SIMULACIONES PHET Y DIÁLOGO SOCRÁTICO PARA EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS Y ARGUMENTATIVA EN FÍSICA

Juan Carlos Bárcenas Alvis
barcenas302@yahoo.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0466-7721

Jorge Eric Barrios Vergara
jobv02_@hotmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-3674-2868

Recibido: 14/03/2024 Aprobado:16/04/2024

RESUMEN

Este artículo científico de revisión descriptiva examina el papel transformador de las simulaciones en el desarrollo de las competencias científicas y la argumentación, delimitado al campo de la Física y articulado con el diálogo socrático desde la Filosofía para potencializar el uso del lenguaje propio de las ciencias experimentales. Por tanto, estas ofrecen una experiencia inmersiva que permite a los estudiantes interactuar con fenómenos físicos de manera práctica y visual. El objetivo general de este artículo es determinar el impacto de las simulaciones combinadas con el diálogo socrático en el desarrollo de las competencias científicas y la argumentación dialógica. Por ello, es fundamental que los estudiantes adquieran el léxico y competencias científicas sólidas. En este sentido, pueden aplicar sus argumentaciones y contrastaciones teóricas de manera crítico-reflexiva. La metodología se basa en una búsqueda bibliográfica descriptiva, considerando las características del fenómeno y adaptando el diálogo socrático en un contexto de aprendizaje colaborativo dentro del laboratorio. Los resultados evidencian que la incorporación de simuladores PhET, con el apoyo del diálogo socrático, permite mejorar el aprendizaje conceptual de tópicos abstractos en la física mediante la visualización e interacción innovadora. Sin embargo, su efectividad depende de la combinación con estrategias didácticas activas que promuevan la motivación, indagación, participación crítica y trabajo experimental presencial de los estudiantes. Las implicaciones pedagógicas sugieren un rediseño de las prácticas docentes tradicionales, superando brechas tecnológicas y fortaleciendo nuevas políticas educativas. Se requiere mayor investigación cuasiexperimental que sustente evidencias sobre su efecto transformador. En conclusión, el uso de simulaciones con el diálogo socrático representa una valiosa oportunidad para mejorar

la comprensión y aplicación del conocimiento en física. Esto incentiva a los estudiantes a enfrentar desafíos desde diferentes perspectivas del saber y saber hacer, argumentando con fundamentos propios del lenguaje científico.

Palabras clave: simulaciones, física, diálogo socrático, competencias científicas.

PHET SIMULATIONS AND SOCRATIC DIALOGUE FOR THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC AND ARGUMENTATIVE SKILLS IN PHYSICS

ABSTRACT

This descriptive review scientific article examines the transformative role of simulations in the development of scientific competencies and argumentation, delimited to the field of Physics and articulated with Socratic dialogue from Philosophy to enhance the use of language specific to the experimental sciences. Therefore, these offer an immersive experience that allows students to interact with physical phenomena in a practical and visual way. The general objective of this article is to determine the impact of simulations combined with Socratic dialogue on the development of scientific competencies and dialogic argumentation. For this reason, it is essential that students acquire a solid scientific lexicon and competencies. In this sense, they can apply their argumentations and theoretical contrasts in a critical-reflective manner. The methodology is based on a descriptive bibliographic search, considering the characteristics of the phenomenon and adapting the Socratic dialogue in a context of collaborative learning within the laboratory. The results show that the incorporation of PhET simulators, with the support of Socratic dialogue, allows for the improvement of conceptual learning of abstract topics in physics through innovative visualization and interaction. However, its effectiveness depends on the combination with active didactic strategies that promote students' motivation, inquiry, critical participation, and face-to-face experimental work. The pedagogical implications suggest a redesign of traditional teaching practices, overcoming technological gaps and strengthening new educational policies. More quasi-experimental research is required to support evidence of its transformative effect. In conclusion, the use of simulations with Socratic dialogue represents a valuable opportunity to enhance the understanding and application of knowledge in physics. This encourages students to face challenges from different perspectives of knowing and doing, arguing with foundations specific to scientific language.

Keywords: simulations, physics, socratic dialogue, scientific competencies.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de carácter científico y de revisión bibliográfica descriptiva explora los estudios de otros investigadores sobre el uso de las simulaciones, esencialmente el papel transformador de las simulaciones PhET Colorado concatenado al acontecer epistémico, facilita al docente presentar guías prácticas como alternativa para fomentar las competencias científicas y argumentativas en el campo de la Física de manera que posibilite la activación del aprendizaje en los estudiantes. Este artículo, se centra en la importancia en el uso de simuladores educativos como herramientas de apoyo para el docente, con el propósito de incentivar a estudiantes en el aprendizaje de manera participativa, al proporcionarles la oportunidad de experimentar en diferentes contextos y predecir el comportamiento del fenómeno estudiado. Además, favorece el desarrollo de las habilidades científicas y la resolución de problemas. De igual manera, se estima desde otras fuentes que alternativas o abordajes actúan en función del aprendizaje significativo donde subyace su sentido crítico.

La plataforma PhET Colorado Interactive Simulations, es una herramienta facilitadora para la investigación, su uso en el aprendizaje de la física y otras ciencias afines; del mismo modo proporciona escenarios inmersivos en las ciencias formales, aplicándose de manera lúdica, gratuita, interactiva y portable sin necesidad de tener conectividad a internet. Esta procede mediante la inducción del ensayo y el error, en cada simulación se puede afianzar el grado de incertidumbre para valorar su eficacia o mejora en el proceso de enseñanza y aprendizaje. En efecto, esta herramienta didáctica permite evaluar a través de estrategias que incluyan entrevistas con estudiantes, observación del uso de simulador en las aulas, la indagación guiada, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el uso del enfoque en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM), entre otras.

Por otra parte, es necesario reconocer la importancia práctica en la enseñanza de la asignatura, instrumentalizada en las guías con elementos inclusivos de la dialógica socrática, a fin de darle un carácter de criticidad con miras a potenciar el aprendizaje significativo mediante la argumentación y el uso apropiado de léxico científico. Así mismo, el diálogo

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

socrático es una estrategia metodológica de enseñanza que se basa en la dialógica discursiva entre el maestro y su interlocutor directo: el alumno. El docente plantea cuestionamientos a fin de encontrar respuestas a partir de un proceso de introspección y por descubrimiento. Este enfoque se ha utilizado durante siglos en la enseñanza de la filosofía, y considera su trascendencia, pertinencia y eficacia para fomentar el pensamiento crítico y la capacidad para argumentar dentro del campo de la física y otros saberes afines a las ciencias experimentales; lo cual significa que este recurso pedagógico posibilita examinar la capacidad autorreflexiva de los interlocutores.

De acuerdo con lo anterior, se puede ratificar según Dapelo (2022) “el método se divide en dos fases: La refutación es una fase destructiva, donde el maestro cuestiona las creencias del alumno; mientras la mayéutica es la fase constructiva, en ella el docente ayuda al alumno a dar luz nuevos conocimientos” (p. 68). De lo anterior se deduce que la refutación desafía las creencias existentes del estudiante, preparando el terreno para el nuevo aprendizaje; mientras que la mayéutica guía al alumno hacia el descubrimiento de nuevos conocimientos a través de cuestionamientos y el diálogo constructivo. En otros términos, el método socrático se constituye en un instrumento valioso para la educación, ya que ayuda a los participantes a ser autocríticos, a establecer conclusiones individuales, a consensuar en la diversidad argumentativa y avalar la trascendencia de conocimientos emergentes.

Las apreciaciones anteriores se relacionan también con la argumentación crítica expuesta por Charles Taylor, en su producción escrita titulada "Las fuentes del yo", donde se prioriza entender como esta herramienta es esencial para el desarrollo de la identidad propia facilitadora en los estudiantes para la exploración de sus propias creencias o perspectivas. Según Collazos (2020) et al. “la pedagogía del pensamiento reflexivo-crítico enfatiza en el aprendizaje auténtico como la ruta para lograr pensadores críticos. Esta parte de un proceso: adaptación, asume objetivos, se involucra en actividad, interactúa con otros, vive una experiencia educativa real y autoreflexiona” (p. 10). En otras palabras, los estudiantes participan en la argumentación, deben ser capaces de comunicar sus ideas de manera clara y

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

concisa; también ser capaces de escuchar y responder asertivamente a los argumentos de los pares.

Con respecto al pensamiento crítico, este se asume como un proceso metacognitivo y complejo que permite al educando transitar en el conocimiento, develando elementos cognitivos y afectivos; lo cual facilitara su preparación para la toma de decisiones y solución de problemas. Además, se destaca que es importante empoderarlo en el pensamiento crítico desde sus primeras etapas de formación en el desarrollo de sus competencias con autonomía y autenticidad. Por otra parte, frente a los planteamientos teóricos considerados anteriormente quedan sentados los elementos categóricos que constituyen las etapas iniciales de esta revisión bibliográfica. De la misma manera, se establecieron los siguientes criterios metodológicos para la investigación: se asumió como alternativa la clasificación selectiva o búsqueda sistémica de fuentes bibliográficas, apoyadas en la lógica booleana y/o combinatoria de las palabras claves, estimándose la ecuación: (simulación OR simulación virtual OR simulación 3D) AND (diálogo socrático OR método socrático) AND (aprendizaje OR rendimiento académico) AND (física), en distintos buscadores y repositorios de revistas indexadas.

En este orden de ideas, acorde con los criterios establecidos por los investigadores de esta revisión, se dio prioridad a las fuentes comprendidas entre el periodo 2019 al 2023. Se obtuvo un total 29 estudios, se procedió a clasificarlos como sigue: 22 artículos científicos, 7 tesis de maestría, todos ellos consideradas fuentes primarias; de los cuales se seleccionaron aquellas directamente relacionadas al objeto estudio. Siguiendo la directriz anterior, se identificaron por orden de relevancia las más referenciadas. Posterior a este proceso, se organizó una matriz de consistencia, donde se sentaron criterios de relevancia en los estudios de las fuentes seleccionadas, las cuales después del filtro de selección correspondieron a Google académico.

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

Tipificando el análisis causal aplicado en la investigación, se partió de los criterios esbozados en la matriz de consistencia de esta revisión. En este balance bibliográfico, los elementos integrados a la matriz fueron: código o identificador, título, autor, año, resumen, objetivo, procedimiento metodológico, variables o categorías, método de recogida de datos, técnicas de análisis, citaciones y resultados obtenidos. Consecuentemente, se aportó para el sentido crítico del presente estudio elementos que se anexaron a la matriz como: ventajas, desventajas implicaciones prácticas e implicaciones de investigación y las limitaciones dadas para cada fuente. Como novedad tecnológica para procesar esta información se contó con el apoyo del aplicativo ChatPDF.

Con respecto a los resultados de otras investigaciones, se encontró aplicabilidad con el simulador virtual PhET; cuyas consideraciones actúan como un catalizador para el aprendizaje y las competencias correspondientes evaluadas en el contexto colombiano para las ciencias naturales como es: el uso del conocimiento para resolver problemas, explicación de fenómenos mediante modelos y argumentos válidos e indagación a través de procedimientos para hacer y responder interrogantes sobre el mundo natural, a través de las etapas de desarrollo del método científico. En cuanto a la interpretación concreta y práctica de un significado físico se percibe una forma discontinua en la comprensión de los fundamentos impartidos en el proceso de enseñanza de la asignatura. A esto se agregan otros factores que minimizan la calidad en el aprendizaje del estudiante, es de mencionar: la falta de motivación por atender las temáticas claves, las respuestas tácitas ante la interpretación de algo planteado, la conceptualización ambigua ante los cuestionamientos abiertos y un enfoque poco favorable al contexto del estudiante.

Dicho lo anterior, otro factor presente en la formación estudiantil es la ambigüedad semántica y sintáctica al momento de abordar y/o redactar un texto científico, se percibe falta de coherencia, claridad o conexión en el significado (semántica) y en la capacidad relatora. Dándole continuidad a esta serie de razonamientos críticos faltan estudios que articulen específicamente las simulaciones PhET, diálogo socrático y enseñanza de la física. Dado que la mayoría de las investigaciones exploran aisladamente sin dar sentido profundo de

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

interacción entre las categorías que figuran para el presente estudio. Análogamente se constataron pocos estudios de tipo experimental o cuasiexperimental donde se da el comparativo entre grupos control y experimentales en el uso de simulaciones PhET con el diálogo socrático. En síntesis, estas falencias pueden atenuarse, planteando alternativas en el ejercicio de la práctica pedagógica con guías orientadoras fundamentadas con actividades mediadas por el diálogo socrático y estrategias colaborativas favorecedoras de la retroalimentación en el acto educativo.

Por otra parte, los lineamientos curriculares para las Ciencias Naturales y Educación Ambiental establecidos por el Ministerio de Educación de Colombia (MEN), para propiciar conocimientos avanzados en el campo de las ciencias y las nuevas tecnologías en el estudiantado que busca fomentar la curiosidad intelectual, la indagación profunda en sus diversas áreas temáticas, la capacidad de cuestionarse y examinar críticamente ideas, contextualizar, vincular, analizar y condensar información. El MEN, argumenta “esta forma de pensamiento posibilita el acercamiento a la ciencia, la tecnología y la investigación, a la vez que promueve la creatividad, el espíritu investigativo y la apropiación tecnológica” (p. 92). Este enfoque ministerial pretende estimular su creatividad, la curiosidad y el espíritu investigativo, además de promover los conocimientos y apropiación tecnológica en el aprendizaje como herramienta útil para la vida cotidiana del ser humano.

Concatenado con lo anterior, tales lineamientos ministeriales fundamentan los referentes de calidad impartidos en los Estándares Básicos de Competencia (EBC). De acuerdo con el MEN, “un objetivo clave de la formación científica es afianzar en los estudiantes la capacidad de observar, examinar críticamente y cómo los hallazgos e ideas científicas han influido en el pensamiento, las emociones, la creatividad y la conducta de las personas” (p. 107). En esencia, el objetivo es que los estudiantes además de descubrir y adquirir conocimientos científicos también sean conscientes de cómo la ciencia ha dado forma y transformado la sociedad a lo largo del tiempo, reconociendo que las diferencias culturales determinan el nivel de aceptación de las nociones científicas, su aplicación y valoración.

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

Por otro lado, la Organisation for Economic Co-operation and Development (OCED), determina que las competencias científicas se definen según la Prueba Programme for International Student Assessment (PISA), como la capacidad para involucrarse con temas e ideas relacionados con la ciencia. Una persona competente en ciencias está dispuesta a participar en un discurso razonado sobre ciencia y tecnología, lo cual requiere: explicar fenómenos científicamente; evaluar y diseñar investigaciones científicas; e interpretar datos y evidencias en los mismos. Esto implica tener conocimiento de contenidos, procedimientos metodológicos y razonamientos que faciliten justificar sus afirmaciones. Por ejemplo, para explicar fenómenos se requiere conocimiento de contenidos científicos; para evaluar investigación e interpretar evidencia se necesita comprender cómo se establece dicho conocimiento y su grado de sustentación. Las personas alfabetizadas científicamente comprenden los conceptos fundamentales o ideas claves que sustentan el pensamiento científico y tecnológico, cómo se derivó ese conocimiento y su nivel de justificación como explicación teórica.

La anterior definición establecida por la OCDE entorno a las pruebas PISA, también reconoce que las actitudes o disposiciones hacia la ciencia pueden influir en el interés, compromiso y motivación para el actuar de los estudiantes. Por tanto, según la OCDE “la ciencia fue el componente principal evaluado en PISA 2006 y 2015, el marco desarrollado en 2015 continuó utilizándose en 2018 y 2022” (p. 85). En consecuencia, el informe rendido por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y presentado por Zoido (2023), muestra los resultados de las pruebas PISA 2022 donde se evidencian los persistentes retos en la calidad educativa de Colombia: En matemáticas el país obtuvo 413 puntos, ubicándose por debajo del promedio OCDE de 476 puntos, situándose en el puesto 64 entre 79 naciones. En lectura el panorama es similar, con 412 puntos versus el promedio OCDE de 492, Colombia se sitúa en la posición 65. Finalmente, en ciencias el puntaje fue de 413 puntos, contra 475 puntos como media de la OCDE, ocupando la casilla 64 entre 78.

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

Por consiguiente, una alternativa para minimizar esta brecha frente a los resultados anteriores, para ciencias, propone articular el acto educativo que brindan las tutorías a distancia, como lo destaca el documento "Multiplicar Aprendizajes: tutorías a distancia para potenciar la escuela". Entiéndase por tutoría en educación como método de enseñanza donde el tutor trabaja de manera personalizada para apoyar el aprendizaje del estudiante. Estás brindan instrucción individualizada y refuerzo adicional, centrándose en las necesidades de cada estudiante. Según Parker (2023) “la tutoría tiene un impacto significativo puesto que los actores en educación a nivel mundial han defendido las tutorías remotas para abordar las desigualdades de aprendizaje desde la pandemia y en postpandemia” (p. 5). En consonancia con el autor en mención se destacan cinco factores claves para ampliar estos programas: (1) Se requiere una teoría de cambio bien especificada, (2) Usar una estructura organizacional pertinente (3) Utilizar como método de instrucción el dialógico-experimental (4) Tomar decisiones basadas en datos y (5) Socializar para una implementación precisa del modelo.

En este apartado, se plantea un tópico de cómo puede abordarse desde la praxis pedagógica en las asignaturas de física y química articuladas por el diálogo socrático. Este enfoque promueve el pensamiento crítico, la indagación y la construcción colaborativa del conocimiento. A través de preguntas estructuradas y reflexivas, el docente guía a los estudiantes en la exploración de conceptos clave, como el movimiento pendular simple en física y los cambios de fase de la materia en química. Los modelos ilustrativos presentados a continuación ejemplifican cómo el diálogo socrático puede enriquecer la comprensión y aplicación de estos temas, fomentando un aprendizaje significativo y duradero.

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

Figura 1. Cuestionamientos modelos para el docente. Laboratorio virtual Física.

Nota. Tomado de Congreso Internacional de Investigación Educativa, Pedagogía y transferencia de conocimiento. Bogotá (2023). Figura elaborada por los autores.

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

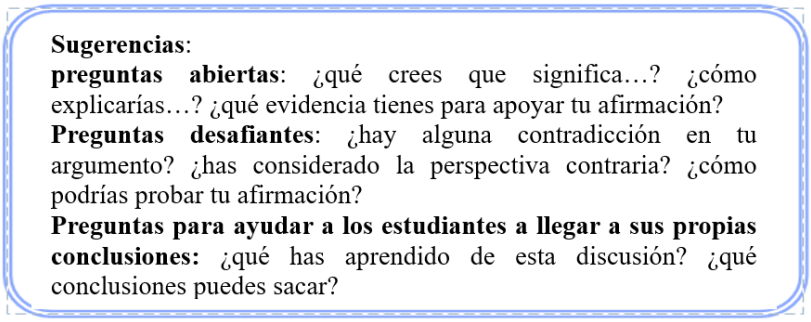
Figura 2. Cuestionamientos modelos para el docente. Laboratorio virtual Química.

Nota. Tomado de Congreso Internacional de Investigación Educativa, Pedagogía y transferencia de conocimiento. Bogotá (2023). Figura elaborada por los autores.

Para implementar este tipo de ejercicios con los ejemplos expuestos se sugiere orientar el proceso dialógico a partir de los siguientes cuestionamientos o sugerencias para el docente:

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

Figura 3. Sugerencias de los cuestionamientos para el docente.



Nota. Tomado de Congreso Internacional de Investigación Educativa, Pedagogía y transferencia de conocimiento. Bogotá (2023).

Por otra parte, considerando los estudios relacionados en la matriz de consistencia, a partir de la aplicabilidad de los resultados en los ejemplos ilustrativos anteriores, se puede determinar por regla general las ventajas coincidentes del presente estudio, dentro de las cuales se destacan: Evidencias en las mejoras del aprendizaje conceptual de los temarios en física cuando se utilizan simuladores PhET; en este sentido, se interpreta cómo la mayoría de los estudios se preocupan en esencia por mejorar el rigor conceptual, fundamento del soporte teórico y argumentativo en los estudiantes. Según Camelo (2020), "los estudiantes participaron motivados en las actividades planteadas, la estrategia de aprendizaje implementada mejoró notoriamente la enseñanza del movimiento parabólico, tornándola activa, participativa y suscitando el interés estudiantil" (p. 139). Dicho en otros términos, la implementación de una estrategia de aprendizaje innovadora genera un impacto positivo en la enseñanza del movimiento parabólico incentivando la participación y la motivación durante el proceso educativo.

De la misma manera Camelo, destaca que el simulador como herramienta didáctica para enseñar fenómenos físicos es efectivo, y percibe el entusiasmo en estudiantes al interactuar con nuevas tecnologías mediante el uso de freemware o software libre con fines didácticos y educativos. Asimismo, resalta el papel estratégico del docente para potenciar el aprendizaje a partir de las visualizaciones de los fenómenos físicos, los cuales favorecen la comprensión de los conceptos abstractos, siendo estos elementos claves o primordiales para

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

explicar una teoría o fenómeno en una realidad inmersiva con ayuda de un software aplicado a la virtualidad. Por ejemplo, el estudiante puede interpretar el comportamiento de las variables implicadas en una gráfica y deducir un modelo matemático sujeto a correlaciones numéricas.

De acuerdo con los resultados de Vegisari (2020):

> con un enfoque de andamiaje asistido por simulación PhET sobre refracción de la luz, el uso de representaciones múltiples en física puede ayudar a los estudiantes a superar dificultades para resolver problemas, como elegir y aplicar principios, utilizar fórmulas, intuir valores, cantidades físicas, interpretar gráficos y hacer cálculos (p. 10).

De lo anterior se puede inferir que las representaciones multiples: verbales, pictóricas, matemáticas y gráficas pueden contribuir al proceso cognitivo, limitar interpretaciones erróneas y ayudar a la comprensión del fenómeno estudiado. Estas habilidades pueden entrenarse en el proceso de aprendizaje con el uso de métodos y medios de apropiación de tal manera que dichas simulaciones permitan la inducción y dedución de las leyes que gobiernan el fenómeno estudiado confrontando con la teoría expuesta. Por tanto, las simulaciones motivan e incentivan el interés, la curiosidad, la participación activa, el pensamiento crítico e investigativo en los estudiantes, además les permiten visualizar y manipular conceptos abstractos de manera concreta, fortaleciendo sus interpretaciones físicas y promoviendo su aprendizaje significativo.

En este orden de ideas Widyastuti (2019), en su investigación del modelo de aprendizaje PDEODE (predecir, debatir, explicar, observar, discutir, explicar) con simulación PhET empleado desde la química el estudio sobre equilibrio de solubilidad funciona como enfoque de andamiaje que guía a los estudiantes a través del proceso de aprendizaje, promueve la participación activa y mejora la comprensión conceptual. De manera similar Collazos (2020), enfatiza en la importancia del aprendizaje auténtico y pensamiento reflexivo-crítico para formar estudiantes competentes. Desde esta mirada, las simulaciones PhET, articuladas con el diálogo socrático en actividades de andamiaje o los modelos PDEODE, representan oportunidades valiosas para que los estudiantes construyan

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

conocimientos, desarrollen habilidades científicas, argumenten perspectivas y autoreflexionen sobre sus maneras de aprender.

De acuerdo con el artículo, PDEODE es un modelo de aprendizaje que consta de las siguientes etapas: P: Los estudiantes formulan hipótesis o predicciones sobre un concepto o fenómeno específico, basándose en sus juicios a priori. D: Luego comparten y debaten sus predicciones en pequeños grupos, explicando sus razonamientos y escuchando las perspectivas de sus compañeros. E: Los representantes de cada grupo presentan las explicaciones producto de su discusión a toda la clase, justificando sus razonamientos y abriéndose a la retroalimentación del docente y otros grupos. O: Realizan experimentos, demostraciones o simulaciones relacionadas con el concepto o fenómeno estudiado, recopilando datos y evidencias que respalden o refuten sus predicciones iniciales. D: Cada equipo analiza los resultados obtenidos de la fase anterior, comparándolos con sus predicciones iniciales y discutiendo las posibles discrepancias o confirmaciones. E: Cada representante de grupo explica los resultados finales, vinculándolos con los hallazgos de la discusión inicial. Los grupos dan sus opiniones y los estudiantes revisan y refinan sus explicaciones a la luz de las nuevas evidencias.

Por otra parte Dasilva (2019) en su estudio determina la viabilidad, eficacia y efecto de la Pedagogía Específica de la Asignatura (SSP), este estudio se refiere a un enfoque pedagógico que utiliza un andamiaje asistido por simulaciones PhET sobre la refracción de la luz. Tal enfoque tiene como objetivo mejorar las habilidades de pensamiento crítico y el logro de destrezas en el proceso científico en jóvenes de secundaria. La SSP se basa en la premisa de que la enseñanza de la física debe adaptarse a las necesidades específicas de la asignatura y a las características de los estudiantes. En este sentido, las simulaciones pueden complementar o reemplazar experimentos en laboratorios tangibles de manera que dichas experiencias fomenten el desarrollo de habilidades del pensamiento y el carácter práctico del conocimiento.

Al respecto Iriarte (2022) señala “la utilización de laboratorios tanto reales como virtuales, brindan la posibilidad de integrar modos de visualizar el fenómeno, activando en

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

los estudiantes las competencias científicas y tecnológicas, acordes con las exigencias del contexto" (p.17). En este sentido, la experimentación real o tangible se refiere a las prácticas de laboratorio presenciales, donde los estudiantes manipulan equipos, instrumentos y materiales ascequibles para poner a prueba hipótesis, comprobar leyes físicas y hacer mediciones entre otros aspectos a estudiar. Para Astalini (2019) "las simulaciones PhET contienen modelos didácticos comprensibles que permiten complementar los experimentos reales o sustituir un laboratorio físico". En otras palabras, es una experimentación física con elementos concretos que pueden apoyarse con un software de simulación.

Entre las razones que sustentan los anteriores planteamientos se pueden considerar: 1) El trabajo práctico presencial permite adquirir destrezas con los equipos reales que no se logran de igual manera con las simulaciones. 2) Se pueden presentar limitaciones en las simulaciones que no reflejan totalmente todas las funcionalidades del software y/o comportamientos de los fenómenos del mundo real. 3) No se reemplaza la destreza motriz y la percepción sensorial directa de manipular instrumentos y elementos concretos. 4) La experiencia de trabajo en equipo y la interacción social directa entre estudiantes y docentes durante las prácticas de laboratorio presenciales son fundamentales para el desarrollo de habilidades de comunicación, colaboración y resolución de problemas en un entorno científico real.

Otro criterio a consideración en este estudio consecuente con el análisis de la matriz de consistencia tiene que ver con las desventajas y limitaciones que puedan darse o estar presentes en la praxis de la investigación. Dentro de estas cabe destacar: 1) Investigaciones señalan que se requiere acceso a equipos tecnológicos, aunque no se requiera conectividad para el uso efectivo de las simulaciones PhET. 2) Se puede evidenciar como otra desventaja, el no tener en cuenta la percepción y opinión de los estudiantes sobre el uso de estas. 3) Los simuladores no reemplazan completamente la experimentación real.

Con el propósito de minimizar las desventajas y limitaciones en mención, se requiere superar brechas digitales, latentes en la falta de capacitación de docentes frente al uso e incorporación de simulaciones en sus estrategias didácticas, establecidas previamente en el

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

currículo. Es indispensable incorporar una innovación educativa como la planteada en el presente estudio; esto implica corresponsabilidad por parte de los docentes en viabilizar nuevos enfoques de enseñanza, asumir un rol proactivo en el aula e implementar actividades de aprendizaje significativas y motivadoras; dado que muchos educadores tienen experticia en métodos tradicionales y les resulta todo un reto cambiar sus prácticas pedagógicas arraigadas en su zona de confort.

Otro aspecto en consonancia con lo anterior es la carencia de las competencias digitales familiarizadas con TIC en docentes, puesto que estos como orientadores del proceso educativo necesitan desarrollar o potenciar habilidades y destrezas que les permitan implementar el uso de simuladores de manera efectiva. Para superar las falencias anteriores, es recomendable potenciar procesos integrales en el crecimiento profesional de los docentes mediante talleres, asesorías en aula y trabajos colaborativos con otros pares experimentados en el uso de estas herramientas digitales. Ante lo expuesto no siempre resulta sencillo llevar a cabo estas iniciativas en todos los contextos.

Siguiendo el hilo conductor de lo planteado, otras de las caracterizaciones que figuran en la matriz de consistencia son las implicaciones prácticas que subyacen en este estudio, entre ellas sobresalen: 1) Los resultados evidencian que la incorporación de simuladores PhET, con el apoyo de estrategias como el diálogo socrático, permite mejorar el aprendizaje conceptual de tópicos claves. 2) Se requiere proveer de equipos informáticos con o sin la conectividad a internet, sobre todo, en escenarios escolares de zonas menos favorecidas. 3) Es necesario diseñar programas de capacitación docente, donde se fomente el uso práctico e innovación pedagógica a partir de simulaciones, de manera que estás posibiliten transformar positivamente los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Con las mejoras sugeridas se procura fomentar el pensamiento crítico, la motivación, el interés y la indagación científica, reemplazando las prácticas educativas tradicionales. Se recomienda además viabilizar estrategias didácticas activas como las técnicas grupales, el aula invertida, la gamificación, el aprendizaje por descubrimiento y colaborativo. Tales implicaciones prácticas se alinean a las políticas emanadas del Ministerio de Educación

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

Nacional a través de la ejecución de los lineamientos curriculares, planes de área, planes de asignatura, programas de mejoramiento educativos y políticas institucionales que fomenten la integración de simuladores digitales y estrategias didácticas para afianzar con eficiencia y efectividad el proceso de enseñanza aprendizaje.

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Los resultados de este estudio según Vegisari (2020) y Dasilva (2019) evidencian que la incorporación de simuladores PhET, combinados con estrategias didácticas como el diálogo socrático, permite mejorar el aprendizaje conceptual de temas abstractos de física. Por su parte, Widyastuti (2019) considera que estas herramientas interactivas facilitan la visualización y manipulación de conceptos complejos, promoviendo un aprendizaje más significativo y duradero. En estas circunstancias los autores citados demuestran que al momento de brindar una experiencia de aprendizaje más concreta y significativa, las simulaciones y el diálogo socrático facilitan la construcción de conocimientos sólidos y transferibles en el campo de la física.

Sumado a esto, de acuerdo con Camelo (2020) es importante destacar que la efectividad de las simulaciones PhET depende de su adecuada integración con estrategias didácticas activas que fomenten la motivación, la participación crítica y el trabajo experimental presencial de los estudiantes. Asimismo, Iriarte (2022) considera que las simulaciones no reemplazan por completo la experiencia de laboratorio real, ya que esta última permite desarrollar habilidades prácticas y destrezas motrices que no se pueden adquirir de igual manera en entornos virtuales. Estos argumentos sugieren que, si bien las simulaciones son valiosas herramientas educativas, su efectividad óptima se logra cuando se combinan con un enfoque pedagógico integral que incluya actividades experimentales tangibles y contextualizadas. En este orden de ideas, el rol docente es vital para orientar el aprendizaje activo y significativo, por tanto, requieren de capacitaciones sobre el uso óptimo de estas tecnologías en el acto educativo.

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

Otro aspecto relevante a discutir es la necesidad de un rediseño de las prácticas pedagógicas tradicionales para aprovechar al máximo el potencial de las simulaciones PhET y el diálogo socrático. Señala Collazos (2020) que esto implica superar las brechas tecnológicas, fortalecer las competencias digitales docentes y promover políticas educativas innovadoras que respalden la implementación sostenible de estas herramientas. Estos aspectos son fundamentales para garantizar que la integración de las simulaciones PhET y el diálogo socrático sea efectiva y perdurable en el tiempo, y que los docentes cuenten con el apoyo y los recursos necesarios para utilizarlas de manera óptima en su práctica educativa. Frente a esto, Astalini (2019) destaca que las simulaciones PhET facilitan la comprensión de conceptos y fenómenos de física de manera innovadora e interactiva, pero no reemplazan completamente la experimentación real necesaria para el desarrollo de habilidades prácticas con instrumentación real de laboratorio. En este sentido, una integración híbrida entre experiencias presenciales y virtuales potencian los aprendizajes.

En cuanto a las implicaciones pedagógicas, se sugiere la realización de investigaciones cuasiexperimentales que permitan obtener evidencias más sólidas sobre el efecto transformador de las simulaciones PhET y el diálogo socrático en el aprendizaje. Asimismo, se recomienda explorar su aplicabilidad en otros campos de las ciencias y en diferentes niveles educativos. Para estudios posteriores, estas investigaciones deben destacar los efectos diferenciados de las simulaciones PhET en subgrupos de estudiantes y la sostenibilidad didáctica de su implementación a mediano y largo plazo. De esta manera, se podrán establecer las condiciones necesarias para una integración exitosa y duradera de estas herramientas en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales.

Para finalizar, los resultados de este artículo de revisión descriptiva respaldan la hipótesis de que las simulaciones PhET, articuladas con el diálogo socrático, tienen un impacto positivo en el desarrollo de competencias científicas y argumentativas en física. Las evidencias presentadas demuestran que estas herramientas interactivas facilitan la comprensión de conceptos abstractos, promueven un aprendizaje más significativo y duradero, y fomentan la participación activa y crítica de los estudiantes. Sin embargo, es

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

importante destacar que la efectividad de las simulaciones PhET depende de su adecuada integración con estrategias didácticas activas y de la combinación con experiencias de laboratorio real. Además, se requiere un rediseño de las prácticas pedagógicas tradicionales, la superación de brechas tecnológicas y el fortalecimiento de las competencias digitales docentes para aprovechar al máximo el potencial de estas herramientas. No obstante, es necesario continuar investigando para comprender mejor los mecanismos subyacentes a su efectividad y las condiciones óptimas para su implementación en diversos contextos educativos.

CONCLUSIONES

A manera de conclusión se puede evidenciar en esta revisión descriptiva que las simulaciones pueden mejorar la enseñanza de la física, al facilitar la comprensión de tópicos abstractos, mediante la visualización y experimentación innovadoras e interactivas de los fenómenos. Frente a esto, Astalini (2019) sostiene que la efectividad depende de estrategias didácticas articuladas con el diálogo socrático que promueve la motivación, indagación, participación activa y crítica en los estudiantes. Asimismo, Widyastuti (2019) plantea que las herramientas interactivas facilitan la visualización y manipulación de conceptos complejos, promoviendo un aprendizaje activo y colaborativo; para ello se requiere un rediseño de las prácticas pedagógicas tradicionales del docente. En este contexto, las simulaciones aplicadas con secuencias didácticas y el apoyo del diálogo socrático resultan efectivas en la enseñanza de la asignatura.

En consonancia con lo anterior, Vegisari (2020) destaca que las representaciones visuales y gráficas con simuladores de enseñanza permiten una comprensión más intuitiva de conceptos abstractos de la física, al traducirlos en representaciones visuales e interactivas. Por ejemplo, fenómenos como la refracción de la luz, se pueden simplificar mediante rayos luminosos que el estudiante puede manipular y observar gráficamente su comportamiento en tiempo real, lo que facilitará la asociación entre el concepto teórico y su manifestación

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

práctica. Estas herramientas interactivas promoverán la visualización y manipulación de conceptos complejos y afianzando un aprendizaje duradero.

Del mismo modo, fenómenos como el movimiento de proyectiles, las ondas, los circuitos eléctricos o la transmisión de calor; se esquematizan y modelan para que el educando pueda simular situaciones, modificar variables y comprender la dinámica de estos procesos físicos. A partir de estas ejemplificaciones se constata que, con la aplicación de simuladores, los estudiantes pueden interactuar, formular hipótesis comprobadas empíricamente y construir modelos mentales más sólidos que perduren en su estructura cognitiva. En este sentido, tales ejemplificaciones viabilizan las metodologías y pedagogías pertinentes para la enseñanza de la física y adecuarlas a criterios evaluativos que permitan mejorar progresivamente procesos y resultados de las evaluaciones tanto internas como en otros escenarios. Es el caso de las pruebas Saber (nacionales) y las pruebas Pisa (internacionales), para ello es un imperativo fortalecer las competencias científicas y dialógica; estas viabilizan el uso comprensivo del conocimiento, indagación y explicación de fenómenos, todo ello articulado a los contenidos programáticos de la asignatura.

Con el apoyo en la efectividad de las metodologías y el ejercicio pedagógico que subyace en el apartado anterior, se requiere implementar acciones prontas frente a los resultados emanados por la OECD y el BID, en cuanto a las pruebas internacionales PISA 2022; destinadas a orientar y reducir el sesgo desfavorable presente en el nivel de la educación media en Colombia. Para ello sugieren las siguientes alternativas: 1) Aumentar la inversión en educación, en zonas rurales y de escasos recursos económicos. 2) Fortalecer la formación de los docentes en áreas evaluadas por PISA como lectura crítica, matemáticas, ciencias, además en nuevas tecnologías y metodologías emergentes. 3) Reforzar la resolución colaborativa de problemas y proyectos científicos en las escuelas, promoviendo el pensamiento crítico y las habilidades para aplicar conocimientos con el enfoque STEM. 5) Establecer alianzas entre el sector educativo, empresas y universidades para acercar las competencias evaluadas en PISA a las demandas del campo laboral y profesional.

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

Mediante el análisis crítico de los estudios revisados y las implicaciones pedagógicas discutidas en el artículo, se concluye que hay carencias de investigaciones que aborden la implementación conjunta de las simulaciones PhET y el diálogo socrático, como estrategia para favorecer el aprendizaje en una asignatura de naturaleza abstracta como es la física. En este contexto, el estudio tuvo como propósito abordar dicha brecha en la literatura científica y presentar hallazgos derivados de este enfoque que requieren más indagaciones cuasiexperimentales, con evidencias sólidas sobre el efecto transformador de las simulaciones PhET y el diálogo socrático en el aprendizaje experimental. Igualmente, se recomienda explorar su aplicabilidad en otros campos de las ciencias y en diferentes niveles educativos, considerando los efectos diferenciados en subgrupos de estudiantes y la sostenibilidad didáctica a mediano y largo plazo. En este sentido, los investigadores referenciados han aportado evidencias y consideraciones valiosas que respaldan la discusión, los resultados, las implicaciones pedagógicas y metodologías disertadas en la presente revisión descriptiva.

REFERENCIAS

Bárcenas, J. y Barrios J. (2023). El Diálogo Socrático en Simuladores de Enseñanza: Una Propuesta para la Mejora del Aprendizaje. *Congreso Internacional de Investigación Eudcativa, Pedagogía y Transferencia de Conocimiento.* Bogotá: Universidad Pedagógica Experimental Libertador, UPEL. Obtenido de https://upelbogotacongreso.wixsite.com/congreso-internacion/services-9

Camelo, T. (2020). *Incorporación del simulador PhET para fortalecer el aprendizaje significativo del movimiento parabólico en física del grado décimo.* (UDES, Ed.) Fusagasuga, Colombia: Universidad de Santander. Obtenido de https://repositorio.udes.edu.co/entities/publication/655c02ce-248f-448c-be99-a335a2679e51

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777

Chat PDF. (2023). Obtenido de https://www.chatpdf.com/

Collazos, M. H. (2020). El pensamiento crítico y las estrategias metodológicas para estudiantes de Educación Básica y Superior: una revisión sistemática. *Journal of Business and entrepreneurial studies*, 1-25. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7888015.pdf

Colombia Aprende, Red de conocimiento. (s.f.). *Ministerio de Educación Nacional, MEN*. Recuperado el 2023, de https://www.colombiaaprende.edu.co/recurso-coleccion/derechos-basicos-de-aprendizaje-en-todas-las-areas

Dapelo, L. (2022). El método socrático | Refutación y Mayéutica [Archivo de video]. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=kMrMmGJOznA

Dasilva, B. K. (2019). SSP Development with a Scaffolding Approach Assisted by PhET Simulation on Light Refraction to Improve Students' Critical Thinking Skills and Achievement of Science Process Skills. (I. P. Ltd, Ed.) *Journal of Physics: Conference Series, 1233*, 1-11. doi:10.1088/1742-6596/1233/1/012044

Iriarte, A. (2022). Estrategias didácticas basadas en laboratorios virtuales y presenciales en el aprendizaje de las leyes de Newton. *Assensus. Revista de Investigación educativa y pedagógica, 7*(12). Obtenido de https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/assensus/article/view/2944

Ministerio de Educación Nacional, MEN. (18 de diciembre de 2018). Recuperado el 2023, de https://www.mineducacion.gov.co/portal/micrositios-preescolar-basica-y-media/Direccion-de-Calidad/Referentes-de-Calidad/244735:Estandares-Basicos-de-Competencia

Ministerio de Educación Nacional, MEN. (2021). Recuperado el 2023, de https://www.mineducacion.gov.co/portal/micrositios-preescolar-basica-y-media/Direccion-de-Calidad/Referentes-de-Calidad/339975:Lineamientos-curriculares

Organisation for Economic Co-operation and Development (OCED). (2023). *The State of Learning and Equity in Education. Volumen I.* París: OECD. doi:https://doi.org/10.1787/53f23881-en

Parker, D. (2023). *Scaling Tutoring. Five Key Factors to Benefit More Students.* Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo (BID). doi:http://dx.doi.org/10.18235/0005111

PhET Colorado Interactive Simulations. (2023). Obtenido de https://phet.colorado.edu/es/

Vesigari, I. H. (2020). Modelo de instrucción conceptual interactivo asistido por simulaciones PhET sobre la mejora de representaciones múltiples de la física. (I. Publishing, Ed.) *Journal of Physics: Conference Series*, 1-12. doi:10.1088/1742-6596/144

Widyastuti, F. (2019). mplementation of PDEODE (Predict, Discuss, Explain, Observe, Discuss, Explain) Supported by PhET Simulation on Solubility quilibrium Material. (I. Publishing, Ed.) *Journal of Physics: Conference Serie*, 1-6. doi:10.1088/1742-6596/1155/1/012071

Zoido, P. A. (11 de 2023). *Multiplicar Aprendizajes. Tutorías a distancia para potenciar la escuela.* doi:http://dx.doi.org/10.18235/0005309

ISSN Impreso: 1316-7243
ISSN en línea: 2244-7490
Depósito Legal: pp 1999802TA777