - 0,30}{1 - 0,30} = 0,80$$

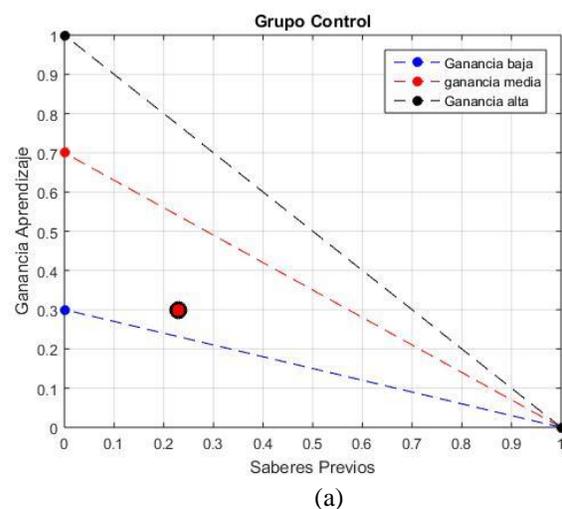
Hake propuso tres categorías para la ganancia promedio normalizada, que indican el grado de efectividad de la estrategia de enseñanza implementada en el aula de clase [14]:

- Ganancia alta:  $0,7 < \langle G \rangle \leq 1$
- Ganancia media:  $0,3 < \langle G \rangle \leq 0,7$
- Ganancia baja:  $\langle G \rangle \leq 0,3$

Según las anteriores categorías, se pudo establecer una comparación entre las dos metodologías de enseñanza, cuando se realizó un proceso de enseñanza y aprendizaje tradicional en el grupo control, donde  $G_c = 0.39$ , evidenciándose que los estudiantes obtuvieron una ganancia media sobre los conceptos del movimiento parabólico. En cambio, con una metodología enfocada a un aprendizaje por descubrimiento con la manipulación de un simulador interactivo, el grupo experimental obtuvo una ganancia de aprendizaje alta  $G_e = 0.80$  sobre la temática abordada.

Estos resultados respaldan la metodología utilizada en la clase para explicar el movimiento parabólico con un aprendizaje por descubrimiento, los conocimientos adquiridos por el grupo experimental sobre el tema son alto, es decir, que el proceso de enseñanza-aprendizaje fue significativo para los estudiantes, donde el conocimiento se vio reflejado de una forma positiva.

Para comprender mejor este resultado, se muestra en la figura 4 la gráfica de zonas de ganancia propuesta por Hake, en la figura 4 (a) se tiene el análisis para el grupo control y en la figura 4 (b) se tiene el análisis para el grupo experimental, ubicando el grupo control en la zona o nivel de media ganancia, y el grupo experimental en la zona o nivel de alta ganancia obtenida en la presente investigación; además, el eje horizontal representa el puntaje promedio del formulario inicial (normalizado) y el eje vertical representa la ganancia real promedio (normalizada) [18].



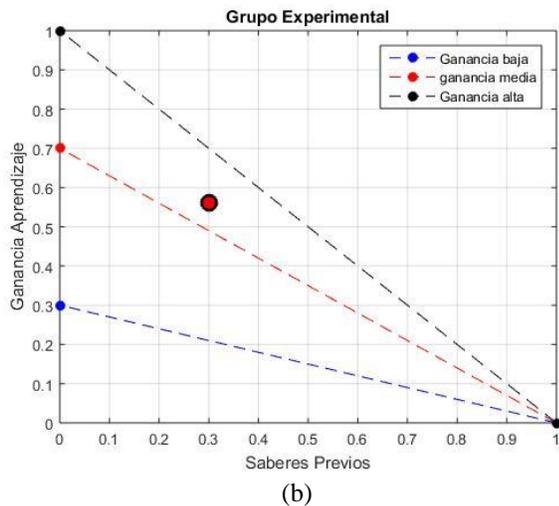


Fig. 4. Ganancia real promedio contra promedio del formulario inicial, se muestran también las tres regiones de interés según Hake. El punto rojo representa la ganancia promedio que obtuvo el grupo, es decir, el contraste entre los conocimientos previos de los estudiantes con la ganancia de aprendizaje que se obtuvo después de aplicar secuencia didáctica

#### IV. CONCLUSIONES

Los análisis encontrados reflejaron que la estrategia de aprendizaje por descubrimiento más una secuencia didáctica para la enseñanza del movimiento parabólico mediante un simulador interactivo aplicada a estudiantes de educación media no solo fortalece la apropiación del conocimiento, también con llevaron al mejoramiento en la disposición por aprender y una afinidad por las ciencias naturales.

Esta investigación es una clara contribución de la eficiencia de la aplicabilidad del modelo de enseñanza y aprendizaje por descubrimiento mediante el uso de un simulador interactivo, comparado con una metodología tradicional en el área de la física para asimilar los conceptos del movimiento parabólico en estudiantes de básica secundaria o media vocacional.

La ganancia promedio normalizada para el grupo control que recibió una enseñanza del movimiento parabólico con metodología tradicional fue de 0.39, mientras para el grupo experimental en donde se aplicó una secuencia didáctica para la enseñanza del mismo movimiento se obtuvo una ganancia promedio normalizada de 0.80, puso en manifiesto que el método de aprendizaje por descubrimiento combinado con la interacción con un simulador género no solo un aprendizaje significativo en el estudiante, sino también el poder llegar a identificar en sí mismo fortalezas y debilidades según el manejo de sus habilidades en los conceptos a ser adquiridos.

También habilidades como la creatividad, pensamiento crítico y resolución de problemas se vieron fortalecidos con las instrucciones planteadas en la guía de laboratorio, donde se evidencio que el estudiante a partir de las herramientas dispuestas por la simulación para observar e interpretar los diferentes conceptos físicos involucrados en el movimiento parabólico fueron desarrollados con mayor eficacia.

#### REFERENCIAS

- [1] G. Méndez y S. Rodríguez, "Physics Tracker: Una implementación didáctica para la presentación del tema tiro parabólico en bachillerato," *Tecné, Episteme y Didaxis*, vol. 6, n° <https://doi.org/10.17227/01203916.3381>, pp. 734-739, 2014.
- [2] J. S. Bruner, *Toward a Theory of Instruction*, Cambridge: Belkapp Press. ISBN 0-674-89701-3, 1966.
- [3] M. Eleizalde, N. Parra, C. Palomino y A. Reyna, "Aprendizaje por descubrimiento y su eficacia en la enseñanza de la Biotecnología," *Revista de Investigación*, vol. 34, n° 71. ISSN 0798-0329, pp. 271-290, 2010.
- [4] U. Camargo, H. Martínez y B. J. , "Dos Teorías Cognitivas, dos formas de Significar, dos enfoques para la Enseñanza de la Ciencia," *Psicogente*, vol. 13, n° 24. SSN 0124-0137 EISSN 2027-212X, pp. 329-346, 2010.
- [5] I. Riveros, *El Método de descubrimiento Guiado en el Aprendizaje de Análisis Combinatorio en los Alumnos del Quinto Grado de Educación Secundaria de la Institución Educativa "Chinchaysuyo" Sapallanga - Huancayo, Huancayo - Perú*, 2014.
- [6] H. Rivero, "Cómo mejorar mi clase de Física nivel superior", México: trillas. ISBN 9682470072, 2004.
- [7] A. D. Gúzman y C. Milagros, "Orientaciones Didácticas para el Proceso Enseñanza y Aprendizaje", Santo Domingo-República Dominicana: Mil Ejemplares. ISBN-99934-2359-9, 2004.
- [8] E. Pérez y N. Falcón, "Diseño de Prototipos Experimentales Orientados al Aprendizaje de la Óptica," *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 9, n° 3. ISSN: 1697-011X. DL: CA-757/2003, pp. 452-465, 2009.
- [9] W. Gallegos y A. Arias, "Aprendizaje por descubrimiento vs. Aprendizaje significativo: Un experimento en el curso de historia de la psicología," *Academia Paulista de Psicología, São Paulo, Brasil*, vol. 34, n° 87. ISSN 1415-711X, pp. 455-471, 2014.
- [10] Zarza, "Aprendizaje por descubrimiento.," *Innovación y Experiencias Educativas*, vol. 18, n° 45. ISBN 978-607957373-7, pp. 1-11, 2009.
- [11] M. Osorio, R. Ayestarán y C. Fuentes, "Aprendizaje por descubrimiento de la crisis de refugiados y de los inmigrantes en el grado de Marketing de la Universidad Francisco de Vitoria.," *Formación Universitaria*, vol. 13, n° 4, pp. 165-172. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000400165>, 2020.
- [12] G. Contreras y R. García Torres, "Uso de simuladores como recurso digital para la transferencia de conocimiento," *Revista de innovación educativa*, vol. 2, n° ISSN 1665-6180, pp. 86-100, 2010.
- [13] B. García, "Las habilidades socioemocionales, no cognitivas o "blandas": aproximaciones a su evaluación," *Revista Digital Universitaria*, Vols. %1 de %219,, n° 6. DOI: <http://doi.org/10.22201/2018>.
- [14] J. Stewart y G. Stewart, "Correcting the Normalized Gain for Guessing," *The Physics Teacher*, vol. 1, n° <https://doi.org/10.1119/1.3317458>, pp. 189-194, 2010.
- [15] L. Waipan, *El cerebro adolescente va al aula*, vol. 1, ISBN:9789876671859, Ed., Buenos Aires: Bonum. SBN 9789876671859, 2017, p. 176.
- [16] R. Merzula, "Participación interactiva versus métodos tradicionales: una encuesta de seis mil estudiantes de datos de pruebas de mecánica para cursos de introducción a la física," *American Journal of Physics*, vol. 1, n° <https://doi.org/10.1119/1.18809>, pp. 64-66, 1998.
- [17] C. Gutiérrez, "Herramienta didáctica para integrar las TIC en la enseñanza de las ciencias," *Interamericana de investigación, educación y pedagogía*, vol. 11, n° <https://doi.org/10.15332/s1657-107X.2018.0001.03>, pp. 24-26, 2018.
- [18] C. G. Hidalgo Carmona y N. A. Mel, "Comunicación interpersonal: programa de entrenamiento en habilidades sociales," *Universidad Católica de Chile*, vol. 1, n° ISBN 956-14-0263-6, pp. 193-205, 1991.



**Nancy Janet Castillo Rodríguez** nació en Cali, Colombia, en 1972. Recibió los títulos de Tecnóloga Química, Química Industrial Y Magíster en Instrumentación Física por la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), Pereira, en 1997, 2008 y 2017. Magister en Enseñanza de la Física en la Universidad Tecnológica de Pereira en

el 2020. Desde 1998 se ha desempeñado como docente en el municipio de Pereira, Desde 2011 ha sido profesora en el Departamento de Física, UTP, y desde 2015 es profesora transitoria de medio tiempo. Sus intereses de investigación actuales incluyen proceso de tratamiento digital de imágenes en el campo de la medicina forense, identificación de fluidos biológicos en dictámenes de carácter forense y análisis de sustancias orgánicas. Pertenece al grupo de investigación Robótica Aplicada de la UTP.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0856-0582>



**Dayan Steban Giraldo Santamaría** nació en Cartago, Colombia, en 1895. Recibió el título de Ingeniero Físico por la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), Pereira, en 2018. Actualmente realiza sus estudios en Maestría En Enseñanza De La Física en la Universidad Tecnológica de Pereira, Desde 2019 se ha desempeñado como docente en el área de ciencias naturales en el Colegio

Hernando Caicedo, siendo actualmente profesor en la asignatura de física. Sus intereses de investigación actuales incluyen desarrollo de metodologías de aprendizaje significativo en la enseñanza de la física.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3394-7191>



**Diego Fernando Devia Narváez** nació en Cali, Colombia, en 1980. Recibió los títulos de Ingeniería Eléctrica, Magíster en Ingeniería – Automatización Industrial y Doctorado en Ingeniería en la Universidad Nacional de Colombia en 2007, 2011 y 2018. Desde 2011 ha sido profesor en el Departamento de Matemáticas de la UTP.

Sus intereses de investigación están en el modelado de sistemas físicos. Pertenece al grupo de investigación GREDYA de la UTP.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6804-1672>