

Impacto de un recurso educativo digital en el aprendizaje de las leyes de Newton

Impact of a digital educational resource on learning Newton's laws

<https://doi.org/10.15332/24224529.8650>

Recibido: 1 de abril de 2023

Aceptado: 10 de junio de 2023

Sara Janeth Patiño Garcia

Universidad Católica de Oriente, Colombia

sara.patino9999@uco.net.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6134-7313>

Juan Garzón

Universidad Católica de Oriente, Colombia

fgarzon@uco.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0374-8570>

Citar como:

Patiño, S y Garzón, J (2023). Impacto de un recurso educativo digital en el aprendizaje de las leyes de Newton.

CITAS, 9(2). <https://doi.org/10.15332/24224529.8650>



Resumen

El aprendizaje de las leyes de la dinámica ha representado un reto académico para los estudiantes. En este sentido, el uso de los recursos educativos digitales (RED) ha demostrado buenos resultados. Con base en lo anterior, este estudio presenta el proceso de desarrollo y posterior validación del impacto de un RED en aprendizaje, retención y motivación en la enseñanza de las leyes de Newton. Para verificar la eficiencia de este, se diseñó un estudio de caso que involucró a 44 estudiantes de décimo de una institución educativa de Colombia. En el estudio se midieron los impactos en los tres parámetros mencionados. Los resultados indican que el recurso desarrollado tuvo un efecto medio en las ganancias de aprendizaje ($d = 0.60$) y un efecto alto ($t(38) = 2.12, p = 0.04$) en la retención del conocimiento. Y se evidencia un aumento en la motivación para aprender el tema.

Palabras clave: recurso educativo digital, aprendizaje, retención, motivación, ciencias naturales.

Abstract

Learning the laws of dynamics has represented an academic challenge for students. In this sense, the use of digital educational resources (RED) has shown good results. Based on the above, this study presents the development process and subsequent validation of the impact of a RED on learning, retention and motivation in the teaching of Newton's laws. To verify its efficiency, a case study was designed that involved 44 tenth grade students from an educational institution in Colombia. In the study, the impacts on the three mentioned parameters were measured. The results indicate that the developed resource had a medium effect on learning gains ($d=0.60$) and a high effect ($t(38)=2.12, p=0.04$) on knowledge retention. And there is an increase in motivation to learn the topic.

Keywords: digital educational resource, learning, retention, motivation, natural sciences.

Introducción

“¿Para qué rayos nos sirve la física?... Creo que solo son para torturarnos”. No es extraño escuchar estas frases en clases de ciencias. Diversos estudios han comprobado el desinterés de los estudiantes por estas (Gardner, 1975). No hay razón para creer que es total responsabilidad del estudiante no alcanzar sus objetivos académicos; se debe indagar las causas. Según Solbes et ál. (2007), parte del problema es la forma de enseñarlas, en la que los modelos tradicionales muestran los conocimientos de estas ciencias ajenos a la vida de los estudiantes.

El aprendizaje activo aporta positivamente a la motivación y a las ganancias de aprendizaje (Huber, 2008). Además, desde el paradigma constructivista, el conocimiento es un proceso de construcción individual y genuino de los sujetos que puede ser apoyado por el uso de un RED (Serrano y Pons, 2011).

Esta investigación mide el impacto de un RED a través de las siguientes preguntas

PI.1. ¿Cuál es el efecto del RED en la ganancia de aprendizaje de los estudiantes?

PI.2. ¿Cuál es el efecto del RED en la ganancia de aprendizaje a largo plazo de los estudiantes?

PI.3. ¿Cuál es el grado de motivación de los estudiantes que utilizaron el RED en su aprendizaje?

Trabajos relacionados

En este artículo se presentan trabajos relacionados con dos temáticas, con el fin de ayudar a dar respuesta a las preguntas planteadas en la investigación. El primero es el desinterés por el estudio de las ciencias naturales, específicamente en el área de Física, y el segundo es el uso de un RED para aumentar el aprendizaje, la motivación y la retención de conocimiento en el tiempo.

En cuanto al interés por el estudio de estas áreas, se encuentran un número significativo de investigaciones que han demostrado la falta de motivación de los estudiantes. Vázquez y Manassero (2011) han demostrado, por medio de experimentos con diferentes alumnos, que el interés de estos por las ciencias va disminuyendo de primaria a secundaria, y al finalizar los estudios llegan a considerar estas áreas aburridas e irrelevantes en sus vidas.

Confirmando la premisa expuesta en el párrafo anterior, en otros estudios se profundiza en las posibles causas y soluciones a este desinterés por las ciencias, especialmente en las áreas de Física y Química, donde se vislumbra que encuentran el estudio de estas materias como extremadamente difícil, alejadas de su vida cotidiana, y con pocas posibilidades de éxito en el mundo laboral. Los mismos alumnos del estudio consideran que aumentaría su interés si se incrementara el trabajo experimental y el uso de las historias de la ciencia, mostrando los aportes positivos de esta a la humanidad. A estos argumentos, se agrega que es de vital importancia resaltar que estas valoraciones negativas de los alumnos no solo hay que reconocerlas, sino buscar la causa y proponer una solución, con el fin de favorecer de manera directa la motivación (Solbes et ál., 2007).

Por otro lado, se halló que en las últimas décadas la humanidad se ha encontrado expuesta de forma exponencial a herramientas tecnológicas y artefactos digitales; a causa de ello la sociedad se ha visto en la contundente necesidad de adaptarse a estos cambios informáticos

que ocurren a pasos agigantados, viéndose inmersa de igual forma la educación. Además, la enseñanza y el aprendizaje presenta retos importantes en términos de calidad y eficacia que requieren del uso de las TIC en la educación (Castro et ál., 2007).

En otra instancia, el proceso de transformación tecnológica en la educación es conocido como *aprendizaje multimedia*, definido como aquel que se adquiere mediante recursos y medios digitales, donde estos transmiten información a través de diferentes canales de comunicación (Cabero, 2004). Las llamadas *nuevas tecnologías de la información y de la comunicación* han facilitado la creación y utilización de recursos multimedia en la enseñanza desde finales del siglo xx. De este modo, varía gradualmente el espacio de interacción entre el estudiante, el recurso multimedia implementado y el docente en el proceso de aprendizaje (Cabero, 2004).

En la búsqueda de antecedentes, se ha encontrado que los investigadores se han interesado en medir la motivación y el aprendizaje. Por ejemplo, Prieto (2020) halló que el uso de juegos y RED mejoran la motivación; además, se consideran como una adecuada combinación de mecánicas en la implementación de cualquier proceso de enseñanza. Según el autor, los recursos educativos gamificados apuntan a la experiencia interactiva del sujeto en su implicación y toma de decisiones autónomas en relación con el objeto de conocimiento; aprendizaje que no fluye de forma homogénea y pasiva, sino que lo construye a través del juego e interacción individual en un entorno digitalizado (Prieto, 2020).

Del mismo modo y tal como lo expresa Moya (2013), el uso de estos recursos reducirá la brecha digital entre las diferentes generaciones, lo cual facilitará la tarea educativa en los procesos de enseñanza-aprendizaje, al hacerlos más agradables y dinámicos, logrando así un desarrollo más autónomo de los estudiantes de una forma más creativa y motivadora, contribuyendo, por lo tanto, al desarrollo de la competencia de aprender a aprender.

En otros estudios similares al presentado en este artículo, se encuentra la implementación del recurso educativo digital “Investigalopez”, creada y aplicada para las áreas de Ciencias Sociales, Matemáticas y Ciencias Naturales en los estudiantes de grado sexto de una institución educativa. Allí se encontró como conclusión que los RED tienen impactos positivos en las habilidades de conocimiento, comprensión y aplicación, esto gracias a que ofrece una perspectiva interdisciplinaria que permite al estudiante abordar contenidos de una forma distinta y dinámica, desde la perspectiva de habilidades y estilos de aprendizaje por medio de situaciones problema, confrontando sus saberes a contextos determinados (Montero Cárdenas et ál., 2016).

Otro de los estudios más destacados es el de Osorio (2012), el cual constituye la aplicación de un instrumento de evaluación que recoge información relacionada con el aprendizaje de las ciencias naturales (entre ellas, la física), por medio de herramientas virtuales, y para esto diseñó y propone un objeto virtual de aprendizaje que reúne las características pedagógicas y

didácticas, según las dimensiones analizadas por área y por grado. El instrumento de evaluación fue aplicado a los recursos multimedia creados por docentes de la especialización en Edumática, de la Universidad Católica de Pereira, quienes han encontrado que las herramientas multimedia modernas o rudimentarias bien utilizadas por los profesores alcanzan procesos cognitivos significativos, potencializando las herramientas disponibles, las cuales aumentan las posibilidades de lograr el objetivo educativo planteado, ya que estas actúan como un medio didáctico con un valor añadido, en la tríada del proceso de enseñanza y aprendizaje: material, docente, y estudiante.

En definitiva, y según este estudio, un RED se considera de calidad cuando se correlaciona el diseño y el uso, lo cual da como resultado estudiantes que logran los aprendizajes pretendidos; además, favorece la reflexión sobre los procesos cognitivos y permite a los alumnos experimentar muchas formas de expresión y desarrollar la creatividad (Osorio Mejía, 2012).

Descripción del recurso educativo digital Newton's Apples

Concepto del proyecto

Newton's Apples es un RED que presenta las leyes del movimiento de Newton y datos bibliográficos de su vida, partiendo desde el constructivismo como tradición pedagógica del aprendizaje, que tiene como premisa que los alumnos construyen el conocimiento de forma activa desde su realidad y experiencias (Schulte, 1996). Es, además, un aprendizaje cambiante y significativo, ya que son los estudiantes quienes construyen conocimientos por sí mismos, a partir de su propia vivencia, de su nivel de cercanía con el tema y al recurso o el área; finalmente, es él quien selecciona y transforma la información, construye hipótesis y toma decisiones (Arancho, 1999).

El objetivo de la aplicación es presentar al estudiante la oportunidad de reconocer en experiencias cotidianas y experimentos orientados las leyes fundamentales de la física clásica, propiciando que sean los aprendices los protagonistas de sus avances, teniendo al docente como apoyo en su proceso y no como actor principal; esto con el fin de aumentar la motivación en el estudio de esta ciencia en particular.

Las Leyes de Newton

El estudio de las ciencias naturales es de vital importancia para los estudiantes, ya que estas ayudan al desarrollo de la capacidad de pensamiento crítico (Causado, Santos y Calderón, 2015). En el caso de la física, particularmente en dinámica, las leyes propuestas por Isaac Newton permiten comprender, explicar y predecir fenómenos relacionados con la fuerza y el movimiento de todos los cuerpos. Estas leyes fueron propuestas por Newton en 1687, de las cuales la primera es también conocida como "ley de inercia", la cual postula que un cuerpo permanecerá en reposo o movimiento rectilíneo con una velocidad constante hasta que se aplique una fuerza externa; la segunda ley, también llamada "ley fundamental de la dinámica",

dice que una fuerza neta aplicada a un cuerpo es proporcional a la aceleración que adquiere su trayectoria y, por último, la ley de acción y reacción, o “tercera ley”, declara que toda fuerza de acción genera una fuerza de reacción de igual magnitud pero en sentido contrario (Tipler y Mosca, 2006).

RED Newton's Apples

El RED Newton's Apples se diseñó utilizando Genially, una plataforma que permite crear contenido educativo digital. En ella se puede presentar de forma interactiva infografías, presentaciones, mapas, micrositios, gráficos, videos, imágenes, audios e incluso es posible hacer juegos y enlazarlos como actividades evaluativas.

Para realizar el RED, primero se analizó cuál sería el contenido y la población objeto para aplicar la herramienta; al respecto, se decidió iniciar con el tema “dinámica de física”, ya que este se dicta en el grado décimo, siendo uno de los temas que genera poco interés por parte de los estudiantes en esta etapa del proceso formativo. Aunque la herramienta permite abordar diferentes temas en las diversas áreas de las ciencias naturales, se optó por dar inicio a la investigación por estas leyes en su primera versión y los contenidos se eligieron según el currículo académico definido para este grado.

El recurso se diseñó con base en la teoría del constructivismo con estrategias del aprendizaje situado, con el fin de lograr una experiencia significativa, donde se integraron las posibles vivencias de los estudiantes como punto de partida para la construcción de su conocimiento científico (Gros, 2002). Por esta razón, se incluyeron en cada tema experiencias cotidianas para los estudiantes de este grado, y se usó además la inclusión de experimentos para su realización en grupos, guiados por la aplicación y el docente.

El RED consta de cinco espacios para abordar todo lo requerido en la investigación, cuatro subtemas de contenido académico; datos curiosos de la vida de Newton y las tres leyes de la dinámica. En el micrositio de cada ley, se encuentran algunas situaciones del día a día donde se va demostrando la forma en que cada ley describe dichas circunstancias, luego se presenta la teoría respecto a cada caso, y, por último, se orienta una actividad en la que se propone y se guía a la realización de un experimento para poner a prueba la teoría expuesta. Se incluyeron juegos interactivos con preguntas relacionadas al tema para poder realizar seguimiento a las ganancias de aprendizaje (figura 1).



Figura 1. Página de inicio del recurso educativo Newton's Apples

Fuente: plataforma Genially (s. f.).

Caso de estudio

Para analizar el efecto del RED sobre los resultados del aprendizaje, retención de conocimiento y motivación, se eligieron aleatoriamente estudiantes del grado décimo de una institución educativa del oriente antioqueño. Se realizó un experimento educativo en el que se llevó a cabo la clase de Física con el grupo de control, y en un espacio diferente con el grupo experimental. La experiencia se efectuó en la jornada de estudio de la institución, en sus instalaciones, empleando el tiempo que normalmente se utilizaría para presentar este tema.

Participantes

El estudio incluyó a 44 voluntarios (en adelante, “estudiantes”) cuyas edades oscilan entre 15 y 18 años ($M = 16,31$ $DE = 0,98$). Teniendo en cuenta que en el colegio hay dos grupos del grado décimo, se eligió de forma aleatoria un grupo experimental ($n = 23$) y otro de control ($n = 21$).

Procedimiento

Ambos grupos fueron guiados por la misma docente y bajo condiciones similares de tiempo para eliminar factores que puedan interferir en los resultados del experimento, como pueden ser las diferentes personalidades y estilos de enseñanza (Buendía et ál., 1998). Los integrantes de este proyecto fueron los encargados de seleccionar el contenido académico para la intervención y diseñar las pruebas. Es importante mencionar que los estudiantes no sabían a qué grupo iban pertenecer, ni sabían que el otro grupo tendría una experiencia diferente.

El proceso, tanto en el grupo experimental como en el grupo de control, estuvo compuesto por tres momentos:

1. Pretest para determinar conocimientos previos en ambos grupos.
2. Explicación del tema de forma tradicional en el grupo de control y con el apoyo de Newton’s Apples en el grupo experimental.
3. Post test para ambos grupos.

Toda la experiencia se llevó a cabo en dos sesiones de aproximadamente 100 minutos. Posterior a esto, se realiza al grupo experimental una encuesta para medir la motivación (IMMS) (Keller, 2010).

Resultados

Los resultados de este estudio se obtuvieron analizando el pretest, postest, test de seguimiento y encuesta de satisfacción, aplicados a los estudiantes del grupo control y experimental de grado décimo de una institución educativa de Antioquia. Con miras a garantizar un conocimiento previo equivalente en los estudiantes de ambos grupos, se realizó la prueba t de student en los resultados del pretest. Los resultados de la tabla 1 muestran que no hay diferencias estadísticas significativas en los estudiantes de ambos grupos ($t(42) = -0.95, p = 0.34$). Cabe indicar que todos los estudiantes presentaron conocimientos previos similares sobre las leyes de Newton.

Tabla 1. Resumen de los resultados del pretest

Variable/grupo	Experiment	Contro
-----------------------	-------------------	---------------

	al	l
Media (M)	1.09	1.33
Varianza	0.90	0.53
Muestra	23	21
Varianza agrupada	0.73	
Desviación estándar agrupada	0.85	
Alfa	5 %	
Estadístico t	-0.96	
P(T<=t) dos colas	0.34	
Valor crítico de t (dos colas)	2.02	

Fuente: elaboración propia.

¿Cuál es el efecto del RED en la ganancia de aprendizaje de los estudiantes?

Para revisar los resultados de los estudiantes en el postest al utilizar diferentes metodologías de aprendizaje, por un lado, se realizó una prueba *t* de student para comparar las calificaciones de la prueba entre los dos grupos. Tal como se ve en la tabla 2, los resultados mostraron que el grupo experimental logró mejores resultados de aprendizaje ($M = 3.22$) que el grupo de control ($M = 2.81$). Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos ($t(42) = 1.25, p = 0.22$).

Tabla 2. Resumen resultados Postest

Variable/grupo	Experimental	Control
Media	3.22	2.81
Varianza	1.27	1.06
Muestra	23	21
Varianza agrupada	1.17	
Desviación estándar agrupada	1.08	
Alfa	5%	
Estadístico t	1.25	
P(T<=t) dos colas	0.22	
Valor crítico de t (dos colas)	2.02	

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se realizó la medición del impacto del RED en la eficacia del aprendizaje basado en el tamaño del efecto (ES) de Cohen, utilizando las medias y las varianzas de los pretest y postest con las ecuaciones 1 y 2. El valor calculado fue 0.60 con un intervalo de confianza del 95 % de [0.29-0.92], el cual corresponde a un efecto medio (Cohen, 1988). En la tabla 3 se puede apreciar un resumen de los datos obtenidos para el ES.

Donde X_{post_exp} y X_{pre_exp} son las medias de los puntajes obtenidos en el postest y pretest del grupo experimental, respectivamente. $X_{post_ctrl} - X_{pre_ctrl}$ son las medias

$$(1) ES = \frac{(X_{post_exp} - X_{pre_exp}) - (X_{post_ctrl} - X_{pre_ctrl})}{SD_{post}}$$

$$(2) SD_{post} = \sqrt{\frac{(n_{ctrl} - 1)S_{ctrl_post}^2 + (n_{exp} - 1)S_{exp_post}^2}{n_{ctrl} + n_{exp}}}$$

de los puntajes obtenidos en el postest y pretest del grupo control, respectivamente. Por último, SD_{post} es la desviación estándar combinada del postest, donde n_{ctrl} y n_{exp} son los tamaños de muestra del grupo control y experimental respectivamente. S_1 y S_2 son las varianzas de las pruebas $ctrl_post$ y exp_post post test del grupo control y experimental, respectivamente.

Tabla 3. Valores del tamaño de efecto para el aprendizaje

Variable	Valor
Tamaño de muestra total	44
SD post	1.08
ES	0.60
Confianza	95 %
Límite superior	0.29
Límite inferior	0.92

Fuente: elaboración propia.

¿Cuál es el efecto del RED en la ganancia de aprendizaje a largo plazo de los estudiantes?

Finalmente, para determinar el impacto en aprendizaje a largo plazo se realizó una prueba de t de student comparando los test de seguimiento realizado a cada grupo (control y experimental), como se observa en la tabla 4. Se encontró una diferencia estadística significativa ($t(38)=2.12$, $p=0.04$), lo que indica que el recurso digital educativo favorece la retención de conocimientos a largo plazo de los estudiantes.

Tabla 4. Resumen resultados test de seguimiento

Variable	Experimental	Control
Media	3,07	2,41
Varianza	0,95	0,97
Muestra	22	18
Varianza agrupada	0,96	
Alfa	5%	

Estadístico t	2,12
P(T<=t) dos colas	0,04
Valor crítico de t (dos colas)	2,02

Fuente: elaboración propia.

A modo de resumen, se presenta la figura 2, la cual muestra la evolución de las puntuaciones de los estudiantes en los grupos experimental y control durante todo el proceso.

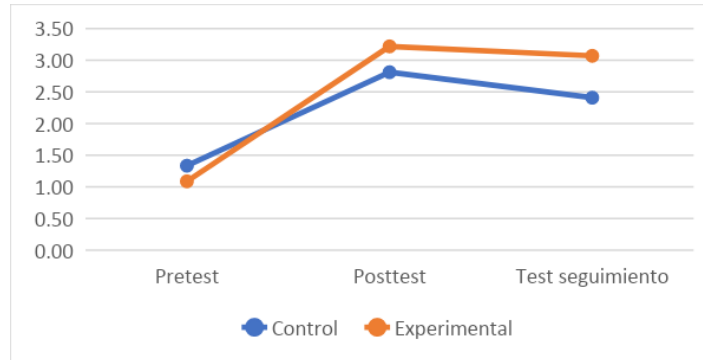


Figura 2. Evolución del aprendizaje de los estudiantes

Fuente: elaboración propia

¿Cuál es el grado de motivación de los estudiantes que utilizaron el RED en su aprendizaje?

Posterior al posttest, los estudiantes del grupo experimental realizaron una encuesta modificada de motivación (IMMS) con la escala de Likert (tabla 5).

Tabla 5. Resultados encuesta de motivación

Ítem	Afirmación	Calificación
1	Me siento cómodo usando el aplicativo.	5.5
2	Es fácil navegar dentro del aplicativo.	5.9
3	La información que se muestra en el aplicativo es precisa.	6.0
4	El recurso me ha dado una impresión positiva sobre las leyes de Newton.	5.8
5	El recurso me ha brindado información importante para mi aprendizaje.	5.9
6	El diseño gráfico del recurso es visualmente atractivo.	6.0
7	Me dieron suficiente información para el uso del recurso.	5.8
8	Me gusta la información que muestra el aplicativo.	5.8
9	Es fácil de usar la aplicación.	6.0
10	Prefiero la aplicación de Genially a los libros para estudiar física	5.7

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la encuesta de motivación se muestran en la figura 3; estos presentan un promedio de 5,8 (en una escala de 0 a 7), lo que demuestra una alta motivación por parte de los estudiantes por aprender sobre las leyes de Newton con ayuda de Newton's Apples.

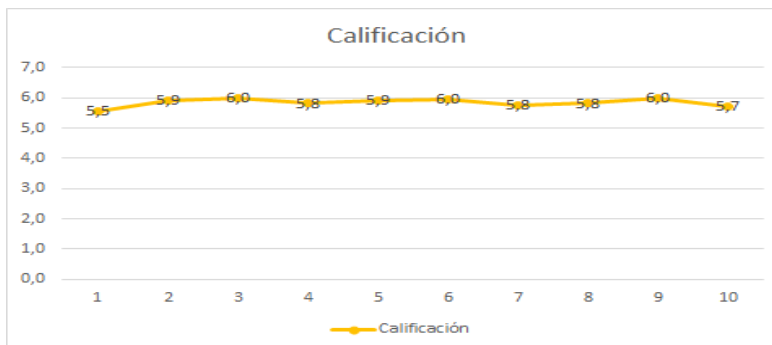


Figura 3. Resultados motivación en el grupo experimental

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

En la experiencia se realizó una comparación entre la enseñanza tradicional y una clase con apoyo del RED, esto con el fin de comprobar el impacto en aprendizaje, retención y motivación del uso del RED. Los resultados del experimento sugieren la pertinencia del RED para el aprendizaje de los estudiantes. Por esto se recomienda su uso en el ejercicio del docente, en la enseñanza de las leyes de Newton en la secundaria.

Esto se puede comprobar al ver los resultados del pretest. Como se puede ver en la tabla 1, los estudiantes mostraron un nivel similar de conocimiento en ambos grupos (control, experimental). Con la realización del postest se puede dar respuesta a la primera pregunta de investigación (PI.1), puesto que los estudiantes del grupo experimental mostraron una media de 3.22 siendo mayor comparada con los del grupo control que dio como resultado 2.81; aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre estas ($t(42) = 1.25, p = 0.22$). Se confirma el efecto positivo en las ganancias de aprendizaje de los estudiantes al encontrar que el RED tiene un ES según la ecuación de Cohen de 0.60 correspondiente a un efecto medio en el impacto.

Sobre los resultados obtenidos para la primera pregunta, se puede concluir que, aunque no hay diferencias estadísticas significativas en el postest, las medias de ambos grupos demuestran cómo se obtuvo un mayor aprendizaje los estudiantes que acceden al RED, demostrando así lo planteado por Huber (2008).

Con los resultados del test de seguimiento, se puede dar respuesta a la segunda pregunta de investigación (PI.2). Al respecto, se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre las medias del grupo de control ($M = 2.41$) y experimental ($M = 3.07$), lo cual demuestra que el RED realizado en Genially tiene efectos positivos en la retención de conocimiento de los estudiantes, confirmando de este modo lo dicho en la investigación de

Gros (2002).

Del mismo modo, los resultados de la encuesta de motivación mostraron un promedio de alta puntuación en los diferentes aspectos evaluados (tabla 5). Aquí es relevante observar cómo los ítems 3, 6, y 9 se obtuvieron los puntajes más altos, que son ítems que tienen que ver con la precisión en la información de la aplicación, diseño atractivo de aplicación y fácil manejo de esta, concordando así lo planteado por García Retana (2012).

En conclusión, los hallazgos de esta investigación apoyan lo encontrado en estudios previos donde destacan los resultados positivos en la motivación, aprendizaje y retención de este en los estudiantes con la implementación de experiencias digitales, gracias a que los estudiantes se vuelven participantes activos de su proceso de construcción de conocimiento.

Se deja como recomendación a futuras investigaciones probar este tipo de estrategias con otras áreas de las ciencias naturales, como Química, que presentan altos grados de desmotivación por parte de los estudiantes, teniendo en cuenta que una dificultad que es posible se presente en este tipo de estudios de caso corresponde al acceso a Internet de todos los estudiantes para lograr ejecutar las actividades.

Referencias

- Arancho, W. C. (1999). El legado de Vygotski y de Piaget a la educación. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 31(3), 477-489. ISSN: 0120-0534. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80531304>.
- Buendía, L., Colás, M. P. y Hernández, F. (1998). *Métodos de investigación en pedagogía*. McGraw-Hill.
- Cabero, J. (2004). La transformación de los escenarios educativos como consecuencia de la aplicación de las TICs: estrategias educativas. *Formación de la ciudadanía. Las TICs y los nuevos problemas, Asociación*, 1-28. <https://idus.us.es/handle/11441/17920>.
- Castro, S., Guzmán, B. y Casado, D. (2007). Las TIC en los procesos de la enseñanza y el aprendizaje. *Laurus Revista de Educación*, 13(23), 213-234. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76102311>
- Causado Escobar, R., Santos Carrasco, B., & Calderón Salas, I. (2015). Desarrollo del pensamiento crítico en el área de ciencias naturales en una escuela de secundaria. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 4(2), 17-42. doi:<https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v4n2.51437>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. (2.^a ed.). LEA.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gardner, P. (1975). Attitudes to Science: A Review. *Studies in Science Education*, 2(1), 1-41. <http://dx.doi.org/10.1080/03057267508559818>
- Genially.ly (s. f.). [Plataforma educativa]. Actividades sobre las leyes de Newton. <https://view.genial.ly/612a8c52e49c1c0dadb42053/presentation-newton>
- Gros, B. (2002). Constructivismo y diseño de entornos virtuales de aprendizaje. *Revista de Educación* (328), 225-247. <http://hdl.handle.net/11162/66985>

- Huber, G. L. (2008). Aprendizaje activo y metodologías educativas. *Revista de Educación*, (número extraordinario), 59-81. <https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:14edd70f-c97a-4361-8757-ef0c83ce5bea/re200804-pdf.pdf>
- Keller, J. M. (2010). *Motivational Design for Learning and Performance*. Springer.
- Montero Cárdenas, S. Y., Torres Castellanos, J. C. y Varela Quiroga, L. D. (2016). *Incidencia de un recurso educativo digital en las habilidades conoce, comprende y aplica para las áreas de ciencias sociales, matemáticas y ciencias naturales en los estudiantes de grado sexto de la IED Luis López de Mesa*. (Trabajo para optar el título de magíster en Informática Educativa), Universidad de La Sabana, Bogotá, D. C.
- Moya, M. (2013). De las TICs a las TACs: la importancia de crear contenidos educativos digitales. *Revista Didáctica, Innovación y Multimedia* (27), 1,14. <https://raco.cat/index.php/DIM/article/view/275963>.
- Osorio Mejía, L. F. (2012). Valoración de herramientas virtuales para la enseñanza de las ciencias naturales en educación media. (Trabajo de grado), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D. C.. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11783>
- Prieto, J. M. (2020). Una revisión sistemática sobre gamificación, motivación y aprendizaje en universitarios. *Teoría de la Educación: Revista Interuniversitaria*, 32(1), 73-99. DOI: [10.14201/teri.20625](https://doi.org/10.14201/teri.20625)
- Schulte, P. L. (1996). A Definition of Constructivism. *Science Scope*, 20(6), 25-27. <https://eric.ed.gov/?id=EJ533262>
- Serrano, J. M. y Pons, R. M. (2011). El constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista Electrónica de investigación Educativa*, 13(1), 1-27. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15519374001>
- Solbes, J., Montserrat, R. y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 91-117. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2475999>
- Tipler, P. A. y Mosca, G. (2006). *Física para la ciencia y la tecnología* (vol. 1). (5.ª ed.). Reverté.
- Vázquez, Á. y Manassero, M. A. (2011). El descenso de las actitudes hacia la ciencia de chicos y chicas en la educación obligatoria. *Ciência & Educação*, 17(2), 249-268. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000200001>