Escenarios actuales en Ciencias Exactas y Naturales

Compilador: Diego Fernando Arias Mateus

Universidad Católica de Pereira
Vigilado Mineducación
Universidad Tecnológica de Pereira
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales
Universidad del Quindío

Compilador: Arias Mateus, Diego Fernando.
Escenarios actuales en ciencias exactas y naturales.
- - 1 a. ed. - - Colombia: Pereira.
ISBN: 978-958-8487-81-6 (Electrónico). 413 p.
1. Ciencias duras. 2. Educación. 3. Enseñanza. 4. Aprendizaje. 5. TICs. 6. ciencias exactas y naturales.
CDD 370. Educación - Catalogación en la publicación – Universidad Católica de Pereira.

Título: Escenarios actuales en ciencias exactas y naturales.

Cárdenas Montoya, Paulo César; Osorio Bolaños, María Alejandra; Franco Escudero, Emily Andrea; Vasquez Casallas, John Alexander; Jiménez García, Francy Nelly; Díaz, Carlos; Figueroa Flórez, Jaider Albeiro; Bucheli Chaves, Carlos Iván; Ospina Parra, Carlos Alberto; Parra Lara, Hernando; Correa Pérez, Érica; Borja Tamayo, Rubén Darío; Santiago Nieto, Yurlen; Bossio Vélez, José Luis; Santa Ramírez, Zaida Margot; Jaramillo López, Carlos Mario; Perea Montoya, Jesús Amado; Fernández Sánchez, Oscar; Castaño Uribe, Gabriel Jaime; Cruz Quintero, Jhone; Murcia Londoño, Euclides; Londoño Castañeda, Juan Sebastián; Cardona, Mateo; José, Chaves Tobar; Gutiérrez Gutiérrez, Alexander; Son Rojas, Mario Alberto; Meza Posada, José Alejandro; Esteban Duarte, Nubia; Guzmán Buendia, Eddy Mackniven; López Ramírez, María Ximena; Martínez Aragón, Aymara; Herrera Aparicio, Julián Andrés; Giraldo Zuluaga, Sandra Jimena; Giraldo Arbeláez, Jorge Eduardo; Osorio Zuluaga, Héctor Jairo; González Chica, Sandra Liliana; Buitrago García, Mauricio Antonio; Aristizábal Vargas, Diego Armando; Naranjo Zuluaga, Claudia Patricia; Ospina Quintero, Natalia; Lorduy Flórez, Danny José; Arango Ramírez, James Stevan; Galeano Flórez, Carlos Albeiro; Giraldo Montoya, Luisa Fernanda; Garzón Hernández, Andrea; Rodríguez Carmona, Mishelle; Osorio, Héctor; Murillo Montoya, Sergio Adrián; Meléndez Segura, Kelly Johana; Álvarez Rojas, Edward Andrés; Paladines Sarria, Lina Yisela; Cuéllar López, Zully; Cuesta Caicedo, Diana Maribel; Sánchez Medina, Iris Adriana; Cabrera Casas, Laura; López, Walter Ricardo; Giraldo Briceño, Daniel Esteban; Pineda Reyes, Henry; Mejía Salcedo, Jesús; Villalba Baza, Carlos; Carvajal Prada, Kare; Amador Rodríguez, Rafael Yecid; Ordoñez, John Edward; Sánchez, Carlos William; Viera Balanta, Victor; Alzate Arias, Fredy Alberto; Ospina Valencia, Laura; Osorio, Héctor; Cortes Soto, Mario; Salazar Buitrago, John Jairo.

ISBN: 978-958-8487-81-6 (Electrónico)
Primera edición
2020
Universidad Católica de Pereira
Rector: Pbro. Behitman Alberto Céspedes De los Ríos
Vicerrector Académico: José Nelson Londoño Pineda
Directora de Investigaciones e Innovación: María Luisa Nieto Taborda

GRÁFICAS BUDA, SAS.
Calle 15 No. 6-23 PBX: 335 72 35
Pereira – Risaralda - Colombia
Reservados todos los derechos
© Universidad Católica de Pereira, 2020
Carrera 21 No. 49-95 Pereira
Teléfono 606-312 40 00
ucp@ucp.edu.co www.ucp.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad Católica de Pereira, ni genera su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos contenidos en la obra, así como por la eventual información sensible publicada en ella. Pereira, Colombia

Diciembre de 2021

Prólogo

Inspirados en promover el mejoramiento de la calidad educativa en el contexto local, regional, nacional e internacional, los participantes del VI Encuentro Internacional de las "Ciencias Exactas y Naturales", presentaron diferentes alternativas pedagógicas que experimentaron en tiempo atrás, incluyendo la pandemia por COVID19.

Cabe resaltar, el esfuerzo, empeño y dedicación que manifestaron cada uno de los participantes en el desarrollo de su práctica pedagógica, la cual se encamino de forma directa a beneficiar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes.

Allí, y teniendo en cuenta que durante el tiempo de pandemia por COVID 19, tanto estudiantes como docentes se enfrentaron a un verdadero reto, el cual colocó en aprietos a todos los sistemas sociales del mundo incluyendo el educativo, lo que permitió entonces "emergiera la sabiduría del profe".

¡Tocó como dicen algunos, echar mano de lo que se tenía!, unos orientando sus clases usando cartillas, otros por medio de WhatsApp, Tiktok, YouTube y cuanta plataforma sabían usar, ¡como fuera, pero había que orientar las clases!

La puesta en marcha de un sinnúmero de estrategias para llegar a los estudiantes de los diferentes niveles de formación se puso en evidencia durante el tiempo que duro la pandemia, y los responsables de estas prácticas contaron su historia en este escenario.

Desde la enseñanza de las cuatro operaciones básicas hasta ir pasando por la enseñanza del algebra, la geometría, la física, la estadística y la química, se manifestó que el saber disciplinar llegó a los estudiantes en una medida proporcional, sin embargo, las bases pedagógicas aprendidas en muchas etapas de la vida académica y laboral por los profes, llevo a evocar en primera instancia a Ausubel con su aprendizaje significativo.

Recordar que para Ausubel (1963, p. 58), citado por Moreira y Rodríguez (1997), "el aprendizaje significativo es el mecanismo humano, por excelencia, para adquirir y almacenar la inmensa cantidad de ideas e informaciones representadas en cualquier campo de conocimiento" (p.2). Para lo que los participantes de este encuentro pusieron de manifiesto el uso de esta propuesta pedagógica en algunas sesiones de clases que se orientaron durante la pandemia, en algunos casos haciendo uso pedagógico de las TIC, como usando estrategias de material impreso, suministrando en cada caso elementos propios de la Innovacion educativa.

Como experiencia de este encuentro queda, que el maestro es el mayor impulsor y constructor del conocimiento en la sociedad, y que en aras de mejorar la enseñanza de las ciencias exactas y naturales se requiere de una mayor participación en este tipo de escenarios académicos.

Profesor
Euclides Murcia Londoño

Temática:

Enseñanza y aprendizaje de la matemática y la estadística

Estimación de medidas en el proceso de transformación de papel reciclado

Estimation of measures in the process of transforming recycled paper

Santiago Nieto, Yurlen[1] y Figueroa Flórez, Jaider[2]

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo contribuir en el fortalecimiento de procesos asociados al pensamiento métrico y los sistemas de medidas, a partir de la solución de situaciones de acción. Se centra, en el diseño de una estrategia que por medio de la transversalidad extienda el proceso educativo que se da en educación matemática, específicamente en cuatro de los procesos asociados al pensamiento métrico y los sistemas de medidas, en los estudiantes de grado 7º de la Institución Educativa

1 Universidad Nacional de Colombia – sede Manizales, Grupo de investigación EduCEN, ORCID ID 0000-0001-9278-0419. Contacto: yksantia@unal.edu.co.

2 Universidad Nacional de Colombia – sede Manizales, Grupo de investigación EduCEN, ORCID ID 0000-0002-7408-6017. Contacto: jafigueroaf@unal.edu.co.

Cámara Junior de la ciudad de Armenia, Quindío. Para ello, se considera la situación problemática actual en cuanto al desinterés y la poca importancia por el aprendizaje de las matemáticas y por la preservación del medio ambiente, a partir de resultados obtenidos en pruebas externas en cuanto al pensamiento métrico y sistemas de medias y el manejo de los residuos sólidos en nuestra comunidad. Se empleó enfoque cualitativo y alcance descriptivo – correlacional, que permite especificar las tendencias que se evidencian durante la ejecución de la estrategia didáctica planteada por medio de la producción escrita de los estudiantes. Teniendo en cuenta tres fases, diagnostica, formulación e implementación, evaluación y retroalimentación. En los resultados, se enfatiza el avance en los siguientes procesos asociados: La apreciación del rango de las magnitudes. La selección de unidades de medida, patrones y de instrumentos y procesos de medida. La estimación de medida de cantidades de distintas magnitudes y los aspectos del proceso de capturar lo continuo con lo discreto. El papel de trasfondo social de la medición.

Palabras clave: Pensamiento métrico, situación de acción, transversalidad, resolución de problemas, procesos cognitivos.

Abstract

This work aims to contribute to the strengthening of processes associated with metric thinking and action systems, based on the resolution of situations of action. It focuses, on the design of a strategy that through transversely extends the educational process that occurs in mathematical education, specifically in four of the processes associated with metric thinking and measures systems, in the 7th grade students of the Educational Institution Junior Chamber of the city of Armenia, Quindío. For this, the current problematic situation is considered in terms of disinterest and little importance for learning mathematics and preserving the environment, based on results obtained in external tests in terms of metric thinking and means systems and the management of solid waste in our community. Qualitative approach, descriptive – correlational scope, was used, which allows to specify the trends that are evidenced

during the execution of the didactic strategy proposed through the written production of students. Taking into account three phases, diagnostic, formulation and implementation, evaluation. In the results, progress is emphasized in the following associated processes: Appreciation of the range of magnitudes. The selection of units of measure, patterns and instruments and measurement processes. The estimation of measurement of quantities of different magnitudes and the aspects of the process of capturing the continuous with the discrete. The social background role of measurement.

Keywords: Metric thinking, action situation, transversally, problem solving, cognitive processes.

I. INTRODUCCIÓN

La estimación de medida es didácticamente interesante, porque incorpora una nueva forma de hacer matemáticas, relacionada en el uso de estrategias personales de interpretación y valoración de resultados que están presentes en la cotidianidad o en situaciones realizadas para ello [1]. De este modo, el trabajo en las aulas de la estimación de medida permite que el conocimiento matemático relacionado con la medida adquiera sentido. Con ello, los estudiantes podrán comprender parte de la realidad que los rodea y criticarla. [1]

Por lo anterior, el propósito de esta propuesta se inclina por afianzar conocimientos matemáticos por medio del reciclaje de papel y su transformación, ya que permite aportar a la preservación del medio ambiente y, al mismo tiempo, mejorar la calidad de vida de la comunidad. Integrando el entorno y las situaciones cotidianas con los conceptos matemáticos se demuestra a los estudiantes la importancia de su aprendizaje y lo fácil que puede ser la comprensión de los mismos. Donde pase de ser un oyente a un actor crítico y generador de cambios dentro de su comunidad. Además, esta transversalidad brinda pautas que permiten optimizar la metodología y la evaluación en la acción educativa.

Se hace necesario, entonces, diseñar una estrategia de transformación del papel reciclado, que permita generar aprendizajes significativos en los procesos de medición y conversión, incluidos en el pensamiento métrico y los sistemas de medidas y sus procesos asociados como:

- La selección de unidades de medida, patrones y de instrumentos y procesos de medición.
- La apreciación del rango de las magnitudes.
- La estimación de medida de cantidades de distintas magnitudes y los aspectos del proceso de capturar lo continuo con lo discreto.
- El papel de trasfondo social de la medición. [2], [3]

A partir de "los cinco procesos generales de la actividad matemática:

- Formulación, tratamiento y resolución de problemas
- Modelación
- Comunicación
- Razonamiento
- Formulación, comparación y ejercitación de procedimientos." [3]

Los estándares para grado séptimo referentes a:

- Resuelvo y formulo problemas en contextos de medidas relativas y de variaciones en las medidas.
- Utilizo números racionales, en sus distintas expresiones (fracciones, razones, decimales o porcentajes) para resolver problemas en contextos de medida. (…)
- Formulo y resuelvo problemas en situaciones aditivas y multiplicativas, en diferentes contextos y dominios numéricos.
- Justifico la pertinencia de un cálculo exacto o aproximado en la solución de un problema y lo razonable o no de las respuestas obtenidas.
- Justifico la elección de métodos e instrumentos de cálculo en la resolución de problemas.
- Utilizo técnicas y herramientas para la construcción de fi guras planas y cuerpos con medidas dadas.
- Resuelvo y formulo problemas que involucren factores escalares (diseño de maquetas, mapas).
- Identifico relaciones entre distintas unidades utilizadas para medir cantidades de la misma magnitud.
- Resuelvo y formulo problemas que requieren técnicas de estimación.
- Describo y represento situaciones de variación relacionando diferentes representaciones (diagramas, expresiones verbales generalizadas y tablas).
- Reconozco el conjunto de valores de cada una de las cantidades variables ligadas entre sí en situaciones concretas de cambio (variación). [3]

Y los Derechos Básicos de Aprendizaje V.2 grado 7º:

1. Comprende y resuelve problemas, que involucran los números racionales con las operaciones (suma, resta, multiplicación, división, potenciación, radicación) en contextos escolares y extraescolares.
2. Describe y utiliza diferentes algoritmos, convencionales y no convencionales, al realizar operaciones entre números racionales en sus diferentes representaciones (fracciones y decimales) y los emplea con sentido en la solución de problemas.
3. Utiliza diferentes relaciones, operaciones y representaciones en los números racionales para argumentar y solucionar problemas en los que aparecen cantidades desconocidas.
4. Utiliza escalas apropiadas para representar e interpretar planos, mapas y maquetas con diferentes unidades.
6. Representa en el plano cartesiano la variación de magnitudes (áreas y perímetro) y con base en la variación explica el comportamiento de situaciones y fenómenos de la vida diaria.
7. Plantea y resuelve ecuaciones, las describe verbalmente y representa situaciones de variación de manera numérica, simbólica o gráfica. [3]

Se han tomado documentos con temáticas relacionadas con la enseñanza de la medición, estimación de medida, reciclaje, reutilización de residuos sólidos y fabricación del papel.

Donde se aborda el pensamiento métrico y los sistemas de medidas desde el conocimiento didáctico del docente en cuanto a la estimación de medida, haciendo énfasis en la importancia del uso de material concreto, así como de diferentes herramientas de aprendizaje, a partir de las cuales se puedan construir los conceptos relacionados con la medición y fomentar el uso de instrumentos de precisión. También, motivar a los estudiantes en el trabajo colaborativo, mejorar su autoestima frente al área de matemáticas y establecer aprendizajes significativos al aplicar situaciones problema tomadas de su entorno, incorporando el lenguaje matemático y realizando cálculos sobre referentes concretos permitiendo relacionar la teoría con la práctica.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

A. Metodología

La clase de investigación a realizar es aplicada – fundamental, ya que con ella se busca consolidar la comprensión de los conceptos incluidos en el pensamiento métrico y los sistemas de medidas, aplicándolos en la solución de situaciones del entorno, para generar aprendizajes significativos en los estudiantes de grado séptimo de la Institución Educativa Cámara Junior de la ciudad de Armenia - Quindío.

Se emplea un enfoque cualitativo, ya que la variable de estudio está vinculada con los procesos asociados al pensamiento métrico y los sistemas de medidas.

El alcance será descriptivo – correlacional, que permite especificar las tendencias que se evidencian durante la ejecución de la estrategia didáctica planteada. Se pretende por medio de la producción escrita de los estudiantes describir los avances y dificultades que ellos van teniendo a lo largo de la implementación del trabajo en los procesos asociados. Al tiempo que, se establece la relación entre las variables y se evalúa el impacto de la estrategia didáctica.

B. Instrumentos

1) Taller diagnóstico

Consiste en un cuestionario elaborado en la herramienta digital Forms de la Plataforma Office 365 y compuesto por diez preguntas, donde dos de ellas (pregunta 9, 7) corresponden al proceso de apreciación del rango de las magnitudes, tres (pregunta 4, 8, 10) corresponden al proceso de selección de unidades de medida, patrones y de instrumentos y procesos de medición, dos (pregunta 2, 5) corresponden al proceso de estimación de medida de cantidades de distintas magnitudes y los aspectos del proceso de capturar lo continuo con lo discreto y tres (pregunta 1, 3, 6) corresponden

al proceso el papel de trasfondo de la medición. Con este taller se va a medir el nivel de conocimiento en que se encuentran los estudiantes alrededor de las temáticas y a evaluar sus conocimientos previos respecto a los procesos mencionados. Así identificar falencias o dificultades para dar el enfoque a los talleres de intervención.

2) Talleres de intervención

Diseño de la estrategia didáctica integrando la vida cotidiana y la vida escolar con los procesos de medición y transformación del papel reciclado mediante el trabajo colaborativo.

Consiste en una serie de talleres, cada uno enfocado en uno de los procesos asociados al pensamiento métrico y los sistemas de medida, en cuanto a la selección de unidades de medida, patrones y de instrumentos y procesos de medición, la apreciación del rango de las magnitudes, la estimación de medida de cantidades de distintas magnitudes y los aspectos del proceso de capturar lo continuo con lo discreto y el papel de trasfondo social de la medición. Esto, de forma práctica, durante las etapas de transformación de papel.

- Proceso 1 - La Apreciación del Rango de las Magnitudes - Actividad No. 2. Se tiene en cuenta si el estudiante tiene la capacidad de determinar magnitudes, unidades e instrumentos para dar solución a situaciones problema. Por medio de la etapa 1 (recolección – campaña de reciclaje, pesado, clasificación y picado del papel), etapa 2 (mezclado y remojo) y etapa 7 (secado y medición de sólidos y figuras geométricas).

- Proceso 2 - La Selección de Unidades de Medida, Patrones y de Instrumentos y Procesos de Medición - Actividad No. 3. Se tiene en cuenta si el estudiante tiene la capacidad de conocer, utilizar y aplicar instrumentos, sistemas y unidades de medida. Por medio de la etapa 1 (recolección – campaña de reciclaje, pesado, clasificación y picado

del papel), etapa 2 (mezclado y remojo), etapa 4 (secado y desmolde de la hoja) y etapa 5 (mezclado - colbón y amasado).

- Proceso 3 - La Estimación de Medida de Cantidades y los Aspectos del Proceso de Capturar lo Continuo con lo Discreto - Actividad No. 4. Se tiene en cuenta si el estudiante tiene la capacidad de establecer cantidades de magnitud utilizando un referente. Por medio de la etapa 3 (licuado, aplicación de colbón, bastidor – elaboración hoja) y etapa 4 (secado y desmolde de la hoja).

- Proceso 4 - El Papel de Trasfondo social de la medición - Actividad No. 5. Se tiene en cuenta si el estudiante tiene la capacidad de analizar y definir las magnitudes dependiendo de las necesidades dadas. Por medio de la etapa 3 (licuado, aplicación de colbón, bastidor – elaboración hoja), etapa 4 (secado y desmolde de la hoja), etapa 6 (construcción sólidos y figuras geométricas) y etapa 7 (secado y medición de sólidos y figuras geométricas).

Con la aplicación de estos talleres se va a medir el nivel de avance de los estudiantes y a evaluar sus conocimientos aprehendidos respecto a estos procesos y subprocesos asociados al pensamiento métrico y los sistemas de medidas.

3) Taller final

Consiste en un cuestionario tipo SABER compuesto por diez preguntas, donde se evaluará al estudiante entorno a los cuatro procesos asociados al pensamiento métrico y los sistemas de medida en estudio, y al proceso de elaboración de papel a partir de papel reciclado.

Con este taller se va a medir el nivel de apropiación de los estudiantes frente a los conceptos y procesos vistos después de haber aplicado los talleres de intervención. Así identificar ventajas y desventajas de los mismos.

C. Fuentes de información

- Comunicación entre el docente y los estudiantes
- Comunicación entre los estudiantes – socializaciones
- Producción escrita de los estudiantes

D. Resultados

1) Resultados del Taller Diagnóstico

Se analizaron los resultados de manera general, teniendo en cuenta los cuatro procesos relacionados.

Se puede concluir que los estudiantes reconocen dos dimensiones de una figura (ancho y largo), un instrumento óptimo para medirlas (metro), además, utilizan cálculos matemáticos (suma y multiplicación) para hallar perímetro y área. Pero también, muestra que algunos estudiantes no logran asociar el tema con situaciones de la vida cotidiana como la presentada y por lo tanto no dan solución a la misma, o relacionan elementos que no corresponden a lo planteado.

2) Resultados de los Talleres de intervención

Se analizaron los resultados teniendo en cuenta los avances de los estudiantes en los siguientes subprocesos (subvariables) asociados a los procesos (variables).

La apreciación del rango de las magnitudes:

Se evidencia que los estudiantes tienen habilidad para hacer estimación del rango en que se halla una magnitud, dando soluciones a situaciones problema planteadas, partiendo de la identificación de las cualidades a ser medidas en diferentes objetos, relacionando patrones de medida y asignando un valor numérico.

1. Capacidad de analizar situaciones problema:

Se evidenció que los estudiantes analizan la situación problema planteada, identificando características e instrumentos de medida. A partir de la comparación de objetos a ser medidos y de instrumentos a utilizar como la balanza de resorte.

El 84,62% de los estudiantes responde que no utilizarían la balanza de resorte. Ellos comparan objetos e instrumentos de medida destacando cualidades como peso, tamaño y capacidad. Identifican cuál instrumento sería el más apropiado para medir un objeto dado. Además, el 36,36% de estos, propone otros instrumentos como la báscula para medir, objetos más grandes y pesados.

Estudiante 2: "No, es muy pequeña y no aguantaría el peso, toca es una báscula que está diseñada para más peso".

2. Determinar las magnitudes que intervienen en una situación problema:

Se evidenció que los estudiantes tienen la capacidad de identificar la propiedad que se va a medir en un cuerpo según la situación dada, aunque se les dificulta identificar varias magnitudes relacionadas en una situación problema.

El 15,38% de los estudiantes identifican únicamente la magnitud tiempo, siendo esta, una de las magnitudes relacionadas dentro de la situación planteada.

Estudiante 10: "Las magnitudes del tiempo ya que no entra el peso en esta circunstancia".

3. Identificar el tipo de unidades más apropiadas para realizar la medición de magnitudes en una situación problema:

Se evidenció que, aunque los estudiantes relacionan un patrón de medida, tienen dificultad para vincular unidades de medida con su magnitud correspondiente en situaciones problema. Se podría decir que, no identifican los datos base que se dan en la situación planteada y por lo tanto no logran relacionarlos y generalizar al momento de dar solución.

El 30,77% de los estudiantes relaciona la unidad de medida dada (ml) con la capacidad de un cuerpo (empaque del producto).

Estudiante 2: "Se está midiendo el contenido de por dentro".

4. Establecer (estimación perceptual) el intervalo de valores (rango) en que se halla la magnitud involucrada en una situación problema:

Se evidenció que los estudiantes relacionan instrumentos de medición apropiados para establecer el rango de la magnitud involucrada y asignar un valor numérico.

El 38,46% de los estudiantes relacionan la regla como mejor instrumento para medir, relacionando características de dicho instrumento y del objeto a medir.

Estudiante 8: "La regla, porque es muy pequeña y también las baldosas".

La selección de unidades, patrones y de instrumentos y procesos de medición:

Se evidencia que los estudiantes tienen habilidad para usar las unidades de medida e instrumentos apropiados en cada situación planteada, reconociendo propiedades a ser medidas en los objetos involucrados y elaborando procesos matemáticos para dar soluciones numéricas.

1. Comprensión de los atributos de la medida (tamaño):

Se evidenció que los estudiantes identifican atributos de la medida en una situación problema, referentes a magnitudes de peso y tiempo, reconociendo así las características que diferencian un objeto de otro al momento de ser medido.

El 76,92% de los estudiantes argumenta que, si se tiene la misma cantidad, el cambio de la forma (tamaño del papel) no altera su peso.

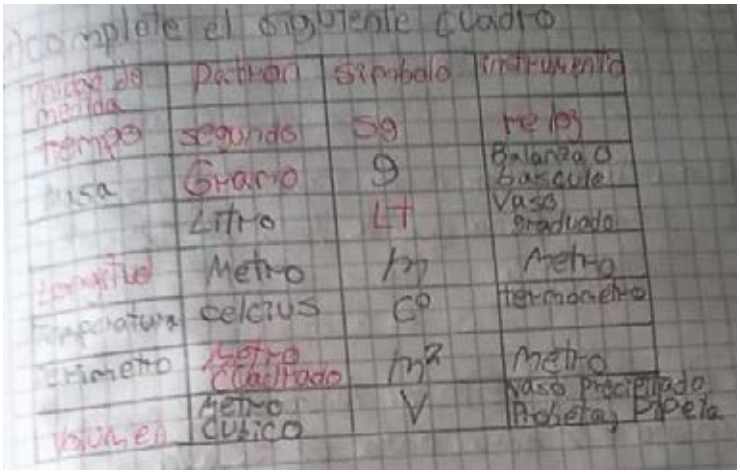
Estudiante 2: "Sí, porque no se altera ni disminuye el papel solo, alteró la forma del papel".

2. Identificación de lo abstracto (unidades de medida) y lo concreto (patrones de medida) en situaciones problema:

Se evidenció que los estudiantes tienen dificultad al momento de identificar algunas unidades de medida y relacionarlas con su patrón e instrumento de medida correspondiente.

El 30,77% de los estudiantes completan gran parte de los espacios del cuadro relacionando unidades de medida con su patrón e instrumento (Figura 1).

Figura 1: Respuesta actividad 3, subproceso 2, pregunta 1



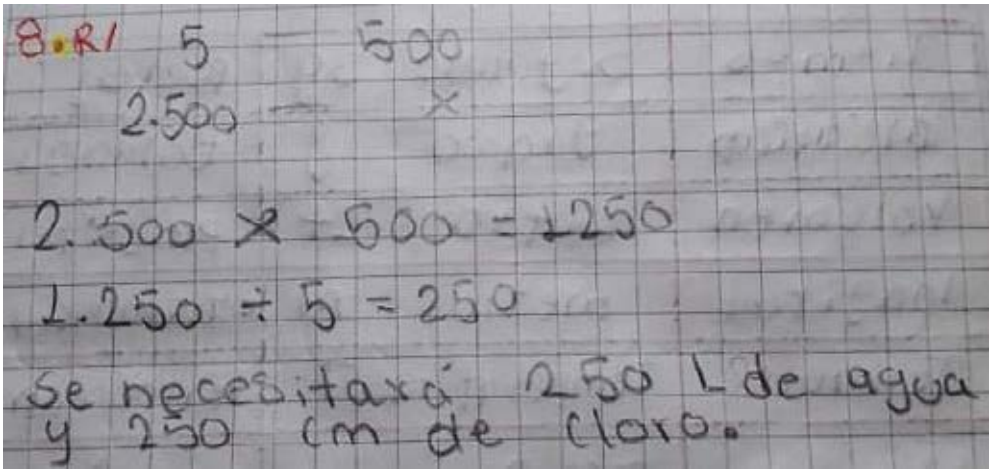
Fuente: Estudiante de grado 7.

3. Aplicación de procesos directos (utilización de instrumentos) e indirectos (calculo) en situaciones problema:

Se evidenció que los estudiantes tienen dificultad para realizar cálculos donde se requiere realizar equivalencias entre unidades de medida y procesos de conversión y llegar a un resultado más exacto.

El 100% de los estudiantes da solución incorrecta a las situaciones problema planteadas, se observa que, existe confusión para realizar procesos de conversión entre las unidades de medida relacionadas (gr, kg, lt, cm^3, cm, mm), igualmente en reconocer su equivalencia (Figura 2).

Figura 2. Respuesta actividad 3, subproceso 3, pregunta 2



Fuente: Estudiante de grado 7.

La estimación de medida de cantidades de distintas magnitudes y los aspectos del proceso de capturar lo continuo con lo discreto:

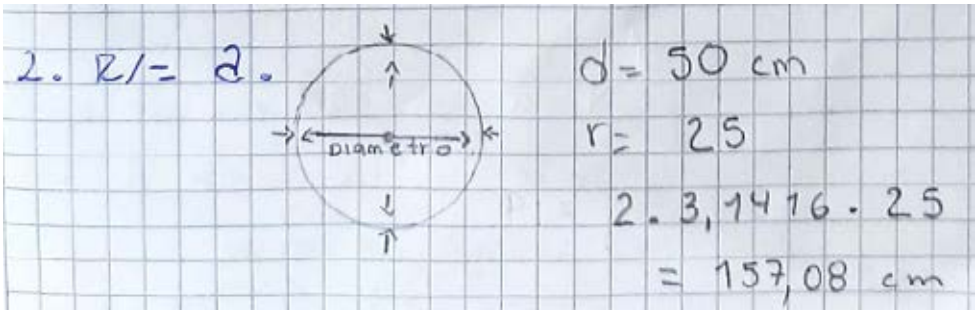
Se evidencia que los estudiantes tienen capacidad para reconocer los atributos a ser medidos en un objeto, aunque se les dificulta en algunas situaciones planteadas establecer el tamaño de las unidades.

1. Aplicación de conceptos de medida y conteo (unidad)

Se evidencio que los estudiantes aplican conceptos y procesos matemáticos relacionados en situaciones problema.

Dentro del 38,46% de los estudiantes que realiza un proceso para hallar el perímetro de un circulo, el 60% utiliza la fórmula matemática (Figura 3).

Figura 3. Respuesta actividad 4, subproceso 1, pregunta 2a



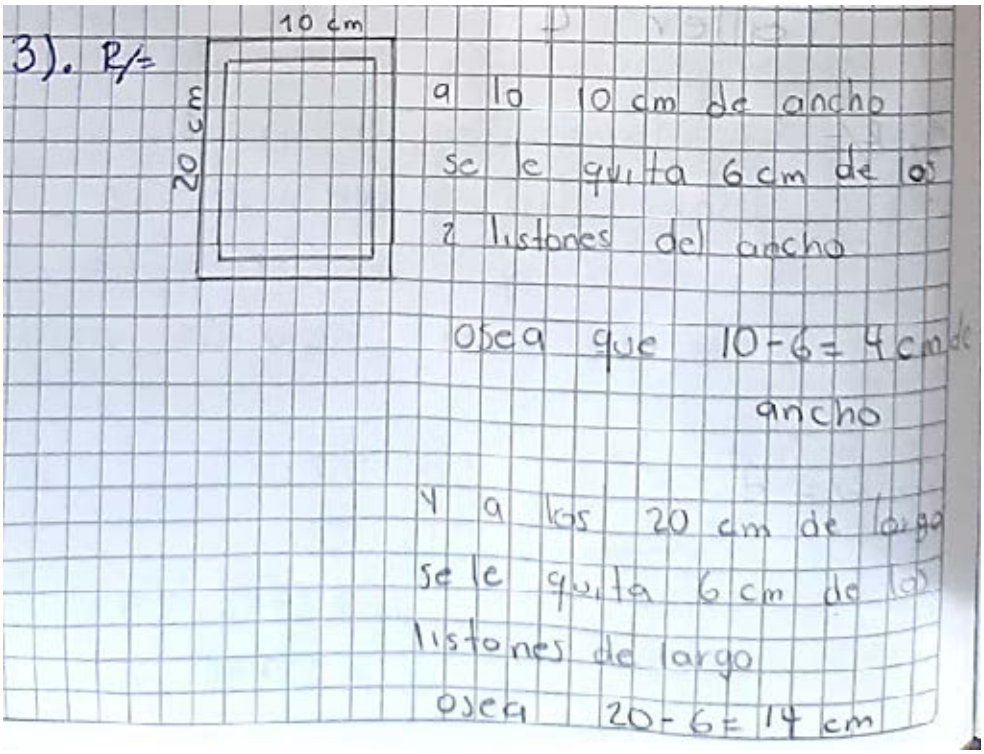
Fuente: Estudiante de grado 7.

2. Identificación de variables discretas y continuas (magnitudes)

Se evidenció que los estudiantes identifican magnitudes discretas y continuas en situaciones problema.

Dentro del 46,15% de los estudiantes que argumenta que las magnitudes no son continuas, el 50% realiza esquema con los datos dados en la situación planteada y procesos matemáticos para hallar medidas de ancho y largo de un objeto (bastidor) (Figura 4).

Figura 4. Respuesta actividad 4, subproceso 2, pregunta 3



Fuente: Estudiante de grado 7.

3. Estimación y construcción de la magnitud (referente, aproximación)

Se evidenció que los estudiantes tienen la capacidad de estimar una medida (tiempo, peso) a partir de un referente (objeto).

El 53,85% de los estudiantes calcula un aproximado al tiempo que se invirtió en el proceso de la elaboración del papel

Estudiante 7: "1 día, 24 horas por el medio día lo proceso, lo mide y lo otro medio día se procesa".

4. Asignación numérica (grado de precisión e instrumento de medida)

Se evidenció que los estudiantes realizan asignación numérica a partir de un referente, pero no tienen en cuenta el grado de precisión que le podría dar el uso de la geometría.

El 7,69% de los estudiantes describe un proceso matemático cercano (construcción) parar hallar las medidas de un rectángulo inscrito en una circunferencia.

Estudiante 5: "para que entre preciso en la cubeta de 50 cm cada lado de la longitud debe ser 36,5 cm, a lo que le sobra a la cubeta de 50 cm entrando en el bastidor de a 32 cm queda 18 cm se divide en 4 se agrega a los lados".

El trasfondo social de la medición:

Se evidencia que los estudiantes tienen capacidad para reconocer las medidas específicas o generales dependiendo de las necesidades.

1. Identificar el tipo de unidades más apropiadas para realizar la medición de magnitudes en una situación problema (interacción social, referencia, cultura).

Se evidenció que los estudiantes tienen dificultad para identificar magnitudes necesarias para dar solución a una situación de la vida cotidiana.

El 15,38% de los estudiantes relaciona magnitudes generales que se podrían necesitar al momento de construir una mesa y una silla.

Estudiante 4: "Depende el espacio, el lugar y las medidas en donde nos vamos a hacer".

2. Establecer (estimación perceptual) el intervalo de valores (rango) en que se halla la magnitud involucrada en una situación problema.

Se evidenció que los estudiantes tienen dificultad para establecer el rango en que se halla la magnitud requerida en la situación cotidiana dada.

Se observa confusión en la identificación de los datos base, dados en la situación problema, a ser utilizados en el proceso para hallar la solución del mismo.

El 7,69% de los estudiantes relaciona un porcentaje equivalente a la respuesta de la situación cotidiana planteada.

Estudiante 1: "El 20% porque en mi casa consumimos mucho papel".

3. Estimación y construcción de la magnitud (referente, aproximación).

Se evidenció que los estudiantes estiman una magnitud a partir de un referente o de las características de un objeto.

El 7,69% de los estudiantes que propone un precio, hacen énfasis en el peso del cuaderno como determinante, teniendo en cuenta los datos dados en la situación problema.

Estudiante 7: "Yo cobraría $7.000 porque el peso es de igual manera".

4. Asignación numérica (grado de precisión e instrumento de medida).

Se evidenció que los estudiantes realizan asignación numérica aplicando equivalencias entre unidades de medida, además realizan procesos de conversión.

Dentro del 53,85% de los estudiantes que propone una solución a la situación cotidiana planteada, el 57,14% realiza operaciones matemáticas entre las cantidades de un producto dadas en porcentaje, aunque se presentan confusiones en el proceso operacional de las cantidades decimales.

Estudiante 1: "Lo mínimo le faltaría 5,20% y al máximo le faltaría 2,15%".

3) Resultados en el Taller Final

Se analizaron los resultados teniendo en cuenta los avances de los estudiantes en los siguientes subprocesos (subvariables) asociados a los procesos (variables).

Tabla 1. Porcentaje avances estudiantes

PORCENTAJE DE ESTUDIANTES QUE AVANZARON EN LOS PROCESOS Y SUBPROCESOS RELACIONADOS	
PROCESO 1: La apreciación del rango de las magnitudes	
Subproceso 1	84,62
Subproceso 2	38,46
Subproceso 3	30,77
Subproceso 4	92,31
PROCESO 2: La selección de unidades, patrones y de instrumentos y procesos de medición	
Subproceso 1	76,92
Subproceso 2	30,77
Subproceso 3	15,38
PROCESO 3: La estimación de medida de cantidades de distintas magnitudes y los aspectos del proceso de capturar lo continuo con lo discreto	
Subproceso 1	38,46
Subproceso 2	46,15
Subproceso 3	53,85
Subproceso 4	38,46
PROCESO 4: El trasfondo social de la medición	
Subproceso 1	15,38
Subproceso 2	53,85
Subproceso 3	30,77
Subproceso 4	30,77

Fuente: Elaboración propia.

III. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo de grado se cumplió, ya que, de acuerdo con los resultados obtenidos en cada una de las actividades de aprendizaje aplicadas referentes a los cuatros procesos asociados al pensamiento métrico y los sistemas de medidas seleccionados, los estudiantes evidenciaron avances dando solución a situaciones de acción en el ámbito del reciclaje.

Comparando los resultados obtenidos en el taller diagnóstico con los del taller final, se observa que los estudiantes avanzan en la comprensión en procesos de estimación de medida y el trasfondo social de la medición, logrando asociar las temáticas trabajadas con situaciones cotidianas y proponiendo soluciones adecuadas a las mismas utilizando magnitudes de tiempo, peso y longitud.

De acuerdo al taller final, más del 50% de los estudiantes identifica unidades y patrones de medida en situaciones problema, utilizan instrumentos y realizan cálculos correspondientes relacionando equivalencias y teniendo en cuenta los atributos de la medida. El 67% de los estudiantes analiza y determinan las magnitudes que intervienen en una situación problema. El 50% de los estudiantes realiza estimación y construcción de la magnitud a partir de un referente, y su asignación numérica. Algunos estudiantes manifiestan tener dificultad al momento de hacer conversión de unidades y establecer el intervalo de valores en que se halla la magnitud involucrada en una situación dada.

El uso de la metodología cualitativa descriptiva y la elaboración de los talleres teniendo en cuenta los procesos asociados al pensamiento métrico y los sistemas de medidas, y la solución de situaciones de acción en el ámbito del reciclaje, ayudó a que el estudiante desarrollara habilidades y fortaleciera estos pensamientos. Además de identificar con más claridad los subprocesos donde tiene mayor dificultad.

Abordar estos procesos desde una situación problema del entorno como lo es la reutilización del papel, ayudó a que el estudiante relacionara lo abstracto (matemáticas) con lo concreto (situación del entorno), de

esta forma se generó aprendizaje significativo en la conceptualización de los procesos de medición y conversión correspondientes al pensamiento métrico y sistemas de medidas.

El uso de un video donde se lleva a cabo el proceso de elaboración del papel y al tiempo se van desarrollando los talleres propuestos, dificulta el hacer profundidad en las temáticas abordadas, ya que los tiempos en esta época de virtualidad son diferentes, además cohíbe a los estudiantes a preguntar y a poder evidenciar acierto y error con la práctica directa.

Permitió contextualizar la matemática, replantear las metodologías utilizadas y hacer uso de la tecnología en la enseñanza del pensamiento métrico y los sistemas de medidas.

Muestra al estudiante la importancia de razonar y argumentar, así como de realizar cálculos en el quehacer diario.

REFERENCIAS

[1] Pizarro, R. N. (2015). Estimación de medida: el conocimiento didáctico del contenido de los maestros de primaria *[Tesis doctoral, Universitàt Autònoma de Barcelona].* https://www.tdx.cat/handle/10803/309285#page=1

[2] Ministerio de Educación Nacional (1998). *Lineamientos curriculares de Matemáticas.* https://www.mineducacion.gov.co/portal/micrositios-preescolar-basica-y-media/Direccion-de-Calidad/Referentes-de-Calidad/339975:Lineamientos-curriculares.

[3] Ministerio de Educación Nacional (2006). Estándares Básicos de Competencias en Matemáticas. Potenciar el pensamiento matemático: ¡Un reto escolar¡ En Ministerio de Educación nacional (Ed.), *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden* (pp. 46-95). Imprenta Nacional de Colombia. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf.

[4] Álvarez, Z. V. y Salazar, C. Y. (2017). La construcción del concepto de magnitud de longitud y su medida. Análisis de una experiencia de aula con estudiantes de grado 6° [Tesis de maestría, Universidad ICESI]. Repositorio ICESI. https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/handle/10906/82423

[5] Gutiérrez, D. (2009, 5 de enero). El taller como estrategia didáctica. Razón y Palabra, Nº 66, [revista digital].http://www.razonypalabra.org.mx/N/n66/varia/dgutierrez.html

[6] Gutiérrez Mesa, J. M. y Vanegas Vasco, M. D. (2005). Desarrollo del pensamiento métrico en la educación básica secundaria [Tesis de maestría, Universidad de Antioquia]. https://docplayer.es/58964279-Desarrollo-del-pensamiento-metrico-en-la-educacion-basica-secundaria.html

[7] Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación – Icfes. (2019). Informe Nacional de Resultados del Examen Saber 11º 2018. Ministerio de Educación Nacional. https://www.icfes.gov.co/documents/20143/1711757/Informe%20nacional%20resultados%20examen%20saber%2011-%202018.pdf

[8] Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación – Icfes. (2018). Resultados Nacionales. Saber 3º, 5º y 9º. 2012-2017. Gobierno de Colombia. https://www.icfes.gov.co/documents/20143/1627438/Resultado%20nacionales%20saber%20359%20-%202012%20al%202017%20-%202018.pdf

[9] Javier. (2011, 12 de mayo). Importancia del reciclaje [sitio web]. Importanacia.org. https://www.importancia.org/reciclaje.php

[10] Sáez, A., Leal, N. y Monasterio, S. (2014). Residuos sólidos en instituciones educativas. Revista Electrónica Venezolana de Ciencia y Tecnología - REVECITEC URBE, 5(1), 1 – 20. http://ojs.urbe.edu/index.php/revecitec/issue/view/135

AUTORES

Yurlen Katherine Santiago Nieto, nación en Bogotá, Colombia, el 01 de diciembre de 1977. Se graduó de bachiller en el Colegio Mixto de Integración Moderna de Bogotá, como Licenciada en Matemáticas y Computación en la Universidad del Quindío, Arquitecta en la Universidad La Gran Colombia – Armenia., Especialista en Diseño Urbano en la Universidad Nacional de Colombia – Medellín, Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales en la Universidad Nacional de Colombia – Manizales. Se ha desempeñado como docente de matemáticas de básica secundaria en la Institución Educativa Laura Vicuña de Armenia Quindío (2013-2019) y actualmente se desempeña como docente de básica primaria y básica secundaria en la Institución Educativa Cámara Junior de Armenia Quindío.

Jaider Figueroa Flórez, nació en Sucre, Colombia, el 06 de junio de 1980. Se graduó de bachiller en la Institución Educativa Liceo Carmelo Percy Vergara de Corozal, como Licenciado en Matemáticas en la Universidad de Sucre, y Magister en Matemática Aplicada en la Universidad Nacional de Colombia -Manizales. Se ha desempeñado como docente de matemáticas y directivo docente en Instituciones Educativas de básica secundaria y media (2002-2015), catedrático de la Universidad de Sucre (2004-2015) y de la Universidad de Caldas. Actualmente docente de planta de la Universidad Nacional de Colombia – sede Manizales, adscrito al Departamento de Matemáticas y Estadística. Actualmente dedicado a la investigación en Modelamiento Matemático y Educación Matemática en las líneas pensamiento matemático y resolución de problemas, y construcción de ambientes de aprendizaje con tecnologías.

Conocimiento profesional del profesor de básica primaria: una reflexión sobre su práctica de enseñanza en matemáticas*

Professional knowledge of the elementary school teacher: a reflection on his teaching practice in mathematics

Bossio-Vélez, José Luis[1], Santa-Ramírez, Zaida Margot[2] y Jaramillo-López, Carlos Mario[3]

1 Doctorado en Educación. Universidad de Antioquia - Colombia. Facultad de Educación. Grupo de Investigación Educación Matemática e Historia - EDUMATH (UdeA - Eafit). Universidad de Antioquia, http://orcid.org/0000-0002-1285-9416. Contacto: jose.bossio@udea.edu.co.

2 Tecnológico de Antioquia, http://orcid.org/0000-0003-0272-2405. Contacto: zaida.santa@tdea.edu.co.

3 Universidad de Antioquia, http://orcid.org/0000-0002-3937-5032. Contacto: carlos.jaramillo1@udea.edu.co.

Resumen

El propósito de este documento es divulgar algunos avances de investigación en el marco de un estudio doctoral en curso, el cual ha considerado, como justificación práctica del problema, un análisis del conocimiento profesional del profesor de educación básica primaria que enseña matemáticas, a partir de sus propias reflexiones que fueron extraídas de un espacio de formación que agrupó 101 profesores de dicho nivel. De este modo, se logra evidenciar en los profesores algunas barreras que impiden relacionar contextos conocidos por sus estudiantes con las matemáticas del currículo escolar. Con esto, se resalta la importancia de continuar indagando en el conocimiento del profesor que promueve una posible inclusión de la modelación en su práctica de enseñanza, en la perspectiva del desarrollo profesional en relación con la modelación como alternativa de enseñanza. Por lo tanto, por ahora, se puede deducir que la formación del profesor puede ser determinante para incluir dicha alternativa a su práctica y al proceso de aprendizaje.

Palabras clave: Desarrollo profesional, conocimiento didáctico, modelación matemática, práctica de enseñanza, profesores de educación básica primaria.

Abstract

The purpose of this document is to disclose some research advances in the framework of an ongoing doctoral study, which it has taken into account as practical justification of the problem, an analysis of the professional knowledge of the primary basic education teacher who teaches mathematics, based on his own reflections that were extracted from a training space that grouped 101 teachers of that level. In this way, it is possible to show in the teachers some barriers that prevent them from relating contexts known to their students with the mathematics of the school curriculum. With this, the importance of continuing to investigate the knowledge of the teacher that promotes a possible inclusion of modelling in their teaching practice is highlighted, from the perspective of the teacher's professional

development in relation to modeling as a teaching alternative. Therefore, until now, it can be deduced that teacher training can be decisive to include this alternative to their practice and the learning process.

Keywords: Professional development, didactic knowledge, mathematical modelling, teaching practice, elementary school teachers.

I. INTRODUCCIÓN

La idea de incluir la modelación matemática en la práctica de enseñanza del profesor de básica primaria surge bajo la premisa de introducir a los estudiantes en el proceso de resolución de problemas realistas, como una forma de iniciarlos en un tipo de pensamiento que es esencial para la modelación [1]. No obstante, se reporta que ha sido costumbre reservar la modelación para los años de la escuela secundaria, dejando a un lado la importancia de incluirla en los planes de estudio de la educación básica primaria [2].

En los primeros años de enseñanza en la básica primaria, la modelación se constituye en un proceso que les permite a los estudiantes generar y desarrollar sus ideas y procedimientos matemáticos particulares, para formar un conjunto de relaciones que son generalizables y reutilizables [3]. Lo que, de algún modo, implicaría para el profesor de ese nivel educativo una oportunidad de evaluar o caracterizar contextos, con el propósito de formular distintas estrategias en cada sesión de clase para la enseñanza de las matemáticas.

Dado que no es suficiente que el profesor tenga la oportunidad de una adecuada formación, se hace necesario brindarle los espacios y tiempos para poner en práctica lo aprendido [4]. En el caso de la modelación, exige mayor compromiso por parte del profesor para el análisis e interpretación de los contextos [5], los cuales pueden favorecer y enriquecer sus prácticas de enseñanza.

Se deduce, en cierta medida, que el conocimiento del profesor que enseña matemáticas está en correspondencia con la matemática escolar y se diferencia de otras disciplinas [6]. De allí, se podría entender que la modelación estaría en función de la enseñanza y aprendizaje de la matemática escolar, en el sentido de relacionar el mundo real y las matemáticas [7]. En consecuencia, el escaso conocimiento del profesor acerca de la modelación podría estar limitando su inclusión a su práctica de enseñanza de las matemáticas, en básica primaria.

En esta medida, el presente artículo describe el análisis de algunas reflexiones de profesores que enseñan matemáticas en los niveles de básica primaria con las cuales se logran reconocer necesidades frente a su conocimiento profesional [6], cuando intentan abordar la enseñanza de las matemáticas en estos niveles. Este análisis ha contribuido en la elaboración de la pregunta de investigación del presente estudio: ¿cómo construye conocimiento didáctico un profesor de básica primaria que enseña matemáticas mediante la modelación matemática?

II. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La motivación del presente estudio surge a partir de nuestra experiencia. Por una parte, al desarrollar una investigación que abordó el análisis de una construcción de modelos lineales a partir de situaciones de los contextos sociales de los estudiantes de grado décimo, mediante un proceso de modelación [8], [9]. Uno de los aspectos relevantes de este estudio consistió en brindarles a los estudiantes, además del uso de algunos sistemas de representación y expresiones algebraicas, la oportunidad de construir argumentos que contrarrestaban las dificultades relacionadas con los asuntos de la economía familiar.

Por otra parte, la oportunidad de formar profesores de educación básica primaria en el marco del Diplomado de Matemáticas en contexto, financiado por el Departamento de Antioquia, Colombia. Este se desarrolló mediante un espacio de 11 encuentros, en los cuales se generaron relatorías a partir de las reflexiones de los profesores que permitieron la elaboración de las tareas de formación para el fortalecimiento de la modelación matemática como proceso, logrando que los profesores construyeran y publicaran una unidad didáctica en el libro de Matemáticas en contexto [10].

Para una justificación práctica del problema del presente estudio y teniendo en cuenta nuestra experiencia como formadores, consideramos analizar reflexiones de los profesores que enseñan matemáticas en educación básica primaria respecto a su práctica de enseñanza. Para este proceso se asumieron algunas ideas [11] con respecto al análisis cualitativo de datos, al

generar una relación directa de reflexiones de profesores y las dimensiones del conocimiento didáctico [6], elegidas como categorías conceptuales para describir los conocimientos de los profesores.

Las reflexiones para el respectivo análisis fueron extraídas de los procesos de formación tanto del Diplomado mencionado anteriormente como de un programa del Ministerio de Educación Nacional, este último agrupó a 101 profesores de educación básica primaria de cuatro instituciones educativas de una región del departamento de Antioquia, Colombia, con el objetivo de orientar el fortalecimiento del plan de área de matemáticas. Esta formación, mediada por las TIC, se vincula a una serie de procesos de formación que se vienen desarrollando debido a la situación generada por el creciente contagio de Covid-19, que llevó a la nación a decretar el estado de emergencia y a modificar las metodologías de enseñanza.

Al inicio del proceso de formación, a través de un espacio virtual en la página web www.padlet.com, los profesores describieron sus propias dificultades a la hora de abordar la enseñanza de las matemáticas, mediante textos anónimos. Este medio virtual fue considerado por los formadores, con el fin de salvaguardar el anonimato de los profesores y generar libertad a la hora de manifestar sus propias reflexiones.

Padlet.com es una plataforma digital que ofrece la posibilidad de crear murales colaborativos, por ejemplo, cuenta con un espacio educativo que funciona como una pizarra virtual donde el profesor y estudiantes pueden trabajar al mismo tiempo, dentro de un mismo entorno. Con este recurso, los profesores compartieron sus reflexiones durante el proceso de formación.

Para este análisis, los textos redactados por los profesores fueron seleccionados como unidades de análisis y se hizo una relación directa con categorías conceptuales, para las cuales se eligieron las dimensiones del conocimiento didáctico [6]: conocimiento de las matemáticas, conocimiento del currículo, conocimiento del estudiante y su proceso de aprendizaje, y conocimiento de la práctica educativa.

A continuación, se comparte el análisis de las reflexiones de los profesores en las cuales se logran deducir algunas necesidades de conocimiento frente a la enseñanza de las matemáticas y, al final, se exponen ciertas conclusiones que describen algunas barreras que se presentan a la hora de desarrollar su práctica de enseñanza.

A. Conocimiento de Matemáticas

Se distinguen ciertas necesidades de los profesores de conectar la enseñanza de las matemáticas con contextos conocidos por sus estudiantes, a partir de las siguientes reflexiones:

- Anónimo 12: "Plantear situaciones problemáticas con su contexto".
- Anónimo 16: "Nos falta más estrategias para transferir el conocimiento y aplicación en lo cotidiano".
- Anónimo 18: "Hay que tener en cuenta el uso de la didáctica en el proceso de enseñanza de las matemáticas. Los objetos que nos rodean se relacionan con las matemáticas y cuando a los niños se les enseña en ese contexto, esos aprendizajes se vuelven significativos".

El conocimiento de matemáticas, como una de las dimensiones del conocimiento didáctico [11], es la visión que tiene el profesor de las matemáticas acerca de cómo enseñar conceptos, relaciones, propiedades y teoremas, además de identificar qué puntos considera importantes para trabajar en el aula. En este sentido, los profesores expresan la necesidad de asociar los conceptos o ideas matemáticas con los objetos que nos rodean. Esto se traduce en una necesidad de relacionar las matemáticas con elementos de los contextos conocidos por los estudiantes y por ellos mismos, considerando una posible correspondencia entre los significados de dichos contextos y las matemáticas que enseña.

Por lo anterior, y con expresiones tales como "nos faltan más estrategias", "plantear situaciones problemáticas con su contexto" y "tener en cuenta el uso de la didáctica", se evidencia en los profesores un impulso para fortalecer las maneras de enseñar matemáticas, al reconocer en su

conocimiento barreras que limitan sus estrategias de enseñanza vinculadas a la didáctica de las matemáticas.

Sin embargo, expresiones tales como "cuando a los niños se les enseña en ese contexto, esos aprendizajes se vuelven significativos", indicarían la necesidad de favorecer el aprendizaje de sus estudiantes a partir de contextos particulares durante su práctica de enseñanza. Pero, el profesor, al contar con un escaso conocimiento de las matemáticas como disciplina y para su enseñanza, se limita a generar relaciones entre un contexto particular con las matemáticas que enseña.

B. Conocimiento del Currículo

Este conocimiento se centra en el orden que genera el profesor para organizar el contenido, al relacionar a los estudiantes entre sí y dicho contenido, incluyendo las formas de usar la evaluación durante sus prácticas en el aula [6]. Esto implica, para el profesor, conocer los Lineamientos Curriculares establecidos a nivel macro y micro de los sistemas educativos a los que se asocia la gestión de los contenidos matemáticos a trabajar en el aula [11]. Por tanto, el conocimiento del currículo se entendería como la necesidad de reconocer la relación entre qué enseñar, cómo enseñar y cómo evaluar el aprendizaje del estudiante en relación con los objetivos generales de un sistema educativo.

En la mirada de los profesores, el currículo se entiende como un objeto rígido el cual orienta la enseñanza de las matemáticas en el aula. Aspecto que se puede evidenciar en los siguientes comentarios:

- Anónimo 35: "En ocasiones las temáticas que se tratan en el colegio no son las necesarias para la vida práctica de los estudiantes".

- Anónimo 36: "Que se haga más flexible de acuerdo con lo que se observa en el aula, estamos direccionado por el plan de estudio y si usted se sale posee problemas".

Se aprecia, en el Anónimo 36, que el profesor reconoce el plan de estudio como un documento inflexible o dominante y que este genera temor. En este caso, entender el plan de estudio como una ruta única para alcanzar los objetivos de la asignatura de matemática en la educación básica primaria se convierte en un obstáculo, debido a que la experiencia del profesor lo impulsa a entender el plan de estudio como un documento flexible de acuerdo con lo que se observa en el aula. Por tanto, esa visión del profesor del plan de estudio limita para transformar el currículo, la cual desfavorece el aprendizaje de las matemáticas ajustadas a los contextos conocidos por sus estudiantes.

La flexibilidad, en la mirada del profesor, se podría entender en las maneras en cómo sus estudiantes pueden aprender a partir de los significados de un contexto particular. En este sentido, prevalece una fuerte inclinación en responder mediante el plan de estudio a los objetivos macro o generales del sistema educativo, desconociendo la necesidad de reconocer los objetivos micro, objetivos cercanos a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes, sin perder la conexión con objetivos generales.

Con lo anterior, el profesor reconoce que, en ocasiones, las temáticas que se tratan en el colegio no son las necesarias para la vida práctica de los estudiantes. Al parecer, existe una descontextualización de la enseñanza en las matemáticas, al no identificarse una relación entre el plan de estudio con la vida cotidiana de los estudiantes. Esto puede ser complejo para ellos, al tratar de responder directamente a objetivos generales del sistema educativo, bajo contextos desconocidos.

Por lo anterior, fue posible reconocer la necesidad de los profesores de hacer uso del conocimiento del currículo, en la mirada de fortalecer el plan de estudio como un documento que integre las necesidades de aprendizaje de sus estudiantes articuladas a un contexto particular y, a la vez, con los objetivos generales del sistema educativo. Esto se debe, al parecer, porque los profesores desconocen que en los Lineamientos Curriculares están incluidos algunos procesos que posibilitan la relación entre la vida cotidiana de los estudiantes con las matemáticas que aprenden en la escuela.

C. Conocimiento de la práctica educativa

Los comentarios de los profesores se centran en la necesidad de motivar a sus estudiantes hacia el aprendizaje de las matemáticas, así que se evidencian conceptos tales como "lúdica", "material lúdico", "estrategias creativas", "ambiente en el aula", "herramientas tecnológicas". Esto muestra un interés por desarrollar una conexión favorable entre sus estudiantes y el aprendizaje de las matemáticas. Tales conceptos se observan en los siguientes cometarios:

- Anónimo 33: "¿Cómo mejorar las habilidades matemáticas en los niños de manera lúdica, teórica práctica?".
- Anónimo 40: "Falta de material lúdico para hacer más agradable el proceso de enseñanza aprendizaje".
- Anónimo 36: "Utilizar más estrategias creativas dentro y fuera del aula para motivar al estudiante a realizar actividades matemáticas".
- Anónimo 37: "Falta de ambiente en el aula frente a las matemáticas (un rincón de las matemáticas en el aula de clase)".
- Anónimo 19: "La utilización de herramientas tecnológicas".

El conocimiento de la práctica educativa [6] se relaciona con las formas en las que el profesor organiza el trabajo con sus estudiantes en el aula, con respecto al plan que se piensa para cada sesión de clase, la elaboración de tareas a realizar, las formas de comunicación y evaluación del aprendizaje. A partir de los comentarios de los profesores, se observa una necesidad de fortalecer en sus estudiantes una visión favorable hacia el aprendizaje de las matemáticas; situación que se evidencia al comentar la necesidad de adoptar otras estrategias que puedan conectarlos sin generar temor o frustración hacia dicho aprendizaje.

D. Conocimiento del estudiante y su proceso de aprendizaje

El profesor, para hacer uso de este conocimiento, debe percibir a los estudiantes como personas insertadas en un contexto social, teniendo en cuenta que cada uno de ellos tiene intereses y puntos de vista diferentes

y su aprendizaje está influenciado por el contexto de vida en el que se encuentran [11]. En este sentido, sería relevante que el profesor reconozca los asuntos sociales de sus estudiantes e incluirlos en el proceso de enseñanza y aprendizaje, para evitar perspectivas negativas de las matemáticas por parte de ellos. Esto se evidencia a partir de los siguientes anónimos:

- Anónimo 43: "Más que dificultades en el abordaje de la enseñanza, es cómo hacer para que los niños sientan amor y menos miedo por las matemáticas. ¿Qué hacer?".
- Anónimo 41: "Falta de empatía de los estudiantes por la materia".
- Anónimo 39: "Cómo perder la apatía que sentimos los maestros por las matemáticas".
- Anónimo 38: "En muchas ocasiones los estudiantes no captan o aprenden lo que el docente quiere impartir, puesto que hay una predisposición frente al área, porque vienen con la idea de que la materia es muy difícil".
- Anónimo 32: "Porque se dificulta la solución de situaciones problemáticas".

Con expresiones tales como "los niños sientan amor y menos miedo", "falta de empatía de los estudiantes", "la apatía que sentimos los maestros", "vienen con la idea de que la materia es muy difícil"; se evidencia una visión que tienen de las matemáticas tanto profesores como estudiantes, aspecto que se puede considerar como una barrera para desarrollar el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas del currículo escolar. Esto, de algún modo, genera una falta de confianza tanto para el que enseña como para el que aprende. Por tanto, se podría considerar pertinente desarrollar un proceso de formación de profesores de básica primaria que aborde una transformación de dicha visión frustrante con respecto a la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

III. CONCLUSIONES

Los profesores sienten la necesidad de adaptar las matemáticas a contextos conocidos por los estudiantes. Esto podría servir de apoyo para generar una correspondencia con los significados de dichos contextos y las mismas matemáticas, dado que los profesores tienen una limitada visión de las matemáticas para enseñar conceptos, relaciones, propiedades y teoremas, además, para identificar los puntos importantes para trabajar en el aula.

El plan de estudio de matemáticas, como un elemento del currículo escolar, es entendido por los profesores como un documento que dicta una ruta única para alcanzar los objetivos generales del sistema educativo. Esta visión se convierte en una barrera, debido a que su experiencia lo impulsa a entender el plan de estudio como un documento flexible ajustado a las necesidades de aprendizaje de sus estudiantes con relación a su práctica en el aula. Por lo tanto, el currículo de matemáticas se ve limitado en su transformación para favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes de educación básica primaria.

El profesor, durante su práctica educativa, reconoce la falta de motivación de sus estudiantes al momento de abordar la enseñanza de las matemáticas en el aula. En este sentido, ve conveniente adoptar otras estrategias que puedan conectar, de manera favorable, a sus estudiantes con las actividades que se desarrollan al interior de cada sección de clase.

La asignatura de matemáticas es percibida por estudiantes y profesores bajo una perspectiva negativa, influenciada, al parecer, por la escasa visión del profesor de su campo disciplinar. Este aspecto genera una barrera para desarrollar y enriquecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas del currículo escolar en el aula. Debido a esto, se resalta una falta de confianza y una visión borrosa en estudiantes y profesores frente a las matemáticas, que pueden ser incluidas en el currículo escolar para su enseñanza.

Por lo tanto, podría ser pertinente continuar indagando sobre el conocimiento profesional del profesor a partir de espacios de formación y desarrollo profesional, con la idea de identificar elementos que pueden fortalecer su práctica y, de algún modo, superar las barreras que obstaculizan potenciales relaciones de los contextos conocidos por sus estudiantes y que pueden vincularse con las matemáticas del currículo escolar.

REFERENCIAS

[1] S. Carreira, «Looking Deeper into Modelling Processes: Studies with a Cognitive Perspective – Overview», en *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling. International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling*, vol. 1, G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo-Ferri, y G. Stillman, Eds. Springer, Dordrecht, pp. 159-163, 2011.

[2] L. D. English, «Complex Modelling in the Primary and Middle School Years: An Interdisciplinary Approach», en *Teaching mathematical modelling: Connecting to research and practice. International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling*, G. Stillman, G. Kaiser, W. Blum, y J. Brown, Eds. Springer, pp. 491-505, 2013.

[3] L. D. English, «Mathematical Modeling in the Primary School: Children's Construction of a Consumer Guide», *Educ. Stud. Math.*, vol. 63, n.º 3, pp. 303-323, dic. 2006, [En línea]. Disponible en: http://www.jstor.org/stable/25472132.

[4] M. Padilla, «¿Pueden entrenarse competencias de investigación en psicología al margen de las teorías psicológicas?», *Rev. Educ. y Desarro.*, vol. 9, 2008. Accedido: ago. 18, 2020. [En línea]. Disponible en: http://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/anteriores/9/009_Padilla.pdf.

[5] M. S. Biembengut y N. Hein, «Modelación matemática y los desafíos para enseñar matemática», *Educ. Matemática*, vol. 16, n.º 2, pp. 105-125, 2004, doi: 1665-5826.

[6] J. P. Ponte, «Estudiando el conocimiento y el desarrollo profesional del profesorado de matemáticas», *Teoría, crítica y práctica la Educ. matemática*, pp. 83-98, 2012.

[7] W. Blum, P. Galbraith, H. Henn, y M. Niss, *Modelling and Applications in Mathematics Education*, n.º 10, 2007.

[8] J. L. Bossio, S. M. Londoño, y C. M. Jaramillo, «Activation of Student Prior Knowledge to Build Linear Models in the Context of Modelling Pre-paid Electricity Consumption», en *Mathematical Modelling in Education Research and Practice. International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling*, Springer, Cham, pp. 317-326, 2015.

[9] L. J. Bossio, S. M. Londoño, y C. M. Jaramillo, «Proceso de modelación en el contexto del cultivo del plátano: una producción escolar relacionada con modelos lineales Revista», *Rev. Virtual Univ. Católica del Norte*, n.º 54, pp. 18-40, 2018.

[10] Gobernación de Antioquia, *Matemáticas en Contexto*. Medellin: Gobernación de Antioquia, 2016.

[11] E. Santana, J. P. da Ponte, y M. de L. Serrazina, «Conhecimento didático do professor de matemática à luz de um processo formativo», *Bolema Bol. Educ. Matemática*, vol. 34, n.º 66, pp. 89-109, 2020, doi: 10.1590/1980-4415v34n66a05.

AUTORES

José Luis Bossio Vélez

Actualmente estudiante de Doctorado en Educación, de la Universidad de Antioquia; Magíster en Educación, Licenciado en Educación Básica con Énfasis en Educación Matemática; Profesor de la Escuela de Microbiología y la Facultad de Educación, de la Universidad de Antioquia; Integrante del Grupo de Educación Matemática e Historia (UdeA-Eafit). Docente Tutor del Programa Todos a Aprender, Ministerio de Educación Nacional.
Áreas de investigación: educación matemática.

Zaida Margot Santa Ramírez

Doctora y Magíster en Educación, línea de Educación Matemática, de la Universidad de Antioquia; Licenciada en Matemáticas y Física, de la Universidad de Antioquia. Docente ocasional de tiempo completo del Tecnológico de Antioquia; Integrante del grupo de Investigación Educación Matemática e Historia (UdeA-Eafit) y del grupo Ciencias Básicas Aplicadas Tecnológico de Antioquia.
Área de investigación: educación matemática.

Carlos Mario Jaramillo López

Doctor en Ciencias Matemáticas, de la Universidad Politécnica de Valencia, España; Profesor del Instituto de Matemáticas, de la Universidad de Antioquia. Líder del Grupo de Educación Matemática e Historia (UdeA-Eafit).
Áreas de investigación: educación matemática.

Lenguaje metafórico en la enseñanza de la matemática. Una revisión de literatura[1]

Metaphorical language in mathematics teaching. A review of the literature.

Perea Montoya Jesús Amado[2] y Fernández Sánchez Oscar[3]

1 Producto derivado del proyecto de investigación "Caracterización del lenguaje metafórico en la enseñanza de los números naturales a los complejos"

2 Jesús Amado Perea Montoya, Docente de la Institución Educativa Francisco José De Caldas, Risaralda y Estudiante del Doctorado en Ciencias de la Educación de la Universidad Tecnológica de Pereira. Contacto: jesus.perea@utp.edu.co.

3 Oscar Fernández Sánchez, Docente de la Universidad Tecnológica de Pereira y Director del Grupo de Investigación en Pensamiento matemático y Comunicación. Contacto: oscarf@utp.edu.co.

RESUMEN:

Las metáforas hacen parte del lenguaje cotidiano y en especial del discurso del docente en el aula. Las metáforas, en su función cognitiva, se constituyen en un elemento didáctico que facilita la comprensión de los estudiantes de temas abstractos como los que regularmente constituyen el lenguaje matemático. Se presenta aquí una revisión de la literatura sobre la presencia de lenguaje metafórico en el aula de clase de matemáticas y en el discurso escrito de los libros de texto. Se encontró, entre los resultados de los documentos revisados, la presencia de las metáforas conceptuales sugeridas en Lakoff y Johnson (1995). Así mismo, se resalta la importancia del uso de lenguaje metafórico, como elemento auxiliar, en la enseñanza de la matemática.

Palabras clave: metáforas, matemáticas, libros de textos, discurso escolar

ABSTRACT

Metaphors are part of everyday language and especially of the teacher's discourse in the classroom. Metaphors, in their cognitive function, constitute a didactic element that facilitates students' understanding of abstract topics such as those that regularly constitute mathematical language. A review of the literature on the presence of metaphorical language in the mathematics classroom and in the written discourse of textbooks is presented here. It was found, among the results of the documents reviewed, the presence of the conceptual metaphors suggested in Lakoff and Johnson (1995). Likewise, the importance of the use of metaphorical language as an auxiliary element in the teaching of mathematics is highlighted.

Keywords: metaphors, mathematics, textbooks, school discourse.

I. INTRODUCCIÓN

La comunicación es fundamental en el proceso de formación. Si el lenguaje utilizado no es el adecuado puede generar dificultades en la compresión de la matemática en los estudiantes.

Desde el punto de vista del Ministerio de Educación Nacional "se involucran otros procesos que están estrechamente relacionados con la actividad matemática, como los de modelación, comunicación, entre otros" [1, p. 21]. Se resalta la importancia de la comunicación en el saber pedagógico que se da en los centros educativos.

Dentro de la comunicación está el lenguaje metafórico empleado en el discurso docente. Los expertos en el estudio de las metáforas dicen: "hemos encontrado una forma de empezar a identificar detalladamente qué son exactamente las metáforas que estructuran la manera en que percibimos, pensamos y actuamos" [2, p. 40]. Este pensamiento permite argumentar como el lenguaje metafórico hace parte de la vida diaria de estudiantes y profesores

Es de tener presente que el lenguaje que usamos está lleno de metáforas y no es de olvidar que las regiones tienen diferentes formas de expresarse, por ejemplo, los chocoanos tienen palabras o frases como "abotar, calentura, otro" que otras regiones no conocen, lo mismo pasa con otras partes del país. Quiere decir, que si no se usa el lenguaje apropiado se presentan dificultades en la comunicación, sin olvidar que las culturas o países también influyen en el lenguaje metafórico.

El discurso del profesor es esencial en la enseñanza de los contenidos matemáticos, por tanto, se quiso consultar que estudios se han realizados sobre la implementación del lenguaje metafórico en la matemática.

Diferentes investigadores han realizado importantes trabajos investigativos sobre el uso de las metáforas en la enseñanza de las matemáticas.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

Se realizó una búsqueda exhaustiva en diferentes idiomas de literaturas relacionadas con las metáforas en la enseñanza de las matemáticas, donde se encontraron las siguientes.

En [3] se expresa que el lenguaje metafórico es fundamental para que los estudiantes puedan resolver problemas con números negativos, también resalta la conveniencia que tienen las metáforas en la indagación, especialmente en el área de matemáticas. Demostró que los jóvenes las usaron más que los estudiantes universitarios.

En [4] analizaron la clase de un docente que en la enseñanza del concepto de función uso diferentes metáforas sin percibir que las estaba usando para hacer activa la clase. Los investigadores notaron que puede ser provechosa y también puede generar inconveniente en los estudiantes, una de las desventajas es que los estudiantes pueden entender la metáfora literalmente.

En [5] se expone que el uso de metáforas puede abreviar el proceso en las aulas de clase y en el pasar de los tiempos se ha convertido en un instrumento relevante en educación matemática debido a que pueden ser competentes en la resolución de problemas.

En [6] realizaron un análisis de la opinión que tienen los estudiantes sobre las matemáticas utilizando un lenguaje metafórico y los comentarios fueron muy diversos como ejemplo se tiene “las matemáticas son una herramienta”.

En [7] destacan que la lingüística es esencial en la enseñanza de la matemática y las metáforas sobresalen por llevar el conocimiento a los estudiantes. Explican que los objetos matemáticos son objetos de pensamiento y se basan en expresiones metafóricas.

En [8] se aplicó el lenguaje metafórico para la enseñanza de la recta numérica. Igual que en Colombia, en esas instituciones también convergen diferentes culturas y lenguas y para algunos de los estudiantes se puede encontrar distintas dificultades con la interpretación de las metáforas.

En [9] se dice que las metáforas posibilitan enlazar varios conceptos que los estudiantes puedan tener sobre algunos objetos matemáticos. El profesor también se valió del lenguaje metafórico en su discurso para enseñar probabilidad evidenciado que la utilización de metáforas facilita el aprendizaje de la matemática.

En [10] se sirvieron de las metáforas, una para avivar los cálculos mentales en los estudiantes y otra para instruir las ecuaciones de primer grado y trasmiten la importancia de las metáforas en la enseñanza de los objetos matemáticos.

En [11] demostraron que las metáforas también se pueden emplear para enseñar matemáticas en niños de pre-escolar y primaria, donde el lenguaje espontaneo de los estudiantes hace que las metáforas sean más apreciadas, y como dicen los autores “cuanto antes mejor”.

En [12] manifiesta que el lenguaje metafórico también es importante en la enseñanza de la matemática y despierta la imaginación del profesor para dar a entender las temáticas de matemáticas. Resalta que la destreza del profesor en la comunicación de un determinado tema le permite hacerse comprender.

En [13] comparte que los estudiantes tienen apatía hacia la Matemática porque no le ven una razón. Por medio de las metáforas buscaron las cosas buenas y malas de la Matemática, le permitió conocer que los estudiantes se basaron en metáforas de la vida diaria para hablar de matemáticas.

En [14] expresa que la forma de trasmitir o cumunicar en el aula de clase una determinada temática puede favorecer o desfavores a los estudiantes en su proceso de aprendizaje. El docente no puede desligarse

de la falta de motivacion de sus estudiantes que puede ser generada por diferentes circunstancias y que tambien afectan su formación académica.

En [15] son más específicos al hablar de metáforas conceptuales y su importancia para estudiar, comprender los textos escolares y el discurso del docente que ayudará a los estudiantes a captar los contenidos matemáticos.

En [16] dice que las matemáticas son complejas para los estudiantes, las metáforas son útiles e importantes para dar a entender los objetos matemáticos (números primos y compuestos), y si el lenguaje usado por el docente está relacionado con lo que el estudiante conoce de su entorno es mucho mejor su aprendizaje.

En [17] Exponen que cuando se involucran las metáforas como forma de enseñar las matemáticas, los estudiantes pueden alcanzar más fácil las competencias deseadas, pero si no se aplican las metáforas de manera deliberada pueden ocasionar dificultad en el aprendizaje.

En [18] se determinó la apreciación que tienen los estudiantes sobre las clases de matemáticas desde el punto de vista metafórico, donde categorizo las metáforas encontradas. Resalta que el profesor influye en la impresión que tienen los estudiantes de la matemática.

En [19] examinaron las metáforas que usan los estudiantes en el estudio del círculo e hicieron una categorización de las metáforas, las cuales se presentaron en gran número en el discurso de los estudiantes participantes en el estudio.

III. CONCLUSIONES

1. Se encontraron diferentes investigaciones en países como Chile, Brasil, Italia, Australia, Sudáfrica, China, Estados Unidos Turquía y Colombia, en los cuales se han realizado y se siguen haciendo análisis del discurso tanto de los profesores como de los estudiantes en búsqueda de metáforas en el discurso matemático.

2. Se identificó que las metáforas fueron utilizadas por los docentes para hacer comprender las ideas, conceptos y conectar diferentes ideas de la matemática.

3. En las diferentes investigaciones se verifica que los investigadores encontraron que la presencia de metáforas en ocasiones es ventajosa, pero también puede llegar a ser desventajosa, porque el estudiante la puede tomar de manera literal.

4. Se resalta que se desarrollaron investigaciones sobre el lenguaje metafórico con estudiantes de temprana edad obteniendo buenos resultados.

5. Se puede leer que los investigadores encontraron que las metáforas pueden ayudar a simplificar la enseñanza de las matemáticas cuando se las usa como recurso didáctico, sin embargo, también podrían dificultar la comprensión de conceptos matemáticos si no se usan apropiadamente.

REFERENCIAS

[1] MInisterio de Educación Nacional de Colombia. *Lineamientos Curriculares de matemáticas,* 1998

[2] G. Lakoff y M. Johnson, *Metáforas de la vida cotidiana. Segunda Edición ,* 1995, p. 40

[3] M. M. Chiu, Using Metaphors to Understand and Solve Arithmetic Problems: Novices and Experts Working With Negative Numbers. *Mathematical Thinking and Learning*, 2000, pp. 93–124.

[4] V. F. Moll y J. I. Nanclares, Fenómenos Relacionados Con El Uso De Metáforas En El Discurso Del Profesor. El Caso De Las Gráficas De Funciones. *Enseñanza De Las Ciencias*, 2003, pp. 405–418.

[5] J. S. Andrade, La cognición hecha cuerpo florece en metáforas…. *A. Ibañez, & D. Cosmelli, 2007*.

[6] A. Schinck, H. Neale, D. Pugalee y V. Cifarelli, Structures, Journeys, and Tools: Using Metaphors to Unpack Student Beliefs about Mathematics. Schol science and mathematics, 2008, vol. 108, núm. 7, p. 326-333.

[7] K. G. Leite, y M. F. Otte, Metáfora e Matemática. *International Journal for Studies in Mathematics Education*, 2010, vol. 2, p. 87-110.

[8] C. E. Wathen, Spatial Metaphors of the Number Line. Proceedings of the 35th annual conference of the *Mathematics Education Research Group of Australasia*, 2012,

[9] G. C. Morales, Probabilidad en el camino de una hormiga: una propuesta de enseñanza con uso de metáforas. *Educación Matemática*, 2015, vol. 27, núm. 3, p. 197-210.

[10] Videla, R., Aldunate, N., Ramírez, G., Aros, M. y Muñoz, C. (2015). La función cognitiva de la metáfora virtual en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en escolares chilenos.

[11] G. L. Arriagada Y P. R. Santander, Metáforas y desarrollo del pensamiento matemático: ¡cuanto antes mejor! *Revista Científico Pedagógica Atenas, 2016, vol. 3, núm. 35, p. 15-30.*

[12] S. Sbaragli, L'importanza della metafora in matematica e nella sua didattica. *Mathematics and Mathematics Education. International Conference, University of Bologna, 2016, p. 459-464.*

[13] O. Thibodi, Metaphors for Learning Mathematics: An Interpretation Based on Learners' Responses to an Exploratory Questionnaire on Mathematics and Learning. *International Journal of Secondary Education*, Vol. 5, No. 6, 2017, pp. 70-74.

[14] A. J. Espinosa, La dinámica de la clase de matemáticas mediada por la comunicación . *Revista de Investigación Desarrollo e Innovación*, 2019, pp. 121-134.

[15] H. M. Galindo y V. F. Moll, Las problemáticas semióticas y la metáfora en las representaciones de los conjuntos infinitos, *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa,* vol. 32, núm. 1, p. 531-540. 2019.

[16] J. B. Pradhan, Conceptual Metaphor for Teaching and Learning of Prime and Composite Numbers at Primary Grades. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences,* vol. 14, 2019, pp. 78-88.

[17] P. A. Assis, R. R. Fernandes, R. L. Nagem y I. D. Ramos, Metáforas como uma estratégia de ensino nas aulas de Matemática. *Latin American Journal of Science Education, vol. 6, p. 22019, 2019*

[18] S. Çekirdekci, Metaphorical Perceptions of Fourth-Grade Primary Students towards Mathematics Lesson. *International Journal of Psychology and Educational Studies*, 2020, vol. 7, núm. 4, p. 114-131.

[19] E. E. Akbaş y *M, Cancan*, Metaphors Formed by 6th and 7th Grade Students Regarding the Difficulties They Experienced in the Process of Learning the Subject of Circle. *International Online Journal of Education and Teaching (IOJET)*, 2020, vol. 7, núm. 3, p. 1054-1075.

AUTORES

Jesús Amado Perea Montoya

Licenciado en matemáticas, de la Universidad Antonio Nariño; Especialista en Administración de la Informática Educativa, de la Universidad de Santander; Magíster en Enseñanza de la Matemática, de la Universidad Tecnológica de Pereira y estudiante del Doctorado en Ciencias de la Educación, de la Universidad Tecnológica de Pereira

Áreas de investigación: Teoría cognitiva de la Matemática

Oscar Fernández Sánchez

Licenciado en Educación en la Especialidad Matemáticas, Universidad del Cauca. Magister en Ciencias Matemáticas, Universidad de Valle, Cali. Doctor en Ciencias de la Educación, RUDECOLOMBIA-UTP, Pereira. Profesor Titular de planta del Departamento de Matemáticas en la Universidad Tecnológica de Pereira. Director del Grupo de Investigación en Pensamiento Matemático y Comunicación - GIPEMAC.

Áreas de investigación: Etnomatemática, Teoría Cognitiva de la Matemática, Modelación Matemática en el aula y Didáctica de la Matemática

Literatura y matemáticas: una relación fundamental en la formación integral[1]

Literature and mathematics: a fundamental relationship in integral education

Castaño-Uribe, Gabriel Jaime[2]

Resumen

1 Este artículo surge a partir de la necesidad de relacionar las áreas de lengua castellana y matemáticas como áreas transversales en la formación y desarrollo integral de los individuos.

2 Institución Educativa San Nicolás; Contacto: gabojatkd@gmail.com.

La propuesta fue desarrollada inicialmente con maestros en los espacios de formación del centro de innovación del maestro (MOVA) con docentes de varias instituciones educativas de la ciudad de Medellín, los cuales a su vez tienen la intención de replicarla en sus instituciones.

El objetivo fundamental de este trabajo fue poder relacionar la literatura y las matemáticas en pro de la formación integral de los individuos, además se exponen algunos casos en los que las falencias mostradas en el saber disciplinar en una u otra área dificultan la realización correcta de los problemas propuestos, además, desde los mismos imaginarios docentes se disocian o desintegran los saberes impidiendo ser vistos en conjunto y aplicados de forma unificada.

Un hallazgo importante fue ver cómo se logró reflexionar sobre las relaciones directas que emergen a la hora de resolver un problema, comprenderlo y ejecutar un plan para solucionarlo, justo en estos aspectos es que la literatura y la lectura crítico-intertextual hacen su aporte con relación a la formación ciudadana que la sociedad demanda.

La metodología empleada utilizó como principal herramienta el trabajo colaborativo, la creación de textos narrativos por medio de los dados creadores de textos, los cuentos tradicionales y al final estas producciones pasaron por la revisión grupal, tanto de lo semántico como de lo sintáctico, claro está sin olvidar los conceptos y procedimientos matemáticos exigidos.

Palabras clave: literatura, didáctica, matemáticas, lenguaje, formación.

Abstract

The proposal was initially developed with teachers in the training spaces of the teacher innovation center (MOVA) with teachers from several educational institutions in the city of Medellín, which in turn intend to replicate it in their institutions.

The fundamental objective of this work was to be able to relate literature and mathematics in favor of the integral formation of individuals, in addition, some cases are presented in which the shortcomings shown in the disciplinary knowledge in one area or another hinder the correct implementation of the proposed problems, In addition, from the same teaching imaginaries, knowledge is dissociated or disintegrates, preventing it from being viewed as a whole and applied in a unified way.

An important finding was to see how it was possible to reflect on the direct relationships that emerge when it comes to solving a problem, understanding it and implementing a plan to solve it, Precisely in these aspects is that literature and critical intertextual reading make their contribution in relation to the civic formation that society demands.

The methodology used as the main tool was collaborative work, the creation of narrative texts through the dice creators of texts, traditional stories and in the end these productions go through the group review, both the semantic and the syntactic, of course without forgetting the mathematical concepts and procedures required

Keywords: literature, didactics, mathematics, language, education.

I. INTRODUCCIÓN

En el campo de la educación y más aún desde los programas académicos, sin importar el nivel educativo, se propende por una formación integral de los alumnos y se pone gran énfasis en áreas del saber cómo son el lenguaje y las ciencias básicas. Partiendo de este supuesto es que el artículo busca crear una relación mucho más atractiva y diferente de abordar problemas matemáticos desde un enfoque literario, mostrando así que la integración de áreas del saber es posible y no es necesario seguirlas viendo de manera fragmentada.

Con base en lo anterior, se desarrolló un taller con maestros de diferentes instituciones de la ciudad de Medellín en el centro de innovación del maestro (MOVA) en el que se evidenciaron algunas falencias desde lo disciplinar, principalmente en el área de las matemáticas, más que en la de lenguaje.

Ahora bien, el presente trabajo es importante puesto que en él se presentan hallazgos que dan cuenta de esas dificultades que de una u otra forma se convierten en obstáculos para los procesos de enseñanza y de aprendizaje, impidiendo a los estudiantes una formación integral en la que las ciencias y las humanidades se conjugan para afrontar la complejidad del mundo actual.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

A la hora de hablar de formación integral, es inevitable mencionar áreas del saber cómo lenguaje y matemáticas, en este sentido se busca una relación directa entre ambas, ya que muchas de las quejas de los maestros radican en supuestos que van desde frases como:

“Los estudiantes no comprenden lo que leen…”.

“Lenguaje es solo para los de español…”. “Las matemáticas son aburridas…”.

Las frases anteriores son solo una muestra de lo que se escucha a voces en los diferentes centros educativos. Teniendo esto presente, el texto muestra opciones para abordar las áreas mencionadas, partiendo primero de la creación de los dados generadores de texto en los que aparecen personajes, lugares y tiempos como posibles alternativas, después de este proceso creativo se procede a la elaboración de un texto de corte narrativo[3] en el que se pueden dar o no datos matemáticos, como se podrá ver más adelante, en el paso a paso del taller y las variaciones que se han dado en su desarrollo con el fin último de hacerlo más diverso y variado implicando a la literatura y así propendiendo por la reivindicación de los cuentos tradicionales.

Acto seguido, se crearon las preguntas que bien pueden responder a los diferentes niveles como las literales, las inferenciales y las crítico-intertextuales; siendo estos dos últimos los esperados y en los que los modelos, heurísticas y demás elementos matemáticos como operaciones, argumentos y procesos emergen para dar solución a los interrogantes propuestos.

A continuación, se presenta el paso a paso del taller, en el cual el trabajo colaborativo fue de gran valor, tanto pedagógico y didáctico como social. Este paso a paso es descrito mediante fotografías e imágenes del material usado, además de algunos apartados de uno de los textos base con los que se desarrolló la propuesta didáctica.

1) Los dados generadores de texto

Esta sección del trabajo presenta el momento en el que los asistentes recibieron el material luego de haberse conformados los grupos de tres (3) integrantes, el objetivo era que cada uno de ellos pudiera colorear, recortar y armar el dado de su preferencia, de ser posible, o simplemente el que el grupo le asignara.

3 Principalmente un cuento dada la familiaridad con este, no quiere decir que no se pueda construir otro tipo de texto del mismo género.

Imagen 1. Entrega del material de trabajo; coloreado, recorte y armado.

- **Comentarios:** los elementos matemáticos que surgen en este primer ejercicio, tienen que ver con los geométricos, particularmente los poliedros (hexágono regular – cubo-)

y desde allí surgió la excusa para hablar de sus características o propiedades como lados, vértices, aristas y caras. Además, el trabajo grupal se visualiza en la medida que cada uno aporta al desarrollo de la actividad, por otro lado los consensos o disposiciones tomadas en el grupo se respetan, es decir, quién asume cada dado.

2) Construcción del texto narrativo

Momento en el cual los asistentes empiezan a lanzar los dados, eligiendo tres (3) personajes y tres (3) lugares, y ya con estos elementos mínimos dan paso al acto creador de darles vida gracias a la escritura y lo que ella implica (lo semántico, lo sintáctico y lo pragmático).

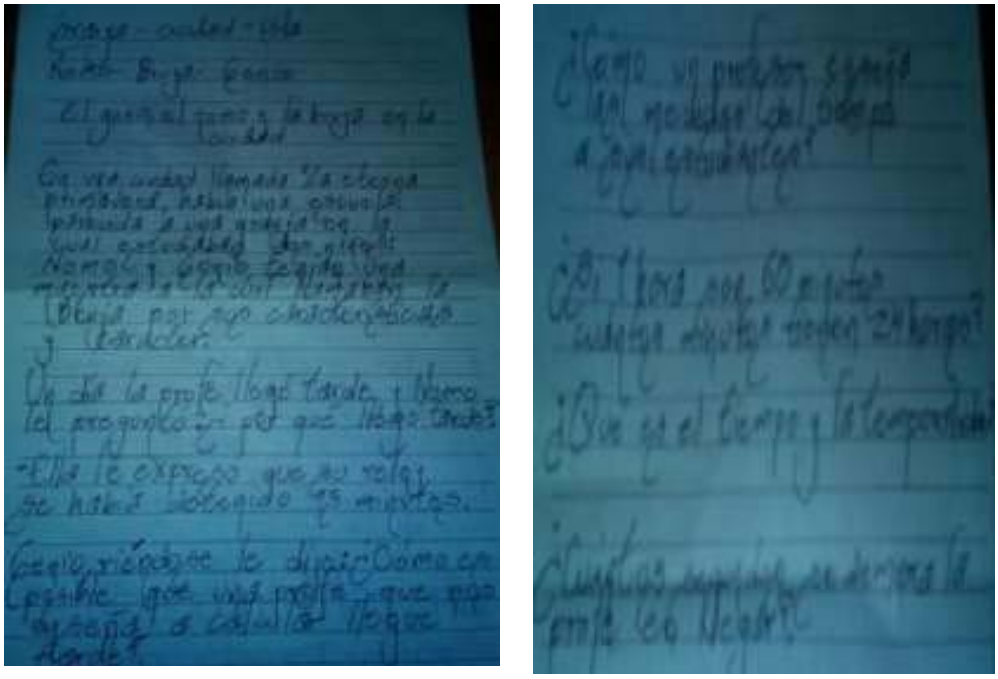
Imagen 2. Lanzamiento y construcción del texto narrativo.

- **Comentarios:** durante la construcción del texto se pudo evidenciar cómo los integrantes del grupo iban aportando en la narrativa, dicho de otro modo, fue un texto hecho a tres manos, tres voces y tres experiencias.

3) Problematización

Aquí vino el primer reto de la actividad y era problematizar el texto, es decir, con base en él plantear preguntas de orden literal, inferencial, crítico-intertextual y sobre todo matemáticas, estas últimas fueron las más difíciles, ya que la mayoría de los asistentes eran docentes del área de lenguaje o del nivel de la básica primaria.

Imagen 3. Texto escrito y preguntas.



- **Comentarios:** en este ejemplo se nota la incursión de datos de orden matemático como son las unidades de tiempo, además las preguntas planteadas son de diferente orden, es decir, literales, crítico-intertextuales y procedimentales. También se dio el caso en el que las preguntas fueron todas del orden de lo literal, lo cual fue puesto en discusión en el grupo al momento de evaluar la actividad.

4) Variaciones

Con la idea de acercar la literatura y la reivindicación de algunos cuentos tradicionales (Caperucita roja, Cenicienta, Hansel y Gretel…), se agregó una tarea más y era la de resolver las preguntas o cuestiones que aparecen en los textos base, además logran vincularse otras áreas del saber como la tecnología y las artes, ya que uno de los textos en cuestión se generó a partir de su ilustración, siendo un ejemplo de ello la imagen de Hansel y Gretel.

Imagen 4. Caperucita roja en el bosque.

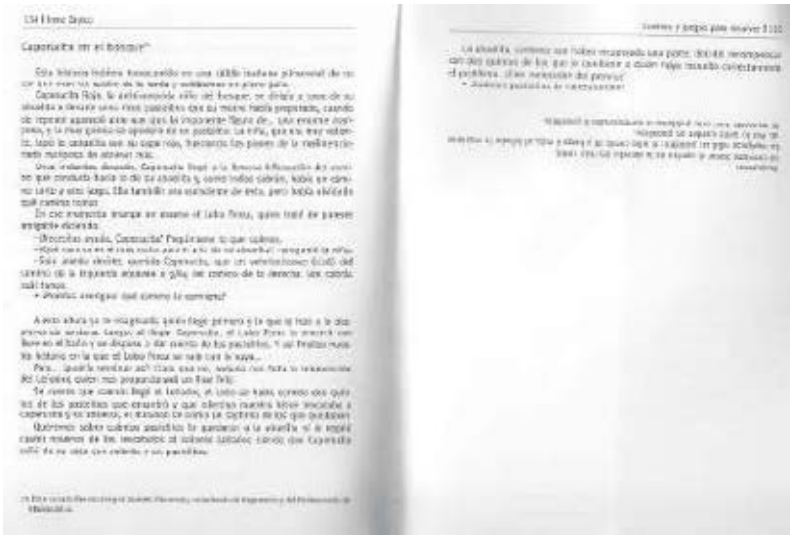


Imagen 4.1. Respuestas a los interrogantes planteados en el texto.

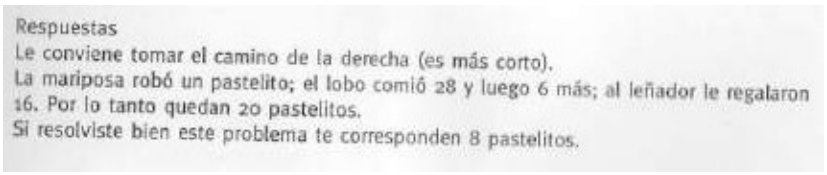

Respuestas
Le conviene tomar el camino de la derecha (es más corto).
La mariposa robó un pastelito; el lobo comió 28 y luego 6 más; al leñador le regalaron 16. Por lo tanto quedan 20 pastelitos.
Si resolviste bien este problema te corresponden 8 pastelitos.

Imagen 4.2. Ilustración del cuento Hansel y Gretel.

Imagen 4.3. Preguntas hechas basadas en el texto de Hansel y Gretel, conocido por gran parte de los asistentes.

- **Comentarios:** la parte de las variaciones proporcionó elementos importantes como fue la vinculación de otras áreas del saber, en este caso las artes y la tecnología, ya que como puede apreciarse en la imagen 4.2 esta fácilmente se construye con ayuda de un software de dibujo como Power Point u otro similar, valor agregado es que también se puede hacer a mano alzada o con objetos, ya queda a libertad del escritor, en este caso ilustrador, la técnica y herramientas que va a usar.

Además se evidencia en la imagen 4.3 que las preguntas planteadas cubren varios pensamientos matemáticos como son el métrico y el variacional.

5) Evaluación

A la hora de evaluar el trabajo, las opiniones y argumentos de los asistentes giraron en torno a las dificultades y fortalezas que se presentaron, entre las dificultades se habló de la falta de saber disciplinar en el caso de las matemáticas, ya que los mismos docentes expresaron no reconocer algunos conceptos matemáticos o procedimientos como en el caso de Caperucita en el bosque en el cual es fundamental reconocer los fraccionarios y sus elementos (numerador y denominador) para dar solución a las preguntas.

Otra dificultad manifiesta estuvo a la hora de proponer las preguntas o problematizar el texto construido, ya que muchas de las preguntas poco o nada incluían elementos de orden matemático y solo se aludía a lo literal, nivel básico en la comprensión de un texto.

Hablando de las fortalezas de la actividad, se rescató la multiplicidad de aspectos que pueden emerger en su desarrollo, ya que por medio de la construcción de un texto a través de los dados se pueden tratar temas como los polígonos regulares (tetraedro, icosaedro, entre otros), siendo estos los dados generadores y que bien pueden ser usados para abordar diferentes áreas del saber en las que se indiquen preguntas, conceptos, números y otros, dando pie al desarrollo de la creatividad. Un elemento más para resaltar fue el de la reivindicación de los cuentos clásicos como excusa para hablar en términos matemáticos y generar preguntas en ese ámbito.

IV. CONCLUSIONES

La actividad mostró la posibilidad de vincular diferentes áreas del saber, en este caso las ciencias, las artes y las humanidades por medio de diferentes tareas, además se logró reconocer que existen falencias en el saber disciplinar de las matemáticas y hasta en el del lenguaje, ya que competencias como la semántica, sintáctica y pragmáticas expresadas en los lineamientos curriculares del área de lengua castellana son desconocidas o no hay apropiación de estas por parte de los maestros.

Cabe agregar que habilidades sociales como el trabajo en equipo permitieron la toma de decisiones basadas en acuerdos grupales que fueron respetados, además de propiciar varias maneras de ver un fenómeno, en este caso el texto construido; y como reflexión final está la de la formación integral, ya que se requiere de individuos competentes básicamente en las áreas de ciencias básicas, lenguaje, tecnología y artes, todas ellas en pro de la comprensión de un mundo cuya complejidad se acrecienta con el paso del tiempo.

REFERENCIAS

[1] MEN, *Serie Lineamientos Curriculares Matemáticas*, Bogotá, 1998.

[2] I. Zapico, *Cuentos y juegos para resolver*, Buenos Aires: Lugar Editorial, 2009.

[3] MEN, *Lineamientos curriculares de lengua castellana*, Bogotá: Magisterio, 1998.

AUTOR

Gabriel Jaime Castaño Uribe

Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín; Licenciado en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia y Normalista superior con énfasis en Lengua Castellana; Coordinador del Nodo de Lenguaje de Antioquia, miembro de la red Nacional y Latinoamericana para la transformación docente en lenguaje e integrante del colectivo de la Red de Gestión Curricular del municipio de Medellín (REM – Red de educadores MOVA-).

Áreas de investigación: planeación curricular, evaluación de los aprendizajes y el currículo, pedagogía y didáctica en las áreas de lenguaje y matemáticas.

El desarrollo del pensamiento espacial y sistemas geométricos: estrategias metodológicas en estudiantes de grado séptimo de la institución educativa encimadas.

The development of spatial thinking and geometric systems: methological strategies in seventh graders from the Encimadas educational institution.

Londoño Castañeda, Juan Sebastian[1]

1 Magíster en enseñanza de las ciencias exactas y naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Contacto: julondonoc@unal.edu.co

Resumen:

Este trabajo es una propuesta de investigación que tiene como propósito contribuir con un conjunto de herramientas metodológicas que permitan el desarrollo del pensamiento espacial en estudiantes de grado séptimo, basada en referentes teóricos como: Modelo de razonamiento de Van Hiele, la Papiroflexia, herramientas digitales en la enseñanza de la geometría y teoría constructivista de Jean Piaget. El alcance de esta investigación es de tipo mixto, de tal manera que pueda llegar a contribuir a futuras investigaciones que conduzcan a obtener alcances correlacionales. Para este ejercicio de desarrollo del pensamiento espacial se deben fortalecer los procesos cognitivos generales que se encuentran descritos de acuerdo al Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES) y los Estándares Curriculares para el área de Matemáticas como: La comunicación, el razonamiento, la formulación, comparación y ejercitación de procedimientos; el planteamiento y resolución de problemas, tomando como eje de aprendizaje los derechos básicos de aprendizaje (DBA) para orientar el diseño y formulación de guías de aprendizaje que contribuyan al desarrollo del pensamiento espacial. De acuerdo a los resultados, la media de notas se encuentra aproximadamente en 3,36 ± 1,10; es decir, hay una tendencia de los estudiantes aprobar, sin embargo, la desviación indica la presencia de datos extremos (calificaciones muy altas y muy bajas).

Palabras clave: Pensamiento espacial, sistemas geométricos, estándares curriculares y derechos básicos de aprendizaje.

Abstract:

This work has as its main contribu of this research is to propose a set of methodological tools that allow the development of spatial thinking in high school students, based on theoretical references such as: Van Hiele levels model, Papiroplexia, digital tools in the teaching of geometry and the constructivist theory of Jean Piaget. Thus, the aim of this presentation is theoretical argumentative, so that it can contribute to future researches that can reach correlational scopes. In the development of spatial thinking

should be strengthen the general cognitive processes that are described according to the Colombian Institute for the Evaluation of Education (ICFES) and the Curricular Standards for the Mathematics area as: the Communication, reasoning, formulation, comparison and exercise of procedures and the approach and resolution of problems. Taking as a learning axis the Basic Learning Rights (DBA) to guide the design and formulation of the learning guides that contribute to the development of spatial thinking. According to the results, the average grade is approxibately 3,36 ± 1,10; that is, there is a trend of the approved students, however the deviation indicates the presence of extreme data (very high and very low grades)

Keywords: Spatial thinking, geometric systems and basic learning rights

I. INTRODUCCIÓN

Con frecuencia se escucha hablar como las matemáticas se tornan un dolor de cabeza para los niños, adolescentes y adultos. Parece difícil dar un diagnóstico acertado en donde comienza este tormentoso camino y en dónde acabará. Estas falencias pueden llegar a ser vistas por el docente como falta de interés, dificultades diagnosticadas y no diagnosticadas, falencias básicas, errores de lectura e interpretación, entorno social y familiar; por otro lado, el alumno ve su rendimiento afectado por el interés, problemas sociales, falta de atención entre otros. Estas dificultades son en realidad cotidianas, pero no se ha determinado su relación [15].

El Ministerio de Educación Nacional (MEN) ha identificado estas falencias, y desde su óptica a tratado de mejorar el sistema educativo a través programas como la jornada única y mayor preparación de los docentes, que es cada vez es mejor y más estricta. Pero hay que mencionar que no está diseñada para un contexto como el colombiano donde el nivel de infraestructura e interconectividad no es el adecuado, donde los adolescentes siguen viendo las repercusiones del conflicto, el estereotipo del narcotráfico y la falta de recursos educativos. Las evaluaciones nacionales (pruebas saber tercero, quinto y noveno) como internacionales (pruebas Pisa 2012) han dado un derrotero para mejorar el sistema académico. Por lo anterior, se debe "desarrollar una visión del sistema educativo como un continuo con expectativas claras de aprendizaje en cada etapa, reducir las desigualdades socioeconómicas y regionales, mejorar las practicas docentes" entre otras [11, p. 7].

Las principales falencias que tienen los estudiantes se muestran para operar con los conceptos y procedimientos relacionados con el espacio (formas y figuras en el plano) y con las magnitudes (longitud, área, volumen, capacidad, masa) [10]. En ese sentido, el objetivo de este estudio es: Contribuir en estrategias metodológicas y analizar los posibles resultados que permitan el avance procesos asociados al desarrollo del pensamiento espacial y sistemas geométricos en estudiantes de grado séptimo.

En aras de cumplir con este propósito se definirá el contexto en el cual se desempeñan los estudiantes, analizar los referentes históricos y metodológicos en la enseñanza de la geometría; para la construcción de las guías basado en referentes teóricos como Jean Piaget [12], Van Hiele [15,16], Irma Saiz [13], Bishop [1], entre otros; a través del modelo escuela nueva y evaluar su mejora de acuerdo los Procesos asociados al desarrollo del pensamiento matemático de acuerdo al SABER 11 y los Procesos generales de la actividad matemática de acuerdo a los lineamientos curriculares

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

Metodología

Se establecen métodos para el desarrollo del pensamiento espacial y los sistemas geométricos. Se trazan detalles alusivos al contexto y a los objetivos trazados, se establecen criterios de medición basados en afirmaciones dadas por el ICFES y el ministerio de educación Nacional [9], se realiza una caracterización de la población, se describe un juicio de análisis e interpretación de los resultados con base en diferentes indicadores de las pruebas saber noveno y las preguntas liberadas por el ICFES que establecen un dictamen en el desarrollo del pensamiento espacial y los sistemas geométricos.

Está investigación es de tipo cualitativo-descriptivo basado en diferentes referentes teóricos como: el modelo constructivista de Jean Piaget, los nieves de razonamiento propuestos por Van Hiele, la papiroflexia, el uso de herramientas digitales y plataformas virtuales, etc usando como medio el modelo de escuela nueva; con el propósito contribuir en estrategias metodológicas y analizar los posibles resultados que permitan el avance procesos asociados al desarrollo del pensamiento espacial y sistemas geométricos en estudiantes de grado séptimo, de acuerdo a los procesos generales de la actividad matemática y los procesos asociados al desarrollo del pensamiento matemático de acuerdo al ICFES.

La información que permitiría describir los resultados obtenidos en el presente trabajo, proviene de las siguientes fuentes:

El desarrollo de las diferentes metodologías de acuerdo a las diversas teorías que se encuentran descritas en las guías, como la interacción y la comunicación entre estudiante – docente y estudiante – estudiante, las observaciones directas en el aula por el docente, el pre test y el pos test.

Cada test (pre test y pos test) cuenta con tres preguntas abiertas en las cuales se evaluará la apropiación en conceptos como rotación, traslación y reflexión; además cuenta con diecisiete preguntas tipo ICFES divididas de la siguiente manera: razonamiento (9 preguntas), comunicación (4 preguntas), modelación (3 preguntas) y resolución de problemas (1 pregunta), de acuerdo a esto se evaluará la mejora en dichos procesos en los nueve estudiantes como grupo, estableciendo una relación porcentual entre las preguntas acertadas y el total de las preguntas.

Se realizaron tres intervenciones programadas para doce horas, las cuales se prorrogaron en una hora adicional. Las intervenciones se vieron siempre acompañadas de diferentes grados, esto debido a que en la institución educativa tiene aulas multigradas, para este caso los estudiantes de sexto y de séptimo comparten un mismo espacio.

Resultados

Las problemáticas encontradas destacan el manejo de herramientas informáticas, manejo de utensilios propios de la geometría (principalmente reglas), falencias en el reconocimiento de figuras geométricas básicas, y confusión en conceptos como la lateralidad, verticalidad y horizontalidad, es decir, tiene confusiones en cuanto al uso de sistemas de referencia para localizar o describir la posición de objetos y figuras; en identificar características de localización de objetos en sistemas de representación cartesiana y geográfica [7].

El uso del software GeoGebra se realizó por fases, propuesta presentes en estudios como el de Sarrín [14] y las tesis propuestas por Godino [5, 6], Cantoral [2,3] y Dávila [4], basado en el modelo de razonamiento de Van Hiele: una fase de información, en la cual se indaga sobre conocimientos previos; donde los estudiantes mostraron problemas en el manejo de herramientas informáticas, conocimiento sobre figuras planas y polígonos, esta situación fue identificada en el pre test, donde mostraron dificultades al momento de usar sistemas de referencia para localizar o describir posición de objetos y figuras. Para atacar esta problemática persistente se realizó un acercamiento usando figuras de madera, software Polyedron Ar (en su versión gratuita) y la papiroflexia que permitió dar una percepción del espacio y del plano, para dar claridad a la confusión entre figuras bidimensionales y tridimensionales.

Esto de acuerdo a Bishop [1] ayuda a que los alumnos realicen distinciones entre las imágenes que son tangibles y aquellas que puedan ser representaciones mentales de objetos que puedan ser manipulados en una actividad donde intervenga la abstracción (vista como visualización), esto en conjunto con la papiroflexia permite que los estudiantes lleguen a sus propias conclusiones, muestren gran inquietud y motivación, al momento de realizar las diferentes actividades.

En la fase de orientación dirigida los alumnos se mostraron receptivos en el manejo de software (Khan Academy y GeoGebra), donde su principal falencia radico en conceptos propios de las temáticas que se estaban desarrollando, adjudicando desconocimiento de palabras como rotación, traslación, homotecia (conceptos evaluados en los test) entre otras, por ende, argumentar formal e informalmente sobre propiedades y relaciones con figuras planas y sólidos. En la fase de explicitación se realizó un dialogo con los estudiantes a fin de dar claridad sobre los diferentes procesos de aprendizaje con respecto al manejo básico del software y el uso de símbolos lingüísticos propios de la matemática y particularmente de la geometría. La fase cuatro y cinco estaba orientada a la solución de los problemas expuestos en las guías y la socialización de los mismos.

En conclusión, se observó que en las diferentes guías e intervenciones planteadas permitieron resultados favorables, seis de los nueve estudiantes (el 66,66%) alcanzaron desempeños superiores y básicos, sin embargo, los desempeños básicos y bajos mostraron que el lenguaje utilizado y las diferentes herramientas no eran asimilados de manera oportuna en los tiempos esperados, no comprendían los enunciados de algunas de las actividades expuestas en test, lo que desmotiva al estudiante, haciéndoles perder el interés por comprender las diferentes temáticas. Tampoco son ajenos los problemas socioculturales que allí se presentan, familias disfuncionales o carentes de figuras, inasistencia y las características intrínsecas del estudiante, todos estos factores interfieren en el aprendizaje oportuno, dificultades que se encuentran mencionados en estudios como los de Sarrín [14] y no se pueden obviar.

En cuanto a razonamiento se presentó una mejora sustancial, dos de cada tres preguntas (el 66,67%) fueron resueltas de manera satisfactoria, lo cual implica un aumento del 27,78% de aciertos con respecto al pre test, esto se ve expuesto en una mejora en cómo se abordaban los problemas y como justificaban sus procedimientos. En este sentido, el uso de argumentos válidos, mostrándose recursivos en la solución de problemas y la conciencia de sus propios errores, hicieron que se generara una acción sobre el pensamiento espacial y los sistemas geométricos. Sin embargo, sus argumentaciones desde el punto de vista de matemático no fueron sólidos, pero si lo suficientemente compresibles.

La mejora en el razonamiento lógico permitió que los estudiantes pudieran percibir algunas regularidades y relaciones, algunos de ellos pudieron hacer predicciones y sacar sus propias conjeturas con respecto a preguntas planteadas, dando explicaciones coherentes, proponiendo posibles interpretaciones, adaptarlas o rechazarlas. Pese a estas dinámicas no siempre las razones y argumentos puestos en práctica eran matemática objetivos, es decir, dominaban algunos procedimientos y reglas, pero la matemática no se resume memorización de reglas y algoritmos, debe tener sentido.

Se mostró una mejora en comunicación, diecinueve de cada veintisiete preguntas fueron acertadas (70,37%), con una mejora del 34,57%, aumentando en veintiocho preguntas resueltas con respecto al pre test. Esto quedó demostrado en una mejor manera de expresarse, exponiendo sus ideas con mayor claridad y fluidez, ya se sea en forma oral o en forma escrita, siempre buscando el argumento más sólido para hacer sus ideas más convincentes con respecto al grupo. Sin embargo, se debe resaltar la escasez de vocabulario que tiene los estudiantes, lo cual hizo que este proceso se entorpeciera de manera frecuente, la argumentación lógica fue un problema recurrente. A pesar de ello siempre se mantuvieron optimistas y las actividades siempre propusieron la participación activa de los estudiantes.

La compresión de modelación aumentó, el grupo pudo responder veinte de las veintisiete preguntas puestas en el pos test (el 74,07%), aumentando en siete el número de preguntas acertadas (el 22,22%) con respecto al pre test. Donde el entendimiento de gráficas y tablas como fenómenos de recopilación de datos jugó un papel determinante al igual representaciones verbales, sin embargo, al momento de hablar de ecuaciones que puedan llegar a describir un fenómeno simple los estudiantes parecieron confundidos.

La modelación a pesar de que presentó un aumento como todos los ítems, es el que cuenta con mayor dificultad para los estudiantes. Hablar de la descripción de fenómenos naturales usando la matemática como herramienta, parece confuso y poco compresible para el estudiante. Plantear fenómenos algebraicos que puedan ser vistos como modelos (no son propiamente modelos), hace que los estudiantes se muestren reacios esto debido al poco entendimiento que tienen sobre las ecuaciones y como estas puedan llegar a representar los diferentes fenómenos.

La resolución de problemas fue uno de los ítems con menor número de preguntas. Dentro de las preguntas elaboradas por el ICFES apenas se encontró una de estas, en total al grupo se le realizaron nueve preguntas de las cuales respondieron de manera satisfactoria dos (22,22%), una más con

respecto al pre test. Lo cual quiere decir que este es uno de los parámetros con mayor dificultad para los alumnos. Las actividades de resolución de problemas hacen que los alumnos se vean inmersos en la compresión, el análisis y la orientación hacia una posible solución de problemas; los estudiantes a pesar de que mejoraron de manera notable en la mayoría de las competencias, mostraron dificultades para tener compresión de algunos de los problemas debido al poco acercamiento que habían tenido a un lenguaje matemático, a pesar de que dominaban algunos algoritmos, operaciones básicas, no tenían un horizonte claro con respecto al uso de diferentes herramientas, esto en definitiva muestra que acostumbraban a realizar operaciones y problemas de forma memorística sin preguntarse o indagar sobre la solución.

III. CONCLUSIONES

Los estudios que sirvieron como fuente de información fueron aplicados en estudiantes de básica primaria teniendo resultados positivos, y en este se replicaron algunos de los procedimientos realizados en dichos estudios, obteniendo resultados que pueden ser replicables y reproducibles, es decir, el aprendizaje del espacio, el desarrollo del pensamiento espacial tiene procesos que son homologables en estudiantes que se encuentren en diferentes etapas de acuerdo a la teoría de desarrollo cognitivo de Piaget [12], lo cual permite contribuir a los diferentes procesos asociados al desarrollo del pensamiento espacial (comunicación, modelación, razonamiento y resolución de problemas).

Con respecto a la identificación de estrategias metodológicas, las actividades expuestas en conjunto provocan en gran medida que los estudiantes participen de las actividades, relacionando conceptos espaciales y la compresión de representaciones geométricas, el efecto sinérgico contribuyo de manera significativa para lograr un avance importante, sin embargo, de acuerdo a los trabajos realizador por Sarrín [14] los niveles de razonamiento de Van Hiele por si solos pueden tener un efecto similar, en contraste con el presente trabajo se puede mostrar como la apatía desaparece con actividades lúdicas y didácticas que contribuyen al

desarrollo del pensamiento espacial, actividades como aprendizaje acerca del de Bichop [1] la Ubicación espacial de Saiz (1998), y el origami como recurso didáctico de Mejía [8] que contribuyen de manera importante a identificar características de localización de objetos en sistemas de representación cartesiana y geográfica; sin dejar de lado el uso sistemas de referencia para localizar o describir posición de objetos y figuras.

La herramienta de geométrica dinámica (GeoGebra) en el uso de los niveles de razonamiento de Van Hiele permite analizar el desarrollo del pensamiento espacial y sistemas geométricos, identificar falencias comunicativas en definiciones como rotación, homotecia, línea, plano, etc. Mostrar la importancia de comprender los conceptos permite al estudiante no solo aplicar si no transmitir sus ideas de manera más eficiente y así mismo comprender de forma asertiva. La secuencialidad, la progresividad y la lingüística presentes en modelo permiten a los alumnos llegar a conjeturas, construir definiciones desde su entendimiento, reconocer, analizar y entablar relaciones. A pesar de esto, algunos de los estudiantes no lograron comprender algunas de las propiedades, llegar a deducir otras ni un razonamiento lógico matemático profundo, esto se evidencia en prácticas memorísticas. En este momento, pueden identificar los elementos que componen una rotación, visualizar el punto de rotación, es decir, identificar y describir efectos de transformaciones aplicadas a figuras planas, predecir y explicar los efectos de las transformaciones rígidas sobre figuras bidimensionales; de manera concluyente se puede decir que los estudiantes no lograron niveles de clasificación y deducción formal, en este sentido, no pueden argumentar formal e informalmente sobre propiedades y relaciones de figuras planas y sólidos.

Con respecto al objetivo general: *"Contribuir en estrategias metodológicas y analizar los posibles resultados que permitan el avance procesos asociados al desarrollo del pensamiento espacial y sistemas geométricos en estudiantes de grado séptimo"* este trabajo permitió identificar diferentes estrategias que contribuyen al entendimiento y análisis del espacio, mejorar la compresión de las actividades que se realizan dentro del aula y el propósito de las mismas, en este sentido, se puede afirmar de acuerdo a

lo que se encuentra expuesto se logró el objetivo trazado para este estudio. Se logró, no solo proponer y analizar diferentes estrategias, sino también contribuir a una transformación en la mentalidad de los alumnos sobre la complejidad de las matemáticas y como están se encuentran presentan dentro de nuestra cotidianidad.

REFERENCIAS

[1] Bishop. A. J. Cultural conflicts in mathematics education: developing a research agenda. For the Learning of Mathematics, 14(2), 15-18. 1994

[2] Cantoral, R. y Farfán, R.M.. Pensamiento y lenguaje variacional en la introducción al análisis. Épsilon, 42 (14–3), 353–369. (1998)

[3] Cantoral, R., Reyes-Gasperini, D. y Montiel, G. Socioepistemología, matemáticas y realidad. Revista Latinoamericana de Etnomatemática, 7(3), 91-116. (2014).

[4] Dávila. Desarrollo de Pensamiento Variacional en Estudiantes de Secundaria , mediado por GeoGebra. (2018). Retrieved from http://www.bdigital.unal.edu.co/

[5] Godino, J. D. Didáctica de las matemáticas para maestros. Granada, España: GAMI, S. L. Fotocopias.

[6] Godino, J.D. Batanero, C. y Font, V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics education. ZDM. The International Journal on Mathematics Education, 39 (12): 127-135. (2002).

[7] Jaime, A.¿Por qué los estudiantes no comprenden la geometría? En A. Gutiérrez y A. Jaime (Eds.), Geometría y algunos aspectos generales de la Educación Matemática (pp. 23 – 43). Bogotá: Una empresa docente. (1998).

[8] Mejía, Heberto de la Torre; Prada, Adalberto El origami como recurso didáctico para la enseñanza de la geometría. Taller realizado en 9° Encuentro Colombiano de *M*atemática Educativa (16 al 18 de Octubre de 2008). Valledupar, Colombia. Encuentro Colombiano de *M*atemática Educativa (2008).

[9] Ministerio de Educación Nacional (MEN), Lineamientos Curriculares de Matemática. Serie lineamientos curriculares, Bogotá – Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio. 1998.

[10] Ministerio de Educación Nacional (MEN), Revisión de políticas Nacionales de Educación en Colombia, Bogotá – Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio. 2006.

[11] Organización para la Cooperación y el desarrollo económicos (OCDE) 2012, 2016. Reporte de Educación en Colombia. Colombia, Bogotá – Colombia: Editorial Ministerio de Educación Nacional de Colombia. 2012, 2016.

[12] Piaget, J. La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo. Madrid: Siglo XXI. (1978).

[13] Saiz, I. E. La ubicación espacial en los primeros años de escolaridad. Educación Matemática, 10(Brousseau 1986), 77–87. (1998).

[14] Sarrín. Rotaciones y niveles de razonamiento, según el modelo de Van Hiele : resultados de una experiencia. 128 Educación XXVIII, 54(54), 127–158. (2019).

[15] Usiskin, Z. Van Hiele Levels and achievement in secondary school geometry. Chicago: University of Chicago. (1982).

[16] Van Hiele, P.M.: El problema de la comprensión. En conexión con la comprensión de los escolares en el aprendizaje de la geometría. Tesis doctoral no publicada. Universidad Real de Utrecht: Utrecht, Holanda. (1957) Disponible: http://www.uv.es/Angel.Gutierrez/aprengeom/archivos2/VanHiele57.pdf

AUTOR

Juan Sebastián Londoño Castañeda

Magíster en enseñanza de las ciencias exactas y naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Ingeniero de Alimentos, de la Universidad de Caldas, Docente de matemáticas del magisterio nacional de Colombia, en el municipio de Samaná, Caldas; en las Institución Educativa Encimadas.

Áreas de investigación: Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Desarrollo del pensamiento estadístico en docentes: un espacio de cualificación a partir de los enfoques didácticos contemporáneos[1]

Developing statistical literacy in teachers: a qualification study based on contemporary didactic approaches.

Cardona, Mateo[2], Figueroa, Jaider[3]

1 Trabajo presentado para optar al título de Magíster en la enseñanza de ciencias exactas y naturales.

2 Universidad Nacional de Colombia sede Manizales; 0000-0003-1175-4855. Contacto: macardonama@unal.edu.co.

3 Universidad Nacional de Colombia sede Manizales; 0000-0002-7408-6017. Contacto: jafigueroaf@unal.edu.co

Resumen

El presente trabajo pretende generar espacios de cualificación docente, frente al pensamiento estadístico y las nuevas estrategias de enseñanza y aprendizaje, con docentes de básica primaria. El trabajo se enmarca en el paradigma cualitativo y es de carácter descriptivo; se desarrolla en cuatro etapas: diagnóstica, cualificación y discusión docente, diseño y construcción de actividades de clase y análisis de las actividades propuestas. Se espera que los docentes reconozcan y relacionen las ideas fundamentales inmersas en el pensamiento estadístico, presenten actividades que faciliten el desarrollo de la estadística de manera holística, simulando un entorno de investigación, diseñen situaciones apoyándose en los diferentes enfoques didácticos presentes en las matemáticas y utilicen los lineamientos nacionales e internacionales en estadística, para crear clases y problemas orientados hacia la generación de pensamiento estadístico.

Palabras clave: pensamiento estadístico, cualificación del docente, aprendizaje basado en proyectos, ideas fundamentales.

Abstract

This work aims to generate spaces for teacher qualification, in the face of statistical thinking and new teaching and learning strategies, with elementary school teachers. The work is framed in the qualitative paradigm and is descriptive, it is developed in four stages: Diagnosis, teacher qualification and discussion, design and construction of class activities and analysis of the proposed activities. Teachers are expected to recognize and relate the fundamental ideas embedded in statistical thinking; present activities that facilitate the development of statistics in a holistic way, simulating a research environment; design situations based on the different didactic approaches present in mathematics and use national and international guidelines in statistics to create classes and problems oriented towards the generation of statistical thinking.

Keywords: statistical literacy, teacher qualification, project-based learning, fundamental ideas.

I. INTRODUCCIÓN

En el marco de la educación del siglo XXI la estadística cobra un punto preferencial por encima de otras disciplinas, según Carmen Batanero [1], en una sociedad como la actual es imprescindible preparar a los jóvenes para interpretar, evaluar críticamente y comunicar información estadística presentada por diversas fuentes. De esta manera la estadística se ha convertido en parte fundamental de la cultura ya que, día a día, nos encontramos rodeados con información que debemos evaluar interpretar y valorar su contenido.

Debido a lo anterior debemos plantearnos si lo que se está enseñando sigue estás líneas de la cultura estadística o si por el contrario nos encontramos varios peldaños por debajo; vale la pena preguntarnos si aún ¿prima en la escuela lo procedimental? o con el paso de los años se ha dado mayor importancia a la interpretación; aunque nos parezca sorprendente los avances en cuanto a las estrategias de enseñanza-aprendizaje de la estadística poco o nada han avanzado, ya que, según Fishbein[2], el currículo se ha orientado exclusivamente hacia un pensamiento determinista, que poca aproximación tiene al mundo real. Pero teniendo todo esto como referente, ¿qué se puede hacer desde la escuela para sopesar todos estos pormenores?

Según Batanero[3], hay varios aspectos que se pueden mejorar, entre los cuales se encuentran:

- Promover las ideas estadísticas fundamentales.
- Educar la intuición.
- Nivel de formalización.
- La formación de profesores.

El trabajo se desenvuelve en torno a los ítems 1 y 4 y para tal propósito se requiere de un modelo que nos muestre los conocimientos que debe tener un profesor, particularmente el de matemáticas, el modelo escogido fue el MTSK (Mathematics Teachers' Specialized Knowledge) creado por la Universidad de Huelva [4], que nos presenta los siguientes

conocimientos: conocimiento de los temas, conocimiento de la estructura matemática, conocimiento de la práctica matemática, conocimiento de las características de aprendizaje de las matemáticas, conocimiento de la enseñanza de las matemáticas y conocimiento de los estándares de aprendizaje de las matemáticas.

Bajo lo anterior, se consideró pertinente tomar las ideas estadísticas fundamentales presentadas por Burril y Biehler[5] como el conocimiento de los temas, ya que estas aparecen en todos los contextos estadísticos y pueden presentar diversos grados de rigor, estas son: datos de representación, distribución y variación, probabilidad, asociación y correlación, muestreo e inferencia.

Para el conocimiento de la estructura matemática y de la práctica se tomaron las dimensiones investigativas de Wild y Pfannckuch [6].

El conocimiento de las características de aprendizaje y el conocimiento de la enseñanza de la matemática se enmarca en la teoría de las situaciones didácticas y el aprendizaje basado en proyectos y, finalmente, para los lineamientos se tomaron proyectos como el GAISE (Guidelines for Assesment and Instruction in Statistics Education) o el NCTM (National Council of Teachers of Mathemathics), contando también con los propios de Colombia.

Con todo lo anterior, se presenta el siguiente objetivo:

Desarrollar espacios de cualificación docente, en torno al fortalecimiento del pensamiento estadístico y las nuevas estrategias de enseñanza y aprendizaje, con docentes de básica primaria.

Y como objetivos específicos:

- Diagnosticar el nivel inicial de apropiación que tienen los docentes en materia de pensamiento estadístico y en su enseñanza.
- Realizar actividades de discusión alrededor de los procesos asociados al pensamiento estadístico.

- Persuadir a los docentes hacia la construcción de sus propias actividades de clase.
- Realizar un análisis sobre las actividades propuestas por los docentes y las directrices dadas en el proceso de capacitación.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

El trabajo se enmarca en el paradigma cualitativo de tipo descriptivo, cualitativo porque la variable objeto de estudio (cualificación docente), tiene que ver con habilidades, procesos asociados al pensamiento estadístico y es de naturaleza cualitativa.

Descriptivo porque se pretenden describir avances o dificultades de los docentes en torno a:

- Reconoce y relaciona las ideas fundamentales inmersas en el pensamiento estadístico.
    - El docente diferencia y categoriza las diversas ideas fundamentales inmersas en el pensamiento estadístico.
    - El docente justifica y argumenta cada una de las ideas fundamentales.

- Presenta actividades que facilitan el desarrollo de la estadística de manera holística, simulando un entorno de investigación.
    - El docente reconoce la importancia de no presentar temas aislados.
    - El docente reconoce la importancia de no presentar temas aislados.
    - Presenta actividades que facilitan el desarrollo de la estadística de manera holística.
    - El docente reconoce la estadística como un potencial aliado para darle una interpretación al mundo real.
    - El docente reconoce las diferencias que presentan la estadística y la matemática.

- El docente reconoce la aparición de herramientas a problemas puntuales y no la aproximación a estas sin un contexto bien definido.

- Diseña situaciones apoyándose en los diferentes enfoques didácticos presentes en las matemáticas.
  - El docente reconoce la importancia de plantear una situación que sea del nivel y del interés de sus estudiantes.
  - El docente favorece la intuición en el planteamiento del problema
  - El docente genera una reflexión sobre su práctica docente.
  - El docente reflexiona sobre la simulación y solución a priori de la situación propuesta a los estudiantes.
  - El docente reconoce la importancia de las preguntas orientadoras que aproximan al estudiante hacia el conocimiento deseado.
  - El docente da una mayor importancia al análisis de resultados que a su parte procedimental.
  - El docente se apoya en las TIC como mediadoras del conocimiento
  - El docente motiva a sus estudiantes a plantear sus propios problemas y que estos los puedan solucionar.

- Utiliza los lineamientos nacionales e internacionales en estadística, para crear clases y problemas orientados hacia la generación de pensamiento estadístico.
  - El docente plantea objetivos claros que son consecuentes con las políticas educativas.
  - El docente reconoce en los lineamientos un aliado indispensable para su planeación.

El proceso se llevó a cabo mediante cuatro etapas: la primera diagnóstica que evaluaba sus conocimientos disciplinares, creencias frente al pensamiento estadístico y una propuesta de clase frente al pensamiento estadístico; la segunda de cualificación que se enfoca en fortalecer las competencias anteriormente citadas; la tercera de construcción de

actividades que persuadía a los docentes para la construcción de sus propias actividades, basado en las competencias anteriormente expuestas y; finalmente, la cuarta de análisis de resultados, donde se presentan los avances y mejoras de cara a la primer planeación.

Frente a las anteriores competencias, se obtuvieron los siguientes resultados:

Se generaron mejoras sustanciales frente a reflexión de la práctica docente, al planteamiento de objetivos claros y al reconocimiento de los lineamientos como un aliado indispensable. Hubo grandes mejoras frente a la diferencia y categorización de las ideas fundamentales, al reconocimiento de no presentar temas aislados, favorecer la intuición en el planteamiento del problema, privilegiar las preguntas orientadoras y al análisis de resultados sobre cálculos procedimentales.

No hubo cambios significativos frente a reconocer la diferencia que presentan la matemática y la estadística, debe reflexionar sobre la simulación a priori de la situación propuesta a los estudiantes.

Para un futuro trabajo se deben focalizar las TIC como mediadoras de conocimiento, motivar a los estudiantes para que generen sus propios problemas[4].

III. CONCLUSIONES

- A través del espacio de cualificación docente se logra contribuir al fortalecimiento del pensamiento estadístico y de sus prácticas pedagógicas, específicamente esto se logró mediante el reconocimiento de las ideas estadísticas fundamentales, el razonamiento estadístico y el aprendizaje basado en proyectos, todo mediado por la teoría de las situaciones didácticas.

4 Para mayor información consultar trabajo presentado para Tesis maestría.

- Los docentes logran identificar a través del proceso de cualificación procesos propios del pensamiento estadístico que, posteriormente, se ven reflejados en sus planeaciones.
- Al diagnosticar el nivel inicial de los docentes se evidencia una carencia en sus componentes disciplinares, que posteriormente se ven reflejadas en sus planeaciones, de allí la importancia de generar espacios de cualificación.
- Generar espacios de discusión se hace indispensable y constructivo ya que, invita a los docentes a evaluar sus prácticas pedagógicas y a difundir entre sus compañeros, experiencias significativas.

REFERENCIAS

[1] Batanero, C. (2004). Los retos de la cultura estadística. Yupana. Revista de Educación Matemática de la UNL, 1, 27-36.

[2] Ajzen, I., & Fishbein, M. (1975). A Bayesian analysis of attribution processes. Psychological bulletin, 82(2), 261.

[3] Batanero, C. (2004). Los retos de la cultura estadística. Yupana. Revista de Educación Matemática de la UNL, 1, 27-36.

[4] Aguilar González, Á., Carreño, E., Carrillo Yáñez, J., Climent Rodríguez, N., Contreras González, L. C., Escudero, D. I., ... & Rojas, N. (2013). El conocimiento especializado del profesor de matemáticas: MTSK

[5] Burrill, G., & Biehler, R. (2011). Fundamental statistical ideas in the school curriculum and in training teachers. In Teaching statistics in school mathematics-Challenges for teaching and teacher education (pp. 57-69). Springer, Dordrecht.

[6] Wild, C. J., & Pfannkuch, M. (1999). "Statistical thinking in empirical enquiry". International statistical review, 67(3), 223-248.

[7] Brousseau, G. (2007). Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas/Introduction to study the theory of didactic situations: Didactico/Didactic to Algebra Study (Vol. 7). Libros del Zorzal

[8] Batanero, C., & Godino, J. D. (2002). Estocástica y su didáctica para maestros. Departamento de Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada.

[9] Behar Gutiérrez, R., & Grima Cintas, P. (2010). 55 respuestas a dudas típicas de estadística. Ediciones Díaz de Santos.

AUTORES:

Mateo Cardona Marín

Nació en Manizales, Colombia, el 27 de diciembre de 1991. Se graduó de bachiller del Liceo Arquidiocesano de Nuestra Señora, como Ingeniero Electrónico de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales y actualmente cursa la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Se desempeña como docente en la Institución Educativa Partidas desde el año 2018.

Áreas de investigación: investigación en educación matemática en las líneas de pensamiento estadístico, formulación de problemas e implementación de tecnologías como mediadoras del conocimiento.

Jaider Figueroa Flórez

Nació en Sucre, Colombia, el 06 de junio de 1980. Se graduó de bachiller en la Institución Educativa Liceo Carmelo Percy Vergara de Corozal, como Licenciado en Matemáticas en la Universidad de Sucre, y Magíster en Matemática Aplicada en la Universidad Nacional de Colombia - Manizales. Se ha desempeñado como docente de matemáticas y directivo

docente en Instituciones Educativas de básica secundaria y media (2002-2015), catedrático de la Universidad de Sucre (2004-2015) y de la Universidad de Caldas. Actualmente docente de planta de la Universidad Nacional de Colombia – sede Manizales, adscrito al Departamento de Matemáticas y Estadística y desde 2019 director de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

Áreas de investigación: investigación en modelamiento matemático y educación matemática en las líneas pensamiento matemático y resolución de problemas, y construcción de ambientes de aprendizaje con tecnologías.

Estimativo de la variedad estable e inestable de un punto de silla para un modelo del Microscopio de Fuerza Atómica (AFM)[1]

Estimate of the stable and unstable manifold of a saddle point for atomic force microscope (AFM) model

Chaves-Tobar, José[2], Gutiérrez, Alexander[3]

1 Resultados parciales del proyecto "Cuencas de atracción y estimativos de monotonía de la función periodo para modelos AFM". Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión, Universidad Tecnológica de Pereira, código E3-21-1, año 2021.

2 Universidad Tecnológica de Pereira; código ORCID 0000-0003-0075-1624. Contacto: jose.chaves@utp.edu.co

3 Universidad Tecnológica de Pereira; código ORCID 0000-0003-2888-3960. Contacto: alexguti@utp.edu.co.

Resumen

El microscopio de fuerza atómica AFM es un instrumento científico de medición, ampliamente utilizado en diversas áreas del conocimiento, su precisión atómica lo ha posicionado como una herramienta para caracterizar propiedades de diferentes materiales relacionadas con interacciones intermoleculares. El estudio de la dinámica de un sistema AFM, modelado por una ecuación diferencial con singularidades y en presencia de un amortiguamiento no lineal, sirve de referencia para entender el funcionamiento y operación de estos instrumentos de medición de precisión atómica, usados ampliamente en la industria, ciencia e ingeniería, fundamentalmente por la descripción de los términos no lineales.

En este trabajo se realiza el estudio de la dinámica de un sistema AFM, alrededor de una de las soluciones de equilibrio (punto de silla), que se presenta bajo ciertos parámetros del modelo, solución que persiste en presencia de un amortiguamiento no lineal, mediante el estimativo analítico de las variedades estable e inestable. Posteriormente, se realiza la comparación de las variedades con respecto a los vectores propios asociados al punto de silla, estableciendo la diferencia entre las variedades y su aproximación lineal, el resultado proporciona la posibilidad de tener resultados teóricos, los cuales pueden coadyuvar en el diseño de nuevos modelos de AFM, técnicas o métodos de medición de alta precisión y protocolos de laboratorio que aumenten la eficiencia de estos instrumentos científicos.

Palabras clave: modelos AFM, soluciones de equilibrio, punto de silla, variedad estable. variedad inestable.

Abstract

The AFM (atomic force microscope) is a scientific measuring instrument, used in various areas of knowledge, its atomic precision has positioned it as a tool to characterize properties of different materials related to intermolecular interactions. The study of the dynamics of an AFM system,

modeled by a differential equation with singularities and in the presence of a non-linear damping, serves as a reference to understand the functioning and operation of these atomic precision measuring instruments, widely used in the industry, science and engineering, mainly due to the description of non-linear terms.

In this work the study of the dynamics of an AFM system is carried out, around one of the equilibrium solutions (saddle point), which is presented under the parameters of the model, a solution that persists in the presence of a non-linear damping, by means of the analytical estimate of the stable and unstable manifolds. Subsequently, the comparison of the varieties with respect to the eigenvectors associated to the saddle point is carried out, establishing the difference between the mainfolds and their linear approximation, the result provides the possibility of having theoretical results, which can contribute to the design of new AFM models, high-precision measurement techniques or methods, and laboratory protocols that increase the efficiency of these scientific instruments.

Keywords: AFM models, equilibrium solutions, saddle point, stable manifold. unstable manifold.

I. INTRODUCCIÓN

El microscopio AFM es un instrumento científico de precisión atómica, puede realizar dos tipos de medidas: imagen y fuerza. Para el desarrollo del trabajo, se va a considerar la operación y funcionamiento del AFM en el modo de imagen, donde la superficie de la muestra que se pretende analizar es barrida en el plano de la superficie por la punta (cantiléver).

Durante el barrido, la fuerza interatómica entre los átomos de la punta y la superficie de la muestra provoca una deflexión del cantiléver, lo cual es registrado por un fotodetector, la señal obtenida se introduce en un circuito o lazo de realimentación. Este último controla un actuador piezoeléctrico que determina la altura de la punta sobre la muestra, de forma que la flexión del cantiléver se mantenga a un nivel constante.

La fuerza interatómica se puede detectar cuando la punta está muy próxima a la superficie de la muestra, en medidas de fuerza la punta se hace oscilar verticalmente mientras se registra la flexión del cantiléver.

Las medidas de fuerza son útiles en estudios de fuerzas de adhesión, permiten estudiar a nivel de una sola molécula interacciones específicas entre moléculas (ejemplo: interacción antígeno-anticuerpo, interacción entre hebras complementarias de ADN), o interacciones estructurales de las biomoléculas (plegado de proteínas). Al igual que caracterizar la elasticidad de polímeros [1], [2].

Figura 1. Modelo Asociado a un AFM.

El AFM presenta una dinámica altamente no-lineal, por esta razón se deben determinar las regiones donde se puede tener control sobre el movimiento del cantiléver, con el propósito de mejorar la sensibilidad del instrumento, disminuir errores aleatorios e indirectamente mejorar la calidad de las medidas.

La dinámica del AFM se modela considerando las interacciones no lineales, debido a la fricción entre el cantiléver y la muestra, como también la relación de las fuerzas de repulsión y atracción atómica que se relacionan por medio del potencial de Lennard-Jones.

El efecto de la fricción en el sistema se considera no lineal tipo Squeeze-film-damping, dado que es la causante principal de la pérdida de energía, en sistemas micro-electro-mecánicos como el AFM.

En el desarrollo de esta investigación, para seguir conociendo la dinámica del sistema AFM, se realiza la clasificación de las soluciones de equilibrio del modelo matemático para el caso conservativo y el caso disipativo, además de hacer un estimativo de las variedades estable e inestable de los puntos de silla de los modelos AFM.

Marco teórico y estado del arte

El Microscopio de Fuerza Atómica (AFM), se ha convertido en un instrumento científico muy utilizado para realizar mediciones directas de fuerzas intermoleculares y caracterización de diferentes propiedades de materiales con precisión atómica. Su aplicación es el análisis de semiconductores, fabricación de materiales poliméricos, estudio de nanosuperficies de metales, análisis de muestras biológicas y biomateriales [3].

El principio de funcionamiento del AFM se basa en la medición de la desviación del microcantiléver en cuyo extremo libre está montada la punta que desempeña el papel de sonda. Las deflexiones analizadas durante la exploración son causadas por fuerzas que actúan entre la punta y la muestra. Estas fuerzas actúan en distancias del orden de 100 **ángstroms**, como ejemplos de estas fuerzas tenemos las atractivas de Van der Waals, las fuerzas magnéticas y las fuerzas de Coulomb [4].

Existe una gran diversidad de modelos que describen la interacción entre un brazo y una muestra para un Microscopio de Fuerza Atómica (AFM) [5], [6].

Algunos autores realizan la deducción del modelo de un AFM mediante la interacción tipo contacto con fuerza de L-J (Lennard-Jones), donde se parte de que el modelo se puede representar como un sistema masa-resorte-amortiguador [5], [7], [8].

Para el análisis de las fuerzas de corto alcance que intervienen en tal proceso, se tienen modelos basados en la interacción molecular, los cuales

tienen en cuenta el efecto de exclusión de Pauli y las fuerzas de repulsión entre los átomos iónicos de la punta y la muestra (Fuerzas de Van der Walls), como el potencial de Morse [8], los potenciales de Lennard-Jones (L-J) y los potenciales de Stillinger-Weber [9].

Con el objetivo de aumentar la eficiencia de los AFM y mejorar el censado de forma tal que la distancia entre la punta y la muestra se reduzca y el área de acción (punta-muestra) sea maximizada, se adiciona en el modelo un amortiguamiento de película de compresión *squeeze-film-damping*. Considerar este tipo de amortiguamiento es de gran utilidad para el estudio de muestras líquidas, ya que tiene aplicación en el sector de la biología y la fotónica, mejorando el análisis que se realiza con un microscopio óptico o electrónico convencional [5].

Por otra parte, se tienen los resultados de publicaciones científicas, donde se estudia la existencia y multiplicidad de soluciones periódicas, para el modelo no disipativo asociado al AFM, se hace la clasificación y caracterización de las soluciones de equilibrio en el caso conservativo [10], se realizan estudios de ecuaciones diferenciales con singularidades no lineales y coeficientes periódicos que permiten modelar fenómenos e interacciones intermoleculares [11], y se describe la dinámica de sistemas lineales usando propiedades del polinomio característico asociado a matrices con determinante cero.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

En este apartado del documento, se presenta una breve referencia teórica que fundamenta el desarrollo de la investigación, además de los cálculos, consideraciones, conjeturas y resultados del proceso investigativo.

Clasificación de soluciones de equilibrio modelo AFM – caso conservativo

La dinámica del modelo AFM está dada por la EDO no lineal, dada por:

$$\ddot{x} + x + \frac{b_2}{x^2} - \frac{b_1}{x^8} - a = 0 \quad (1)$$

Donde $a, b_1 \;\; y \;\; b_2$ son parámetros reales positivos.

Adicionalmente, el dominio de la función $x(t)$ esta dado por el intervalo $(0, \infty)$.

Considerando un escalamiento en los parámetros del modelo AFM, podemos asumir:

$$b_1 = 1 \quad (2)$$

Luego, el modelo AFM está dado por:

$$\ddot{x} + x + \frac{b_2}{x^2} - \frac{1}{x^8} - a = 0 \quad (3)$$

Para el estudio de la dinámica del modelo AFM, se construye una función $m(x)$ dada por:

$$m(x) = \frac{1}{x^8} - \frac{b_2}{x^2} - x \quad (4)$$

El dominio de la función $m(x)$ está dado por el intervalo $(0, \infty)$.

Reescribiendo la ecuación (3) se tiene:

$$\ddot{x} = m(x) + a \quad (5)$$

El sistema de EDO asociado al modelo AFM está dado por:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= y \\ \dot{y} &= m(x) + a \end{aligned} \quad (6)$$

Las soluciones de equilibrio se tienen sí:

$$\dot{x} = 0 \quad \wedge \quad \dot{y} = 0 \tag{7}$$

Así, se tiene que los candidatos a puntos críticos están dados por el par ordenado de la forma $(x^*, 0)$ tal que $x^* \in \mathcal{G}(x)$.

$$\mathcal{G}(x) := \{x \in (0, \infty) : m(x) + a = 0\} \tag{8}$$

Por otra parte, la matriz jacobiana asociada al sistema esta dada por:

$$J = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ m'(x) & 0 \end{pmatrix} \tag{9}$$

Los valores propios son de la forma:

$$\lambda = \pm\sqrt{m'(x)} \tag{10}$$

Las soluciones de equilibrio del modelo AFM dependen de la función $m(x)$ y del parámetro, para determinar la existencia, multiplicidad y dinámica local, se debe estudiar la ecuación:

$$m(x) + a = 0 \tag{11}$$

El comportamiento matemático de la ecuación (11) depende del signo de la derivada de la función $m(x)$

Sea $z = x^3$ un cambio de variable biyectivo en $m(x)$

$$m(z) = \frac{1 - b_2 z^2 - z^3}{(z)^{\frac{8}{3}}} \tag{12}$$

El dominio de la función racional $m(z)$ es el intervalo $(0, \infty)$ y la derivada esta dada por:

$$m'(z) = \frac{-z^3 + 2b_2 z^2 - 8}{3(z)^{\frac{11}{3}}} \quad (13)$$

Sea:

$$p(z) = -z^3 + 2\, b_2 z^2 - 8 \quad (14)$$

Entonces:

$$m'(z) = \frac{p(z)}{3(z)^{\frac{11}{3}}} \quad (15)$$

El signo de $m'(z)$ depende del polinomio $p(z)$, los puntos críticos se tienen cuando $p'(z) = 0$, luego:

$$p'(z_c) = -3{z_c}^2 + 4b_2 z_c = 0 \quad (16)$$

$$z_c = \frac{4}{3} b_2 \quad (17)$$

Por otra parte,

$$\lim_{z \to \infty} p(z) = -\infty \quad (18)$$

$$\lim_{z \to 0} p(z) = -8 \quad (19)$$

Proposición 1

- Si $Z \in (0, Z_c)$ entonces $p(Z)$ es una función monótona creciente.
- Si $Z \in (0, Z_c)$ entonces $p(Z)$ es una función monótona decreciente.

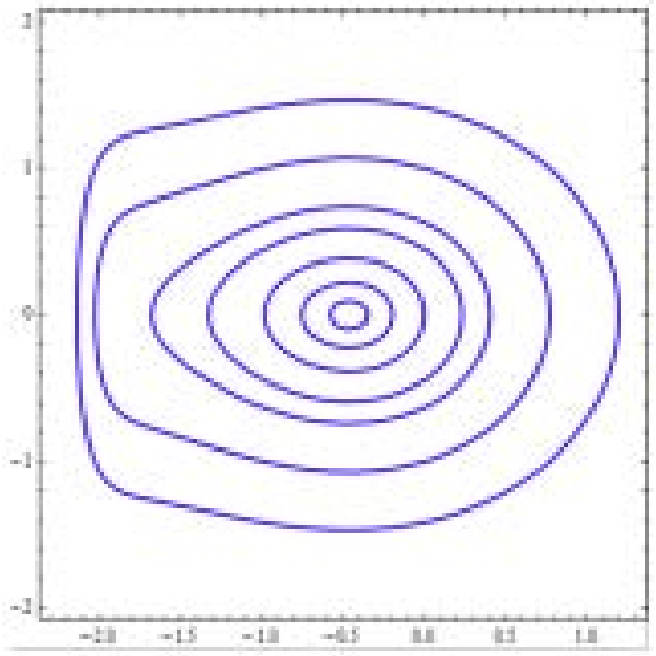
Adicionalmente, el punto de inflexión tiene tres posibilidades:

i) $p(Z) > 0$

En este caso, el sistema tiene una única solución de equilibrio y corresponde a un centro.

Un ejemplo numérico permite visualizar el diagrama de fase.

Figura 2. Diagrama de fase para un ejemplo numérico, que muestra un centro asociado al modelo AFM conservativo.

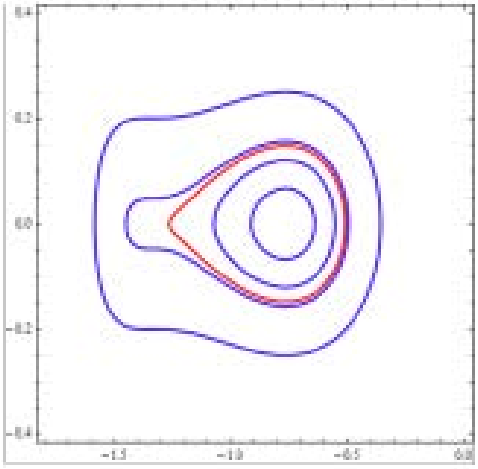


ii) $p(Z) = 0$

En este caso, el sistema tiene una nueva clasificación donde, dependiendo de la relación de los parámetros del sistema, se puede tener una única solución, que corresponde a un centro o dos soluciones de equilibrio, un centro y una solución degenerada.

Un ejemplo numérico permite visualizar un caso particular del diagrama de fase.

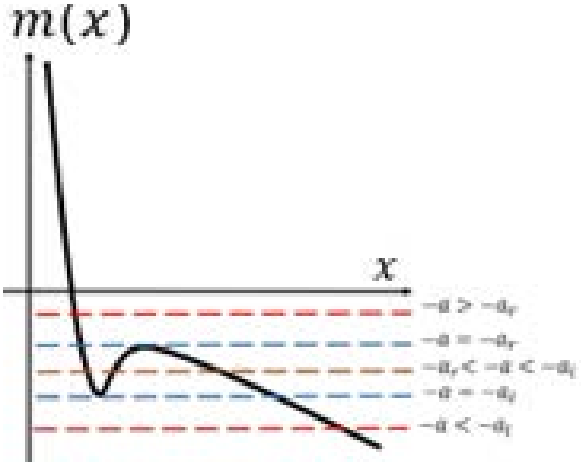
Figura 3. Diagrama de fase para un ejemplo numérico, que muestra un centro y una curva homoclina asociados al modelo AFM conservativo.



iii) $p(Z) < 0$

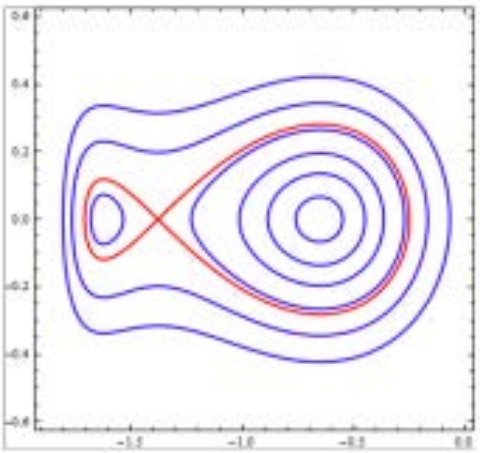
En este caso, el sistema tiene una nueva clasificación, donde dependiendo de la relación de los parámetros del sistema, se puede tener una única solución, que corresponde a un centro, dos soluciones de equilibrio, un centro y una homoclina, o tres soluciones de equilibrio, dos centros y un punto de silla, la gráfica de la función $m(x)$ permite visualizar de manera mas precisa la bifurcación del sistema.

Figura 4. Relación del parámetro a y la función $m(x)$.



Además, un ejemplo numérico permite visualizar, un caso particular del diagrama de fase, donde se visualiza el punto de silla, solución de equilibrio de interés particular en este estudio.

Figura 5. Diagrama de fase para un ejemplo numérico, que muestra dos centros y un punto de silla asociados al modelo AFM conservativo.



Variedad estable e inestable de un punto de silla para el modelo AFM – caso conservativo

El sistema dinámico asociado al modelo AFM est**á** dado por:

$$\dot{x} = y$$
$$\dot{y} = m(x) + a \qquad (20)$$

Sin embargo, la aplicación del teorema 9.29 del libro *Dynamics and bifurcations* [12] tiene como una de sus hipótesis que el sistema dinámico est**é** en su forma normal, donde el punto fijo sobre el cual se hace el estudio está en el origen.

Luego, se hace una traslación de los puntos fijos al origen:

$$\hat{x} = x + x* \qquad (21)$$

Así se tiene:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= y \\ \dot{y} &= m(\hat{x}) + a \end{aligned} \tag{22}$$

Haciendo una expansión en serie de Taylor alrededor del origen[4], se tiene el sistema dinámico dado por:

$$\dot{x} = y \tag{23}$$

$$\dot{y} = m^{(1)}(\hat{x})x + \cdots + m^{(n)}(\hat{x})\frac{x^n}{n!}$$

Reescribiendo el sistema en términos de operadores matemáticos, se tiene:

$$\dot{X} = J\,X \;+\; T[X] \tag{24}$$

Donde J es la matriz jacobiana asociada al sistema, X es un vector columna de las variables y $T[X]$ es una función multivariable.

La aproximación del sistema dinámico, no solamente considera la aproximación lineal, sino también términos de orden superior.

$$T[X] = \begin{cases} 0 \\ m^{(2)}(\hat{x})\dfrac{x^2}{2} + \cdots + m^{(n)}(\hat{x})\dfrac{x^n}{n!} \end{cases} \tag{25}$$

Para obtener la forma normal del sistema, se introduce un nuevo cambio de variable

$$X \longrightarrow PX \tag{26}$$

Donde P es una matriz de vectores propios.

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ \lambda_1 & \lambda_2 \end{pmatrix} \tag{27}$$

Luego,

$$P\dot{X} = J\,PX + T[PX] \quad (28)$$

$$\dot{X} = P^{-1}\,J\,PX + P^{-1}\,T[PX] \quad (29)$$

La forma normal del sistema dinámico, está dada por:

$$\dot{X} = \tilde{\lambda}X + G[X] \quad (30)$$

Además,

$$G[X] = G(x, y) \quad (31)$$

Donde,

$$G(0,0) = (0,0) \quad (32)$$

Por otra parte, se tiene que analizar el comportamiento de la derivada de la función en el origen.

$$DG[X] = P^{-1}\,DT[PX]P \quad (33)$$

$$DG(0,0) = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (34)$$

Así, se verifican las hipótesis del teorema 9.29 del libro *Dynamics and bifurcations* [12], por lo que se pueden considerar las aproximaciones locales alrededor de la solución de equilibrio (punto de silla), para hacer el estimativo de las variedades estable e inestable.

Localmente se tiene:

$$y = h_s(x) \quad (35)$$

$$\dot{y} = \frac{dh_s(x)}{dx}\dot{x} \quad (36)$$

Donde se debe verificar:

$$h_s(0) = 0 \tag{37}$$

Finalmente, con la ayuda de cálculos elementales, se obtiene que la variedad estable está dada por:

$$h_{sc}(x) = S_{C2}x^2 + \cdots + S_{Cn}x^n \tag{38}$$

Además, en la ecuación (38) se verifica la condición de la ecuación (37).

La variedad estable tiene términos de orden superior, por lo que se desvía de la aproximación lineal dada por los vectores propios asociados al sistema dinámico, los coeficientes de la forma S_{Ci} donde $2 \leq i \leq n$ dependen de las derivadas de la función $m(x)$ evaluadas en el punto $\hat{x}$.

Por otra parte, localmente se tiene:

$$x = h_u(y) \tag{39}$$

$$\dot{x} = \frac{dh_u(y)}{dy}\dot{y} \tag{40}$$

Donde se debe verificar:

$$h_u(0) = 0 \tag{41}$$

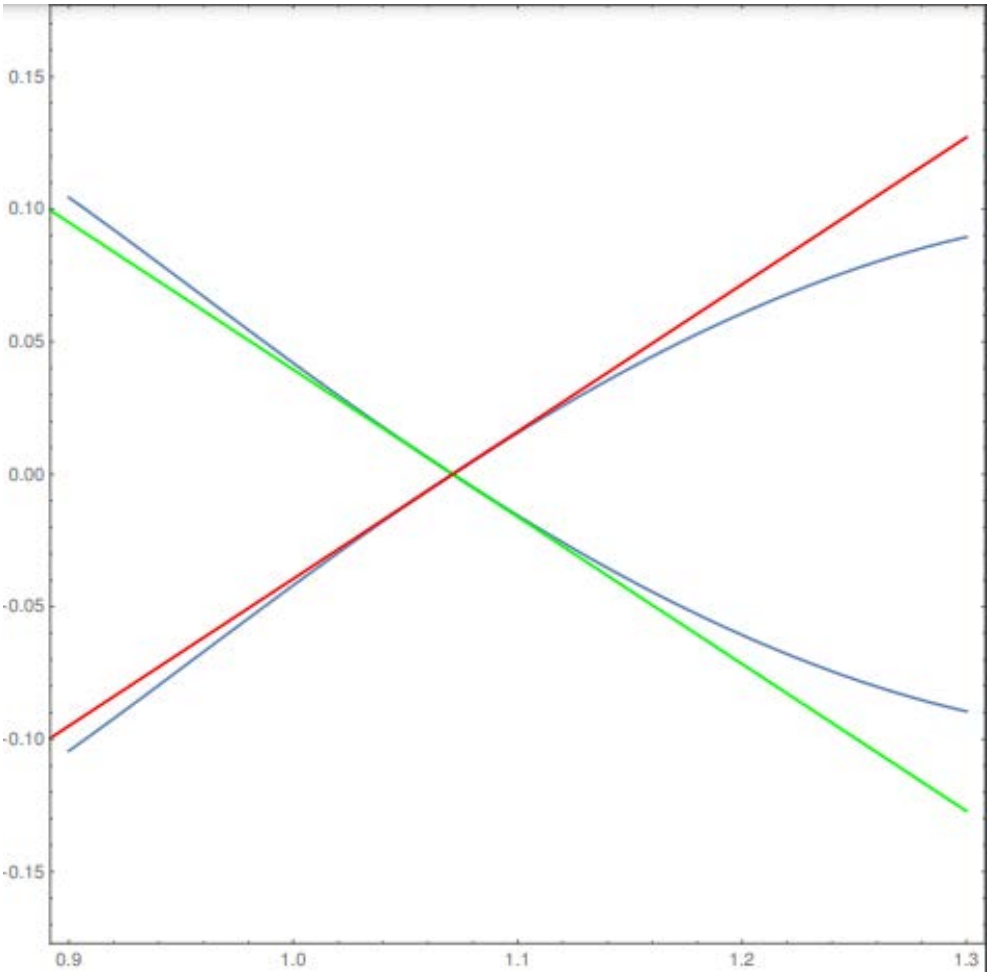
Finalmente, con la ayuda de cálculos elementales, se obtiene que la variedad inestable está dada por:

$$h_{uc}(x) = u_{C2}x^2 + \cdots + u_{Cn}x^n \tag{42}$$

Además, en la ecuación (42) se verifica la condición de la ecuación (41).

La variedad inestable tiene términos de orden superior, por lo que se desvía de la aproximación lineal dada por los vectores propios asociados al sistema dinámico, los coeficientes de la forma u_{Ci} donde $2 \leq i \leq n$ dependen de las derivadas de la función $m(x)$ evaluadas en el punto $\hat{x}$ adicionalmente la variedad inestable corresponde a una rotación de $\frac{\pi}{2}$ respecto a la variedad estable.

Figura 6. Variedades estable e inestable del punto de silla asociado al modelo AFM conservativo.



Un ejemplo numérico permite visualizar la dinámica local del punto de silla, la línea roja representa el espacio estable, la línea azul tangente a la línea roja representa la variedad estable, mientras que la línea verde representa el espacio inestable y la línea azul tangente a la línea verde representa la variedad inestable.

Clasificación de soluciones de equilibrio modelo AFM – caso disipativo

La dinámica del modelo AFM disipativo está dada por la EDO no lineal, dada por:

$$\ddot{x} - \frac{c}{x^3}\dot{x} - m(x) - a = 0 \quad (43)$$

Para el estudio de la dinámica del modelo AFM, se construye la función $\eta(x)$ dada por:

$$\eta(x) = -\frac{c}{x^3} \quad (44)$$

El dominio de la función $\eta(x)$ está dado por el intervalo $(0, \infty)$.

Luego, la EDO del modelo AFM está dada por:

$$\ddot{x} - \eta(x)\dot{x} - m(x) - a = 0 \quad (45)$$

Donde $\eta(x)\dot{x}$ representa la fricción *squeeze-film-damping* no lineal del sistema.

El sistema de EDO asociado al modelo AFM está dado por:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= y \\ \dot{y} &= \eta(x)y + m(\hat{x}) + a \end{aligned} \quad (46)$$

Los puntos críticos y la cantidad de soluciones de equilibrio del modelo AFM disipativo, coinciden con los puntos críticos y la cantidad

de soluciones de equilibrio del modelo AFM conservativo, sin embargo, el efecto de la fricción no lineal altera la dinámica local de las soluciones de equilibrio.

Además, la matriz jacobiana asociada al sistema esta dad por:

$$J = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ \frac{3c}{x^4}y + m'(x) & \eta(x) \end{pmatrix} \quad (47)$$

Los valores propios son de la forma:

$$\lambda = \frac{1}{2}\eta(\hat{x}) \mp \sqrt{(\eta(\hat{x}))^2 + 4m'(\hat{x})} \quad (48)$$

Las soluciones de equilibrio del modelo AFM dependen del comportamiento matemático de las funciones $m(x)$ y $\eta(x)$ además del parámetro a, por tanto, para determinar la existencia, multiplicidad y dinámica local, se debe estudiar la ecuación (11), teniendo como resultado la proposición 1.

Adicionalmente, el punto de inflexión tiene tres posibilidades.

i) $p(Z) > 0$

En este caso, el sistema tiene una única solución de equilibrio, donde se tiene una subclasificación que depende de la interacción entre la función $m(x)$ y la fricción del sistema $\eta(x)$.

Así, tenemos la siguiente proposición:

Proposición 2

- Si $4m^{(1)}(\hat{x}) > \left(\eta(x)\right)^2$ entonces se tiene un foco de atracción positiva *(* $h_s = \mathbb{R}^2, h_u = 0$ *).*

- Si $4m^{(1)}(\hat{x}) = \left(\eta(x)\right)^2$ entonces se tiene un nodo ($h_s = \mathbb{R}, h_u = 0$)

- Si $4m^{(1)}(\hat{x}) < \left(\eta(x)\right)^2$ entonces se tiene un nodo de atracción positiva ($h_s = \mathbb{R}^2, h_u = 0$).

ii) $p(Z) = 0$

En este caso, el sistema tiene una nueva clasificación, donde dependiendo de la relación de los parámetros del sistema, se puede tener una única solución, que corresponde a la clasificación de la proposición 2, o dos soluciones de equilibrio, donde aparece una solución degenerada.

iii) $p(Z) < 0$

En este caso, el sistema tiene una nueva clasificación, donde dependiendo de la relación de los parámetros del sistema, se puede tener una única solución, que corresponde a la clasificación de la proposición 2, dos soluciones de equilibrio, donde se tiene la solución degenerada, o tres soluciones de equilibrio, donde se preserva el punto de silla.

Variedad estable e inestable de un punto de silla para el modelo AFM – caso disipativo

El estimativo de las variedades estable e inestable del punto de silla, se realiza tomando como referencia el teorema 9.29 del libro *Dynamics and bifurcations* [12], además de considerar un razonamiento análogo al utilizado para el caso conservativo.

El sistema dinámico asociado al modelo AFM en el caso disipativo, está dado por la ecuación (46).

La forma normal del sistema dinámico, tiene la estructura de la ecuación (30).

Donde se verifican las condiciones de las ecuaciones (32) y (34).

Finalmente, mediante *cálculos elementales* se obtiene que la variedad estable está dada por:

$$h_{sD}(x) = S_{D2}x^2 + \cdots + S_{Dn}x^n \quad (49)$$

Además, en la ecuación (49) se verifica la condición de la ecuación (37).

La variedad estable tiene términos de orden superior, por lo que se desvía de la aproximación lineal dada por los vectores propios asociados al sistema dinámico, los coeficientes de la forma S_{Di} donde $2 \leq i \leq n$ dependen de las derivadas de las funciones $m(x)$ y $\eta(x)$ evaluadas en el punto $\hat{x}$.

Por otra parte, se obtiene que la variedad inestable está dada por:

$$h_{uD}(x) = u_{D2}x^2 + \cdots + u_{Dn}x^n \quad (50)$$

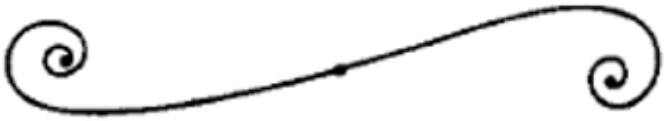
Además, en la ecuación (50) se verifica la condición de la ecuación (41).

La variedad inestable tiene términos de orden superior, por lo que se desvía de la aproximación lineal dada por los vectores propios asociados al sistema dinámico, los coeficientes de la forma u_{Di} donde $2 \leq i \leq n$ dependen de las derivadas de las funciones $m(x)$ y $\eta(x)$ evaluadas en el punto $\hat{x}$.

Finalmente, se espera poder determinar el atractor global del sistema disipativo, para conocer la dinámica global del sistema, además de comparar los resultados con las cuencas de atracción de las soluciones de equilibrio donde se tienen focos y/o nodos hiperbólicos, ya que son las regiones del sistema donde se puede garantizar la estabilidad del sistema, por lo tanto,

proporciona información sobre los parámetros y protocolos de operación de los AFM.

Figura 7. Atractor global asociado a un sistema de EDO de orden 2.



III. CONCLUSIONES

Se realiza la clasificación de soluciones de equilibrio del modelo AFM, para los casos conservativo y disipativo, obteniendo como resultado que se tienen los mismos puntos críticos e igual cantidad de soluciones de equilibrio, además se obtiene la dinámica local de estas soluciones, en términos de los parámetros del instrumento científico de medición, donde se describe el efecto de la fricción *squeeze-film-damping* del sistema y la preservación del punto de silla.

Por otra parte, se realiza en forma analítica el estimativo de las variedades estable e inestable del punto de silla del modelo AFM, para los casos conservativo y disipativo, obteniendo las curvas que describen la dinámica local del punto de silla y de las soluciones cercanas a las variedades estable e inestable, para el caso conservativo, se tiene una relación entre las variedades, evidenciando que la variedad inestable es una rotación de respecto a la variedad estable.

Finalmente, determinar el atractor global del sistema, que constituye un conjunto positivamente invariante, proporciona la dinámica del sistema en términos de sus parámetros, resultado que implícitamente da información de los parámetros óptimos de diseño de los microscopios AFM.

REFERENCIAS

[1] Ghaderi, R. and Nejat, A. "Nonlinear mathematical modeling of vibrating motion of nanomechanical cantilever active probe". 11ª ed. Latin American Journal of Solids and Structures, 2014, pp. 369 – 385.

[2] Israelachvili, J. N. "Intermolecular and surface forces". Elsevier, 2011.

[3] Jalili, N. and Laxminarayana, K. "A review of atomic force microscopy imaging systems: application to molecular metrology and biological sciences". International Journal of Mechatronics, 2004, pp. 907– 945.

[4] Eisenschitz, R., & London, F. "Uber das Verhaltnis der van der Waalsschen Krafte zu den homopolaren Bindungskraften". Zeitschrift für Physik 1930, pp. 491-527.

[5] Ashhab, M., Salapaka, V., Dahleh, M. y Mezic I. "Melnikov-Based Dynamical Analysis of Microcantilevers in scanning Probe Microscopy" Vol. 20, Nonlinear Dynamics, 1999, pp. 197-229.

[6] Younis, M. I. " MEMS Linear and Momlinear Statics and Dynamics". Springer, 2011.

[7] Ashhab, M., Salapaka, V., Dahleh, M. y Mezic, I. "Control of Chaos in Atomic Force Microscopes". Proceedings of the American Control Conference, 1997, pp. 196-202.

[8] Giessibl, F. "Advances in Atomic Force Microscopy". Reviews of Modern Physic, 2003, pp. 949– 984.

[9] García, R. y Pérez, R. "Dynamic atomic force microscopy methods". Surface Science Reports, 2002, pp. 197–301.

[10] Duque, J. "Dinámica de un AFM no conservativo". Tesis de maestría en matemáticas. Universidad Tecnológica de Pereira, 2019.

[11] Gutierrez A. "Soluciones Periódicas en Ecuaciones Diferenciales Singulares". Colección de Trabajos de Investigación. Editorial UTP, 2017.

[12] Jack K. Hale, Huseyin Kocak "Dynamics and bifurcations". Editorial Springer Verlag, 1991, pp. 295-296.

AUTORES

José Chaves Tobar

Candidato a Magíster en Matemáticas de la Universidad Tecnológica de Pereira, Ingeniero Físico de la Universidad del Cauca.

Áreas de investigación: propiedades cualitativas de ecuaciones diferenciales, ciencia de materiales, fisicoquímica, modelamiento de sistemas dinámicos.

Alexander Gutiérrez Gutiérrez

Doctor en Matemáticas, profesor del departamento de matemáticas de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Áreas de investigación: propiedades cualitativas de ecuaciones diferenciales.

Elaboración de recursos didácticos para la enseñanza y aprendizaje del pensamiento aleatorio en la básica primaria por grados de escolaridad[1]

Elaboration of didactic resources for the teaching and learning of random thinking in basic primary school by grades of schooling

Esteban-Duarte, Nubia, Guzmán-Buendía, Eddy Mackniven, López-Ramírez, María Ximena, Martínez-Aragón Aymara

1 Este artículo es resultado de la investigación titulada: Elaboración de recursos didácticos para la enseñanza y aprendizaje del pensamiento aleatorio en la básica primaria por grados de escolaridad.

Resumen

En la enseñanza del pensamiento aleatorio se han evidenciado falencias, a nivel de primaria, desde la falta de claridad en los contenidos y nivel de complejidad, hasta la falta de material concreto desglosado por grados de escolaridad. El presente proyecto pretende generar estrategias que faciliten la enseñanza y el aprendizaje de esta competencia por grado, teniendo presentes las capacidades de aprendizaje que poseen los estudiantes en cada uno de ellos y dándole un manejo adecuado y asertivo al pensamiento aleatorio. Se diseñarán textos para cada grado escolar de la básica primaria, con el fin de contextualizar a los docentes en las temáticas específicas que se deben abordar de acuerdo a los estándares básicos de competencia y a los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA). Los textos se trabajarán considerando los formatos y estándares utilizados por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN) con el objetivo de que a futuro puedan ser utilizados en todos los colegios del país. Se trabaja con la posibilidad de que se aborden las lagunas existentes tanto en contenido como en conectividad en la presente coyuntura del Covid-19 y que sirvan para trabajar a distancia con y sin tecnología. Este material pretende facilitar el aprendizaje inclusivo para niños de Manizales, con miras a extenderlo a todos los docentes del departamento de Caldas y, posteriormente, a toda Colombia. Este proyecto se desarrollará en conjunto con la Universidad Católica Manizales.

Palabras clave: didáctica, enseñanza, escolaridad, primaria, pensamiento aleatorio.

Abstract

In the teaching of random thought there have been evident shortcomings, at the primary level, from the lack of clarity in the contents and level of complexity to the lack of concrete material broken down by degrees of schooling. This project aims to generate strategies that facilitate the teaching and learning of this competence by degree, bearing in mind the learning abilities that students possess in each one, and giving an adequate

and assertive management to random thinking. Texts will be designed for each grade of elementary school, in order to contextualize teachers in the specific topics that must be addressed according to basic learning standards and basic learning rights (DBA). The texts will be considered the formats and standards used by the Ministry of National Education of Colombia (MEN) with the aim that in the future they can be used in all schools in the country. We are working with the possibility of addressing the existing gaps in both content and connectivity in the current situation of the Covid-19 and that serve to work remotely with and without technology. This material aims to facilitate inclusive learning for children in Manizales, with a view to extending it to all teachers in the department of Caldas and later throughout Colombia. This project will be developed in conjunction with the Catholic University Manizales.

Keywords: didactic, teaching, schooling, primary, random thinking.

I. INTRODUCCIÓN

En el marco del Programa Formador de Formadores, Educación Rural para la Paz de la UNAL sede Manizales, el Departamento de Matemáticas y Estadística participó en la nivelación de profesores y en la elaboración de cartillas para la enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, se evidenciaron falencias en la enseñanza del pensamiento aleatorio en básica primaria y secundaria. Actualmente, el MEN en los estándares básicos de calidad y en los DBA, plantea diferentes temáticas relacionadas al pensamiento aleatorio que deben ser orientadas en todos los grados de escolaridad, de acuerdo a los procesos de razonamiento de los estudiantes. Sin embargo, en las diferentes pruebas externas se evidencian grandes dificultades en el manejo del pensamiento aleatorio, que surge de la falta de direccionamiento específico a la hora de enseñar dicha competencia [1] Los docentes comentaron que es difícil diferenciar las temáticas correspondientes a cada uno de los grados sin caer en la repetición, ya que están mezcladas en varios grados, sin mostrar el nivel de dificultad que deben trabajar. También comentaron que no cuentan con material adecuado para su práctica docente en el área, impidiendo avances apropiados en el aprendizaje. Esto genera resistencia tanto por parte de docentes, que prefieren delegar la responsabilidad en el siguiente grado, como en los estudiantes que lo consideran repetitivo, sin despertar el interés en el área. El pensamiento aleatorio es fundamental para el desarrollo de competencias matemáticas, en la resolución de problemas, la comunicación de resultados que son generados a partir de métodos de recolección de datos, representación y análisis que ayudan a pronosticar, etc.; pero ha quedado relegado por los motivos anteriores. El problema con la enseñanza del pensamiento aleatorio parte de que el MEN lo contempla inmerso en la malla curricular articulada a Matemáticas. El material que existe está dentro de los establecidos para Matemáticas, es decir, aparece con unos pocos ejercicios en los libros, cartillas y guías fuera de ocupar la última sección, generalmente. Además, se detectó que, en general, el maestro de la básica primaria no cuenta con la suficiente preparación disciplinar, siendo necesario un material didáctico independiente para llevar a cabo el proceso de enseñanza y aprendizaje de estadística. Uno que aborde de

manera transversal el pensamiento aleatorio buscando que la estadística se vea involucrada en los procesos de formación de los estudiantes.

Un rastreo bibliográfico mostró que no se tiene material para la enseñanza del pensamiento aleatorio en Colombia, se han realizado muchas investigaciones del tema, pero no han producido material concreto. En los textos escolares de Matemáticas se abordan de manera repetitiva temáticas de la estadística descriptiva elemental y la probabilidad, y se orienta de manera sesgada. El estudiante no aprende que, a partir de unos datos recolectados, se puede inferir y dar solución a problemas de la vida cotidiana, como queda evidenciado en las pruebas nacionales e internacionales. A esto se le suman las pocas horas que tiene el docente para matemáticas, limitándose al pensamiento numérico y descuidando los restantes. Desde la óptica de los procesos evaluativos, la estadística se denota como la asignatura que transversaliza las otras áreas del saber. Un buen manejo de dicho pensamiento sería una fortaleza en las pruebas estandarizadas como las SABER y PISA, así como para la vida. En la presente coyuntura del COVID-19, se necesita material para la enseñanza tanto impreso como digital, con el objetivo de proteger el bienestar de los niños y garantizar el acceso al aprendizaje de manera innovadora. Así como dar oportunidad de aprendizaje inclusivo para todos durante este periodo y que pueda servir posteriormente para llevar el aprendizaje a zonas con dificultades. En el caso del pensamiento aleatorio, en primaria no existe material bien estructurado que permita una educación a distancia usando alta, baja o sin tecnología. Es por esto que la investigación tiene por objetivo general:

Elaborar material didáctico, que incida en la enseñanza y aprendizaje del pensamiento aleatorio en estudiantes de la básica primaria por grados de escolaridad.

C**omo objetivos específicos:**

- Clasificar el material existente del pensamiento aleatorio en básica primaria.

- Consolidar el material didáctico que facilite los procesos de enseñanza y aprendizaje del pensamiento aleatorio en la básica primaria por grados de escolaridad.
- Diferenciación de contenidos y de complejidad por grados.
- Diseñar material didáctico para la enseñanza del pensamiento aleatorio por grados de escolaridad.
- Socializar la propuesta con profesores de la básica primaria de la región para generar procesos de apropiación social de la propuesta.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

El presente proyecto tiene un enfoque cualitativo, con un diseño de investigación-acción. La investigación-acción está orientada a lo social y a la educación, hacia el cambio educativo por medio de la obtención de resultados para mejorar una situación que está incidiendo en un sector, priorizando la reflexión de la práctica y la capacidad del profesor para introducir mejorías. En este caso, la transformación social de los contextos educativos de la básica primaria para la enseñanza del pensamiento aleatorio, generando conciencia de la importancia del mismo en el entorno y permitiendo a los docentes ser sujetos participativos de la transformación del sector educativo. Se pretende seguir la metodología *Scrum* (reuniones) para la ejecución del proyecto. Tenemos un equipo pequeño y multifuncional por lo que nos permitirá autogestionarnos con un enfoque ligero para definir roles de forma simple, *scrums* (reuniones) y herramientas para entregar lo correcto, de la manera correcta, lo más rápido posible. El trabajo se divide en fases secuenciales (iteraciones), donde cada fase dependerá de la anterior para su desarrollo, así mismo, en la fase de socialización se retroalimenta para consolidar las actividades pedagógicas del material. Al terminar cada fase se realiza una reunión para informar del progreso, recibir observaciones y decidir si pasamos a la siguiente. Teniendo en cuenta los objetivos, se propone:

- Reconocimiento y clasificación del material existente del pensamiento aleatorio empleado en la básica. En la revisión bibliográfica, se analizarán los textos usados en las aulas, la estructura y los contenidos

didácticos expuestos para la enseñanza del pensamiento aleatorio. Además, establecer parámetros que apunten al cumplimiento de los lineamientos curriculares, competencias básicas definidas en los estándares de calidad, los derechos básicos del aprendizaje (DBA), entre otros. En la metodología propuesta, la clasificación del material por grados escolares se hace necesaria para la ejecución del diseño, por lo tanto, se documentará en un análisis riguroso.

- Definir los contenidos por grados de escolaridad y el nivel de complejidad para cada uno.

- Plantear una estrategia para diseñar el material didáctico. En esta etapa se requiere haber hecho el análisis de la fase anterior, pues se necesita tener sistematizada y depurada la información para tener las actividades que involucren e implementen el uso de material en concreto para hacer más enriquecedor el aprendizaje.

- Elaboración de los contenidos para el material didáctico por grados escolares. Se planteará la estructura de los módulos, teniendo en cuenta la información del diseño, incluyendo actividades que permitan al estudiante experimentar a partir de material en concreto.

- Diagramación del producto. Durante esta etapa, se pretenden desarrollar los textos didácticos, la redacción y digitación del contenido, además de la uniformidad que llevará el material que se pretende presentar en las instituciones educativas de la básica primaria.

- Socialización de la propuesta con profesores de la básica primaria de la región para generar procesos de apropiación social de la propuesta. Aquí se debe considerar la capacitación de los maestros como mediadores del proceso de enseñanza-aprendizaje, según lo expuesto en el material didáctico creado y se analizará la producción de los contenidos pensados desde los lineamientos curriculares y las técnicas para el uso del material en concreto. Esta fase es muy importante,

pues la participación de los docentes sería una primera verificación del material, siendo el pilotaje para revisar posibles modificaciones.

- Consolidar el material didáctico para la enseñanza del pensamiento aleatorio en la básica primaria. Se pretende que la editorial de la UNAL realice la publicación de los recursos didácticos elaborados con coautoría de la Universidad Católica de Manizales.

III. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que se están presentando los avances de la investigación, se desarrollan las siguientes conclusiones:

Se realizó una búsqueda bibliográfica y se identificó que existe material didáctico para la enseñanza del pensamiento aleatorio, pero no se clasifica de acuerdo a los grados de escolaridad.

Al realizar la búsqueda bibliográfica, se encuentra que el pensamiento aleatorio se limita a la enseñanza y aprendizaje de la estadística descriptiva, provocando la ausencia de otros conceptos que hacen parte de este pensamiento.

Se logran clasificar las temáticas y su complejidad de acuerdo a los grados de escolaridad, esto teniendo en cuenta los Estándares Básicos de Competencias y los DBA.

En el margen de los avances presentados en la investigación, se consolidan los libros de los grados primero, segundo y tercero, cada uno con su respectiva temática y grado de dificultad.

REFERENCIAS

[1] S.M. Carranza & M.A Guerrero. El pensamiento aleatorio como fundamento para el desarrollo del pensamiento matemático y

sus componentes. Documento no publicado (Informe). Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional. (2016).

[2] C. Batanero. ¿Hacia dónde va la educación estadística? Departamento de Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada, batanero@ goliat.ugr.es Blaix15, 2-13.(2000) .

[3] C. Batanero. ¿Hacia dónde va la educación estadística? Departamento de Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada, batanero@ goliat.ugr.es Blaix15, 2-13.(2000).

[4] M. Castellanos. & P. Arteaga. Los gráficos estadísticos en las directrices curriculares para la educación primaria en España y Colombia. En Contreras, José Miguel; Cañadas, Gustavo; Gea, María Magdalena; Arteaga, Pedro (Eds.), Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria (pp. 397-404).Granada, España: Departamento de Didáctica de la matemática Universidad de Granada.(2013).

[5] C.C. Ponteville. ¿Para qué enseñamos estadística? Instituto Superior del Profesorado ¿Dr. Joaquín V. González¿ Universidad de Buenos Aires Argentina chponteville@gmail.com Capítulo 1. Análisis del discurso matemático escolar. Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A. C.

[6] C. Tamayo. Aprendizaje de la estadística descriptiva en contextos de vulnerabilidad: una relación entre lo socio-cultural y la matemática escolar. Memorias del X Encuentro Colombiano de Matemática Educativa.(2009) .

[7] L. Tauber. Alfabetización y cultura estadística de los profesores: ¿Un logro o una necesidad? En C. Cuesta (Ed.). 3ª Jornada de Educación Estadística ¿Marta Bilotti¿ (pp. 15-25), Rosario: Sociedad Argentina de Estadística.(2017).

[8] M. Tesouro. & J. Puiggalí. ¿La relación entre la docencia y la investigación según la opinión del profesorado universitario?, Procedia. Social and Behavioral Sciences, vol. 196, pp. 212-218, en: 212-218, en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815040173. (2015).

[9] L. Zapata-Cardona. ¿Estamos promoviendo el pensamiento estadístico en la enseñanza? 2ECEE Encuentro Colombiano de Educación Estocástica. (2016).

AUTORES

Nubia Esteban Duarte

Matemática de la Universidad de Antioquia; Magíster en Estadística de la Universidad de São Paulo, Brasil; Doctora en Estadística de la Universidad de São Paulo, Brasil y Posdoctorado del Laboratorio de Genética y Cardiología Molecular del Hospital de las Clínicas, Universidad de São Paulo, Brasil. Docente en Dedicación Exclusiva; Coordinadora de la Especialización en Estadística; Directora del grupo de Investigación Modelos Estadísticos y Directora del Semillero en Estadística de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

Áreas de investigación: análisis multivariado, modelos lineales generalizados, aplicaciones de modelos mixtos en el área de genética, ecuaciones estructurales, didáctica de la estadística.

Eddy Mackniven Guzmán Buendía

Matemático de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Actualmente cursando la maestría en Ciencias, línea Matemática Aplicada de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Docente de tiempo completo de la Universidad Católica de Manizales. Integrante del

grupo de investigación EFE (Educación y Formación de Educadores) en la línea de didáctica de las ciencias naturales y las matemáticas.

Áreas de investigación: matemática aplicada, didácticas de las matemáticas y la estadística.

María Ximena López Ramírez

Licenciada en Matemáticas de la Universidad del Quindío; Magíster en Pedagogía de la Universidad Católica de Manizales. Docente de tiempo completo de la Universidad Católica de Manizales, Líder del proceso de autoevaluación de la Licenciatura en matemáticas y Física, Coordinadora de Prácticas de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental y la Licenciatura en Matemáticas y Física. Integrante del grupo de investigación EFE (Educación y Formación de Educadores) en la línea didáctica de las ciencias naturales y las matemáticas.

Áreas de investigación: educación, didácticas de las matemáticas y la estadística.

Aymara Martínez Aragón

Matemática de la Universidad de La Habana, Cuba; Magíster en Informática Aplicada de la Universidad de Matanzas, Cuba; Magíster en Matemática Aplicada de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales y Doctora en Bioinformática de la Universidad de São Paulo, Brasil. Docente Cátedra de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Directora de Investigación y extensión de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Integrante del grupo de Modelos Estadísticos.

Áreas de investigación: bioinformática, didáctica de las matemáticas, estadística.

Un acercamiento al sentido de los números irracionales. Una revisión de la literatura[1]

An approach to the meaning of irrational numbers. A review of the literature

Herrera-Aparicio, Julián Andrés[2] y Fernández-Sánchez, Óscar[3]

1 Artículo basado en el proyecto de tesis para candidato a maestría en enseñanza de las matemáticas, Universidad Tecnológica de Pereira.

2 Universidad Tecnológica de Pereira; https://orcid.org/0000-0002-1772-9207. Contacto: julianandres.herrera@utp.edu.co

3 Universidad Tecnológica de Pereira; https://orcid.org/0000-0003-0804-2996. Contacto: oscarf@utp.edu.co

Resumen

El presente artículo aborda una revisión de la literatura, en relación al sentido del concepto de número irracional, a partir de referentes teóricos como los planteamientos de Gottlob Frege, Umberto Eco y Lev Vygotsky. A través de los cuales se puede reconocer su proceso de desarrollo histórico. Sin embargo, es importante aclarar que a pesar de que estos han tenido en cuenta el contexto en el cual ha sido creado (desarrollado o hasta complementado, para llegar a su formalización), en ninguno de los trabajos encontrados se logra vislumbrar de manera explícita el sentido del concepto de numero irracional, observándose algo similar respecto a los estándares básicos y los Derechos Básicos de Aprendizaje que se plantean en Colombia para la enseñanza de las matemáticas. Esta revisión bibliográfica, como parte de la construcción del marco teórico y antecedentes de investigación, han dado luces sobre algunas estrategias para abordar los números irracionales en la educación secundaria y, aunque aquí no se tratan directamente, es un primer paso hacia el estudio del sentido de los números irracionales. Planteando finalmente una postura crítica frente a la enseñanza de este concepto en la educación secundaria en el sistema de educación colombiano.

Palabras clave: número irracional, sentido de número, desarrollo histórico epistemológico, enseñanza.

Abstract

This article reviews the literature on the meaning of the concept of irrational number, based on theoretical references such as the approaches of Gottlob Frege, Umberto Eco and Lev Vygotsky. Through which its historical development process can be recognized. However, it is important to clarify that although these have taken into account the context in which it has been created (developed or even complemented, to reach its formalization), in none of the works found is it possible to explicitly glimpse the meaning of the concept of irrational number, observing something similar with respect to the basic standards and learning rights that are proposed in Colombia for the teaching of mathematics. This literature review, as part of the

construction of the theoretical framework and research background, has shed light on some strategies to address irrational numbers in secondary education, and although they are not directly addressed here, it is a first step towards the study of the meaning of irrational numbers. Finally, we propose a critical stance towards the teaching of this concept in secondary education in the Colombian education system.

Keywords: irrational number, sense of number, historical epistemological development, teaching.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en el sistema de educación colombiano, el concepto de número irracional es abordado en el grado octavo de educación básica secundaria, conforme a los estándares básicos de competencias (EBC) en matemáticas y los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), los cuales son referentes de calidad del sistema educativo. Este hecho ha llamado la atención de diversos investigadores que en definitiva han puesto su mirada sobre el proceso de desarrollo histórico de tal concepto, lo cual permite develar algunos obstáculos epistemológicos que subyacen frente a la enseñanza de los mismos y al tiempo intentar proponer estrategias que ayuden a disminuir su posible influencia en el proceso de aprendizaje. Generando una reflexión en torno a la posibilidad de encontrar alguna forma de enseñar los números irracionales. De hecho, la enseñanza de este tipo de números se ha limitado a mostrar un producto ya terminado, derivado del resultado de muchos años de construcción histórica del concepto de número irracional.

La enseñanza de este objeto matemático es realmente un proceso complejo, primero porque el producto (objeto) da la sensación de ser un objeto inalcanzable, en virtud de su carácter abstracto, aunado al poco conocimiento que se tiene de su presencia y usos en la vida cotidiana.

Sin embargo, la historia muestra que la mayoría de autores dedicados al estudio de los números irracionales concuerdan en que su origen data de la antigua Grecia, y que su surgimiento se atribuye a la escuela pitagórica, al intentar determinar la conmensurabilidad entre la diagonal del cuadrado y su lado, es decir, es un proceso netamente geométrico que representó en su época una gran utilidad, es más, en cada una de las épocas ha surgido la necesidad de su utilización y esto es lo que ha llevado a la formalización de los números reales dada por Cantor y Dedekind en el siglo XIX [1, p.33].

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

Convivir en el mundo de los números irracionales no debe ser fácil, ¡pero no imposible!, por ello la revisión documental sobre el desarrollo histórico-epistemológico del número irracional plantea varios interrogantes, que al final ayudan a navegar en este universo del saber matemático.

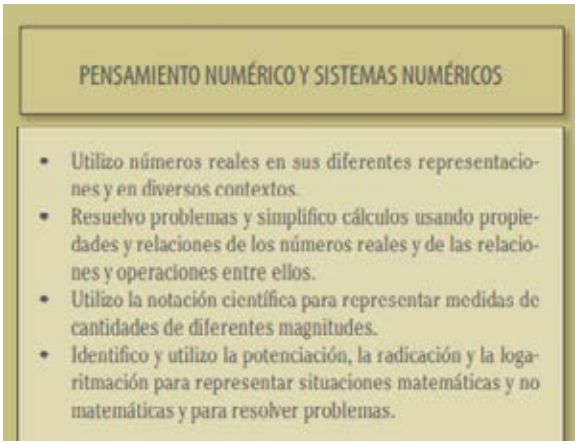
Uno de estos interrogantes está asociado con encontrar sentido al concepto de número irracional a través de la historia, donde en algunas épocas diversos autores han aportado a su formalización, sin dejar de lado que este fue un proceso paralelo a los números reales, que también los involucran.

Actualmente, el proceso de enseñanza de los números irracionales está ligado a un constructo teórico en relación a la construcción del conjunto de los números reales, observándose que en los EBC [2, p. 86] no se hace referencia explícita sobre el número irracional (figura 1), mientras que en los DBA sí se hace de forma explícita, aunque se utiliza una definición ligada a la idea de no ser racional, expresando en sus dos primeros numerales lo siguiente:

1. Reconoce la existencia de los números irracionales como números no racionales y los describe de acuerdo con sus características y propiedades.

2. Construye representaciones, argumentos y ejemplos de propiedades de los números racionales y no racionales [3, p.59].

Figura 1. Estándares Básicos de Competencia grado octavo, pensamiento numérico.



Fuente: https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf2.pdf

Observándose de forma inherente, y hasta por cuestiones de tiempo, que en el currículo de enseñanza los números irracionales, generalmente, suelen ser dejados de lado o pasan a un segundo plano y como su complejidad puede influir en el desarrollo de las clases dedicadas a este tema, evidenciando una pequeña representación de los obstáculos que se pueden presentar, pues como se dijo anteriormente se está mostrando un producto terminado, que en muchos casos carece de sentido y aplicación.

Entonces, ¿Cómo dar respuesta a ese interrogante acerca de convivir con los números irracionales?

No se pretende mostrar la propuesta como una panacea, pero sí crear conciencia de la importancia que este objeto tiene en el pensamiento matemático, a la hora de determinar formas de sobrepasar los obstáculos epistemológicamente asociados a la enseñanza de este concepto, siendo necesario resaltar que se da una mirada desde el sentido de número irracional, por ello la revisión documental está enfocada en encontrar artículos, tesis u otros medios que involucren el concepto de sentido y número irracional.

En referencia al sentido

Para dar claridad a la noción de sentido de número irracional, es necesario recurrir a la definición de sentido, para ello se retoman apartes de diversos autores que tratan dicho tema, cuyas teorías apuntan a pensar en la relación existente entre objeto, significado, significante y sentido.

Frege (1982) en su estudio sobre semántica llega a concluir que un signo puede tener un mismo sentido aun cuando existan diversas representaciones de este mismo objeto, en todo caso la representación depende del conjunto de conocimientos y experiencias de un sujeto, pues es mediante estas que se construye una imagen del objeto en cuestión, mientras que el sentido da cuenta del modo en que se da el objeto. Así, entender el concepto de número, por ejemplo, depende de la representación (que puede ser mental) que el sujeto tenga de dicho concepto, aun cuando la referencia y el sentido lleve a pensar sobre un mismo objeto de estudio. El mismo Frege da cuenta que:

De la referencia y del sentido de un signo hay que distinguir la representación a él asociada. Si la referencia de un signo es un objeto sensiblemente perceptible, la representación que yo tengo de él es entonces una imagen interna formada a partir de recuerdos de impresiones sensibles que he tenido, y de actividades que he practicado, tanto internas como externas[3]. Esa imagen está frecuentemente impregnada de sentimientos; la claridad de cada una de sus partes es diversa y vacilante. No siempre, ni siquiera en la misma persona, está unida la misma representación al mismo sentido. [4, p. 56]Del mismo modo, se puede evidenciar la noción de referencia, entendida como un nombre propio y/o signo, en este sentido Frege lo expresa de la siguiente manera: un nombre propio (palabra, signo, fila de signos o expresión) expresa su sentido, se refiere a su referencia o la designa. Con un signo expresamos su sentido y designamos su referencia. Así pues, número (en particular número irracional) hace parte del universo de estudio de esta investigación, pues se convierte en la referencia.

Eco (1986) al igual que otros autores ya mencionados, menciona que el sentido está ligado a la subjetividad, en sus propias palabras sostiene que "al introducir el hombre hemos pasado al universo del sentido" [4, p. 52], desde este punto de vista es el sujeto quien brinda un proceso de significación donde el objeto se llena de significado, sin embargo, explicar tal concepto es un proceso complejo, que conlleva a explicar sobre la connotación y denotación que tiene un objeto/mensaje.

Lo expuesto por Eco queda de forma más clara cuando hace referencia a un código de ejemplo, que llamará *ABC*, y que en un contexto determinado significa *nivel 0*, en este sentido, una persona puede "tener" en su consciente que este código denota peligro, en este caso se habla del código denotativo, el cual se convierte en un código base; sin embargo, a partir de ese código se pueden construir nuevos códigos, como por ejemplo, saltar de…, gira la dirección hacia…, aplicar todos los sistemas de frenos, en este caso esos códigos son un poco más específicos, y se les llama connotativos. En palabras de Eco, nos señala que "podemos establecer que existe un código denotativo básico sobre el cual se construyen otros códigos menores, con frecuencia opcionales (y que hemos llamado connotativos)" [5, p. 54].

Esta idea planteada por Eco es de gran importancia, pues no solo se hace el estudio involucrando el contexto, sino que también permite, en su sentido más amplio, encontrar relaciones de posibles códigos generados por el estudio de los números irracionales y de este modo acercarnos al sentido de número irracional.

Vygotsky (1934) afirma que "Una palabra adquiere un sentido del contexto que la contiene, cambia su sentido en diferentes contextos." [6, p. 109]. Es decir, el sentido de una palabra (o en este caso de un objeto matemático) está intrínsecamente ligado al contexto donde se promueve dicho objeto, desde este punto de vista es interesante observar el desarrollo histórico de los números irracionales, pues a través de este estudio se pueden evidenciar épocas históricas para el desarrollo del concepto de

número irracional y de esta forma encontrar el sentido, que permita crear una propuesta de enseñanza de tal objeto matemático.

Vigotsky también plantea una distinción entre significado y sentido, para él el significado hace parte de ese cúmulo de conocimientos que dan sentido a una palabra, en sus propias palabras indica que "El significado "de diccionario" de una palabra no es más que una piedra en el edificio del sentido"[6, p. 109], mientras que el sentido va más allá, es variable, y precisamente depende de esos significados (que construyen un conocimiento) que circulan en la mente de un sujeto, por lo que lo define como "la suma de todos los sucesos psicológicos que la palabra provoca en nuestra conciencia" [6, p. 108].

Desde el punto de vista del autor, para encontrar el sentido de un objeto, no basta con solo observar el objeto, sino que también se debe analizar la asociación de este frente a otros y el contexto en el que se produce, por lo que en la investigación se realiza un acercamiento a diversos conceptos de número, particularmente de número racional.

El proceso de construcción de número irracional en la educación secundaria es un eslabón en la cadena educativa, es por esto que no se puede dejar de lado el estudio del número irracional, sin embargo, el desarrollo histórico de este concepto da cuenta de los múltiples obstáculos presentados para la formalización dentro de la matemática, por lo que los aportes brindados por estos autores muestran un panorama alentador para el desarrollo de una propuesta que permita reconocer la importancia del sentido de número irracional y generar, a partir de este aspecto semántico de dicho concepto, una estrategia didáctica para su abordaje en clase de matemáticas.

Acerca del concepto de número irracional

El proceso de construcción del número irracional se fue dilucidando poco a poco a través del tiempo y tardó un poco más de 25 siglos en formalizarse. En sus inicios, con los pitagóricos, no se consideraba el

estudio de este concepto como relaciones entre magnitudes, solo hasta el siglo XIX por medio de Dedekind y Cantor se estructuran los números irracionales, como un conjunto numérico que hace parte de los números reales.

Para el desarrollo del concepto de número irracional, se puede recurrir a fuentes históricas que permitan recopilar información de cómo fue propuesto en determinadas épocas, al respecto Sánchez nos indica que: "Entre los hallazgos encontramos cuatro esquemas conceptuales en su acepción epistemológica: el irracional asociado a una aproximación entre razones, asociado a lo aritmético, a una aproximación de un número racional cercano y el irracional asociado a un número" [1, p. 31]. De este modo, el mismo Sánchez expresa una clasificación del concepto de número irracional en 4 etapas:

> Edad Antigua, Edad Media, Renacimiento, Edad Moderna y Contemporánea. Esta aproximación se hace desde la aparición intuitiva del número irracional mediante el estudio entre segmento inconmensurable (Edad Antigua), hasta su reconocimiento como número en el siglo XIX en virtud de la aritmetización del Análisis (Edad Contemporánea). [1, p. 35]

Por su parte, los investigadores que apuntan a distinguir un carácter epistemológico del concepto de número irracional datan que este concepto tiene sus inicios en la escuela pitagórica y la imposibilidad de relacionar dichas cantidades con las magnitudes y sus inicios se dan en el entendimiento de establecer relaciones entre dos magnitudes para expresar raíz de dos. Recalde establece que "las raíces históricas de los números irracionales podemos localizarlas en el problema de la inconmensurabilidad y en la imposibilidad de establecer la raíz cuadrada de dos como razón entre dos números enteros" [7, p. 51]. En el mismo sentido, Sánchez [1] cita a Boyer [8, p. 33] y a Jiménez [9, p. 33] quienes afirman que:

> El origen del número irracional está estrechamente relacionado con el descubrimiento de los segmentos inconmensurables (segmentos

> que no poseen una unidad común). Posteriormente, el estudio de las razones de segmentos conmensurables, o de segmentos inconmensurables pasan a ser cocientes y las proporciones se convirtieron en igualdades numéricas. Más aún, las razones entre segmentos conmensurables sufrieron la metamorfosis que las llevó a números racionales y aquellas razones entre inconmensurables pasaron a ser números irracionales.

Las aplicaciones de números irracionales a través de las épocas se hacen cada vez más frecuentes en la música, en el estudio de la circunferencia, la economía y la biología y un sinfín de áreas se han encargado de evidenciar el uso de este objeto. Macías afirma que durante la época de los pitagóricos ya se conoce el número π y el número de oro. De esta forma indica que:

> Hay tres números irracionales cuyas aplicaciones, tanto en matemáticas como en otras disciplinas, son tan numerosas e importantes que podríamos denominarlos como los números irracionales más famosos. Son los números π, e y Φ llamados número pi, número e y número de oro, respectivamente. Dos de ellos, π y Φ, ya eran conocidos por los griegos, varios siglos a. C.; el número e es ampliamente utilizado desde el siglo XVIII. [10, p. 3]

III. CONCLUSIONES

En relación al concepto de número irracional, se observa según el contexto histórico que los números irracionales surgen de las necesidades de una sociedad, de hecho en cada época han surgido algunos problemas que permiten el desarrollo del concepto y por tanto es posible rastrear algunas de estas aplicaciones, pues es mediante ellas que se pueden estudiar los obstáculos epistemológicos asociados al concepto llevado al aula de clase, es un objeto que lleva un tiempo considerable en su proceso de construcción y formalización, por lo que es importante reconocer aspectos que permitan el fortalecimiento de las actividades didácticas.

De acuerdo a los autores mencionados, es evidente que para encontrar el sentido de los números irracionales es necesario escarbar en los contextos culturales, es mediante estos estudios que el objeto número irracional cobra un gran valor, pues mediante ellos surgen nuevas ideas que permiten desarrollar el concepto de una mejor manera y, de este modo, se evita mostrar un producto terminado.

En Colombia, se observa respecto al concepto de número irracional que se pueden implementar otras metodologías, esto de acuerdo a los DBA, lo cual hace necesario plantear reflexiones sobre la forma en la que se enseña este concepto y de seguro se obtendrán nuevas formas de abordar el concepto teniendo en cuenta el sentido que se le puede dar al número irracional.

REFERENCIAS

[1] J. Sánchez, C. Valdivé, "El Número irracional: un punto de vista epistemológico con interés didáctico". *Teorías, enfoque y aplicaciones en las ciencias sociales*. Vol. 4, pp.31-45. Diciembre 2011. Disponible en: https://revistas.uclave.org/index.php/teacs/article/view/1695

[2] MEN, *Estándares Básicos De Competencias en Matemáticas.* Bogotá, 2006. Disponible en: https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf2.pdf

[3] MEN, *Derechos básicos de aprendizaje.* Bogotá, 2016. Disponible en: https:// http://aprende.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/naspublic/DBA_Matem%C3%A1ticas.pdf

[4] G. Frege, *Estudios sobre semántica.* Editorial Orbis S.A., 1984. Disponible en: https://lenguajeyconocimiento.files.wordpress.com/2012/01/frege-sobre-sentido-y-referencia.pdf

[5] U. Eco, *La estructura ausente. Introducción a la semiótica.* Editorial Lumen, 1986. Disponible en: http://www.maraserrano.com/MS/articulos/eco_estructura_ausente_OCT_11.pdf

[6] L. Vigotsky, *Pensamiento y lenguaje. Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas.* Ediciones Fausto, 1995. Disponible en: https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2015/10/Pensamiento-y-Lenguaje-Vigotsky-Lev.pdf

[7] L. Recalde, *Lecturas de historia de las matemáticas.* Santiago de Cali: Editorial Universidad del Valle, 2018.

[8] C. Boyer, *Historia de la Matemática*. Editorial Alianza: Madrid, 2003.

[9] D. Jiménez, *¿Qué carrizo era un irracional para un matemático griego antiguo?* (2004). Mimeo

[10] F. Macías, "De la impotencia a la seguridad. Los irracionales". Facultad de Ciencias Físico Matemáticas Universidad Autónoma de Puebla. Disponible en: https://skat.ihmc.us/rid=1K3MQPYQC-1N0D7J2-1H01/Mac%C3%ADas%20Romero%20biblioteca%20clase%203.pdf

AUTORES

Julián Andrés Herrera Aparicio

Investigador candidato a magíster en enseñanza de las matemáticas de la Universidad Tecnológica de Pereira; Licenciado en matemáticas y física de la Universidad del Valle; tutor del Programa Todos a Aprender, en la ciudad de Palmira, Valle del Cauca.

Áreas de investigación: educación matemática.

Oscar Fernández Sánchez

Licenciado en Educación en la Especialidad Matemáticas, Universidad del Cauca. Magíster en Ciencias Matemáticas, Universidad de Valle, Cali. Doctor en Ciencias de la Educación, RUDECOLOMBIA-UTP, Pereira. Profesor Titular de planta del Departamento de Matemáticas en la Universidad Tecnológica de Pereira. Director del Grupo de Investigación en Pensamiento Matemático y Comunicación - GIPEMAC.

Áreas de investigación: etnomatemática, teoría cognitiva de la matemática, modelación matemática en el aula y didáctica de la matemática.

Temática:
Enseñanza y aprendizaje de la FÍSICA

Algoritmos cuánticos: buscador de Grover y Autómatas finitos

Quantum Algorithms: Grover's Search and Finite Automata

Franco Escudero, Emily Andrea[1]*, Osorio Bolaños, María Alejandra*[2] *y Cárdenas Montoya, Paulo César*[3]

1 Universidad Autónoma de Chiapas.
Contacto: emily.franco48@unach.mx.
2 Universidad Autónoma de Manizales.
Contacto: maria.osoriob@autonoma.edu.co.
3 Universidad Autónoma de Manizales.
Contacto: pcardenasm@autonoma.edu.co.

Resumen

En este trabajo se presenta la simulación de dos algoritmos cuánticos: el buscador de Grover y Autómatas Cuánticos Finitos de múltiples mediciones (MM-QFA), para un lenguaje formado únicamente por dos letras (*ab*). En el documento se introducen los registros (estados cuánticos) y operaciones lógicas (operadores cuánticos) útiles para la programación. Los algoritmos fueron implementados usando diferentes herramientas de software tales como: *Qiskit*, y en el caso del algoritmo de búsqueda se usó adicionalmente el *Toolbox QuTiP* de *Python* que permite hacer el seguimiento matricial.

Palabras clave: Algoritmos Cuánticos, Algoritmo de Grover, Autómatas Cuánticos, Cúbit, *Qiskit*, *QuTiP*.

Abstract

We present the simulation of two quantum algorithms: Grover search algorithm and multiple measurement quantum finite algorithm for a two-letter language (*ab*). Along the document we introduce the registers (quantum states) and logical operations (quantum operators) that are useful to perform quantum code. Algorithms were implemented using different software tools such as: qiskit and for the case of the search algorithm we also used QuTiP that allows us to follow the matricial representation.

Keywords: Quantum Algorithms, Grover Algorithm, Quantum Automata, Qbit, Qiskit, QuTiP.

I. INTRODUCCIÓN

La computación cuántica es un paradigma informático, que emplea las ideas de la mecánica cuántica para realizar cálculos, predicciones o algoritmos [1]. Muchos de los éxitos que ha tenido la computación cuántica se deben a que a partir de estructuras de la computación clásica, se pueden adicionar elementos y estructuras que operan según reglas de la mecánica cuántica; tal es el caso de la transformada rápida de Fourier cuya implementación, usando algoritmos cuánticos, muestra un ventaja en el uso de tiempo computacional al comparar con el algoritmo convencional [1]. Este nuevo paradigma computacional se proyecta como una herramienta útil en la solución de problemas complejos que manejan una gran cantidad de datos como: finanzas, aprendizaje de máquina, seguridad informática, etc.

Sin embargo, manipular estados cuánticos requiere técnicas especiales de control, principalmente porque el estado cuántico se acopla fácilmente con entornos térmicos, en consecuencia, propiedades importantes como las coherencias o el entrelazamiento se pierden rápidamente. Por estas razones, los computadores cuánticos aún no tienen usos comerciales, sin embargo, *IBM* presta algunos servicios con sus propios computadores [6]. Por otro lado, una alternativa para explorar algoritmos cuánticos es usar un computador clásico de forma que en la programación del algoritmo se cumplan las reglas y la lógica de la mecánica cuántica.

En este documento, usando diferentes *Toolbox* que permiten incorporar de forma sencilla tanto registros cuánticos como compuertas cuánticas básicas, se presenta la simulación de dos algoritmos cuánticos. El primero es llamado el buscador de Grover para tres cúbits, para el cual se siguió la propuesta de implementación sugerida en [4]; el segundo replica la existencia de los autómatas cuánticos centrándonos en Autómatas finitos cuánticos de muchas mediciones por sus siglas en inglés *MM-QFA* siguiendo la propuesta de Ambainis and Freivalds [7].

II. MARCO TEÓRICO

La unidad mínima de información se conoce con el acrónimo de *bit*, el cual puede tomar solo uno de dos valores posibles: cero o uno. En computación cuántica también se puede tener esta estructura, sin embargo, la unidad mínima de información cuántica, conocida como *qubit* o cúbit puede ser más general, el cúbit se puede representar en la llamada base computacional por medio de dos estados $|0\rangle$ *o* $|1\rangle$ de la siguiente forma [1, 3]:

$$|0\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \qquad |1\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \tag{1}$$

Los cuales pueden asociarse con el bit. Sin embargo, la forma más general de representar el cúbit es por medio de una superposición de los estados de la base computacional de la siguiente manera:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle \tag{2}$$

Siendo α *y* β amplitudes complejas, el módulo cuadrado de las amplitudes complejas representa una probabilidad, por ejemplo, según (2) el estado se encuentra en $|0\rangle$ con probabilidad $|\alpha|^2$ de igual forma se dice que el sistema se encuentra con probabilidad $|\beta|^2$ en el estado $|1\rangle$ [3]. El estado del cúbit sugiere que este puede contener más información que el bit; esta superposición de estados es relevante en la definición de un registro cuántico como se verá más adelante.

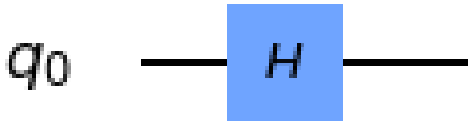
A continuación se presentan, de manera general, algunas de las compuertas cuánticas más comunes, considerando que los circuitos cuánticos son bloques funcionales que permiten implementar algoritmos cuánticos que tienen por objetivo resolver problemas de alta complejidad [5]. Estas compuertas corresponden a operadores hermíticos en el sentido cuántico, los cuales admiten representación matricial tal que para un espacio de dimensión $\boldsymbol{n}$ el tamaño de estas matrices es $2^n x 2^n$ números

complejos; adicionalmente, para representar el estado de ***n*** cúbits se $2^n x1$ requieren números complejos.

Compuerta Hadamard

Simbolizada por una caja con la letra *H*, actúa sobre un cúbit de entrada en la base computacional, transformándolo a una superposición de la forma (2) con $\alpha = \beta = 1/2$.

Figura 1. Compuerta Hadamard en forma circuital.



Fuente: simulación en *Qiskit*.

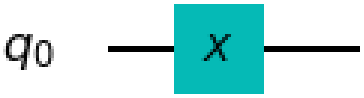
Se define matricialmente de la siguiente manera (3):

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \qquad (3)$$

Compuerta X

Simbolizada por una caja con la letra X (ver figura 2), actúa sobre el sistema, invirtiendo su estado, es decir, si está en $|0\rangle$ pasa a ser $|1\rangle$ y viceversa.

Figura 2. Compuerta X en forma circuital.



Fuente: simulación en *Qiskit.*

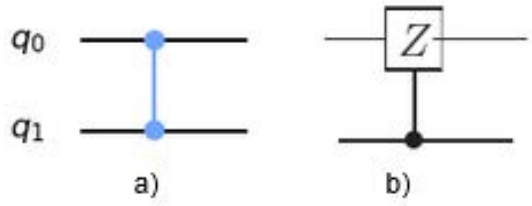
Se define matricialmente de la siguiente manera (4):

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Control Z (CZ)

Simbolizada por una caja con la letra Z o la unión de dos puntos (ver figura 3), esta compuerta actúa para dos *qubits,* se debe determinar el cúbit control y el objetivo, sobre este último actúa una suma binaria.

Figura 3. Compuerta CZ en forma circuital.



Fuente: a) Simulación en Qiskit. b) Obtenido de [1].

Se define matricialmente de la siguiente manera (5):

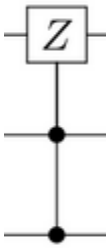
$$CZ = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$|q_0\rangle|q_1\rangle \rightarrow |q_1\rangle|q_1 \oplus q_0\rangle \quad (5)$$

Doble Control Z(CCZ)

Simbolizada por una caja con la letra Z (ver figura 4), esta compuerta actúa para tres cúbits. Se debe determinar dos cúbits de control y uno de objetivo.

Figura 4. Compuerta CCZ en forma circuital.



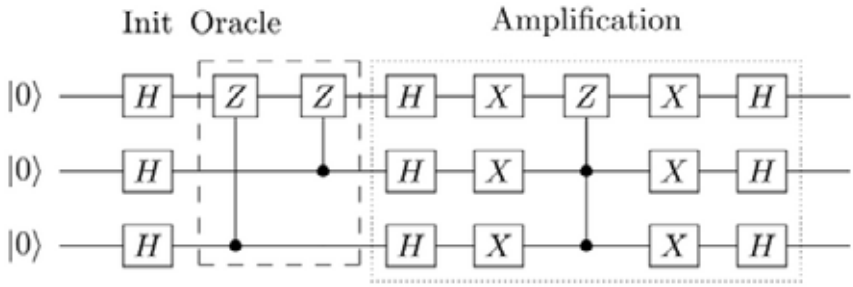
Fuente: tomado de [4].

a. Algoritmo de Grover

Supongamos que se tiene una lista de números de un tamaño determinado sin ningún conocimiento de la estructura de los datos. Se requiere encontrar un valor específico con una estructura conocida. El algoritmo clásico comienza dividiendo la lista por la mitad y contrastando los valores con la propiedad exigida hasta encontrarlo, en el mejor de lo casos estaría justamente en $\frac{N}{2}$ o en el peor, recorrería todo el registro de datos. Sin embargo, usando un algoritmo de propiedades cuánticas, como es el caso del Grover, se logra resolver este mismo problema aproximadamente con $\sqrt{N}$ pasos [2], [4].

El algoritmo de Grover se puede descomponer en tres partes (ver Figura 5):

Figura 5. Circuito cuántico del algoritmo de Grover para tres cúbits.



Fuente: ver [4].

1. Arranca en un estado inicial, consideramos aquí el caso de cúbits representado de la siguiente forma: $|000\rangle$ (se puede realizar para registros de $\boldsymbol{N}$ cúbits), este estado se transforma en un estado de superposición al pasar por las compuertas *Hadamard*, generando la misma amplitud de probabilidad para todos los estados posibles, en este caso: $\frac{1}{\sqrt{8}} = 0.35$ para cada uno de los ocho estados formados. Esto se puede visualizar en la parte *init* (inicio en español) de la figura 5.

2. En la segunda etapa se encuentra una estructura llamada *Oracle* (Oráculo en español) definido como U_ω, siendo ω el dato conocido o el patrón a buscar. Para este caso son dos números a encontrar, los cuales se definen por medio de la compuerta CZ. Esta parte tiene como objetivo encontrar los dos números agregando una fase negativa, es decir, si $x = \omega$ siendo $\boldsymbol{x}$ el número actual, entonces el estado se vuelve negativo $-|x\rangle$, en caso contrario queda el estado de $\boldsymbol{x}$ intacto, como se indica en la ecuación 6 [4].

$$U_\omega|\boldsymbol{x}\rangle = \begin{cases} |\boldsymbol{x}\rangle & \text{if } \boldsymbol{x} \neq \boldsymbol{\omega} \\ -|\boldsymbol{x}\rangle & \text{if } \boldsymbol{x} = \boldsymbol{\omega} \end{cases} \quad (6)$$

3. Por último, pasa por la etapa de la amplificación, que aumenta la amplitud de probabilidad de los números obtenidos, como en este caso son dos soluciones, cada una tiene la mitad de probabilidad, como se muestra en la ecuación (7):

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}7 \rightarrow 0{,}7^2 = 0.5 \quad (7)$$

Nótese que este algoritmo hace uso de compuertas como la Hadamard al inicio y final, la X se repite dos veces y CCZ una sola vez.

b. Autómatas

Los autómatas finitos son reconocedores, sólo dicen "sí" o "no" en relación con una posible cadena de entrada. Existen dos tipos de autómatas finitos: deterministas y no deterministas, tanto los autómatas

finitos deterministas como los no deterministas son capaces de reconocer los mismos lenguajes, conocidos como lenguajes regulares que describen expresiones regulares [8].

Un autómata finito es una 5-tupla (Q, Σ, q_0, δ, F) donde:

Q es un conjunto finito de estados, Σ es un alfabeto finito, $q_0 \in Q$ es el estado inicial, δ es una función de transición y $F \subseteq Q$ corresponde a los estados finales o de aceptación.

En el comienzo del proceso de reconocimiento de una cadena de entrada, el autómata finito, se encuentra en el estado inicial q_0 y a medida que procesa cada símbolo de la cadena va cambiando de estado de acuerdo a lo determinado por la función de transición δ. Cuando se ha procesado el último de los símbolos de la cadena de entrada, el autómata se detiene en el estado final del proceso. Si el estado final en el que se detuvo es un estado de aceptación, entonces la cadena pertenece al lenguaje reconocido por el autómata; en caso contrario, la cadena no pertenece al lenguaje previamente definido.

Un autómata cuántico QA, es un modelo teórico que se compone de un espacio de estados de entrada, un alfabeto, un vector de norma, uno como estado inicial, un subespacio de aceptación, un operador de aceptación, así como una matriz (unitaria) de transición por cada símbolo del alfabeto. En este contexto se define el lenguaje cuántico, el cual es una función que recibe como parámetro una palabra y devuelve una probabilidad entre 0 y 1; si tal probabilidad es mayor a $1/2$ entonces se acepta, en caso contrario se rechaza [9].

Un Autómata finito cuántico de medición múltiple (MM-QFA) es una 6-tupla $A = (Q, \Sigma, q_I, Q_{acc}, Q_{rej}, \{U_\sigma\}_{\sigma \epsilon \Gamma})$, donde: $Q_{rej} \subseteq Q$ son estados de rechazo, Q_{acc} son estados de aceptación, Q_{non} son estados neutrales y U_σ son las matrices de transición [10]. Los estados de rechazo o aceptación se construyen a partir de operadores proyectivos.

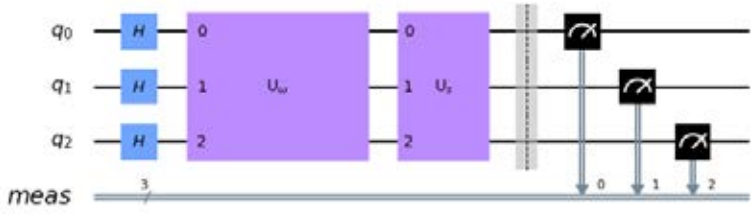
III. RESULTADOS

IIIa. Algoritmo de Grover para tres cúbits

Se simuló el algoritmo de búsqueda de Grover para tres *qubits* usando dos herramientas (*software*), la primera es *Qiskit*, un kit de desarrollo de software (SDK) de IBM [6], que se obtuvo en el circuito cuántico como se puede ver en la figura 6. En el segundo caso se empleó el *Tolboox QuTiP* del lenguaje de programación en *Python* [11], en el que se obtuvo la solución matricial como se puede ver en la figura 9.

Los dos estados marcados son $|101\rangle$ y $|110\rangle$, definidos en la compuerta *Oracle*. Después de pasar por las compuertas Hadamard, el estado actual está en un estado de superposición. El *Oracle* U_ω agrega una fase negativa a los estados marcados, $-|101\rangle$ y $-|110\rangle$. La última compuerta U_s, tiene como objetivo amplificar la amplitud de probabilidad de los dos estados marcados. Por último, se realiza la medida.

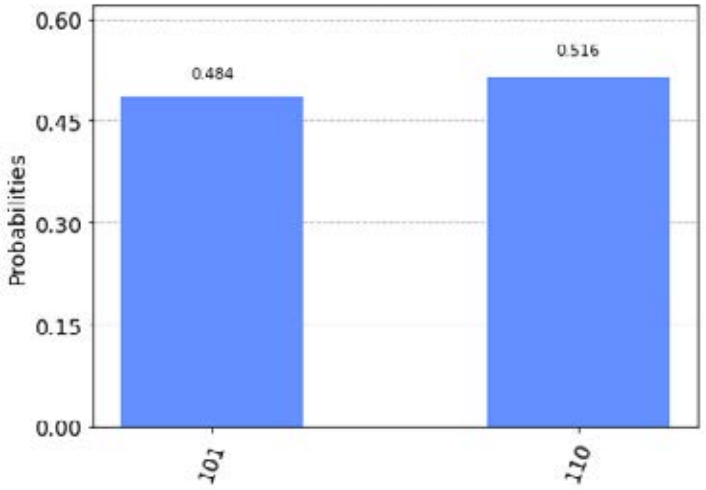
Figura 6. Circuito cuántico del algoritmo de Grover.



Fuente: simulación en *Qiskit*.

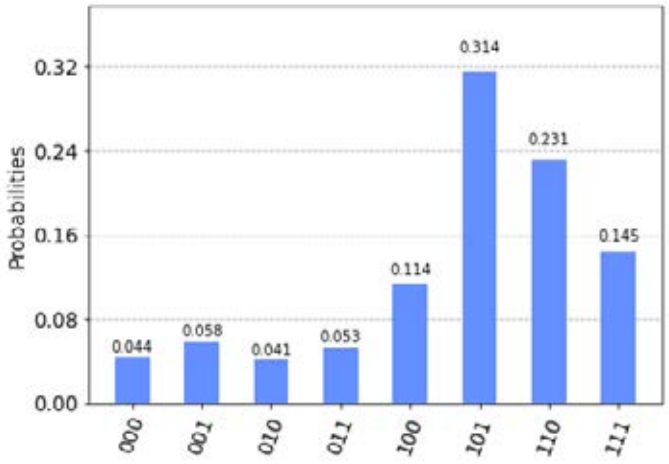
Como resultado, se obtuvieron dos histogramas que muestran la probabilidad de los dos estados marcados en comparación con los demás. El de la figura 7 es dado localmente por el software *Qiskit* y se puede observar que tiene casi la misma probabilidad, en comparación con el de la figura 8, simulado desde el computador de *IBM*, posee un mayor valor de probabilidad en el estado $|101\rangle$ que el de $|110\rangle$, los demás resultados son errores de cálculos cuánticos [4].

Figura 7. Histograma del resultado final del algoritmo de Grover.



Fuente: simulación en Qiskit.

Figura 8. Histograma del resultado final del algoritmo de Grover, simulado en un dispositivo de IBM.

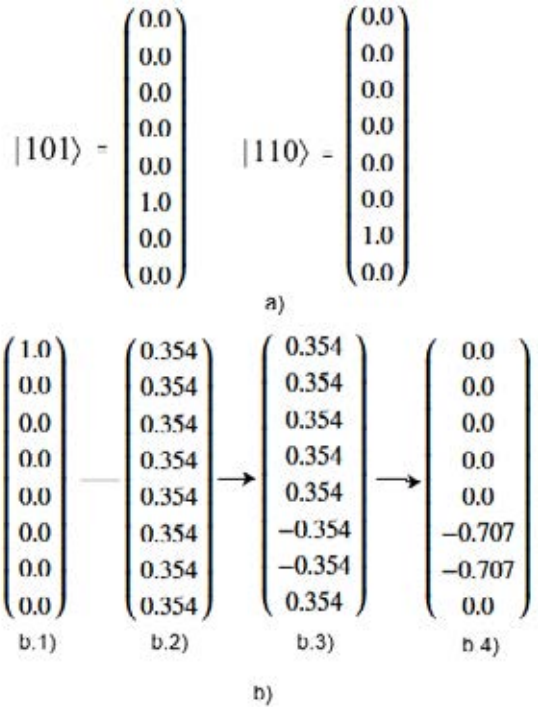


Fuente: simulación en Qiskit.

En *QuTiP* se realiza el mismo algoritmo empleando las mismas compuertas, obteniendo como resultado su forma matricial en cada etapa, como se puede observar en la figura 9.

Como se está empleando tres cúbits, las matrices de las compuertas y los estados posee un tamaño de 2^3, es decir, de 8x8 y 8x1.

Figura 9. a) Estados marcados. b) Los estados al pasar en cada etapa, b.1) Estado inicial , b.2) Estado en Superposición, b.3) Estado después del Oracle , b.4) Estado después del amplificador y resultado final.



Fuente: simulación en *QuTiP.*

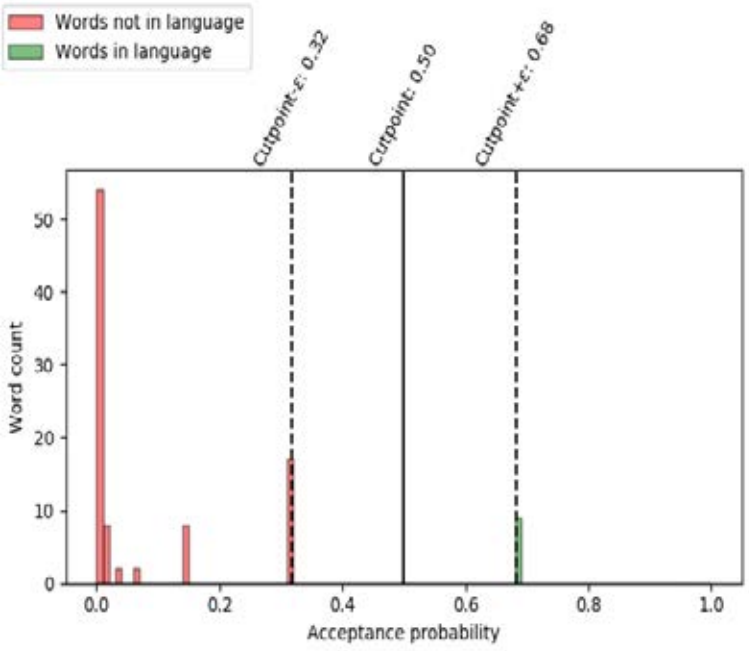
III b. Autómata Finitos

Se simuló un MM-QFA. Este autómata fue propuesto por Ambainis y Freivalds [7] como parte de la prueba de que existe un QFA unidireccional, que reconoce lenguaje a|b con probabilidad p=0.68, donde p es la raíz real de la ecuación:

$$p^3 + p = 1 \qquad (8)$$

El autómata se escribió utilizando el lenguaje de programación *Python* [11], para el código se utilizaron las siguientes librerías: *Language Generator, Language Checker* y *Plotter* [12].

Figura 10. Histograma resultado del análisis del autómata (MM-QFA).



Fuente: simulación en *Jupyter notebook* [15] utilizando las librerías [12].

Se ingresaron un total de 60 palabras, en la figura 10 se observa un histograma donde se muestra la probabilidad de aceptación de la palabra analizada por el autómata, recordando que la probabilidad debe ser mayor a $\frac{1}{2}$ para ser aceptada por el autómata, las palabras aceptadas terminaron en ab ya que esta era nuestra condición del lenguaje, como por ejemplo *aaab, abab*, etc.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se logró implementar diferentes algoritmos cuánticos usando el Toolbox *Qiskit* y *QuTiP*, se verificó que para el caso de pocos cúbits, el algoritmo de Grover reproduce lo que se espera ya que para tres cúbits se

encontró en una iteración las dos soluciones de las 8 posibilidades. No obstante, se buscará construir el algoritmo con un registro de más de tres cúbits. Además, se logra contrastar los dos resultados entregados por los dos softwares, verificando coherencia entre la forma del circuito usando *qiskit* y matricial usando *QuTiP*.

Para el caso de los autómatas finitos, se logró definir un código para simular un autómata finito cuántico de múltiples mediciones (MM-QFA), se quiere aumentar el tamaño del lenguaje a más de dos letras.

REFERENCIAS

[1] A. Nielsen y L. Chuang, *Quantum Computation and Quantum Information*, United States: Cambridge University Press, 2010.

[2] D. Candela, "Undergraduate computational physics projects on quantum computing*", American Journal of Physics*, vol. 83, no. 8, pp. 688-702, 2015. [En Línea]. Disponible en: https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.4922296

[3] B. Schumacher y M. Westmoreland, *Quantum Processes, Systems, and Information,* United States: Cambridge University Press, 2010.

[4] "Grover's Algorithm", Qiskit, [En Línea]. Disponible en: https://qiskit.org/textbook/ch-algorithms/grover.html#

[5] E. Duarte y V. Medina, "Emulación en hardware de circuitos cuánticos basados en compuertas Toffoli", *Fac. Ing. Univ. Antioquia,* no. 71, pp. 25-36, 2014 [En Línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-62302014000200004&script=sci_abstract&tlng=es

[6] Qiskit, [En Línea]. Disponible en: https://qiskit.org/metal

[7] Ambainis, A., Freivalds, R.: 1-way quantum nite automata: Strengths, weaknesses and generalizations. In: 39th Annual Symposium on Foundations of Computer Science, FOCS'98. pp. 332{341 (1998). https://doi.org/10.1109/SFCS.1998.743469

[8] Aho, A., Lam, M., Sethi, R. y Ullman, J. (2 008). *Compiladores principios, técnicas y herramientas* (2ª ed.). Pearson Educación.

[9] Cristopher Moore and James P. Crutchfield. Quantum automata and quantum grammars. Theor. Comput. Sci., 237(1):275–306, apr. 2000.

[10] Kondacs, A., Watrous, J.: On the power of quantum nite state automata. In: 38th Annual Symposium on Foundations of Computer Science, FOCS'97, Miami Beach, Florida, USA, October 19-22, 1997. pp. 66{75. IEEE Computer Society (1997)

[11] Qutip, 2013, [En Línea]. Disponible en: https://qutip.org/

[12] Lippa G., Makieła K., Kuta M. (2020) Simulations of Quantum Finite Automata. En: Krzhizhanovskaya V. et al. (eds) Computational Science – ICCS 2020. ICCS 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12142. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50433-5_34

[13] Andris Ambainis and Rusins Freivalds. 1-way quantum nite automata: strengths, weaknesses and generalizations. In FOCS'98, pages 332{341, 1998. (http://arxiv.org/abs/quant-ph/9802062).

[14] Qiu, D., Li, L., Mateus, P., Gruska, J.: Quantum nite automata. In:Wang, J. (ed.) Handbook of Finite State Based Models and Applications, pp. 113{144 (2012).

[15] /jupyter notebook, 2014, [En Línea]. Disponible en: https://jupyter.org/

AUTORES

Emily Andrea Franco Escudero

Es estudiante de pregrado de quinto semestre de Licenciatura en física y sexto semestre de Ingeniería en desarrollo y tecnologías de software, de la Universidad Autónoma de Chiapas en México.

Áreas de investigación: astropartículas, enseñanza de la física.

María Alejandra Osorio Bolaños

Estudiante de pregrado de noveno semestre de Ingeniería Electrónica y de quinto semestre de Ingeniería de Sistemas, de la Universidad Autónoma de Manizales.

Áreas de investigación: computación cuántica.

Paulo César Cárdenas Montoya

Profesor Vocacional Docente de la Universidad Haaga-Helia de Finlandia, Doctor en Física de la Universidade Federal do ABC de Brasil, Magíster en Física de la Universidad de Antioquia e Ingeniero Físico de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Actualmente se desempeña como Coordinador del Departamento de Física y Matemáticas de la Universidad Autónoma de Manizales, profesor en el mismo departamento e Investigador.

Áreas de investigación: enseñanza de la Física en cualquier nivel de formación. Física General, Mecánica Cuántica de Sistemas abiertos, Información cuántica y Termodinámica Cuántica.

Aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de conceptos físicos: trabajo y energía[1]

Problem-based learning for teaching physical concepts: work and energy

Vásquez, John Alexander[2], Jiménez, Francy Nelly[3]

1 Proyecto de maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales: Aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de conceptos físicos: trabajo y energía. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

2 Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, 0000-0002-9505-8832. Contacto: javasquezn@unal.edu.co.

3 Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Universidad Autónoma de Manizales, 0000-0003-1546-8426. Contacto: fnjimenezg@unal.edu.co.

Resumen

En este trabajo se implementó la estrategia ABP utilizando la metodología PREST para la enseñanza de la física, en los temas de trabajo y energía con estudiantes de grado undécimo de la jornada de la tarde del Instituto Universitario de Caldas. Para el desarrollo de la estrategia se utilizaron dos grupos experimentales (GE1 y GE2) y dos grupos controles (GC1 y GC2) cuya selección se realizó de forma aleatoria. Se diseñaron dos problemas: el primero con la finalidad de abordar las temáticas de trabajo y potencia; y el segundo para involucrar conceptos de energía mecánica y su conservación. Se aplicó un cuestionario de entrada que permitió la identificación de los obstáculos de aprendizaje de los estudiantes, y uno de salida mediante el cual fue posible determinar la evolución conceptual y las diferencias entre cada grupo. Se observó que los grupos GC1 y GC2 tuvieron estadísticamente comportamientos similares en las respuestas, tanto a la entrada como a la salida; mientras los grupos GE1 y GE2 presentaron diferencias significativas a la salida. Los análisis permitieron evidenciar que uno de los GE mostró mejores resultados en la parte del tema que se desarrolló en presencialidad, mientras en la que se llevó a cabo en forma remota, debido a la pandemia por Covid-19, mostró iguales resultados al GC.

Palabras clave: ABP, enseñanza, PREST, trabajo y energía.

Abstract

In this work, the PBL strategy was implemented using the PREST methodology for the teaching of physics, in the topics of work and energy with eleventh grade students of the afternoon session of the Instituto Universitario de Caldas. Two experimental groups (GE1 and GE2) and two control groups (GC1 and GC2) were randomly selected for the development of the strategy. Two problems were designed: the first was designed to address the topics of work and power; and the second to involve concepts of mechanical energy and its conservation. An input questionnaire was applied to identify the students' learning obstacles, and an output questionnaire was used to determine the conceptual evolution

and differences between each group. It was observed that groups GC1 and GC2 had statistically similar behaviors in the responses both at entry and exit, while groups GE1 and GE2 presented significant differences at exit. The analyses showed that one of the GEs showed better results in the part of the subject that was carried out in person, while in the part that was carried out remotely, due to the Covid-19 pandemic, showed the same results as the GC.

Keywords: ABP, teaching, PREST, work and energy.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la educación necesita cambios que permitan al individuo ocupar un papel dentro de la sociedad. Por tal motivo, es importante desarrollar competencias en los estudiantes que les permita la resolución de problemas contextualizados en los cuales se empleen los conceptos científicos.

Colombia en las pruebas PISA 2018 ocupó el puesto 58 de 78 países que participaron en las pruebas realizadas por la OCDE. Los resultados muestran un alto índice de estudiantes con bajo desempeño en las competencias evaluadas, las cuales se enfocan en la resolución de problemas. Es por tanto necesario diseñar nuevas metodologías que permitan a los estudiantes desarrollar competencias que les posibilite usarlas en la dinámica de la sociedad.

En este proyecto se indaga sobre el impacto del aprendizaje basado en problemas (ABP) mediante el empleo de la metodología del PREST (Programa para la enseñanza de la ciencia y la tecnología) como una técnica didáctica para la enseñanza de la física, particularmente de los conceptos físicos de trabajo y energía, en estudiantes de grado 11 del Instituto Universitario de Caldas (IUC).

II. METODOLOGÍA

Esta investigación se realizó con estudiantes de grado once de la jornada de la tarde (sección II) del Instituto Universitario de Caldas (IUC) durante el 2020, la cual contaba con 5 grupos en este grado. Dos grupos se fusionan para las materias básicas y se dividen para las profundizaciones. Por ende, para la investigación se emplearon los 4 grupos de la jornada de la tarde y se seleccionaron al azar dos grupos para que hicieran parte del grupo control (GC1 con 24 y GC2 con 38 estudiantes) y otros dos grupos para que hicieran parte del grupo experimental (GE1 con 33 y GE2 con 25 estudiantes).

Fases de la investigación

Se llevaron a cabo tres fases o etapas para el desarrollo de la investigación:

Fase 1: construcción de los problemas

Para la construcción de los problemas se revisó el currículo del plan de estudios de grado once de la asignatura de física, en particular los subtemas de trabajo y energía, con el fin de establecer los conceptos al nivel de la media vocacional que se debían abordar. Los problemas tuvieron características como la contextualización y transversalización para abordar otras áreas del conocimiento, se estructuraron de forma tal que las posibles soluciones fueran variadas para cada estudiante o grupo de estudio.

El primer problema se trabajó de manera grupal, y abordó los conceptos de trabajo y potencia. Para la construcción de la situación problema se optó por el funcionamiento de un cable aéreo [1], ya que la ciudad de Manizales cuenta con uno. Cada grupo debía presentar la solución para argumentar por qué no se podían subir 10 personas a las góndolas de dicho transporte y tener en cuenta que ellos podían elegir qué compañeros del grupo podía acompañarlos en el viaje.

El Segundo problema se construyó para realizar un trabajo individual, en el cual se relacionaron los conceptos de energía mecánica y su transformación con las características de las atracciones mecánicas del Parque del Café. Para la solución debían tener en cuenta las masas de las personas de la familia con las que iban a abordar los juegos y la cantidad de veces que iban a montar en cada atracción, con el fin de encontrar variabilidad en la resolución del problema.

Fase 2: desarrollo de la metodología PREST

La metodología PREST es una herramienta útil que se empleó para la resolución de los problemas estructurados. Dicho método ubica al estudiante como protagonista de su propio aprendizaje, a través de un problema que implica la estructuración de conceptos. Los pasos seguidos en el aula fueron:

- Aplicación del cuestionario de entrada.

- Presentación de los problemas con su respectiva explicación. Se identificaron los elementos conocidos, elementos desconocidos y temáticas de la física que era necesario abordar para resolverlos.

- Desarrollo de los centros de aprendizaje: consiste en el desarrollo de los temas (dinámica y estática, trabajo, potencia y energía), las actividades de ejercitación y las prácticas de laboratorio diseñadas para lograr el aprendizaje y aportar elementos para la solución del problema.

- Memoria colectiva: es el momento de cierre en el cual los grupos identificaban, con ayuda del esquema inicial, que parte del problema ya se podía solucionar.

- Solución de los problemas: esta solución se dio en tres momentos. En el momento 1, cada estudiante realizó un primer intento para la solución del problema. En el momento 2, se desarrolló la marcha silenciosa en la cual cada estudiante pudo caminar por el aula y mirar el trabajo que estaban desarrollando sus compañeros sin hacer ningún comentario. En el momento 3, los estudiantes realizaron un último intento para dar solución al problema. Al final, se discutieron las soluciones dadas a los problemas y los inconvenientes que se presentaron en el proceso.

- Aplicación del cuestionario de salida: el cual estuvo conformado por 20 preguntas. Las primeras 10 fueron las mismas preguntas del cuestionario de entrada y los restantes fueron ejercicios en los cuales los estudiantes aplicaron los conceptos de trabajo, potencia y energía.

  También se aplicó un cuestionario con escala tipo Likert, el cual estuvo conformado por 8 preguntas, para conocer la apreciación de los estudiantes frente a esta metodología.

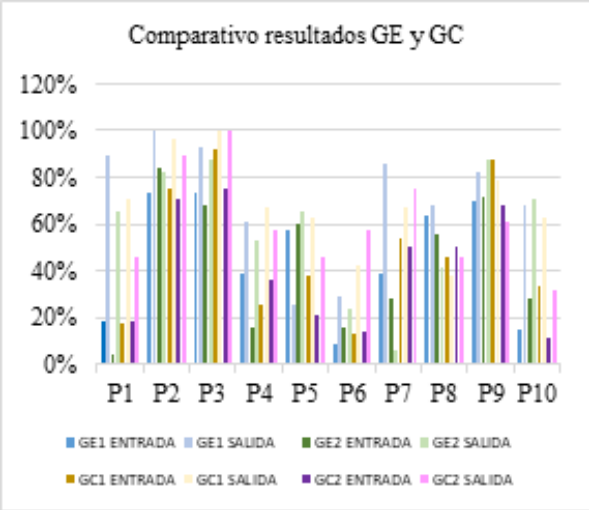
Fase 3: evaluación del Impacto

Se analizaron los datos obtenidos de la aplicación del cuestionario, tanto a la entrada como a la salida, considerando análisis cualitativos y cuantitativos. En el cuestionario de entrada se identificaron los obstáculos de aprendizaje a partir de las ideas previas de los estudiantes. Mediante la prueba estadística Shapiro-Wilk se determinó la normalidad en la distribución de los resultados numéricos de las pruebas y con una prueba del T-test se estudiaron las diferencias entre los grupos.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Test de Entrada: en esta sección analizamos los resultados del cuestionario de entrada, el cual se dividió en 3 categorías de acuerdo con los conceptos que fueron estudiados. La primera categoría corresponde a las preguntas P1, P2, P3 y P4, las cuales abordan los conceptos de trabajo y potencia. La segunda categoría está conformada por las preguntas P5, P6 y P8, y corresponden al concepto de energía. Por último, la tercera categoría corresponde a las preguntas P7, P9 y P10, y describen las ideas previas de conservación y transformación de la energía. En la figura 1 se presentan los resultados obtenidos antes y después de la aplicación del test.

Figura 1. Comparativo de los resultados entre los grupos control y experimental.



Fuente: Los autores

Se identificaron algunos obstáculos de aprendizaje para abordar estas temáticas, los cuales se listan a continuación:

- Asocian el trabajo y la energía de los seres vivos, característica identificada por Domenech (2001) en su artículo sobre la enseñanza de la energía en secundaria [2].
- Confunden el concepto de trabajo científico con el de trabajo cotidiano.
- Los estudiantes reconocen la existencia de la energía, pero no la asocian con el concepto de trabajo.
- No reconocen la transformación de la energía, más bien consideran que esta puede aumentar o perderse sin razón aparente. Esta misma situación es identificada en otras investigaciones sobre conservación de la energía [3].
- Asocian la potencia con la intensidad o fuerza, hecho que ha sido reportado en otros trabajos [4].
- Los estudiantes asocian el concepto de trabajo tan solo a la aplicación de una fuerza, mas no al desplazamiento del cuerpo.

Test de salida: para entender estos resultados es necesario aclarar que la segunda parte de la implementación se realizó en la virtualidad debido a la pandemia.

Se observa que el GE2 presenta los desempeños más bajos, lo cual puede deberse a que este grupo, en términos generales, presenta deficiencias en sus procesos lógico-matemáticos, tienen poca dedicación en las actividades académicas y asumen con menos seriedad y compromiso las actividades propuestas por los docentes. De otra parte, en la mayoría de las respuestas del grupo GE1 se muestra una mayor evolución respecto a ambos grupos control. También es importante mencionar que se presenta mayor evolución de los grupos experimentales en las preguntas de la categoría trabajo y potencia que en las relacionadas con energía y conservación, consecuencia del desarrollo de este centro de aprendizaje de forma virtual debido a la pandemia.

Se realizaron pruebas de normalidad en la distribución de los datos y la prueba estadística T-Test para comparar los grupos.

Mediante una prueba de Shapiro Wilk se encontró que las respuestas de todos los grupos, tanto a la entrada como a la salida, siguen una distribución normal con un nivel de significancia *alpha* de 0.05. Si bien no puede asegurarse que los grupos son independientes debido a la no posibilidad de aleatoriedad en los integrantes, se considera que los estudiantes no tuvieron interacción entre ellos y se toman como si fueran muestras independientes para aplicar el T-Test. A continuación, se aplicó la prueba estadística T-Test que puede usarse para grupos independientes, con distribución de datos normal, con el fin de establecer comparaciones entre las respuestas dadas por los grupos tanto a la entrada como a la salida.

A continuación, se mencionan los aspectos más importantes de esta comparación, los cuáles se sustentan en los p-valor que se indican en la **tabla 1**.

Tabla 1. Indicadores Prueba T-test.

Grupos	**Entrada (p-valor)**	**Salida (p-valor)**
GC1 vs GC2	1,0	0,74
GE1 vs GE2	0,22	0,018
GE1* vs GC2	0,82	0,69

Fuente: Los autores

-Comparación entre GC1 y GC2: mediante la prueba del T-Test los grupos GC1 y GC2 son iguales tanto a la entrada como a la salida, como lo corroboran los p-valor que se muestran en la **tabla 1**. No se observan diferencias significativas entre ambos grupos.

- Comparación entrada GE1 y GE2 a la entrada: se encuentra que a la entrada los grupos son iguales, sin embargo, el p-valor en este caso es más pequeño, lo cual implica que, aunque hay similitud entre los grupos, GE1 presenta mejores resultados respecto al GE2.

- Comparación salida GE1 y GE2 a la salida: la prueba indica que los grupos experimentales son diferentes a la salida con un p-valor pequeño, es decir, el impacto de la metodología es diferente en ambos grupos experimentales. Este resultado valida lo observado durante la aplicación de la metodología, donde el GE2 presenta dificultades conceptuales y en sus procesos lógico-matemáticos y la mayoría de los estudiantes no son disciplinados en su proceso académico y les cuesta asumir con responsabilidad las actividades propuestas por los docentes.

Ya que el cuestionario de salida fue aplicado en plataforma virtual, y que algunos estudiantes de los grupos experimentales (GE1: 15 %, GE2: 32 %) no pudieron contestar el cuestionario debido a la falta de conectividad, se decide tomar un GE1* que incluyera solo los estudiantes que participaron en toda la estrategia y contestaron la prueba tanto a la entrada como a la salida, es decir, 28 estudiantes. El propósito de tomar este grupo es el de poder compararlo estadísticamente con el GC2, debido a que este último tiene la misma cantidad de estudiantes.

Como complemento, el test de salida contenía no solo las preguntas del test de entrada que se analizaron en la sección anterior, sino 10 preguntas más de las cuales 2 hacían referencia al concepto de energía cinética y otras 8 estaban relacionadas con ejercicios numéricos sobre los conceptos estudiados. Se encontró que se presenta mayor evolución en 6 preguntas, lo que al parecer confirma que la resolución de problemas que involucran el modelo matemático del fenómeno muestra mejores resultados en el grupo en el cual se aplicó la metodología PREST. Los estudiantes a los que se les aplicó la metodología ABP mejoraron la capacidad para resolver problemas numéricos como lo afirma una investigación relacionada con la capacidad de resolución de problemas de una enseñanza-aprendizaje de la física con una estructura problematizada [5].

Finalmente, se realizó una comparación estadística entre los grupos GE1* y GC2, en la que se incluyeron todas las respuestas a las preguntas del cuestionario de salida. Se encontró que, primero, las respuestas de ambos grupos siguen una distribución normal; segundo, la aplicación del T-Test arroja que no hay diferencias significativas entre ambos grupos.

Aunque se esperarían diferencias estadísticas significativas entre ambos grupos para corroborar que la estrategia influye de manera positiva, debe anotarse que se presentaron inconvenientes en el transcurso de la implementación de la metodología, especialmente debido a la virtualidad que fue necesario adoptar a mitad del proceso. Es de anotar que Loyens menciona que los estudiantes expuestos a la estrategia ABP mostraron cambios conceptuales significativos respecto a los demás grupos participantes en su investigación [6].

Finalmente, de la aplicación del test de apreciación con escala Likert se encontró que el 90 % estuvo de acuerdo en que la estrategia fue motivadora y les gustaría usarla en otros temas de física. La percepción de los estudiantes referente a si los problemas propuestos les permitieron relacionarlos con otras áreas y si desarrollaron otras habilidades en la solución de problemas fue del 90 % para cada una. También los estudiantes de los grupos experimentales estuvieron de acuerdo con que la metodología y las actividades propuestas les ayudaron a mejorar el desempeño con un 75 %. Y, por último, un 71 % estuvo de acuerdo con el tiempo asignado para las actividades propuestas de la estrategia ABP.

IV. CONCLUSIONES

Se estructuraron problemas en contexto que involucraron conceptos de trabajo y energía. Las características que predominaron en el diseño de los problemas del cable aéreo y el Parque del Café fueron la complejidad en la solución, la variabilidad en los datos para cada grupo, la transversalización con otras áreas del conocimiento y la contextualización a situaciones cercanas a la realidad que fueran observables.

En algunas sesiones se pudo observar la falta de compromiso de algunos estudiantes para desarrollar las actividades propuestas, especialmente del grupo GE2. También se evidenció resistencia a la estrategia implementada, debido a que esta implica un trabajo autónomo por parte del estudiante, es decir, la escuela tradicional no está adaptada a este tipo de metodologías. El desarrollo de la metodología para el segundo problema (Parque del Café) se implementó bajo la virtualidad, se pudo evidenciar de forma más acentuada la resistencia al trabajo autónomo y al cambio de la metodología.

La metodología del ABP reflejó evolución en las ideas previas que venían manejando los estudiantes y se presentaron mejores resultados y argumentos mucho más claros en el primer problema que se estudió de forma presencial.

En los análisis estadísticos se encontró que no hay diferencias significativas entre los grupos a la entrada, lo cual establece un punto igual de partida para todos. A la salida, se observaron diferencias entre los grupos experimentales, lo cual corrobora lo que el docente detectó durante el proceso respecto a este grupo. Se encontró, además, que no hay diferencias significativas entre el grupo control y el experimental a la salida, debido posiblemente al cambio abrupto a la virtualidad durante el proceso.

REFERENCIAS

[1] A. F. M. Vargas, "Diseño y construcción de un sistema de transporte de carga por medio de cables para topografía de gran pendiente," *Journal of Controlled Release*, vol. 156, pp. 315-322, 2011.

[2] Doménech, "La enseñanza de la energía en la educación secundaria. un análisis crítico," *Revista Enseñanza de la Física*, vol 14, no 1. pp. 45–60. 2001.

[3] T. Solbes, "Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía," *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, vol. 16, no. 3, pp. 387-398, 1998.

[4] Doménech, "4E La Enseñanza De La Energía," *Analysis*, pp. 285-311, 2003.

[5] Becerra, Gras, and Martínez, "Efectos sobre la capacidad de resolución de problemas de 'lápiz y papel' de una enseñanza-aprendizaje de la física con una estructura problematizada," *Revista Brasileira de Ensino de Fisica*, vol. 32, no. 2, pp. 1-11, 2010, doi: 10.1590/s1806-11172010000200010.

[6] S. M. M. Loyens, "Problem-based learning as a facilitator of conceptual change," *Learning and Instruction*, vol. 38, pp. 34-42, 2015, doi: 10.1016/j.learninstruc.2015.03.002.

AUTORES

John Alexander Vásquez Naranjo

Matemático, magíster en enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Docente titular de la Institución Educativa San Jorge adscrita a la Secretaría de Educación Municipal de Manizales.

Áreas de investigación: didáctica de las ciencias exactas y naturales.

Francy Nelly Jiménez García

Ingeniera Química, especialista en computación para docencia, especialista en educación vocacional, magíster en ciencias física y doctora en ingeniería. Docente titular de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales y de la Universidad Autónoma de Manizales; Coordinadora Doctorado en Ingeniería de la Universidad Autónoma de Manizales.

Áreas de investigación: didáctica de las ciencias exactas y naturales, energías renovables, obtención y caracterización de materiales.

El pensamiento físico-matemático y la resolución de problemas en el estudio de fenómenos de la mecánica clásica[1]

Physical mathematical thinking and problem solving in the study of classical mechanics phenomena

Díaz, Carlos[2] y Figueroa, Jaider[3]

1 Producto derivado del Trabajo Final de Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

2 Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales – Grupo de Investigación EDUCEN; 0000-0003-4210-7271. Contacto: cfdiazt@unal.edu.co.

3 Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales – Grupo de Investigación EDUCEN; 0000-0002-7408-6017. Contacto: jafigueroaf@unal.edu.co.

Resumen

En el presente trabajo se busca potenciar los procesos asociados al pensamiento físico-matemático en estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Municipal Nacional de Pitalito, Huila. Para tal fin, se implementa el enfoque de formulación y resolución de problemas en el contexto de la mecánica clásica. La investigación se enmarca en el paradigma cualitativo y es de carácter descriptivo. La secuencia didáctica propuesta se compone de actividades de experimentación, resolución y formulación de problemas. Los instrumentos metodológicos usados se dividen en cuatro fases: prueba diagnóstica, módulo de caída libre, módulo de lanzamiento vertical y prueba final. Los resultados presentan la descripción del desempeño mostrado por los estudiantes en cada uno de los procesos, de estos se pueden destacar en primer lugar el avance en la identificación de variables, la formulación de hipótesis y algunos diseños experimentales. En segundo lugar, se logra fortalecer la descripción del comportamiento de las variables en varios registros semióticos, especialmente en el cartesiano y verbal. Y en tercer lugar, los estudiantes logran clasificar y explicar los movimientos verticales a partir del comportamiento de las variables.

Palabras clave: experimentación, formulación de problemas, pensamiento físico matemático, pensamiento variacional, resolución de problemas.

Abstract

The purpose of this work is to develop the processes associated to physical mathematical thinking in tenth year students of Institución Educativa Municipal Nacional from Pitalito, Huila. To this end, the problem posing and problem solving approach is implemented in the classical mechanics context. The research belongs to the qualitative paradigm and it is descriptive in nature. The proposed didactic sequence is composed by activities of experimentation, problem solving and problem posing. The methodological instruments are divided in four phases: diagnostic test, free fall module, vertical throw module and final test. The results present the description of student performance in every process, whereby can be

highlighted in first place the improvement in the variables recognition, the hypothesis formulation and some experimental designs. In the second place, the description of variables behavior by several registers of semiotic representations have been built up, especially the Cartesian and verbal registers. In the third place, the students manage to classify and explain the vertical motions based on concepts and the variables behavior.

Keywords: experimentation, problem posing, physical mathematical thinking, variational thinking, problem solving.

I. INTRODUCCIÓN

La formación en ciencias naturales es el espacio en que los estudiantes proponen explicaciones de los fenómenos naturales, partiendo de unas concepciones alternativas y apropiándose de metodologías que les permitan construir el conocimiento [1]. No obstante, el proceso de enseñanza aprendizaje de la física en el grado décimo de la Institución Educativa Municipal Nacional de Pitalito Huila dista, en ciertos aspectos, de esta concepción y, por tanto, los estudiantes perciben la asignatura como la transmisión de conceptos y ecuaciones sin relación aparente. Entre esos aspectos se pueden destacar tres: en primer lugar la programación a partir de temas aparentemente aislados. En segundo lugar el rol de herramienta dado a las matemáticas [2], pues se usan como un conjunto de ejercicios algorítmicos que los estudiantes deben mecanizar. Y en tercer lugar, la experimentación no es una actividad frecuente debido a la poca importancia que se le atribuye.

A partir de la situación expuesta, este trabajo se orienta hacia el desarrollo de habilidades de pensamiento que le permitan al estudiante construir sus propias explicaciones de los fenómenos físicos presentes en su entorno. Entre estas habilidades se resaltan comparar, describir, analizar, sintetizar, abstraer, modelar, entre otras; las cuales se enmarcan en lo que se ha denominado como pensamiento físico-matemático [3]. Este pensamiento se fundamenta en la relación entre física y matemática, presente en la construcción de los conceptos científicos donde se hacen abstracciones de ciertas propiedades de la naturaleza y son descritas desde un lenguaje matemático [4]. Entendiendo este último como el uso de múltiples registros de representación (verbal, algebraica, gráfica, tabular y fenomenológica) [2].

A nivel de la educación media, las habilidades que se han considerado necesarias para explicar los fenómenos de la mecánica clásica desde un lenguaje matemático, se han delimitado dentro de tres grandes procesos asociados al pensamiento físico-matemático, en los cuales se han especificado un conjunto de subprocesos que detallan las tareas que un

estudiante debería realizar para que se evidencie el desarrollo en cada proceso. Es importante resaltar que estos procesos y subprocesos guardan total coherencia con los Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental [5], los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales [1], los Derechos Básicos de Aprendizaje en Ciencias Naturales [6] y las tres competencias de Ciencias Naturales establecidas por el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación [7].

El objetivo de este trabajo es potenciar el desarrollo de procesos asociados al pensamiento físico-matemático en los estudiantes del grado décimo a partir del enfoque de la resolución de problemas en el contexto de la mecánica clásica. Para tal fin, se propone la implementación de una secuencia didáctica basada en problemas. La concepción de problema que fundamenta el diseño de las actividades es el de una situación que hace evidente la ausencia de conocimiento [8], exigiéndole al estudiante un esfuerzo mental en el que debe proponer algo nuevo y modificar sus concepciones sobre la naturaleza [9].

El fenómeno físico a estudiar es la caída libre, donde los estudiantes desarrollan actividades que les permita explorar las particularidades de este movimiento y transversalmente desarrollar los procesos asociados al pensamiento físico matemático. Por tanto, el impacto de la metodología propuesta se analiza desde los avances mostrados en cada uno de los procesos, donde se describe el desempeño de los estudiantes a lo largo de las diferentes fases de la intervención.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

2.1. Metodología

El presente trabajo de investigación tiene una metodología cualitativa de tipo descriptiva, donde se pretende hacer una exploración entre las diferentes formas en que los estudiantes manifiestan el desarrollo del pensamiento físico-matemático y describir los avances logrados a lo largo de la intervención.

La población se compone de 71 estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Municipal Nacional de Pitalito, Huila.

2.1.1. Secuencia didáctica

La secuencia didáctica propuesta se orienta hacia el desarrollo del pensamiento físico-matemático. Cada una de las actividades se ha diseñado tomando como base los problemas, generando así tres tipos de actividades: la primera es la experimentación a partir de una situación problema, donde los estudiantes formulan sus hipótesis y usan el laboratorio para verificarlas [1]. La segunda es la resolución de problemas, la cual requiere el uso de conceptos y diferentes representaciones semióticas para llegar a una solución [2]. Y la tercera es la formulación de problemas, donde el estudiante plantea problemas a partir de ciertas situaciones [10].

Fase 1: prueba diagnóstica

En esta primera fase, se busca determinar el nivel de desarrollo de los procesos asociados al pensamiento físico-matemático, previo a la intervención. Consiste en una prueba escrita, donde cada pregunta puede ser transversal a uno o varios procesos. El fenómeno físico a analizar es el movimiento rectilíneo, el cual corresponde a los contenidos vistos en las clases anteriores.

Fase 2: módulo de caída libre

En esta fase se pretende familiarizar al estudiante con el fenómeno del movimiento vertical. Se compone de dos actividades grupales, la primera consiste en la formulación de hipótesis y diseño de un experimento para comprobarla. En la segunda actividad los estudiantes reciben una representación numérico-variacional del fenómeno y deben realizar la representación cartesiana. Tras cada actividad se realiza una sesión de socialización.

Fase 3: módulo de lanzamiento vertical

En esta fase se realizan tres actividades orientadas a profundizar el análisis del movimiento vertical. La primera es experimental y se desarrolla en forma similar a la mostrada en la fase 2, pero mediante un simulador. En la segunda se proponen problemas que requieren el uso de varias representaciones y la clasificación de los movimientos. Y en la tercera los estudiantes formulan problemas, especificando las habilidades que ellos consideran necesarias para resolverlos.

Fase 4: prueba final

En esta última fase, se pretende valorar el nivel de desarrollo alcanzado por los estudiantes en cada proceso tras la aplicación de la secuencia didáctica. La prueba es similar a la diagnóstica, pero se diferencia en el fenómeno físico analizado, en este caso se plantea acerca del movimiento vertical.

2.1.2. Análisis de resultados

La fuente de información que permite valorar los resultados es la producción escrita de los estudiantes. Es de resaltar, que en cada una las actividades se ha usado el tipo de pregunta abierta con la finalidad de identificar la mayor cantidad de recursos usados.

La información obtenida es utilizada para determinar el desarrollo del pensamiento físico-matemático demostrado por los estudiantes. Para lograrlo, se han establecido tres procesos asociados, donde concurren las principales habilidades de pensamiento que se espera desarrollar en la física del grado décimo. Y para cada uno de estos, se especifican algunos desempeños que el estudiante debe cumplir, los cuales se han denominado subprocesos. A continuación se muestran los tres procesos con sus respectivos subprocesos, ordenados de acuerdo al nivel de complejidad:

Proceso 1: identificación de variables en un sistema físico y la forma en que se relacionan, a partir de la observación y experimentación

a) Reconoce las variables involucradas en un fenómeno físico y posibles dependencias entre ellas.
b) Formula preguntas a partir de la observación de un fenómeno, propone hipótesis e idea métodos experimentales para verificarlas.
c) Diseña experimentos que le permitan identificar la relación entre variables, eligiendo instrumentos adecuados y registrando la información pertinente.

Proceso 2: construcción de modelos en múltiples sistemas de representación semiótica que permitan la descripción y predicción de fenómenos físicos

a) Muestra la variación de las magnitudes físicas en diferentes sistemas de representación (gráfica, esquema, algebraica, tabular y fenomenológica) y comunica hipótesis o resultados a partir de estas representaciones.
b) Identifica las estructuras matemáticas adecuadas para solucionar un problema, argumentando su pertinencia a partir del comportamiento de las variables. Y realiza los tratamientos necesarios dentro de un mismo registro semiótico.
c) Construye modelos gráficos o algebraicos que le permitan realizar predicciones sobre un fenómeno físico.

Proceso 3: explicación de fenómenos naturales a partir del comportamiento de las variables.

a) Clasifica los fenómenos naturales de acuerdo al comportamiento de sus variables.
b) Construye explicaciones de los fenómenos naturales desde un lenguaje matemático, relacionando el comportamiento de las variables con los conceptos y leyes físicas.

2.2. Resultados

2.2.1. Desarrollo del proceso 1

En la prueba diagnóstica se evidencia un nivel básico, en el que se logra un reconocimiento de variables cinemáticas, pero es escaso el uso del método científico. La hipótesis es omitida por la mayoría de los estudiantes y el diseño de experimentos es poco satisfactorio.

La fase 2 inicia con una actividad experimental, donde los estudiantes son orientados en las distintas etapas del trabajo científico. Esto permite que empiecen a realizar las primeras formulaciones de hipótesis y diseños de experimentos.

En la fase 3 los estudiantes realizan un trabajo más autónomo y de mayor calidad. Y aunque el trabajo experimental es virtual, los estudiantes procuran la elaboración de hipótesis acerca del comportamiento de la velocidad y sus respectivos experimentos. Notándose, sin embargo, algunas fallas recurrentes en la especificación de instrumentos y descripción del proceso.

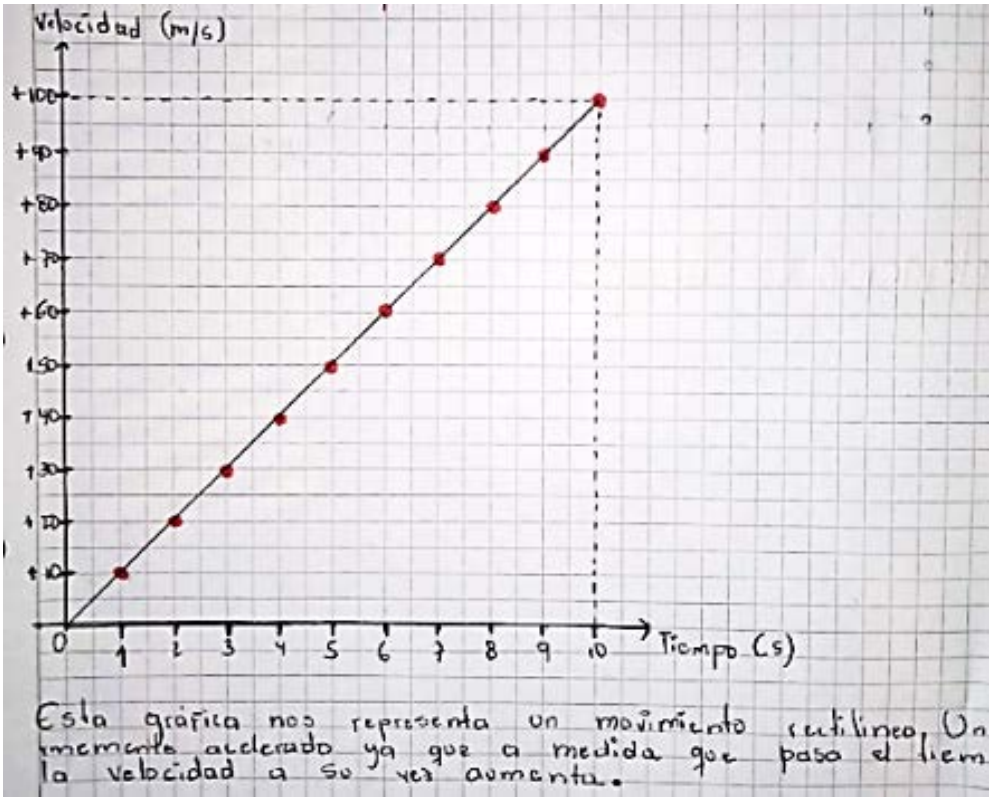
Finalmente, en la última prueba el desempeño disminuye notablemente. Esto se puede explicar desde tres perspectivas: en primera instancia, el instrumento de evaluación pudo haber sido inadecuado. En segunda instancia, en la secuencia didáctica las actividades requerían específicamente cada etapa del trabajo científico, en cambio en la prueba final el estudiante debía proponer estas etapas, lo cual indica que se requiere mayor aprehensión del método científico. En tercera instancia, es posible que algunas habilidades sean muy complejas para medirse solo en un examen escrito.

2.2.2. Desarrollo del proceso 2

Este proceso muestra importantes avances a lo largo de toda la intervención, de manera que los estudiantes logran cada vez mejores representaciones del movimiento rectilíneo.

En primer lugar, la prueba diagnóstica indicaba que la mayor parte de los estudiantes lograban mínimamente representar en uno de los registros semióticos el movimiento. No obstante, era evidente la dificultad en el uso de variadas conversiones. Además, registros como el pictórico o tabular, no eran incluidos entre las representaciones. Ante este diagnóstico, una de las actividades propuestas en la fase 2 fue la resolución de problemas, donde los estudiantes debían convertir un registro numérico variacional a uno cartesiano y tratar de justificar la pertinencia de este último. En la Figura 1 se muestra la solución propuesta por uno de los grupos. En esta misma fase se pidió a los estudiantes que organizaran los resultados de la actividad experimental en diferentes registros semióticos. Estas actividades permitieron fortalecer la representación cartesiana y explorar otros registros.

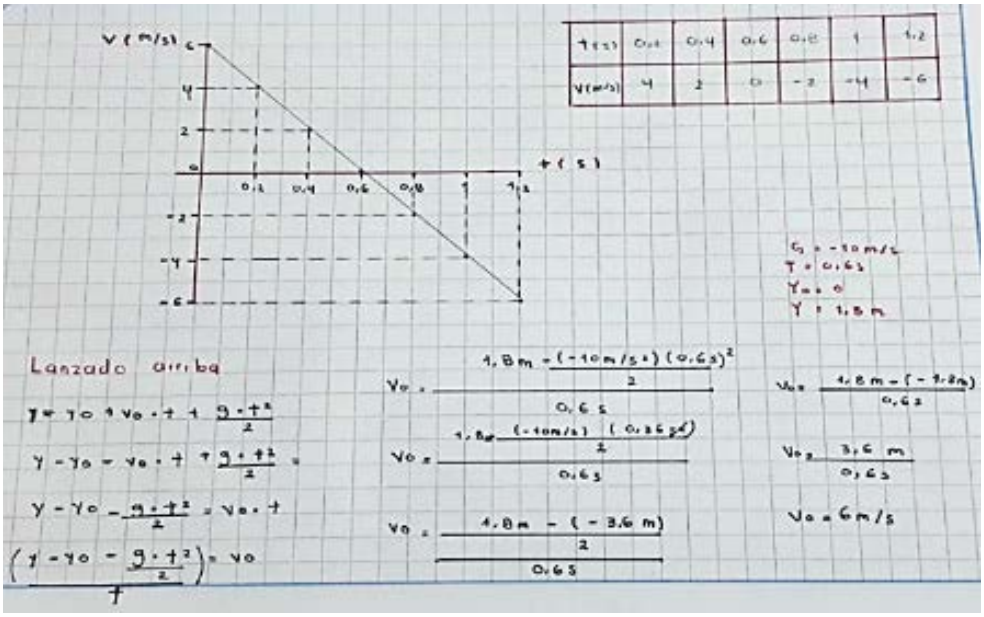
Figura 1. Utilización de registro cartesiano y su justificación fase 2.



Fuente: elaboración de estudiantes.

En segundo lugar, la actividad de resolución de problemas propuesta en la fase 3, permitió el fortalecimiento de los registros cartesiano y algebraico usados para construir modelos predictivos, clasificar movimientos y solucionar problemas. En la Figura 2 se muestra la representación realizada por uno de los grupos. No obstante, se observaron dificultades en el tratamiento dentro del registro algebraico y poco uso del tabular.

Figura 2. Utilización de registros cartesiano, tabular y algebraico en fase 3.



Fuente: elaboración de estudiantes.

Finalmente, la actividad de formulación de problemas permitió que los estudiantes se hicieran más conscientes del tipo de registro utilizado y fortalecieran su aplicación.

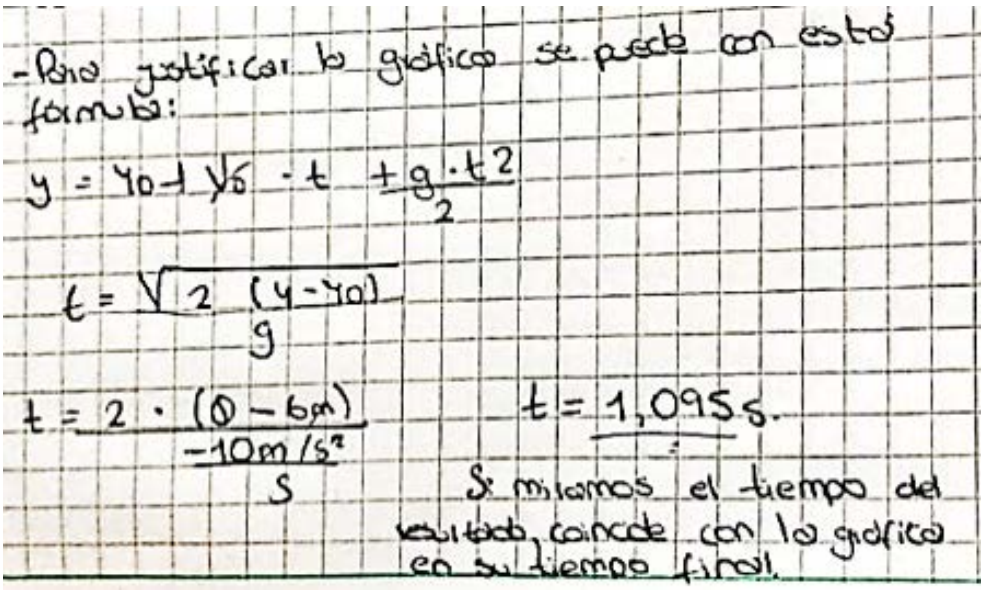
2.2.3. Desarrollo del proceso 3

El nivel de desempeño del tercer proceso es notablemente bueno al inicio de la intervención. Lo anterior, debido a que la prueba diagnóstica fue alrededor de temáticas que ya habían sido estudiadas, de manera que la identificación de conceptos y clasificación de los movimientos fue sencilla

para la mayoría de los estudiantes. No obstante, en la explicación de los fenómenos falló un gran número de estudiantes.

La fase 2 permitió familiarizar a los estudiantes con el fenómeno y un gran porcentaje logró identificar la aceleración y otros factores en la caída libre. Para la fase 3, se amplió la cantidad de movimientos analizados y se buscó que los estudiantes los diferenciaran de acuerdo al comportamiento de la velocidad. Adicionalmente, se propuso como situación problema la identificación de los movimientos. En la Figura 3 los estudiantes usan el registro algebraico para verificar que el objeto se dejó caer.

Figura 3. Clasificación de movimiento vertical fase 3.



Fuente: elaboración de estudiantes.

En la prueba final, la mayoría de los estudiantes lograban reconocer la diferencia entre los tipos de lanzamiento No obstante, se notó cierta dificultad para relacionar los conceptos con los cambios observados en variables como la velocidad.

III. CONCLUSIONES

La intervención ha permitido alcanzar las metas comúnmente propuestas en la educación tradicional, identificar los conceptos, clasificar los tipos de movimiento y solucionar ejercicios algebraicos. Pero adicionalmente, se ha logrado el desarrollo de los tres procesos asociados al pensamiento físico-matemático, dentro de los cuales que se destacan habilidades como la representación en múltiples registros, la construcción del conocimiento a partir del método científico, la clasificación y explicación de fenómenos naturales a partir del comportamiento de las variables.

REFERENCIAS

[1] Ministerio de Educación Nacional (MEN), "Estándares Básicos en Competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales", Bogotá, Colombia, 2006. [En línea]. Disponible en: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf%0A%0A.

[2] R. A. S. Karam y M. Pietracola, "Habilidades Técnicas Versus Habilidades Estruturantes: Resolução de Problemas e o Papel da Matemática como Estruturante do Pensamento Físico", *ALEXANDRIA Rev. Educ. em Ciência e Tecnol.*, vol. 2, núm. 2, pp. 181-205, 2009.

[3] P. A. Aragón, Marín, y C. Santamaría, "El pensamiento físico-matemático como un objeto de estudio de la didáctica de la física", Congreso Iberoamericano de Educación Metas 2021, Buenos Aires, 2010.

[4] D. F. Vizcaino y E. A. Terrazzan, "Diferencias trascendentales entre matematización de la física y matematización para la enseñanza de la física", *Tecné, Episteme y Didaxis TED*, vol. 1, núm. 38, pp. 95-111, 2015, doi: 10.17227/01213814.38ted95.111.

[5] Ministerio de Educación Nacional (MEN), "Lineamientos Curriculares. Ciencias Naturales y Educación Ambiental", Bogotá, Colombia, 1998.

[6] "Derechos Básicos de Aprendizaje - Ciencias Naturales", 2016.

[7] Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES), "Marco de referencia de la prueba de ciencias naturales Saber 11.°", 2019.

[8] J. Muñoz León, "Enseñanza basada en resolución de problemas: distancia entre conocimiento teórico y saber común.", Universidad Autónoma de Barcelona, 2015.

[9] Ministerio de Educación Nacional (MEN), "Lineamientos Curriculares de Matemáticas", Bogotá, Colombia, Colombia, 1998.

[10] U. Malaspina y E. Vallejo, "Creación de problemas en la docencia y la investigación", *Reflexiones y Propuestas en Educ. Matemática*, pp. 7-54, 2014.

AUTORES

Carlos Fernando Díaz Torres

Ingeniero de Petróleos, de la Universidad Nacional de Colombia – Medellín; Docente de educación media en el área de Ciencias Naturales – Física, en la Institución Educativa Municipal Nacional de Pitalito, Huila; Estudiante de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

Áreas de investigación: pensamiento matemático y pensamiento científico, matematización de la física y enfoque de formulación y resolución de problemas.

Jaider Albeiro Figueroa Flórez

Magíster en Matemática Aplicada, de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales; Licenciado en Matemáticas, de la Universidad de Sucre. Docente de planta de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, adscrito al Departamento de Matemáticas y Estadística.

Áreas de investigación: modelamiento matemático y educación matemática en las líneas de pensamiento matemático y resolución de problemas; y construcción de ambientes de aprendizaje con tecnologías.

Temática:

Enseñanza y aprendizaje de la QUÍMICA

Huertas caseras una estrategia didactica en la enseñanza de las ciencias naturales[1]

Home gardens: a didactic strategy in the teaching of natural sciences

Giraldo Zuluaga, Sandra[2], Giraldo Arbelaez, Jorge[3], Osorio Zuluaga, Hector[4]

1 Este artículo forma parte del proceso de formación para la optar al título de Magister en la Enseñanza de la Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad Nacional sede Manizales.

2 Licenciada en Biología y química, Universidad de Caldas; Docente básica primaria, Institución Educativa La Libertad, San José, Caldas. Contacto: sagiraldoz@unal.edu.co

3 Magister en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

4 Doctor en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Director Departamento de Física y Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales

Resumen:

La comunidad de la vereda Paz Alta del municipio de San José, presenta una alimentación poco balanceada con poca variabilidad de productos agrícolas y una agricultura intensiva; esta busca generar recursos para suplir necesidades básicas, y por consiguiente, las familias dedican poco tiempo y recursos en las huertas caseras. Esta es una oportunidad para que la escuela en su rol de articulación de los contenidos académicos con los procesos del campo, al involucrar a los alumnos, sus familias y demás miembros de la comunidad a identificar y apropiarse de nuevas tecnologías para el uso de huertas. Se desarrolló una propuesta didáctica que articula los diferentes contenidos académicos relacionados con ser vivo y ecosistema; enfocados en crear huertas caseras, bajo el modelo de Escuela Nueva; inicialmente en la institución educativa se creó la huerta escolar, que se utilizó como piloto para que los niños en sus respectivos hogares replicaran los conceptos orientados desde la clase de ciencias naturales. Participaron diez (10) estudiantes de la básica primaria y sus familias. En el desarrollo de todo el proceso se evidenció motivación de los estudiantes al encontrar relación estrecha entre los conceptos aprendidos en clase y el conocimiento empírico de sus padres, esto permitió socializar el conocimiento tradicional de las familias asociadas a las huertas caseras; tal y como la elaboración de remedios caseros para el control de plagas, abonos orgánicos alrededor del proyecto.

Palabras clave: Huertas, enseñanza, aprendizaje, escuela.

Abstract

The community of the village of Paz Alta in the municipality of San José, presents an unbalanced diet with low variability of agricultural products and intensive agriculture; This seeks to generate resources to meet basic needs, and therefore families spend little time and resources in home gardens. This is an opportunity for the school in its role of articulating academic content with field processes, by involving students, their families and other members of the community to identify and appropriate new

technologies for the use of gardens. A didactic proposal was developed that articulates the different academic contents related to the living being and the ecosystem focused on creating home gardens, under the Escuela Nueva model; Initially in the educational institution, the school garden was created that was used as a pilot for the children in their respective homes to replicate the concepts oriented from the natural sciences class. Ten (10) elementary school students and their families participated. In the development of the whole process, students' motivation was evidenced by finding a close relationship between the concepts learned in class and the empirical knowledge of their parents, this allowed to socialize the traditional knowledge of the families associated with home gardens; as well as the elaboration of home remedies for pest control, organic fertilizers around the project.

Keywords: Gardens, teaching, learning, school.

I. INTRODUCCIÓN

"El departamento de Caldas presenta problemas en el sector agrario, tales como: bajos niveles de producción, eficacia y rentabilidad de los productos de primera necesidad, poco competitivos; el desempleo rural y migración de jóvenes a grandes ciudades" [1]

La comunidad de la vereda Paz Alta no es ajena a esta situación, su alimentación es poco balanceada, las comunidades se dedican a la agricultura intensiva, basada en monocultivos de café, plátano y aguacate. Sus recursos son invertidos principalmente en la satisfacción de otro tipo de necesidades, lo que deja a un lado una alimentación balanceada, a pesar de contar con un recurso natural, para cultivos de autoconsumo.

Las comunidades requieren de la aplicación de estrategias que les contribuyan a mejorar la situación de inseguridad alimentaria, razón por la cual se hace necesario que la escuela tenga una participación activa dentro de dichos procesos. [2] De igual manera es necesario estimular a los niños para que visualicen el agro de modo diferente; enseñar el aprecio por su entorno, cuidado del medio ambiente y ayudarlos a encontrar nuevas oportunidades de utilización y aprovechamiento de los recursos de modo responsable, en búsqueda de minimizar la contaminación de su entorno.

La aplicación de técnicas amigables con el medio ambiente contribuye a reducir la contaminación ambiental por el uso de insumos agrícolas, por lo tanto, es importante orientar a los niños y sus familias en la identificación y aplicación de dichas estrategias en sus huertas caseras. [2]

De lo anterior las Instituciones educativas no solo imparten contenidos, sino que deben articularlos de acuerdo al contexto familiar y social, que potencialicen y fortalezcan el aprendizaje de las ciencias naturales [3]

Durante los últimos años la implementación de huertas escolares como instrumento para la enseñanza de las ciencias naturales ha cobrado

importancia en varios países del mundo, debido a su aplicabilidad práctica dentro de la disciplina[4] Los conocimientos empíricos de los niños y sus padres, genera un aprendizaje significativo de las ciencias naturales

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

Se propuso el desarrollo de una secuencia didáctica basada bajo el modelo de Escuela Nueva, dado las condiciones de aula multigradual; dicho enfoque permite al docente la flexibilización de contenidos académicos; esta unidad tuvo como eje central la elaboración de una huerta escolar piloto y la correlación de las diferentes guías fundamentadas en los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) asociados a los conceptos de ser vivo y ecosistema en básica primaria de la Institución Educativa La Libertad. Como consecuencia los niños y sus familias implementaron una huerta similar en sus respectivos hogares.

Este estudio se basó en la metodología de investigación acción, mediante la cual se describen las experiencias y resultados obtenidos en la implementación de las huertas caseras, se desarrollaron actividades de experimentación, aprendizaje de contenidos de ciencias naturales, con énfasis en el trabajo colaborativo en el entorno familiar, para la articulación de los conceptos desarrollados en la clase y los tradicionales de la familia y la comunidad. Los conocimientos tradicionales socializados permitieron desarrollar una estrategia de consolidación de remedios caseros para el control de plagas, el cual se pudo complementar con otras fuentes de información y así disminuir los niveles de contaminación y el costo de producción.

Escenario y actores

El trabajo se desarrolló en la Institución Educativa La Libertad, sede Paz alta con diez (10) estudiantes de la básica primaria de diferentes grados de escolaridad, sus familias. Además, se contó con el aporte de la secretaria de agricultura del municipio de San José, quienes realizaron el suministro de semillas y capacitaciones. La Universidad de Caldas con capacitación por parte del "*Centro de Investigación de Enemigos Biológicos"*

Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Las técnicas utilizadas durante el presente estudio fueron: la observación directa, diario de campo, prueba diagnóstica, entrevistas con los miembros de la comunidad, prueba final donde se miden los resultados de la secuencia didáctica y los registros fotográficos (figura 1 y 2) donde se evidencian los progresos en el mejoramiento y construcción de las huertas caseras.

Figura 1. El primer diseño de huerta familiar.

Fuente propia

Figura 2. Segundo diseño de huerta familiar.

Fuente propia

PROCEDIMIENTO

El estudio se desarrolló en las siguientes etapas:

Etapa 1

Mediante entrevistas se realizó un sondeo con los padres de familia de los estudiantes sobre los cultivos de autoconsumo en la vereda, adicionalmente se diseñaron diferentes estilos de huertas de acuerdo con la experiencia familiar. De allí se realizó una socialización y se mejoró el concepto de construcción de huertas, mediante una premiación; los niños realizaron un registro detallado de las diferentes técnicas en el diario de campo.

De lo anterior surgió un diseño para la huerta escolar piloto de la escuela, allí se orientó a los niños para que replicarán los conocimientos en las huertas familiares con ayuda de sus padres, se utilizaron diferentes abonos y remedios caseros para el cuidado de los cultivos de autoconsumo.

Etapa 2

Mediante una prueba diagnóstica (Anexo 1.), se identificó los preconceptos relacionados con las temáticas de seres vivos y ecosistemas de básica primaria que permitió enfocar el diseño de las guías de trabajo bajo el modelo de Escuela Nueva

Etapa 3

Los estándares básicos de competencias en ciencias naturales y sus derechos básicos (Anexo 2) fueron adaptados a los conceptos de ser vivo y ecosistemas, integrados a las huertas caseras por una serie de guías (7); además se incluyeron tres (3) sobre el control biológico de plagas.

Etapa 4

Mediante entrevistas a los padres de familia y los estudiantes se identificó el impacto con relación a la estrategia de las huertas caseras.

RESULTADOS

Durante la fase inicial se encontró cierta resistencia por parte de la comunidad en la construcción de las huertas caseras, sin embargo; el desarrollo de salidas pedagógicas con los niños y sus familias generó un cambio de actitud frente al proyecto.

En la construcción de las huertas caseras se vivieron dos momentos:

Inicialmente con el poco conocimiento de algunas familias se construyeron huertas artesanales, que desmotivaron algunos niños, después

de la socialización estas fueron rediseñadas con un mayor impacto dentro de la comunidad.

La huerta permitió no solo trabajar conceptos relacionados con las ciencias naturales, sino transversalizar con otras áreas del conocimiento como inglés, matemáticas, ética y emprendimiento

En el desarrollo de la secuencia didáctica, los niños contaron con un espacio donde se articularon las experiencias trabajadas en el aula con sus familias. La ejecución de las actividades propuestas en su respectiva huerta casera permitió afianzar los conceptos, que posteriormente compartieron con su entorno familiar.

Los resultados evidenciados en la aplicación de la prueba final reflejan que se generó un cambio a nivel conceptual en un amplio porcentaje de los estudiantes, con ello se demuestra que la aplicación de la secuencia didáctica a través de las huertas caseras contribuye en el dominio de las temáticas relacionadas con ser vivo y ecosistema en los estudiantes de la básica primaria.

Se motivó a la comunidad para contribuir con el cuidado y protección del medio ambiente, generar espacios de integración y trabajo colaborativo, en los hogares de la vereda Paz Alta.

III. CONCLUSIONES

La estrategia de la huerta casera género motivación de los niños y padres de familia, por la participación en todas las actividades programadas en la secuencia didáctica.

Se logró despertar el interés de los niños con los contenidos propios del área de ciencias naturales y los conocimientos tradicionales de sus familias.

La estrategia adicionalmente permitió implementar otras actividades que transversalizan áreas del conocimiento como inglés, matemáticas, ética y emprendimiento; se demuestra que la estrategia promueve un espacio práctico de trabajo en el aula.

En el plan de área de ciencias naturales de la institución educativa La Libertad, la temática sobre ecosistemas , se puede transversalizar en los grados 1°, 2°, 3°, 4° y 5° de acuerdo a los estándares básicos de calidad planteados por el MEN.

GRADO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO
Desempeño conceptual	Identificar algunas formas de cuidar la naturaleza y los seres vivos	Explicar las adpataciones de los seres vivos al ambiente	Describir y verificar la flora, la fauna, el agua y el suelo de su entorno	Identificar la estructura de los seres vivos que les permiten desarrollarse en su entorno y que puedo utilizar como criterios de clasificación	Identificar adaptaciones de los seres vivos, teniendo en cuenta las cararacterísticas de los ecosistemas en que viven
Desempeño procedimental	Me identifico como un ser vivo que comparte algunas características con otros seres vivos y que se relaciona con ellos en un entorno en el todos nos desarrollamos.	respetar y cuidar los seres vivos y los objetos de su entorno	Contribuir a preservar y mejorar el ambiente, haciendo uso adecuado de los recursos naturales y los creados por el hombre	Reconocer la importancia del suelo en la vida del hombre	reconocer la importancia del agua para la vida de los seres vivos
Desempeño actitudinal	Establecer juicios argumentales y definir acciones adecuadas para resolver una situación determinada	Descubrir y analizar críticamente, deficiencias para definir alternativas e implementar soluciones acertadas y oportunas	Regular el propio comportamiento, reflexionar sobrre la propia actitud en relación con las actividades desarrolladas y responsabilizarse de las acciones realizadas	Consolidar un equipo de trabajo, integrarse a él y aportar conocimientos, ideas y experiencias, con el fin de definir objetivos colectivos y establecer roles y responsabilidades para realizar un trabajo	Identificar, ubicar, organizar, controlar y utilizar en forma racional y eficiente los recursos disponibles, en la realización de proyectos y actividades

Fuente: tabla elaborada a partir del plan de área de ciencias naturales de la institución educativa La Libertad.

La socialización y los recorridos en salidas pedagógicas mejoraron los diseños y construcciones de las huertas caseras, así como, las técnicas de siembra y cuidado de las plantas.

El trabajo colaborativo que surgió en la implementación de la secuencia didáctica permitió un avance diferencial en la conceptualización de los contenidos académicos relacionados. La estrategia facilita el trabajo en el aula.

La participación de los niños en el mercado campesino les permitió poner a prueba sus conocimientos en cálculos matemáticos, desde situaciones reales, partiendo de las unidades de peso, identificación del

dinero como método de intercambio entre productos y rentabilidad del trabajo realizado por cada uno en sus huertas caseras. La participación de las madres en dicha actividad demuestra motivación y abre una puerta donde ellas identificaron nuevas fuentes de adquisición de dinero para contribuir con el presupuesto familiar.

Anexo 1.

https://docs.google.com/forms/d/1n_WWRmNmA0p03_L9Ff-0Q6jGDwvLwptGQgewdkqhEg0/edit?usp=drivesdk

Anexo 2.

Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y derechos básicos de aprendizaje en Ciencias Naturales partiendo los DBA y el plan de estudios institucional para los cinco (5) grados de la básica primaria:

Grado	Derecho básico de aprendizaje	Evidencias
Primero	Comprende que los seres vivos (plantas, y animales) tienen características comunes (se alimentan, respiran, tienen un ciclo de vida, responden al entorno) y las diferencias de los objetos inertes	Clasifica seres vivos (plantas y animales) de su entorno, según sus características abservables (tamaño, cuebierta corporal, cantidad y tipo de miembros, forma de raiz, tallo, hojas, flores y frutos) y las diferencias de los objetos inertes, a partir de criterios que tienen que ver con las características básicas de los seres vivos. Compara características y partes de plantas y animales, utilizando instrumentos simples como la lupa para realizar observaciones. Describe las partes de las plantas (raiz, tallo, hojas, flores y frutos), así como los animales de su entorno, según características observables (tamaño, cubierta corporal, cantidad y tipo de miembros). Propone acciones de cuidado a plantas y animales, teniendo en cuenta características como tipo de alimentación, ciclos de vida y relación con el entorno.
Segundo	Comprende la relación entre características físicas de plantas y animales con los ambientes en donde viven, teniendo en cuenta sus necesidades básicas (luz, agua, aire, suelo, nutrientes, desplazamiento y protección)	Descibe y clasifica plantas y animales de su entorno, según su tipo de desplazamiento, dieta y protección. Explica, cómo las características físicas de un animal o planta, le ayudan a vivir en un cierto ambiente. Predice posibles problemas que podrían ocurrir cuando no se satisfacen algunas de las necesidades básicas en el desarrollo de plantas y animales, a partir de los resultados obtenidos en experimentaciones sencillas. Establece relaciones entre las características de los seres vivos y el ambiente donde habitan.
Tercero	Comprende las relaciones de los seres vivos con otros organismos de su entorno (intra e interespecíficas) y las explica como esenciales para su supervivencia en un ambiente determinado	Interpreta las relaciones de competencia, territorialidad, gregarismo, depredación, parasitismo, comensalismo, amansalismo y mutualismo, como esenciales para la supervivencia de los organismos en un ecosistema, dando ejemplos. Observa y describe características que le permiten a algunos organismos camuflarse con el entorno, para explicar cómo mejoran su posibilidad de supervivencia. Predice qué ocurrirá con organismos del mismo ecosistema, dada una variación en sus condiciones ambientales o en una población de organismos. Describe y registra las relaciones intra e interespecíficas que le permiten sobrevivir como ser humano en un ecosistema.
	Explica la influencia de los factores abióticos (luz, temperatura, suelo y aire) en el desarrollo de los factores bióticos (fauna flora) de un ecosistema.	Diferencia los factores bióticos (plantas y animales) de los abióticos (luz, agua, temperatura, suelo y aire) de un ecosistema propio de su región. Interpreta el ecosistema de su región, describiendo relaciones entre factores bióticos (plantas y animales) y abióticos (luz, agua, temperatura, suelo y aire). Predice los efectos que ocurren en los organismos al alterarse un factor abiótico en un ecosistema.
Cuarto	Comprende que los organismos cumplen distintas funciones en cada uno de los niveles tráficos y que las relaciones entre ellos pueden representarse en cadenas y redes alimenticias.	Identifica los niveles tráficos en cadenas alimenticias y establece la función de cada uno en un ecosistema. Indica qué puede ocurrir con las distintas poblaciones que forman parte de una red alimenticia cuando se altera cualquiera de sus niveles. Representa cadenas, pirámides o redes tróficas para establecer relaciones entre los niveles tróficos.
Quinto	No aplica DBA	

En el plan de área de ciencias naturales de la institución educativa la libertad la temática sobre ecosistemas se puede transversalizar en los grados 1°,2°,3°,4° y 5° de acuerdo con los estándares básicos de calidad planteados por el MEN.

REFERENCIAS

[1] Gobernacion de Caldas, "PLAN DEPARTAMENT AL DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL CALDAS 20 17 2021," *Stat. F. Theor*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

[2] F. Herrera and S. Herrero, "ODS en Colombia Los retos para 2030," *Programa las Nac. Unidas para el Desarro.*, p. 74, 2018, [Online]. Available: https://www.undp.org/content/dam/colombia/docs/ODS/undp_co_PUBL_julio_ODS_en_Colombia_los_retos_para_2030_ONU.pdf.

[3] L. F. Patiño, M. E. Bernal, and E. Castaño, "Caracterización de las dinámicas de la educación rural en sus primeras etapas. (Análisis de caso escuela rural de Caldas).," *Vet.zootec*, vol. 5, no. 1, pp. 69–86, 2011, [Online]. Available: http://vetzootec.ucaldas.edu.co/downloads/v5n1a07.pdf.

[4] Á. Barrón Ruiz and J. M. Muñoz Rodríguez, "Fraguando Espacios Socioeducativos En Y Para La Sostenibilidad," *Foro Educ.*, vol. 13, no. 19, pp. 213–239, 2015.

AUTORES

Sandra Yaneth Giraldo Zuluaga

Licenciada en Biología y química, Universidad de Caldas; Docente básica primaria, Institución Educativa La Libertad, San José, Caldas.

Héctor Jairo Osorio Zuluaga

Doctor en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Director Departamento de Física y Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Investigador Asociado Colciencias. ORCID: 0000-0002-0227-588X

Áreas de investigación: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, Química Orgánica.

Jorge Eduardo Giraldo Arbeláez

Magister en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. ORCID: 0000-0002-4102-5701

Áreas de investigación: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, Química General.

Economía atómica para la enseñanza de la estequiometría: un estudio de mapeo sistemático[1]

Atom economy for the teaching of sychiometry: a systematic mapping study

Naranjo-Zuluaga, Claudia Patricia[2], Ospina-Quintero, Natalia[3] y Lorduy-Flórez, Danny José[4]

1 El artículo surge en el ejercicio de la formulación del problema de la tesis doctoral en Didáctica de la primera autora, estudiante de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

2 Universidad de Córdoba; código ORCID 0000-0001-9209-9586.
Contacto: cpnaranjo@correo.unicordoba.edu.co

3 Universidad Simón Bolívar; código ORCID 0000-0002-1310-5886.
Contacto: natalia.ospina@unisimonbolivar.edu.co

4 Universidad de Córdoba; código ORCID 0000-0001-8355-6669.
Contacto: dlorduyflorez@correo.unicordoba.edu.co

Resumen

La química verde utiliza el desarrollo de métodos para cambiar las propiedades intrínsecas de productos o procesos con el fin de reducir los riesgos que afronta la sociedad y el ambiente en la actualidad, uno de los pilares fundamentales de este enfoque es la economía atómica [11]. Este documento tuvo como objetivo general indagar acerca de la producción científica referente a la enseñanza de la estequiometría escolar y una posible relación con el principio de la economía atómica, mediante la implementación del método de mapeo sistemático y metaanálisis de la literatura científica comprendida durante el período 2015-2020, encontrándose nueve publicaciones de interés para el presente estudio. Los resultados muestran que todas corresponden a la categoría estequiometría y ninguna se asocia con la economía atómica, constituyendo una oportunidad para mediar la enseñanza de la química desde el desarrollo de estos dos campos del conocimiento. Estos resultados permitieron concluir que los temas específicos de producción, para los nueve documentos analizados, corresponden a estudios empíricos mediante la implementación de estrategias didácticas, simulaciones, uso de las TICs, analogías, diseño de guías de aprendizaje y unidades didácticas; y solo dos publicaciones enfatizan en reflexiones históricas, epistemológicas o del discurso de la categoría estequiometría. Lo anterior permite abrir rutas de investigación en la construcción del conocimiento científico del docente y los estudiantes, que vinculen la enseñanza de la estequiometría desde una perspectiva de la economía atómica para contextualizar este campo del conocimiento y maximizar la incorporación de todos los materiales usados durante un proceso químico.

Palabras clave: enseñanza de la química, estequiometría, economía atómica, química verde, mapeo sistemático.

Abstract

Green chemistry uses the development of methods to change the intrinsic properties of products or processes to reduce the risks facing society and

the environment today, one of the fundamental pillars of this approach is atomic economics [11]. This document had as a general objective to inquire about the scientific production related to the teaching of school stechiometry and a possible relationship with the principle of atomic economy, through the implementation of the method of systematic mapping and meta-analysis of the scientific literature included during the period 2015-2020, finding nine publications of interest for the present study. The results show that all correspond to the category of stechiometry and none is associated with atomic economics, constituting an opportunity to mediate the teaching of chemistry since the development of these two fields of knowledge. These results allowed us to conclude that the specific production topics for the nine documents analyzed correspond to empirical studies through the implementation of didactic strategies, simulations, use of ICTs, analogies, design of learning guides and didactic units and only two publications emphasize historical reflections, epistemological or discourse of the category stechiometry. This allows to open research routes in the construction of scientific knowledge of teachers and students, which link the teaching of stochiometry from a perspective of atomic economics to contextualize this field of knowledge and maximize the incorporation of all materials used during a chemical process.

Keywords: teaching of chemistry, stoichiometry, atomic economics, green chemistry, systematic mapping.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo conduce a la reflexión de la producción científica generada en el último quinquenio (período 2015-2020) respecto a la enseñanza de la estequiometría [1], [6], pero centrada en un posible abordaje didáctico desde el segundo principio de la química verde referido al concepto de economía atómica. La cual se describe como la aplicación de métodos sintéticos diseñados para maximizar la eficiencia de un proceso químico, midiendo la incorporación de todos sus reactivos y buscando con ello un rendimiento atómico del 100% [7], [8].

La economía atómica ha tenido gran impacto en los procesos industriales, principalmente de síntesis química, fue acuñada por [9] y [10] para evidenciar la importancia de una química limpia [11] y proporciona una gran oportunidad, desde la didáctica, vincularlo al concepto de estequiometría en la escuela.

Por lo anterior y mediante la implementación de un estudio de mapeo sistemático [12], [14] y metaanálisis de la literatura científica comprendida durante el período 2015-2020. La presente investigación tiene como objetivo general, indagar acerca de la producción científica referente a la enseñanza de la estequiometría escolar y una posible relación con el principio de la economía atómica.

En virtud de lo anterior, las dos categorías de estudio, *estequiometría y economía atómica*, constituyen nuevas rutas de investigación para mediar la enseñanza de la química hacia el desarrollo de conocimientos contextuales, permitiendo encontrar sentido y significado a sus aprendizajes [15], [23].

Para alcanzar el propósito de este estudio, se orientó el mapeo sistemático de literatura en los siguientes objetivos específicos:

i) Caracterizar reportes de investigaciones sobre la estequiometría y economía atómica en la escuela.
ii) Identificar la producción científica del concepto de estequiometría en relación con el tema de interés: economía

atómica en la escuela, dentro del marco nacional e internacional, destacando usos, contextos y categorías.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

El método usado para esta investigación fue el mapeo sistemático y metaanálisis de la literatura científica, mediante el diseño de estrategias de búsqueda que comprendió varias etapas: i) Preguntas de búsqueda ii) Selección de bases de datos y cadenas de búsqueda. iii) Definición de criterios de inclusión y exclusión y iv) Filtrado y análisis de artículos.

Cada una de estas etapas se describe a continuación, empleando protocolos de búsqueda y metaanálisis diseñados para el mapeo sistemático [12], [14].

Etapa 1. La tabla 1 muestra las preguntas de investigación (MQ), según su traducción al inglés "Mapping Question" [14], las cuales se definieron a la luz de los objetivos de investigación.

Tabla 1. Preguntas utilizadas para el análisis.

	Pregunta	Información buscada
MQ1	¿Qué tendencias de producción se observan en el período comprendido entre 2015 y 2020 en el tema de enseñanza de la estequiometría y economía atómica?	Aumento o disminución en la producción a través de los años.
MQ2	¿En qué idiomas y en qué países se produce la investigación sobre enseñanza de estequiometría y economía atómica?	Idiomas. Países de producción.
MQ3	¿Cómo se caracteriza la producción sobre enseñanza de la estequiometría y economía atómica, en cuanto al tipo de trabajos y accesibilidad?	Acceso abierto o cerrado. Tipos de documentos: artículos, libros, capítulos, otros.
MQ4	¿Qué trabajos han tenido mayor impacto en la producción científica sobre enseñanza de la estequiometría y economía atómica?	Número de citas.
MQ5	¿Qué líneas se han desarrollado en la investigación sobre enseñanza de la estequiometría y economía atómica?	Temas específicos de producción

Fuente: Tomado y ajustado de [12].

Etapa 2. En esta etapa se seleccionaron las bases de datos y cadenas de búsquedas más usadas en los documentos referenciados para esta investigación, mostrados en la tabla 2. Además, se tuvo en cuenta una búsqueda complementaria con ayuda de Google académico.

Tabla 2. Bases de datos y cadenas de búsquedas.

Bases de datos digitales	
Science Direct	**Sitios web especializados**
Scopus	Google Académico
Springer Link	
Web of Science	
JSTOR	
Cadenas de búsqueda	"enseñanza de estequiometría" OR "didáctica de estequiometría" "economía atómica" AND "enseñanza de ciencias"

Fuente: elaboración de los autores (2021).

Etapa 3. En esta etapa se definieron algunos criterios de inclusión y exclusión, mostrados en la tabla 3, teniendo en cuenta el modelo propuesto por [13] a la luz de los intereses de esta investigación.

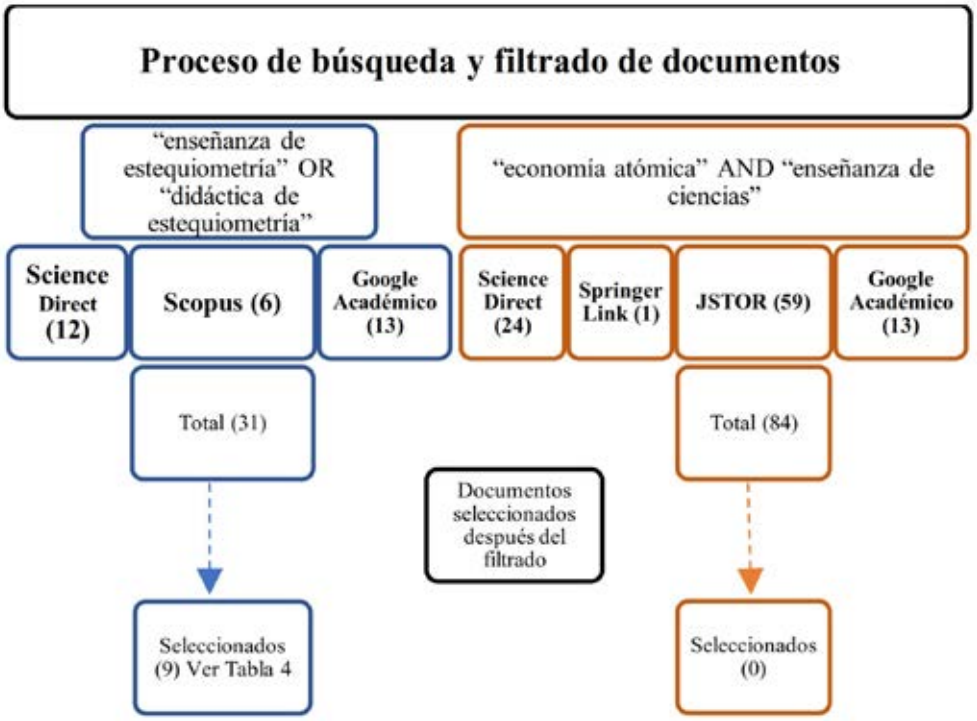
Tabla 3. Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión	**Criterios de exclusión**
Artículos que incluyeran las frases: "enseñanza de estequiometría" OR "didáctica de estequiometría" "economía atómica" AND "enseñanza de ciencias"	Artículos sin conexión educativa
Artículos incluidos en las bases de datos Science Direct, Scopus, Springer Link, WoS y Jstor. Además, en Google académico.	Artículos de acceso cerrado
Horizonte de tiempo 5 años (2015 y 2020), excepto para las búsquedas en Google académico.	Trabajos centrados en química verde
Documentos a texto completo	Trabajos centrados en el aprendizaje de ciencias o química o estequiometría
Todas las disciplinas e idiomas.	Trabajos centrados en enseñanza de ciencias para niveles no escolares
Trabajos centrados en la enseñanza de ciencias escolar	Trabajos en enseñanza de química escolar pero centrados en otras temáticas diferentes a estequiometría
Trabajos centrados en enseñanza o didáctica de la química en el tema de estequiometría	Artículos investigativos o de reflexión en enseñanza o didáctica de las ciencias general

Fuente: tomado y ajustado de [13].

Etapa 4. En esta etapa se realizó un filtrado y análisis de los artículos seleccionados. Para ello, se efectuó una búsqueda exploratoria, la cual arrojó un determinado número de artículos, a los que se aplicaron criterios de inclusión y exclusión definidos en la etapa anterior. Esto condujo la reducción de la muestra de artículos para análisis final a un número total de nueve documentos que guardaban estrecha relación con el tema central de la investigación en la categoría de *enseñanza o didáctica de la estequiometría*, ya que, para la categoría de *economía atómica*, fueron descartados todos los resultados de la búsqueda tras la aplicación de los criterios de exclusión y duplicidad a lo largo del proceso de filtrado, como se detalla en la figura 1.

Figura 1. Diagrama de Filtrado en el proceso de búsqueda.



Fuente. Elaboración propia.

Los resultados de la búsqueda anterior muestran un total de nueve artículos seleccionados (tabla 4) de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión, además de la duplicidad presentada en algunos casos. Es preciso

aclarar que estos nueve documentos corresponden a la categoría *enseñanza* o *didáctica de la estequiometría*, sin considerar el rango de tiempo y tomando en cuenta todos los idiomas, por constituir una posibilidad más amplia que se abría, al usar Google Académico para la búsqueda y proporcionar, de esta manera, documentos de interés para el presente estudio. En relación a la categoría *economía atómica*, el principal criterio de exclusión que condujo a la supresión de todos los documentos detectados se debe a que contenían las palabras "química verde" en el título o guardaban poca relación con los criterios de inclusión.

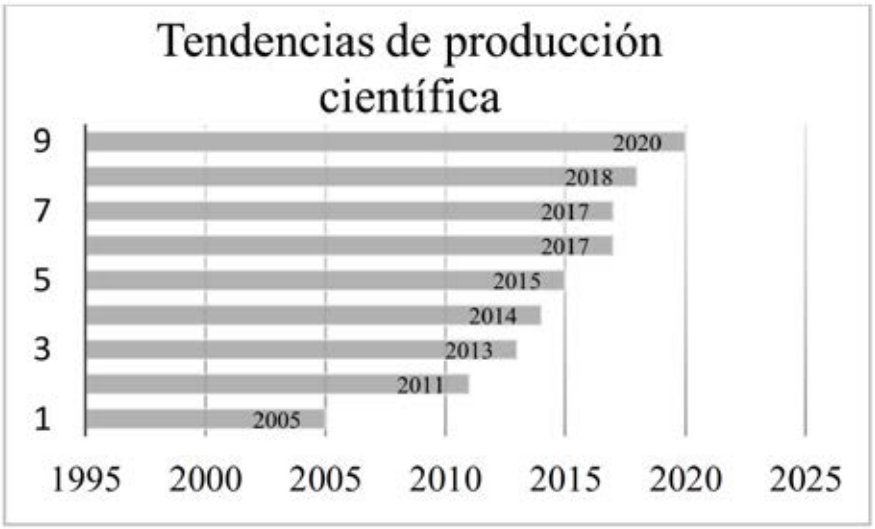
Tabla 4. Artículos seleccionados para análisis con preguntas de la etapa 1.

Referencia	Título	Autor (Año)
[24]	Estrategias basadas en el uso de las TICs como herramienta para la enseñanza de la estequiometría	Novoa Becerra, Yesica Andreina (2011)
[25]	Stoichiometry and the law of mass conservation: what can be hidden behind the simplification of the experts' discourse	Galagovsky, Giacomo y Alí (2015)
[26]	Propuesta de enseñanza aprendizaje para la interpretación de las relaciones estequiométricas a partir de una ecuación química balanceada	Saldarriaga Quintero, Álvaro Marlon y Correa Osorno, Claudia María (2005)
[27]	Análisis histórico de las leyes de la conservación de la masa, una contribución a la comprensión de la equivalencia y a la formulación de relaciones estequiométricas	Elena Díaz Bolívar (2020)
[28]	Implementación de estrategias didácticas para la enseñanza de la estequiometría en estudiantes del grado once de enseñanza media	Obando Melo, Sandra Milena (2013)
[29]	Diseño de una guía de aprendizaje sobre estequiometria utilizando la herramienta drive para estudiantes de 10° grado del municipio Palmar, Santander	Mancilla Rosas, Alba Rocío (2017)
[2]	Analogías en la enseñanza de la estequiometría: revisión de páginas web	Raviolo y Lerzo (2014)
[30]	Incidencia de la implementación de una unidad didáctica diseñada en el modelo de investigación dirigida en el aprendizaje de la estequiometría	Villarreal Rocha J, Sánchez Hernández L (2018)
[31]*	Simulando estequiometría con la hoja de cálculo: uso de la barra de desplazamiento Simulating stoichiometry with spreadsheet: use of the scroll bar	Raviolo, Andrés (2017)

Fuente: Elaboración propia. *única referencia de Scopus, las demás corresponden a Google académico.

El análisis de los nueve documentos seleccionados a partir de las preguntas de la tabla 1, condujo a las premisas respecto a las tendencias de producción científica en los últimos años para el tema de interés, se observa un leve desarrollo de la productividad a través de los años con cierta tendencia al aumento entre el período 2017-2020, ya que para el año 2017 coinciden dos publicaciones como se observa en la gráfica 1.

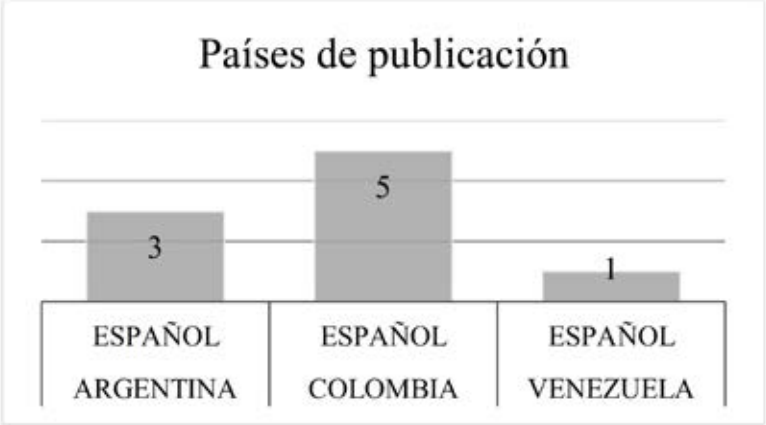
Gráfica 1. Tendencias de producción científica para los 9 documentos de referencia.



Fuente. Elaboración propia.

Los países que prevalecen en las publicaciones analizadas corresponden a la región de Sur América (todas en idioma español), con predominancia en nuestro país Colombia, ya que cinco de las nueve publicaciones se encuentran ubicadas en este criterio. En segundo lugar, se encuentra Argentina con tres publicaciones y Venezuela con solo una publicación, la gráfica 2 muestra estos resultados.

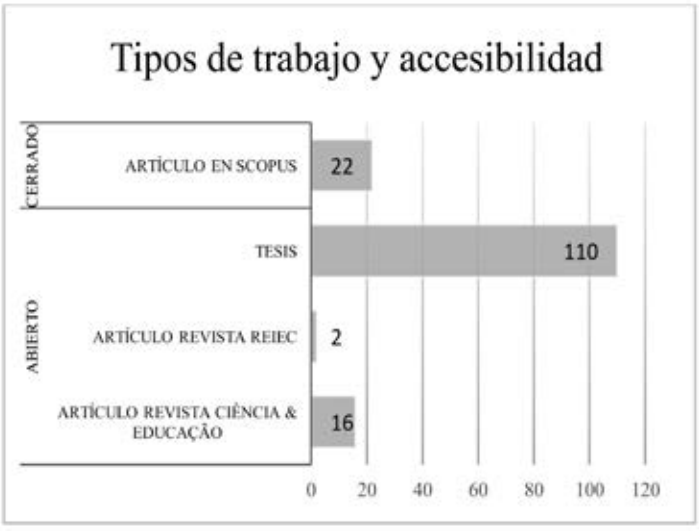
Gráfica 2. Publicaciones por países e idioma.



Fuente. Elaboración propia.

En el análisis, de acuerdo con la accesibilidad y el tipo de publicación (gráfica 3), se observa que la mayoría de los trabajos corresponde al tipo tesis (6 artículos), de los cuales cinco corresponden a las publicaciones de Colombia y la restante corresponde a Venezuela. Las tres publicaciones pertenecientes a Argentina corresponden al tipo artículo de revista y solo uno de ellos es reportado en Scopus.

Gráfica 3. Publicaciones por países e idioma.



Fuente. Elaboración propia.

De lo anterior se infiere que en los países suramericanos existen publicaciones sobre el tema de interés para esta investigación, pero solo en Argentina alcanzan el tipo de publicaciones indexadas, mientras que en Colombia se limitan al ejercicio de la investigación como opción de grado, sin alcanzar el grado de publicaciones en cuartiles de gran valor.

Respecto a la pregunta por los trabajos de mayor impacto, se tiene que los artículos de revista cuentan con un mayor impacto de publicación en términos del número de citas encontradas. Lo anterior era de esperarse de acuerdo con el tipo de publicaciones registradas en los hallazgos de esta investigación, debido a que las tesis no cuentan con el mismo impacto de los artículos de revistas.

III. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio permitieron concluir que los temas específicos de producción para los nueve documentos analizados corresponden a estudios empíricos de la categoría estequiometría, mediante la implementación de estrategias didácticas, simulaciones, uso de TICs, analogías, diseño de guías de aprendizaje y unidades didácticas [2], [24], [26], [28], [31]. Sólo dos publicaciones profundizan en reflexiones históricas, epistemológicas o del discurso [25], [27] sobre este mismo campo conceptual. Sin embargo, no se encontraron publicaciones que asociaran la anterior categoría con la economía atómica, constituyendo una oportunidad para mediar la enseñanza de la química desde el desarrollo de estos dos campos del conocimiento.

Por lo anterior, surge el interés de profundizar en la enseñanza de la estequiometría desde una perspectiva de la economía atómica que permita contextualizar este campo del conocimiento maximizando la incorporación de todos los materiales usados durante un proceso químico. En consecuencia, esta investigación como componente de una tesis doctoral prevé abrir rutas en la construcción del conocimiento científico del docente y los estudiantes, que vinculen la enseñanza de la estequiometría desde una perspectiva de la economía atómica.

REFERENCIAS

[1] L. Galagovsky, M. di Giacomo, S. A.-C. & E. (Bauru), and undefined, "Estequiometría y ley de conservación de la masa: lo que puede ocultar la simplificación del discurso experto", *SciELO Brasil*, no. 2, pp. 351-360, 2015, doi: 10.1590/1516-731320150020006.

[2] A. Raviolo and G. Lerzo, "Analogías en la enseñanza de la estequiometría: revisión de páginas web", *Revista electrónica de investigación en ciencias (REIEC)*, vol. 9, no. 2, pp. 28-41, 2014.

[3] M. Niaz and L. A. Montes, "Understanding stoichiometry: Towards a history and philosophy of chemistry", Springer, Switzerland, pp. 125-140, 2017.

[4] A. Raviolo, "Learning Stoichiometry with Spreadsheet Simulations", *World Journal of Chemical Education*, vol. 7, no. 3, pp. 203-208, 2019, doi: 10.12691/wjce-7-3-3.

[5] J. M. Petro, "Desarrollo de la argumentación frente al aprendizaje del concepto estequiometría en estudiantes del grado once", Universidad Autónoma de Manizales, Colombia, 2020.

[6] M. Naser and L. Flamini, "Empezamos una nueva unidad… ¿Estequio... qué?", *sedici.unlp.edu.ar*, 2009.

7] P. J. González-García, C. Pérez-Méndez, and S. Figueroa-Duarte, "La enseñanza de la química desde la perspectiva de la Química Verde-The teaching of chemistry from the perspective of Green Chemistry", *Revista Científica*, vol. 1, no. 24, p. 24, Jun. 2016, doi: 10.14483/udistrital.jour.rc.2016.24.a3.

[8] R. Franco and C. Ordoñez, "El enfoque de química verde en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. Su abordaje en revistas iberoamericanas: 2002-2018 química verde", *Educación Química*, 2020, Accessed: Jul. 06, 2021. [Online]. Available: http://

www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2020000100008

[9] B. M. Trost, "Atom Economy—A Challenge for Organic Synthesis: Homogeneous Catalysis Leads the Way", *Angewandte Chemie International Edition in English*, vol. 34, no. 3, Feb. 1995, doi: 10.1002/anie.199502591.

[10] R. A. Sheldon, "Atom efficiency and catalysis in organic synthesis", New York University, Bobst Library, 2000.

[11] L. M. Oliveira, C. Merat, R. Aguiar Da Silva, and S. Gil, "Inserção do conceito de Economia Atômica no programa de uma disciplina de Química orgânica experimental", Quim. Nova, Vol. 26, No. 5, pp. 779-781, 2003.

[12] C. Navarro Corona and M. S. Ramírez Montoya, "Mapeo sistemático de la literatura sobre evaluación docente (2013-2017)", *Educação e Pesquisa*, vol. 44, no. 0, nov. 2018, doi: 10.1590/s1678-4634201844185677.

13] I. Celaya, M. S. Ramírez-Montoya, C. Naval, and E. Arbués, "Usos del podcast para fines educativos. Mapeo sistemático de la literatura en WoS y Scopus (2014-2019)", *Revista Latina*, no. 77, Jul. 2020, doi: 10.4185/RLCS-2020-1454.

[14] F. García Sánchez, R. Therón, and J. Gómez-Isla, "Alfabetización visual en nuevos medios: revisión y mapeo sistemático de la literatura", *Education in the Knowledge Society 20*, p. 44, 2019.

[15] I. Marchán-Carvajal and N. Sanmartí, "Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: Aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica," *Educ. Quim.*, vol. 26, no. 4, pp. 267-274, Oct. 2015, doi: 10.1016/j.eq.2015.06.001.

[16] D. L. Parga Lozano and G. Y. Piñeros-Carranza, "Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados," *Educ. Química*, vol. 29, no. 1, p. 55, 2018, doi: 10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683.

[17] D. J. Lorduy and C. P. Naranjo, "Percepciones de maestros y estudiantes sobre el uso del triplete químico en los procesos de enseñanza-aprendizaje," *Rev. Científica*, vol. 39, no. 3, pp. 324-340, Sep. 2020, doi: 10.14483/23448350.16427.

[18] E. Montiel and A. Castillo, "Diseño de situaciones de aprendizajes. Una experiencia pedagógica en la asignatura química en el nivel de Educación Media General," *Educ@ción en Context*, vol. 2, no. 0, pp. 244-260, Venezuela.

[19] S. Heroska Moraga Toledo, M. Espinet Blanch, and C. Gonzalo Merino Rubilar, "El contexto en la enseñanza de la química: Análisis de secuencias de enseñanza y aprendizaje diseñadas por profesores de ciencias de secundaria en formación inicial," *Rev. Eureka sobre enseñanza y Divulg. las ciencias*, vol. 16, no. 1, pp. 1-14, 2018, doi: 10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1604.

[20] A. Caamaño, "Enseñar química en contexto: un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad," *Educ. Química*, vol. 29, no. 1, p. 21, Apr. 2018, doi: 10.22201/fq.18708404e.2018.1.63686.

[21] T. Busquets, M. Silva, and P. Larrosa, "Reflexiones sobre el aprendizaje de las ciencias naturales: Nuevas aproximaciones y desafíos," *Estud. pedagógicos*, vol. 42, no. especial, pp. 117-135, 2016, doi: 10.4067/s0718-07052016000300010.

[22] A. Bárcena, *Estudio de la influencia de una metodología investigativa de resolución de problemas en el aprendizaje de la química en alumnos de bachillerato*, Universidad Complutense de Madrid, 2015.

[23] S. Z. Cura, M. F. Galeano, P. V. Palermo, and A. Peiretti, "*Enseñar y aprender Química en tiempos de conectividad*", I Jornadas Inclusión Tecnol. Digit. en la Educ. Vet., 2018.

[24] Y. A. Novoa Becerra, "Estrategias basadas en el uso de las TICs como herramienta para la enseñanza de la estequiometría", Universidad de Los Andes, Venezuela, 2011. Accessed: Jul. 29, 2021.

[25] L. Galagovsky, M. di Giacomo, S. Alí, and undefined 2015, "Stoichiometry and the law of mass conservation: what can be hidden behind the simplification of the experts' discourse," *Ciência & Educação*.

[26] Á. M. Saldarriaga-Quintero and C. M. Correa-Osorno, "Propuesta de enseñanza aprendizaje para la interpretación de las relaciones estequimétricas a partir de una ecuación química balanceada", Universidad de Antioquia, Colombia, 2005.

[27] B. D. Bolívar, "Análisis histórico de las leyes de la conservación de la masa, una contribución a la comprensión de la equivalencia ya la formulación de relaciones estequiométricas", Universidad Pedagógica Nacional, Colombia, 2020.

[28] S. M. Obando-Melo, "Implementación de estrategias didácticas para la enseñanza de la estequiometría en estudiantes del grado once de enseñanza media", Universidad Nacional de Colombia, 2013.

[29] A. Mancilla-Rosas, "Diseño de una guía de aprendizaje sobre estequiometria utilizando la herramienta drive para estudiantes de 10° grado del municipio Palmar, Santander", Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia, 2017.

[30] J. Villarreal-Rocha and L. Sánchez-Hernández, "Incidencia de la implementación de una unidad didáctica diseñada en el modelo de investigación dirigida en el aprendizaje de la estequiometría", Universidad de Antioquia, Colombia, 2018.

[31] A. Raviolo, "Simulando estequiometría con la hoja de cálculo: uso de la barra de desplazamiento Simulating stoichiometry with spreadsheet: use of the scroll bar", *Journal of Science Education*, vol. 18, no. 1, pp. 30-34, 2017.

AUTORES

Claudia Patricia Naranjo Zuluaga

Química y Magíster en Educación, Universidad de Córdoba. Estudiante de Doctorado en Didáctica, Universidad Tecnológica de Pereira. Directivo docente de la IE Mercedes Ábrego Montería-Córdoba, experiencia docente en los niveles de la educación básica, media y superior colombiana. Docente de la Maestría en Didáctica de las Ciencias Naturales en el componente de investigación, Universidad de Córdoba, miembro del Grupo de Investigación en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, GICNEA, B-Colciencias.

Áreas de investigación: didáctica de las ciencias en general y de la química en particular, cognición, evaluación, química verde, TIC.

Natalia Ospina Quintero

Doctora de la Universidad de Buenos Aires, área Química Biológica, con tesis en didáctica de las ciencias. Licenciada en Química, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Miembro Grupo de Investigación en Aprendizaje y Didáctica de las Ciencias Naturales y la Química (GIADICIENQ), Instituto de Investigaciones en Didáctica de las Ciencias Naturales y la Matemática (CeFIEC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Actualmente se desempeña como asesora didáctica en la Facultad de Ciencias Básicas y Biomédicas de la Universidad Simón Bolívar, sede Barranquilla, Colombia.

Áreas de investigación: historia y epistemología de la ciencia, didáctica de la química universitaria.

Danny José Lorduy Flórez

Farmacéutico, Químico y Magíster en Didáctica de las Ciencias Naturales de la Universidad de Córdoba, Colombia. Docente de Química en educación secundaria obligatoria, media académica y superior. Actualmente estudio los usos e interpretaciones del triplete químico durante la enseñanza y aprendizaje de la Química, así como los marcos conceptuales subyacentes y patrones de razonamiento químico de los estudiantes. Investigador en el Grupo de Investigación en Ciencias Naturales y Educación Ambiental (GICNEA) de la Universidad de Córdoba, Colombia.

Áreas de investigación: química teórica y computacional; educación en ciencias y tecnología; didáctica de la química y educación ambiental.

Enseñanza de las ciencias para el activismo sociopolítico: el dilema de los plásticos de un solo uso en Colombia[1]

Science education for sociopolitical activism: Colombia's Single-Use Plastics Dilemma

Arango-Ramírez, James Stevan[2] y Galeano-Flórez, Carlos Albeiro[3]

1 Esta ponencia se deriva de la investigación titulada: Formación científica para la acción sociopolítica: una secuencia de enseñanza-aprendizaje para abordar la problemática de los plásticos de un solo uso en Colombia como una cuestión sociocientífica

2 Universidad de Antioquia, profesor. Código ORCID. https://orcid.org/0000-0002-4034-6626. Contacto: james.arango@udea.edu.co

3 Universidad de Antioquia, estudiante. Contacto: calbeiro.galeano@udea.edu.co

Resumen:

El propósito de este artículo es atender al nuevo llamado de Derek Hodson a ir más allá de la Educación CTS y promover el activismo sociopolítico en las clases de ciencias naturales. Para ello, se viene desarrollando una investigación en torno al dilema de los plásticos de un solo uso en Colombia como una cuestión sociocientífica. El objetivo general de la investigación es establecer algunas contribuciones de una secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre los plásticos de un solo uso a la formación científica para la acción sociopolítica de los estudiantes.

En relación con aspectos de orden didáctico, diseñamos una secuencia de enseñanza-aprendizaje en la cual se hace especial énfasis en el contenido disciplinar, un componente motivacional, un nivel de reflexión y sobre todo la materialización de acciones respónsales e informadas tanto a nivel individual como colectivo. Entre las estrategias elegidas para el diseño de actividades se destacan el análisis de documentales y noticias desde el rol de periodista científico y hacer búsquedas de información en diversas fuentes para conocer el actual estado de la problemática en el país. Entre los resultados parciales tenemos que los estudiantes al conocer la clasificación de los plásticos y relacionar esto con aquellos de un solo uso, se dieron cuenta de la necesidad de reducir su consumo y promover su prohibición. Asimismo, los estudiantes han logrado reconocer los intereses políticos y económicos detrás de la comercialización de estos plásticos y a quiénes afecta o beneficia la toma de decisiones frente a este tema.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias, cuestiones sociocientíficas, activismo sociopolítico, plásticos de un solo uso.

Abstract

The article purpose is to heed Derek Hodson's new call to go beyond education`s CTS and promote socio-political activism in natural sciences classes. For this, an investigation has been developed around the dilemma of single-use plastics in Colombia as a Socio-scientific issue. The general

objective of the research is to establish some contributions of a teaching-learning sequence on single-use plastics to scientific training for the socio-political action of students.

In relation to aspects of the Didactic order, we designed a teaching-learning sequence in which special emphasis is placed on disciplinary content, a motivational component, a level of reflection and above all the materialization of responsive and informed actions both at the individual level, as in the collective. Among the strategies chosen for the design of activities, the analysis of documentaries and news stands out from the role of science journalist and searching for information in various sources to find out the current state of the problem in the country. Among the partial results, we have that the students, knowing the classification of plastics and relating this to those for single use, realized the need to reduce their consumption and promote their prohibition. Likewise, the students have managed to recognize the political and economic interests behind the commercialization of these plastics and who affects or benefits decision-making on this issue.

Keywords: science education, socioscientific issues, sociopolitical activism, single-use plastics.

I. INTRODUCCIÓN

Se puede decir que, en su momento, fue fundamental para nuestro país la introducción de reflexiones ciencia, tecnología, y sociedad en la educación en ciencias, a partir de la Ley General de Educación en 1994 y en el Plan Decenal de Educación 1996 en conjunto con la Educación Ambiental. El propósito de ello era fomentar la cultura científica y tecnológica a partir de una conciencia crítica hacia la investigación y la experimentación científica En 2010, Quinteto [6]

Sin embargo, a medida que ha pasado el tiempo, diferentes autores han venido realizando críticas a la versión tradicional de este enfoque como en 2004, Hodson [3] quien destaca que se queda corto en especial respecto a las potenciales acciones que puedan llevar a cabo los estudiantes. Por su parte, en 2005, Zeidler, Sadler, Simmons & Howes [7] quienes plantean que no se centra explícitamente en las cuestiones ético-morales vinculadas en la toma de decisiones sobre la ciencia y la tecnología.

Las visiones mencionadas anteriormente, entre muchas otras, derivaron en propuestas como han sido el CTSA y las Cuestiones Sociocientíficas CSC que, a pesar de no estar oficialmente en los Estándares Básicos de Ciencias Naturales, han sido objeto de investigación en distintas universidades de nuestro país con experiencias educativas muy enriquecedoras, debido a su relación con aspectos clave como lo son: la argumentación, reflexiones sobre la naturaleza de la ciencia, educación para la ciudadanía responsable y para la paz.

Las CSC pueden definirse según en 2005, Zeidler, Sadler, Simmons & Howes [7] como dilemas o controversias sociales que tienen en su base nociones científicas, son asuntos polémicos y objeto de debate y en el que participan diversos agentes sociales -partidos políticos, colectivos de ciudadanos, medios de comunicación, organizaciones, comunidad científica, entre otros-.

En su último texto publicado en 2021, Hodson[4] plantea que a pesar de los avances que suponen las CSC en la enseñanza de la ciencia, como por ejemplo que: motiva a los estudiantes, personaliza el aprendizaje, mejora el aprendizaje del contenido científico, contextualiza la naturaleza de la comprensión de la ciencia e involucra a los estudiantes en situaciones basadas en problemas que ayudan al desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior; en muchas ocasiones los estudiantes y docentes se limitan a asumir posturas y hacer críticas, pero no llevan a cabo acciones tangibles y concretas, por ello propone la necesidad de construir un plan de estudios para el activismo sociopolítico.

Además, considera que a menudo los docentes que las llevan al aula se enfrentan a desafíos, pues pueden ir en contra de los supuestos en los que se basa tradicionalmente la escolarización y eso implica el compromiso de lograr un cambio social amplio, pero, sobre todo reconoce que es complejo su papel, pues debe hacer las veces de: organizador, facilitador, consultor, crítico amistoso, árbitro general en todo tipo de disputas y desacuerdos, entre otras funciones más.

Probablemente en Colombia, debido a las dinámicas que se dan en el contexto educativo, sea mucho más difícil abordar estas temáticas, pero aun así es necesario y urgente. Como lo plantea en 2015, Arango [1] "se pueden cambiar las practicas educativas tradicionales y contribuir a la apropiación de una cultura científica" (pág. 48). Pues en nuestro país nos hemos visto permeados por crisis sociales y ambientales asociadas a problemáticas como: la explotación minera, el *fracking*, el uso de agrotóxicos en la agricultura y erradicación de cultivos de uso ilícito, entre muchas más.

A propósito, la CSC que abordamos en el marco del proyecto se trata de la prohibición reducción de los plásticos de un solo uso. Los plásticos se convirtieron en una extensión de la vida cotidiana, los encontramos en los empaques de comestibles, elementos tecnológicos, incluso dentro del cuerpo, por mencionar algunos casos. Un aliado del ser humano que facilita la vida, pero que al ser un material de origen petroquímico de larga duración no se degrada tan fácilmente, lo que ha ocasionado durante

mucho tiempo grandes cantidades de residuos que aún perduran creando afectaciones enormes a los ecosistemas y a la misma calidad de vida del ser humano, convirtiéndose así en una amenaza latente y silenciosa que resulta preocupante.

Durante la actual emergencia sanitaria, aumentó considerablemente la utilización de plásticos de un solo uso. Por ejemplo, los establecimientos comerciales de comidas cerraron sus puertas al público, pero se incrementaron los domicilios mediante el uso de aplicaciones móviles. Otro ejemplo derivado de dicha crisis está relacionado con los implementos de bioseguridad -tapabocas y respiradores, guantes de Nitrilo, tapetes desinfectantes, caretas y gafas de seguridad, bolas y botellas, entre otros- para mitigar la propagación del Covid-19. Lo cual implica un aumento de residuos extra que está generando afectaciones denunciadas por diferentes organizaciones ambientales que afirman que no hay estudios científicos veraces que avalen este material como el mejor aislante del virus, lo cual estaría suponiendo un uso desmesurado e inútil por parte de los seres humanos de estos implementos que están causando daños aún inconmensurables y preocupantes al ambiente (Greenpeace, 2020).

La elección del dilema de los plásticos de un solo uso como una CSC por su importancia actual, nos lleva a plantear los siguientes objetivos de investigación:

Objetivo general

Establecer algunas contribuciones de una secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre los plásticos de un solo uso a la formación científica para la acción sociopolítica de los estudiantes.

Objetivos específicos

- Identificar en los estudiantes, reflexiones sobre cómo los desarrollos científicos y tecnológicos tienen impacto a nivel social y ambiental, al tiempo que los intereses económicos y políticos permean la práctica científica.

- Reconocer en los enunciados de los estudiantes, reflexiones en torno a quienes afectan y benefician la toma de decisiones en relación con la reducción o prohibición de los plásticos de un solo uso en Colombia.
- Analizar las propuestas y acciones responsables e informadas en materia ambiental y social que plantean los estudiantes en relación con la reducción de los plásticos de un solo uso.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

En el marco de la investigación cualitativa y el estudio de caso instrumental como método, se viene desarrollando el estudio en la Institución Educativa República de Uruguay del municipio de Medellín, con estudiantes del grado sexto. Para cumplir con los objetivos planteados se desarrolló una secuencia de enseñanza-aprendizaje que según en 2005, Membiela Iglesia [5] en 2010, Zenteno-Mendoza y Garritz [10]) estas secuencias son claves para el abordaje de CSC y hacer reflexiones CTSA, haciendo especial énfasis en el autoaprendizaje y el aprendizaje interactivo y colaborativo, pues hemos privilegiado la búsqueda de información por parte de los estudiantes y espacios de discusión y debate mediante juegos de rol. A continuación, detallamos algunas de las actividades desarrolladas con los estudiantes:

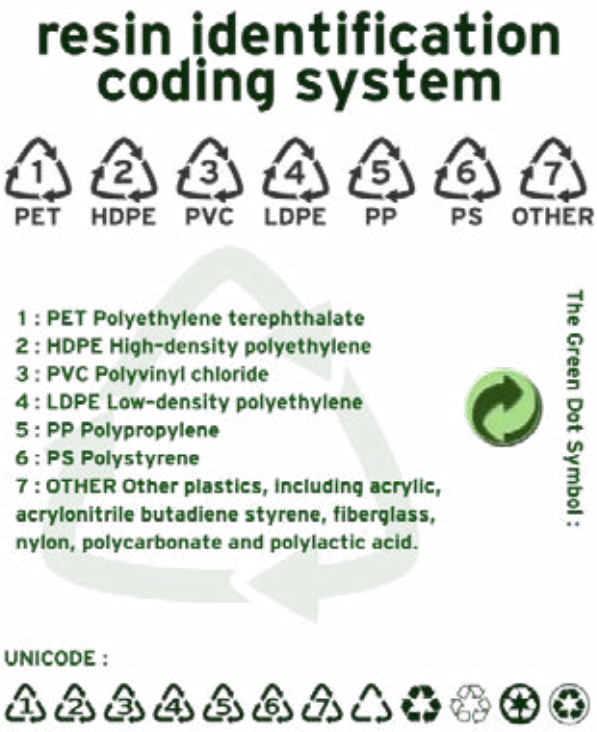
Encuentro 1. Discusión sobre beneficios y perjuicios causados por los plásticos en general mediante el uso de fotogramas e infografías.

Imagen 1. Fotograma sobre beneficios y perjuicios de los plásticos de un solo uso.

Fuente: https://pixabay.com/es/

Posteriormente, se le comparte a los estudiantes una infografía con la clasificación de los plásticos. La idea es que reconozcan cuáles son de un solo uso y si estos son reciclables o no. La respuesta es fundamental, pues va a determinar las acciones particulares a tomar frente a este tipo de plásticos (reducción o prohibición).

Imagen 2. Código identificador de resina, imagen de dominio público.



Fuente: https://pixabay.com/es/

Posteriormente, se plantean una serie de preguntas a los estudiantes para hacer una socialización:

- Realiza una lista con los plásticos de un solo uso que conozcas o hayas usado.
- ¿Cuáles problemáticas ambientales asocias con los plásticos de un solo uso?

- ¿Cuál es la responsabilidad de los fabricantes de los plásticos y de los consumidores?
- ¿Hay intereses económicos detrás de la producción y venta del plástico?
- Consulta qué medidas ha tomado el Gobierno colombiano para solucionar este problema.

Encuentro 2. Video foro Efecto Pirry: *La plaga del plástico de un solo uso.*

La sesión iniciaría con la presentación del documental corto *La plaga del plástico de un solo uso*: Esta fuente de información se caracteriza por problematizar las acciones que llevan a cabo para contaminar con plásticos de un solo uso al planeta y, a su vez, sugiere algunas acciones. Las preguntas claves que orientarán la discusión en este video foro son:

- ¿Quiénes se benefician y quiénes se afectan con la distribución y disposición final de los plásticos de un solo uso?
- ¿Consideras que tienes responsabilidad y has contribuido a esta problemática? ¿Qué has hecho?
- ¿Debemos abandonar por completo los plásticos de un solo uso o hay otra alternativa?
- ¿Consideras que el uso de los plásticos que facilitan nuestra vida es más importante que cuidar el ambiente?
- ¿Conoces algunas acciones para mitigar el impacto ambiental causado por estos plásticos? ¿Qué propones?

Encuentro 3. El plástico es un material, materialicemos nuestras acciones sobre él.

En esta actividad final se busca materializar algunas de las acciones propuestas por los estudiantes, la idea es promover en ellos tanto acciones directas como no usar los pitillos o las bolas, acciones indirectas asociadas a la creación de contenido digital (memes, podcast, vídeos, entre otros) y publicarlos en las redes sociales para divulgar sus posturas y transmitir sus mensajes.

Imagen3. Meme creado por un estudiante participante.

Los resultados y análisis

Como se puede apreciar, cada una de las actividades presentadas se diseñó con base en los objetivos de investigación:

En primer lugar, los estudiantes pudieron reconocer que el plástico como un desarrollo científico tiene un impacto social importante, tanto negativo como positivo. Respecto al impacto ambiental, presentaron emotividad y expresaron tristeza por saber cómo afecta la contaminación a los animales. Algunos estudiantes planteaban que las medidas contra el plástico de un solo uso han llegado tarde, pero reconocen que al menos hay un proyecto de ley para prohibirlos "esperamos que se cumpla".

Frente a esa medida, los estudiantes reconocen que se pueden perder muchos empleos, porque hay comercio vinculado a estos plásticos, pero que prima el ambiente y la salud. "quizá no prohibirlos tanto, pero sí se deben reducir drásticamente".

Precisamente, conocer el código identificador de resina, les permitió saber que muchos de los plásticos de un solo uso no son reciclables y se deben reducir, esto influyó en sus acciones y propuestas de acción.

Los estudiantes se comprometen con no usar: pitillos, bolsas, reciclar las tapas y botellas PET e incluso a disminuir el consumo de comida rápida "profe, pero es muy difícil".

En la actualidad, se continua con el proyecto, se están grabando podcast y diseñando campañas de divulgación inicialmente en la Institución Educativa.

III. CONCLUSIONES

En relación con el cumplimiento de los objetivos de investigación, parcialmente podemos decir que algunas contribuciones a la formación científica fueron: apropiación de conocimiento científico relacionado con los plásticos como materiales, su clasificación, sus efectos sociales y ambientales, además de claridades en torno al reciclaje. Otra contribución está asociada con reflexiones sobre la naturaleza de la ciencia, pues los estudiantes además de reconocer las implicaciones sociales y ambientales del plástico como un producto de la ciencia, reconocieron también algunos intereses económicos detrás de su producción y disposición final.

Las preguntas planteadas, que fueron basadas en las recomendaciones de Hodson (2021), demandaron una buena búsqueda de información por parte de los estudiantes, esta fue orientada por los investigadores. Sin embargo, los estudiantes presentan algunas dificultades en la comprensión de ciertas aseveraciones planteadas por los autores, pero con las orientaciones se pudo mejorar su comprensión.

Algunos estudiantes expresan su preocupación por las personas que se pueden ver perjudicadas por la prohibición de estos plásticos y debaten sobre si debe ser reducción o prohibición.

Respecto a las acciones sociopolíticas, resulta clave que estás sean responsables e informadas, los estudiantes han realizado compromisos, pero deben llevarlos a cabo. Estamos a la expectativa de la creación de material digital para divulgar sus conocimientos e invitar a otras personas a actuar.

Para finalizar, debemos reconocer que la experiencia ha sido satisfactoria, pero al tiempo difícil. A pesar de que hay buenas fuentes de información y es una problemática muy visible para los estudiantes, a veces era difícil generar interés en ellos, además estas actividades eran muy demandantes de tiempo y esfuerzo tanto para los estudiantes como para los docentes, pero creemos que este es el camino. Asociar conceptos con problemáticas reales y del contexto de los estudiantes para promover acciones con conocimiento científico de base.

REFERENCIAS

[1] J. S. Arango, "Apropiación de una cultura científica para la ciudadanía responsable: un propósito urgente en el contexto colombiano", *Revista Do-Ciencia Universidad del Tolima*, número 3, pp. 46-49, 2015.

[2] Greenpeace "No hay evidencia científica de que los plásticos de un solo uso sean la opción más segura para mitigar el contagio del COVID-19", en https://www.greenpeace.org/colombia/noticia/issues/contaminacion/no-hay-evidencia-cientifica-de-que-los-plasticos-de-un-solo-uso-sean-la-opcion-mas-segura-para-mitigar-el-contagio-del-covid-19/

[3] D. Hodson, "Going Beyond STS: Towards a Curriculum for Sociopolitical Action", *Science Education Review*, v3 n1, pp. 2-7, 2004.

[4] D. Hodson, "Going Beyond STS Education: Building a Curriculum for Sociopolitical Activism" in Canadian *Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, volume 20, pp. 592-622, 2021.

[5] P. Membiela-Iglesia, "Reflexión desde la experiencia sobre la puesta en práctica de la orientación ciencia-tecnología-sociedad en la enseñanza científica, Educación Química, volumen 16, N° 3 pp. 404-409, 2005.

[6] C. A. Quintero, "Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS): perspectivas educativas para Colombia", *Revista Zona Próxima. Instituto de Estudios en Educación*, Universidad del Norte, n.º 12,1-19, 2010.

[7] D. L. Zeidler, T. D. Sabler, M. L. Simmons & E. V. Howes, "Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education", *Science Education*, 89(3), pp. 357-377., 2005.

[8] B. Zenteno-Mendoza & A. Garritz, "Secuencias dialógicas, la dimensión CTS y asuntos socio-científicos en la enseñanza de la química", *Revista Eureka Enseñanza. Divul. Cien*, 7(1), pp. 2-25, 2010

[9] G. Prieto La Rotta,"(2018, oct21). La plaga del plástico de un solo uso" [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=EbQTURosI0g.

AUTORES

James Stevan Arango Ramírez

Magíster en Educación, profesor y Coordinador Semillero de investigación Almagesto, Investigador grupo ECCE, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia.

Áreas de investigación: TIC, cibercultura, enseñanza de las ciencias, enfoque CTSA, cuestiones sociocientíficas.

Carlos Albeiro Galeano Flórez

Estudiante de licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental

Áreas de investigación: CSC, enseñanza-aprendizaje de las ciencias.

El avistamiento de aves como estrategia didáctica en la conservación de especies[1]

Bird watching as a didactic strategy in species conservation.

Giraldo-Montoya, Luisa Fernanda[2] y Osorio-Zuluaga, Héctor Jairo[3]

1 Este artículo es el resultado de una tesis de Maestría titulada El avistamiento de aves como estrategia didáctica en la conservación de especies. Realizada entre agosto del 2020 y junio de 2021.Institucion Educativa Maltería, Manizales, Caldas, Colombia.

2 Universidad Nacional de Colombia; código ORCID: 0000-0002-7151-7061. Contacto: lugiraldom@unal.edu.co.

3 Universidad Nacional de Colombia; código ORCID: 0000-0002-0227-588X. Contacto: hjosoriozu@unal.edu.co.

Resumen

El maltrato animal, la poca conservación y la extinción de especies, son actos de crueldad contra los animales en nuestro medio social, pues la falta de valores positivos a favor de una especie, hace que se generen comportamientos violentos hacia estas; de ahí parte el diseño de una unidad didáctica, como estrategia central "Avistamiento de aves". Esta se desarrolló con 18 estudiantes de media académica, de la Institución Educativa Maltería, de carácter público, ubicada en la zona industrial y rural del corregimiento Río Blanco perteneciente al Municipio de Manizales. La unidad didáctica se baso en el modelo Escuela Nueva; la cual busco generar competencias y habilidades en los estudiantes como observar, identificar, indagar, reconocer, explicar fenómenos o situaciones presentes y emplear el uso comprensivo del conocimiento científico, en la mejoría de actitudes, aptitudes y conductas de respeto hacia el medio ambiente, permitiendo también potenciar sus capacidades de manera significativa.

La estrategia abordada, se basa en los Derechos Básicos de Aprendizaje de ciencias naturales, la cual consiste en observación de aves, la relación con conservación de especies y ecosistema. Dentro de la metodología se involucran parámetros cuantitativos por medio de porcentajes y gráficas; y cualitativo mediante lenguaje verbal y escrito a través del diario de campo, como instrumento de recolección de información del trabajo realizado por los estudiantes donde se evidencian las competencias científicas de los temas orientados, logrando también una relación sistemática en el avance del conocimiento, capacidades y mejoras en el aprendizaje.

Adicional a los resultados obtenidos, en las diferentes actividades planeadas y desarrolladas por los estudiantes de secundaria, surge una nueva unidad didáctica en base al avistamiento de aves, para los estudiantes de educación básica primaria, propuesta por los compañeros participantes de secundaria; la cual hace énfasis en el derecho básico de aprendizaje (DBA) número 7.

Palabras claves: Aves, conservación, especies, unidad didáctica, enseñanza y aprendizaje**.**

Abstract

Animal abuse, poor conservation and extinction of species, are acts of cruelty against animals in our social environment, since the lack of positive values in favor of a species, causes the generation of violent behavior towards them; hence the design of a didactic unit, as a central strategy "Bird watching". This was developed with 18 middle school students of the public Maltería Educational Institution, located in the industrial and rural area of the township of Río Blanco in the municipality of Manizales. The didactic unit was based on the Escuela Nueva model, which sought to generate competencies and skills in the students such as observing, identifying, investigating, recognizing, recognizing, explaining phenomena or present situations and employing the comprehensive use of scientific knowledge, in the improvement of attitudes, aptitudes and behaviors of respect towards the environment, allowing also to enhance their capacities in a significant way.

The approached strategy is based on the Basic Learning Rights of natural sciences, which consists of bird watching, the relationship with conservation of species and ecosystem. Within the methodology, quantitative parameters are involved by means of percentages and graphs; and qualitative by means of verbal and written language through the field diary, as an instrument of information collection of the work done by the students where the scientific competences of the oriented topics are evidenced, also achieving a systematic relationship in the advancement of knowledge, capabilities and improvements in learning.

In addition to the results obtained in the different activities planned and developed by the high school students, a new didactic unit based on bird watching arises for elementary school students, proposed by the participating high school classmates, which emphasizes the basic learning right (DBA) number 7.

Keywords: Bird, conservation, species, didactic unit, teaching and learning.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo urbano constituye un desafío para muchas aves, pues transforma su ecosistema natural, pero de cierto modo la urbanización actúa como una oportunidad de adaptación para algunas de ellas, que colonizan y aprovechan los recursos proporcionados por los humanos, [1].

En la sociedad que se vive, las aves muestran una ajustada relación con las características estructurales y diversidad florística de los ecosistemas; considerables estudios han demostrado que la composición y la estructura física de estos, son componentes marcados por abundancia de especies que se encuentran en el entorno vivo.

Las aves son claves en los ecosistemas como agentes dispersores, controladores de plagas, indicadores de riqueza biológica y de condiciones ambientales en un contexto; presentan gran valor ecológico y cultural, permiten incrementar el conocimiento científico y la comprensión del hábitat de las especies.

Es así como el observador de aves desarrolla una relación social con la naturaleza y las especies; generando una fuente de conocimiento [2].

Lo anterior se puede aprovechar como método de enseñanza y aprendizaje en la educación, pues genera interés en el desarrollo de aspectos biológicos y ecológicos, que establecen una formación y sensibilización del medio ambiente para la conservación [3].

De acuerdo a lo anterior, el generar estrategias hacia competencias en ciencias naturales, permite un potencial formativo, en el cual exista una capacidad crítica, reflexiva, analítica, de conocimientos técnicos y habilidades, que posibilitan la formación científica para el progreso de aptitudes [4].

Según el autor [5] los estudiantes se educan con ciertos conocimientos en ecología, pero no cuentan con los comportamientos proambientales que se necesitan para actuar frente a la defensa y conservación de las especies.

Partiendo de lo anterior, se pueden enfocar diferentes modelos de enseñanza, los cuales evidencian problemáticas socio ambientales donde se relacionen los conceptos biológicos, que involucran la solución de problemas ambientales dentro o fuera del aula de clase. [6].

Las prácticas pedagógicas donde se incluya el avistamiento de aves, crean escenarios propios que fortalecen el proceso de enseñanza y aprendizaje en sensibilización, concientización, predisposición por el cuidado y protección de las especies; lo que forma apreciación, admiración por lo vivo y logra estimular la atracción por lo natural, ejerciendo la observación directa y de contacto con la naturaleza en las personas.

En este sentido, [7] se resalta que la enseñanza y aprendizaje, lleva a los estudiantes a integrar de una manera mas compleja los procesos de tipo ambiental que observan en el contexto, lo que hace que trasciendan sus ideas previas y exploren las interacciones que se presentan en la flora y la fauna.

Por consiguiente, se diseño una unidad didáctica basada en el avistamiento de aves bajo el modelo de Escuela Nueva, para el aprendizaje y conocimiento de conservación de especies en el ecosistema.

Igualmente, se desarrolla de manera similar otra unidad didáctica enfocada en la observación de aves, en un proceso donde participan los estudiantes de secundaria como facilitadores en la resolución de problemas de las competencias presentes desde los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) de ciencias naturales en estudiantes de básica primaria, fomentando en ellos actitudes ambientales, en espacios ecológicos, rurales y urbanos, para la conservación del hábitat.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

La estrategia se desarrolló, en la Institución Educativa Maltería sede principal, del Municipio de Manizales (Caldas), ubicada en el kilometro 13 vía al Magdalena, en un sector rural de la ciudad, participaron 18 estudiantes de educación media los cuales se encontraban trabajando la investigación por un período de 2 años.

En años anteriores, de acuerdo a los análisis de los resultados de las pruebas Icfes de los años (2019-2020), se evidenció que los estudiantes, presentaban dificultades en la estructura y relación de un conjunto de aprendizajes, como el maltrato animal, conservación y extinción de las especies en los ecosistemas, lo que hace notar que las competencias en el área de las ciencias naturales como lo son: indagación, uso comprensivo del conocimiento científico y explicación de fenómenos, no fueron alcanzados de manera satisfactoria de acuerdo a los niveles esperados.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por los estudiantes, se planteó la estrategia y fue dividida en las siguientes fases:

Fase uno: se conformó el grupo focal con el cual se trabajo sobre el avistamiento de aves, como estrategia de conservación de especies y realización de salidas de campo, de manera exploratorio para el reconocimiento del ecosistema de la zona.

En la fase dos, se identificó la estrategia para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje para la conservación de especies y la metodología de modelo Escuela Nueva, para el desarrollo de la unidad didáctica sobre el avistamiento de aves como estrategia de conservación de especies, fortalecida por las salidas y diario de campo.

En la fase tres, se diseñó la guía de observación para el registro y reconocimiento de las diferentes características de aves que podían observar; así mismo se elaboró una prueba para la identificación de presaberes de aves y conservación de especies en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales; y como último el diseño de la unidad didáctica siguiendo los

pasos del modelo de Escuela Nueva y los DBA de ciencias naturales propuestos por Ministerio de Educación Nacional.

En la fase cuatro, se ejecutó en su totalidad la unidad didáctica con los estudiantes del grado once; a pesar de la situación de sanitaria que esta enfrentando el mundo del COVID-19; la motivación de los estudiantes permitió el desarrollo de diferentes actividades propuestas; se recolectó la información pertinente para analizar y evaluar dicha unidad.

Finalmente, las actividades planteadas en la unidad didáctica fueron desarrolladas en el diario de campo, el cual fue una herramienta que contribuyó al fortalecimiento de las competencias, el conocimiento, la apropiación y el interés sobre el avistamiento de aves hacia la conservación de las especies; estimulando también, la capacidad de asombro en los estudiantes, promoviendo clases prácticas y novedosas, notando así un nivel de excelencia y satisfacción en los estudiantes.

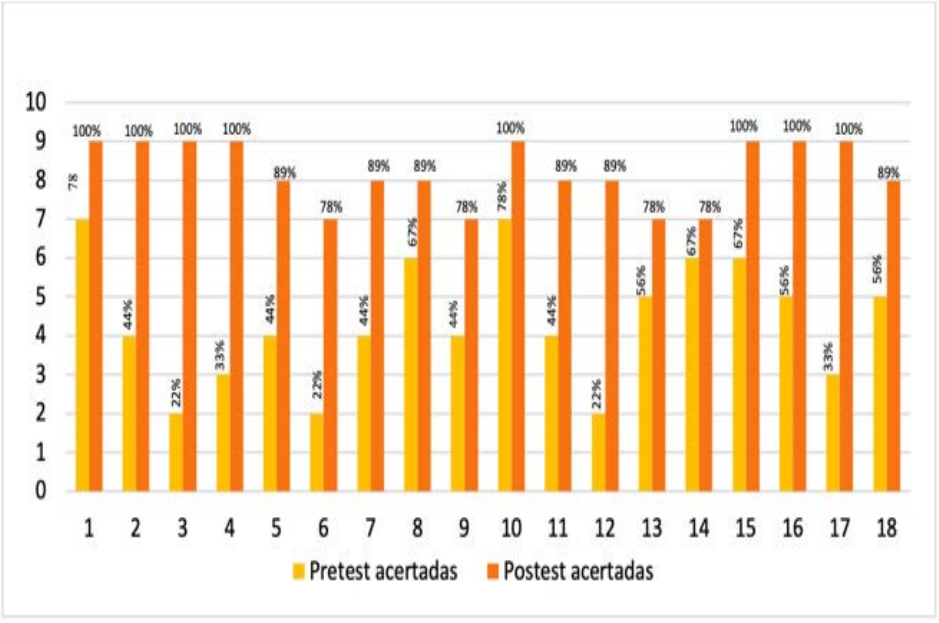
El diseño de pruebas, para ser aplicadas luego de ejecutar la unidad didáctica hicieron parte, pues estas se desarrollaron bajo dos momentos; el primero cualitativo con la estrategia del diario de campo, en donde se registraba la evolución y estructuración de los conceptos orientados; y el momento dos cuantitativo, el desarrollo de una prueba para aplicar antes y después de la estrategia con los temas de maltrato, conservación y extinción de las especies; tomadas del Instituto Colombiano para la Evaluación de la Calidad de la Educación Icfes, en el área de ciencias naturales. Todo esto se realizó con el de percibir las mejorías frente a las ideas previas y dificultades que se presentaban desde el comienzo. Las pruebas arrojaron un progreso conceptual positivo en todos los estudiantes, reconociendo de esta manera la transformación de formas activas, creativas para aprender y enseñar las ciencias; reflejaron también el aprendizaje de conceptos de ecosistema y conservación de las aves, relacionándolos con la indagación, la explicación de fenómenos y el uso comprensivo del conocimiento científico.

Para una mayor comprensión de los análisis de los resultados, se tomó la rúbrica del diario de campo utilizada, la cual presentaba unos criterios como autonomía, la apropiación del aprendizaje y la búsqueda de

información; lo cual demostró en los estudiantes el desempeño y fortalezas en el desarrollo de las actividades, que se ejecutaban progresivamente, para el aporte del conocimiento, de conceptos y temas básicos de las ciencias naturales.

Así mismo, se desarrollaron dos pruebas, (Gráfica1); lo cual representa que el 44 % de los estudiantes responden de manera correcta indicando un avance total, en la apropiación perfecta respecto a los temas de maltrato animal, conservación y extinción de especies; y de igual forma, en las competencias que se plantean en las preguntas, como lo es el uso comprensivo del conocimiento científico, la explicación de fenómenos y la indagación; así mismo, 33% de los estudiantes avanzaron, venciendo las dificultades que presentaban en el momento de relacionar conceptos, teorías, fenómenos y situaciones problemas planteados, finalmente los 23% estudiantes restantes, presentaron una apropiación respecto a lo trabajado en la estrategia didáctica.

Gráfica.1. Comparación de avance porcentual de preguntas Pretest y postest.



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la estrategia, se elaboró un test de Likert, que indicara el grado de satisfacción con la unidad didáctica planteada; este estaba conformado por 9 afirmaciones divididas en tres variables: diseño, enseñanza, aprendizaje.

Rúbrica 1. Test de Likert

Test de Likert

El siguiente test se aplica con el fin de determinar el nivel de satisfacción de los estudiantes con respecto a la Unidad Didáctica "Avistamiento de aves hacia la conservación de especies" De acuerdo a esto se establecieron unas afirmaciones y una escala de satisfacción.

Instrucciones del test: Lea detenidamente las afirmaciones que se encuentran en la hoja y marque con una X el nivel de satisfacción correspondiente, haciendo relación a los emojis que se presenta a continuación.

Afirmaciones					
1. DISEÑO					
Me sentí a gusto trabajando el tema de Ecosistema y conservación de aves con la Unidad didáctica.					
Considero los videos, imágenes explicativas y explicación teórica presentada fue agradable.					
Considero útil aprender con esta Unidad Didáctica.					
Me sentí a gusto en el desarrollo de las diferentes actividades propuestas en la Unidad Didáctica.					
2. ENSEÑANZA					
Me gustaría volver a utilizar este método de enseñanza en diferentes temas de Ciencias Naturales					
Las clases fueron demasiado agradables y fortalecieron mi conocimiento					
3. APRENDIZAJE					
La Unidad Didáctica me motivo aprender mas sobre Ecosistema y conservación de las aves					
Sentí que las imágenes explicativas, vivencias, trabajos prácticos ayudaron a mi aprendizaje.					
Estoy satisfecho con el aprendizaje sobre Ecosistema y conservación de las aves					

Fuente: Elaboración propia

La intención de esta prueba era reconocer y evidenciar el nivel de agrado de los estudiantes frente a los componentes de la unidad didáctica;

en lo cual se encontró que los estudiantes consideraban que el material utilizado como videos, audios, imágenes explicativas y explicación teórica-practica, aportaban al conocimiento, entendimiento y desarrollo de la unidad didáctica abordada; de igual forma corroboraron que la utilización de estas estrategias hacían que las clases fueran mas entendibles, agradables y fortalecieran la enseñanza y aprendizaje conllevando a la motivación y las ganas de aprender los diferentes conceptos y temas trabajados por medio de medio vivencias, explicaciones y trabajos prácticos.

Es así, como el realizar avistamiento de aves, aporta en los estudiantes una comprensión en la variedad de manifestaciones que suceden en la naturaleza, desarrollando competencias como lo son la observación, indagación, análisis de resultados, deducción, explicación de fenómenos y uso comprensivo del conocimiento científico, y así mismo habilidades de pensamiento científico y reflexivo. Todo esto conlleva al estudiante a una motivación por el interés de apreciar y valorar el entorno, lo que proporciona nuevo conocimiento, experiencias y relaciones directas con las diferentes situaciones naturales.

III. CONCLUSIONES

Se determinó, que el avistamiento de aves generó inicialmente un gran interés el cual se fue acrecentando a medida del desarrollo de la unidad didáctica, logrando de esta manera conceptualizar los temas de maltrato, conservación y extinción de las especies; y así mismo el fortalecimiento de las diferentes competencias de ciencias naturales.

En la implementación de la Unidad didáctica, los estudiantes despertaron curiosidad por aprender, conocer el proceso de enseñanza y aprendizaje, por medio de material didáctico, recursos interactivos y diferentes espacios que llevaban al avance del conocimiento.

Teniendo en cuenta, el aporte de los estudiantes del grado once frente a la Unidad Didáctica desarrollada con el DBA número 5, se proyecto el diseño de una misma estrategia para el grado cuarto de básica primaria

con el DBA numero 7 en ciencias naturales, lo cual, favorece el proceso de enseñanza y aprendizaje hacia conservación de especies.

REFERENCIAS

[1] D. Gil, and H. Brumm, Avian urban ecology. Behavioural and physiological adaptations. *Ed. Oxford University Press, 2*013.

[2] R. Ávila Penagos, ¨La observación: una palabra para desbaratar y resignificar (Hacia una epistemología de la observación¨, *Pedagóg. saberes*, n.º 20, p. 97.106, ene. 2004.

[3] R. García López, Plan de educación ambiental para el desarrollo sostenible en los colegios de la institución La Salle, Tesis Doctoral, Universidad de Valencia, España, 2010.

[4] C. Hernández, ¿Qué son las competencias científicas? Foro Educativo Nacional, 1-30. (2005).

[5] C. Pasquali, D. Bueno, and B. Ochoa, Propuesta para una estrategia didáctica en educación ambiental: La observación de aves, Revista Educere, 15(52), 543-650, 2011.

[6] R. Sabogal, and M. Jiménez, El humedal Jaboque como espacio vivo de enseñanza aprendizaje a partir del aspecto socio ambiental desde las concepciones de los estudiantes del grado séptimo jornada tarde en la IED Antonio Villavicencio de Bogotá, Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica Nacional 2014.

[7] A. Argudo, La educación ambiental en el proceso de enseñanza Aprendizaje para los estudiantes de octavo año de Básica del Colegio Dr. Modesto Carbo Noboa del cantón Guayaquil, Tesis de Maestría, Universidad de Guayaquil, 2012.

AUTORES

Luisa Fernanda Giraldo Montoya

Magister en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional sede Manizales; Licenciada en Biología y Química, de la Universidad de Caldas. Docente de Biología y Química en secundaria y media en la Institución Educativa Maltería de Manizales; área de investigación Biología.

Héctor Jairo Osorio Zuluaga

Doctor en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; director Departamento de Física y Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Investigador Asociado Colciencias.

Áreas de investigación: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, Química Orgánica.

Mapas mentales para la enseñanza y aprendizaje de la genética Mendeliana en estudiantes de secundaria con trastorno de déficit de atención TDA[1]

Garzón Hernández, Andrea [1], Osorio Zuluaga, Héctor Jairo [2] y Giraldo Arbeláez, Jorge Eduardo [3.]

1 Estudio realizado para aplicar al título de Magister en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad de Nacional de Colombia. Título Mapas mentales para la enseñanza y aprendizaje de la genética Mendeliana en estudiantes de secundaria con trastorno de déficit de atención TDA.

Resumen:

La dificultad que presentan los estudiantes para mantener la atención frente actividades académicas (TDA) se hace más común en el aula de clase. Propiciar espacios de creatividad, expresión de ideas y gráficos, a través de los mapas mentales permite a estos relacionar con mayor facilidad conceptos con su entorno, promoviendo autoconfianza y la motivación necesaria hacia un verdadero proceso de enseñanza y aprendizaje. En este sentido, se diseñó una secuencia didáctica con los conceptos de genética Mendeliana, asociado a varias actividades, las cuales finalizaban con la elaboración de mapas mentales como herramienta de evaluación. La propuesta se desarrolló en el Colegio Seminario Redentorista San Clemente María Hofbauer de la ciudad de Manizales, a un grupo de 36 estudiantes del grado noveno, de los cuales el 20% diagnosticados con TDA. La secuencia didáctica fue implementada bajo la modalidad de alternancia, lo que no afecto el desarrollo de ésta; los resultados indicaron de forma generalizada que estudiantes con y sin déficit de atención presentaron mejoras en aspectos como: el desarrollo de las guías de trabajo, preparación de exámenes y manejo en los tiempos de concentración, que se refleja en una mayor elaboración de los conceptos de genética Mendeliana.

Palabras clave: Inclusión - TDA - Mapas Mentales – Aprendizaje - Biología.

Abstract:

The difficulty that students face in maintaining attention during academic activities called Attention Deficit Disorder (ADD). This generates challenges in current education. Mind maps allow space for creativity, expression of graphic ideas, even leads to a more easily related concept with their environment, maintaining confidence and motivation in the teaching and learning process. In this sense, a didactic sequence was developed with the concept of Mendelian genetics, associated with several activities, which ended with the elaboration of mental maps as an evaluation tool. The methodology was applied at the Seminario Redentorista San Clemente

María Hofbauer School in the city of Manizales, to a group of 36 ninth-grade students, 20% of them were diagnosed with (ADD). The didactic sequence was implemented under the alternation modality, which did not affect their development, the results indicated in a general way that students with and without attention deficit disorder showed improvements in the development of work guides, exam preparation and management in concentration times. This reflected in a greater conceptualization of Mendelian genetics.

Keywords: inclusion, ADD, mental maps, learning, biology.

I. INTRODUCCIÓN

Los mapas mentales o conceptuales son una herramienta que va tomando fuerza en la educación actual, facilitan por medio de los gráficos tener un apoyo que permita organizar las ideas que se pueden generar después de leer u observar videos educativos, también facilita resumir mucha información en términos y conceptos claves, que permitan el paso del conocimiento de la memoria operativa a la memoria inactiva o secundaria, en especial con estudiantes con trastornos como el TDA. El uso de los mapas mentales como integración de la pedagogía y la biología para mejorar la experiencia del aprendizaje en el aula de estudiantes con TDA en el área de la biología, logrando mejorar su experiencia al generar conocimientos significativos y de interés para estos estudiantes.

Justificación

Los retos generados por el Ministerio de Educación Nacional en el ámbito de una educación inclusiva a través del decreto 1421 señala como encargados a los principales entes educativos del país como: secretarias de educación, establecimientos educativos, familias, estudiantes… [1] Es así como entes certificados en educación en el país deben generar nuevas herramientas pedagógicas y más que herramientas proyectos educativos en los cuales se tenga presente la población con limitaciones cognitivas o físicas, las cuales faltan por incluir.[1]

La nueva generación de jóvenes que encontramos en las aulas presenta una gran diversidad de géneros, etnias, creencias, actitudes y ciertas limitaciones que permiten cuestionar y replantear la forma de educación y enseñanza tradicional, Por lo cual se busca desarrollar una educación inclusiva que permita mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje en los jóvenes.

Lograr una educación socioafectiva que motive y potencie sus procesos de enseñanza y aprendizaje, donde el estudiante se sienta con la libertad de preguntar y expresarse mejorando su desarrollo emocional y académico.

Durante esta investigación realizada en el Colegio Seminario Redentorista San Clemente María Hofbauer de la ciudad de Manizales, se diseñó una secuencia didáctica para mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en el área de Biología, con la creación de guías diferenciadas que permitan captar mayor atención de los estudiantes con TDA, así mismo busca que los docentes propicien un ambiente socioafectivo y de empatía con sus estudiantes y proporcionar un ambiente socio-afectivo que mejore la calidad de educación.

Antecedentes

Desarrollar escuelas inclusivas no es tarea fácil: la diversidad de barreras presentes dentro y fuera de las escuelas, sus hogares, la comunidad, las políticas educativas entre otras como la falta de capacitación y de recursos disponibles que tienen los docentes en los procesos de inclusión. [2]

La evaluación diagnóstica que debe recibir un niño o adolescente en contexto educativo requiere de la aplicación de diferentes pruebas psicotécnicas que permitan revisar la capacidad cognitiva, sus necesidades psicoeducativas y afectivas. [3] equipo de especialistas, docentes y padres de familia diseñan un plan educativo que flexibilice permitiendo al estudiante afianzar su seguridad en las diferentes etapas de su desarrollo

El colegio Semanario Redentorista. Basado la ley 115 de 1994 planteo acciones pedagógicas que atendieran a los estudiantes con dificultades cognitivas; con programas más claros y asertivos que garanticen el ejercicio efectivo de los derechos de las personas con discapacidad mediante la adopción de medidas de inclusión, ajustes individuales se hace un seguimiento, lo que está bien definido en el PEI institucional.

Las alternativas planteadas por diversos autores con el fin de conocer las dificultades y necesidades que presenta la población de jóvenes con Déficit de Atención, a continuación, se indican investigaciones planteadas por algunos autores que describen las necesidades y dificultades que presentan los estudiantes con déficit de atención

el trastorno por TDA/H es uno de los problemas neurológicos con más frecuencia en la población infantil. [4]. Los que pueden ser congénitos o desarrollados por factores ambientales que afectan el desarrollo cognitivo de los dicentes y de alteración de su personalidad; de ahí es conveniente realizar una atención oportuna en estudiantes con TDA con más oportunidades y herramientas en el desarrollo de aprendizajes e integración social.

Algunos elementos claves para la educación inclusiva se basan en la presencia, colocación, participación y logros de los estudiantes. [5] los docentes deben utilizar siempre herramientas y técnicas que cautiven los intereses y la motivación de estos. En este sentido [6], propone una visión integral y completa de la realidad de la población estudiantil que genere una motivación significativa frente al potencial cognitivo del niño; Es importante tener en cuenta: 1) no tomar la conducta del estudiante como algo personal. 2) La existencia de un problema médico, cambiar no depende solamente de la voluntad del niño. 3) los castigos constantes o descalificaciones en público no son de gran ayuda. 4) Mantener un contacto estrecho con los padres y profesionales que atienden al niño.

[7] Lo anterior y mediante una comunicación asertiva el docente podrá realizar la planeación de sus clases adaptándose al ritmo de trabajo de sus estudiantes con dificultades, con lo cual no se trata de reducir el nivel de exigencia, sino de modificar las condiciones en las que se desarrollará la clase. En los procesos de autorregulación del estudiante, por ejemplo, una tarea diseñada para 1 hora se puede dosificar en 4 momentos que le permitan al estudiante manejar y distribuir su tiempo manteniendo su interés.

Basado en lo anterior, los mapas mentales son métodos escritos y gráficos que permiten crear, motivar, indagar; al mismo tiempo, compartir conocimiento propio o adquiridos a través de los aprendizajes escolares. Estos proporcionan la adquisición de memorias fotográficas conceptos e ideas dentro de una tarea o aprendizaje. Varios estudiantes atribuyeron el divertido aspecto y la oportunidad de ser creativos cuando hacían mapas

mentales a través de la elección de color, símbolos, palabras clave y diseño. [8]

Igualmente, en otros trabajos se afirma que los mapas mentales pueden llegar a desarrollar inteligencias múltiples por medio del pensamiento radial y ordenada, [9] generalmente tienen una perspectiva diferente sobre la forma de percibir las cosas y la información; como consecuencia se desarrollan habilidades conceptuales.

Descripción del problema

Teniendo en cuenta que los sistemas escolares sean más amigables, con una amplia cobertura educativa, con una visión que permita minimizar las barreras de todos los estudiantes vulnerables a ser sujetos de exclusión, no sólo aquellos con discapacidad o categorizados con necesidades educativas especiales [2]. Todo esto debe generar cambios en los procesos evaluativos con una flexibilización en las habilidades socioemocionales de las diferentes áreas del saber. El docente debe generar a través del aprendizaje un ambiente de confianza y motivación que le permita al estudiante sentirse acompañado y aceptado, además la familia debe estar de la mano con este proceso para lograr generar cambios cognitivos y actitudinales de los jóvenes.

Apoyado en las ideas discutidas, se plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo construir mapas mentales como estrategia de enseñanza y aprendizaje del concepto de genética Mendeliana en estudiantes de grado 9º con y sin TDA del Colegio Seminario Redentorista San Clemente María Hofbauer?

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

Incursionar en la enseñanza de estudiantes con TDA o procesos de inclusión, genera un grado dificultad en la planeación docente pues se deben construir guías diferenciadas para la población estudiante; es así que en este estudio se realizaron adaptaciones en la secuencia didáctica

que permitió lograr aprendizajes significativos en la conceptualización de genética Mendeliana con el acompañamiento institucional y de sus familias, en estudiantes con y sin TDA.

Se flexibilizaron los procesos de evaluación con la estrategia de los mapas mentales, se identificó una apropiación de conceptos de genética Mendeliana, al igual que la motivación y el interés en el proceso.

Este estudio contó con el acompañamiento de un grupo de psicorientación de la institución educativa que caracterizo a los jóvenes basándose en el diagnóstico de psicología y psiquiatría infantil, a un grupo de estudiantes del grado noveno de la institución identificados:

Estudiante 1: Asperger.
Estudiante 2: TDA predominio inatento, alteraciones leves en atención y memoria, bajo desempeño en comprensión verbal.
Estudiante 3: Inmadurez Neurológica, TDA.
Estudiante 4: TDA-H
Estudiante 5: TDH Prueba neuropsicológica con C.I. límite. Baja velocidad de procesamiento, dificultad en el recobro de información verbal y memoria de trabajo comprometida.
Estudiante 6: Inmadurez, TDA.

Incursionar en la enseñanza de estudiantes con TDA o procesos de inclusión genera un grado de dificultad en la planeación docente pues se deben construir guías diferenciadas para la población estudiante. Es así como en este estudio se realizaron adaptaciones en una secuencia didáctica que permitieron lograr aprendizajes significativos en la conceptualización de la genética mendeliana, con el acompañamiento institucional y de las familias de los estudiantes con y sin TDA.

Resultados

La evaluación a partir de los mapas mentales en la secuencia didáctica evidencia una mayor apropiación de los conceptos de genética Mendeliana;

igualmente, se determina un nivel medio en las competencias de indagación, explicación de fenómenos y usos del conocimiento científico por parte de los estudiantes con y sin TDA.

III. CONCLUSIONES

El uso de lecturas con contenidos actualizados permite despertar el interés y la motivación de los estudiantes en las aulas, además de facilitar la exploración de ideas previas frente a diversos temas que presentan cierto nivel de dificultad.

La creación de los mapas mentales permitió a los estudiantes, con y sin TDA, expresar sus ideas de forma gráfica, creativa, espontánea, ordenada, en su vida cotidiana.

Se evidencia tiempos de concentración más prolongados en estudiantes diagnosticados con déficit de atención, mayor motivación e interés por el desarrollo de guías y evaluaciones.

El uso de los mapas mentales, en estudiantes con y sin TDA, es una herramienta pedagógica importante que permite organizar y representar información de forma fácil, espontánea, con la finalidad de ser asimilada y recordada con mayor facilidad.

Con esta investigación se logra demostrar que los procesos de flexibilización que se deben realizar a las guías propuestas, en la cotidianidad de los entornos educativos en general, pueden tener pequeñas adaptaciones que permitan el aprendizaje de los estudiantes con TDA, si se tiene la estimulación y el acompañamiento adecuados desde la institución y su familia.

Recomendaciones

Es importante tener claridad de la caracterización que presenten los estudiantes; esto permitirá tener mayor acercamiento y un buen proceso de flexibilización en los trabajos y exámenes.

La secuencia didáctica se aplicó bajo el proceso de alternancia debido al aislamiento social. Se recomienda aplicar la secuencia didáctica de forma presencial para un mejor acompañamiento.

Este trabajo permite desarrollar secuencias didácticas y aplicar el uso de evaluaciones a través de los mapas mentales en otras áreas del saber.

REFERENCIAS

[1] M. de Educación Nacional, Educación Inclusiva, Colombia 2018.

[2] M. Hernández Martínez *et al.*, "Calidad de vida en niños con trastorno por déficit de atención con o sin hiperactividad (TDAH)," *Pediatría Atención Primaria*, vol. 19, no. 73, pp. 31–39, 2017, Accessed: Apr. 29, 2020. [Online]. Available: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322017000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

[3] C. González Gómez, I. Navarro Soria, S. Grau Company, A. Galipienso Rico, and F. Fernández Carrasco, "EStrategias de optimización de alumnado con trastorno por déficit de atención e hiperactividad TDA-H," *International Journal of Developmental and Educational Psychology. Revista INFAD de Psicología.*, vol. 7, no. 1, p. 85, Jan. 2017, doi: 10.17060/ijodaep.2014.n1.v7.779.

[4] F. J. Almeida Martínez, Métodos pedagógicos Universidad Internacional de La Rioja," 2012.

[5] J. Ramberg and A. Watkins, "exploring inclusive education across europe: some insights from the european agency statistics on inclusive education, european" 2020.

[6] C. Mazzarella and R. Monsanto, *Revista de investigación educacional.*, vol. 33, Unidad de Investigación del Instituto Pedagógico de Caracas, 2009.

[7] B. Estévez Estévez, M. José, and L. Guerrero, "Inclusión educativa del alumnado con TDA/H: estrategias didácticas generales y organizativas de aula. (Educational inclusión of students with ADHD: general learning an organizational classroom teaching strategies) Universidad de Granada 2015."

[8] J. Alejandro and J. Gil, "los mapas mentales como una estrategia metacognitiva inmersa en la metodología abp para la enseñanza y el aprendizaje del concepto de ph the mind maps as a metacognitive strategy immersed in pbl methodology for teaching and learning of the concept of ph universidad nacional de colombia facultad de ciencias exactas y naturales departamento de matematicas y estadistica sede Manizales 2016."

[9] M. Eva and G. García, "CIVE 2005 Congreso Internacional Virtual de Educación 1 mapas mentales, instrumentos de evaluación en educación a distancia." [Online]. Available: www.cibereduca.com.

AUTORES

Andrea Garzón Hernández

Magister en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad de Nacional de Colombia, Licenciada en Biología y Química, de la Universidad Caldas, Docente de Biología y Química en el Colegio Seminario Redentorista San Clemente María Hofbauer, en la ciudad de Manizales.

Áreas de investigación: Educación en Ciencias Naturales

Héctor Jairo Osorio Zuluaga

Doctor en Ciencias – Química de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Magister en Ciencias Química de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá; Magister en Desarrollo Educativo y Social de la

Universidad Pedagógica Nacional; Licenciado en Biología y Química de la Universidad de Caldas.

Áreas de investigación: Educación en Ciencias Naturales.

Jorge Eduardo Giraldo Arbeláez

Magister en Ciencias Química de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá; Licenciado en Biología y Química de la Universidad de Caldas. Especialización Especialista en Educación Personalizada.

Áreas de investigación: Educación en Ciencias Naturales.

Los árboles genealógicos en la enseñanza de la genética: estudios de caso[1]

Family Trees in Genetics Teaching: case Studies

Rodríguez-Carmona, Mishelle[2], Osorio, Héctor[3]

1 Trabajo de Maestría: Los árboles genealógicos como caja de herramientas en la enseñanza, aprendizaje e interpretación de conceptos de genética: estudios de caso

2 Universidad Nacional. Código ORCID 0000-0001-5596-3240.
Contacto: misrodriguezca@unal.edu.co

3 Universidad Nacional; código ORCID 0000-0002-0227-588X.
Contacto: hjosoriozu@unal.edu.co

Resumen

La genética a lo largo de la historia ha sido una de las ramas de la biología con mayor dificultad a la hora de la comprensión de sus conceptos por parte de los estudiantes, esto se observa en la no inclusión de conceptos genéticos en la bolsa cultural de ellos y sus familias próximas. Teniendo en cuenta lo anterior, se diseñó una unidad didáctica dividida en cinco capítulos donde el eje central fueron los árboles genealógicos como estudio de caso particular de cada una de las familias de los estudiantes. El proceso de desarrollo se realizó con 15 estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Purnio del municipio de La Dorada, bajo el modelo de aprendizaje en casa en el marco de la situación actual de salud pública generada por la pandemia de SARS-CoV-2. Con la metodología planteada no solo se logró aprendizajes significativos en torno a la genética, también mayor motivación de los estudiantes a la hora de realizar sus trabajos y el fortalecimiento de competencias argumentativas que permiten interpretar de manera más fácil y real lo que sucede en su entorno, además como efecto secundario consolidar los vínculos entre familia, estudiante y escuela a través de la reconstrucción de la historia familiar.

Palabras clave: árboles genialógicos, estudios de caso, aprendizaje en casa, unidad didáctica.

Abstract

Genetics throughout history has been one of the branches of biology with the greatest difficulty when it comes to understanding its concepts by students, this is observed in the non-inclusion of genetic concepts in the cultural bag of them and their close families. Taking into account the above, a didactic unit divided into five chapters was designed where the central axis was the genius trees as a particular case study of each of the students' families. The development process was carried out with 15 ninth grade students from the Purnio educational institution in the municipality of La Dorada under the home learning model within the framework of the current public health situation generated by the SARS-CoV2 pandemic.

With the proposed methodology, not only was significant learning about genetics achieved, but also greater motivation of the students when carrying out their work and the strengthening of argumentative skills that allow an easier and more real interpretation of what happens in their environment, also as a secondary effect to consolidate the links between family, student and school through the reconstruction of family history.

Keywords: genius trees, case studies, home learning, unit for didactics.

I. INTRODUCCIÓN

La genética es uno de los temas que más se abordan en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la biología, esto se debe a que en la actualidad la repercusión social de problemas relacionados con estos temas, tales como la clonación, el descubrimiento del genoma humano, la posibilidad de terminar con las enfermedades de origen genético o la proveniencia de los medicamentos que circulan en la sociedad son bastantes [1]. De esta manera, según [2] la genética como disciplina experimenta una notable evolución, convirtiéndose en punto de encuentro de campos de la biología antes dispersos, posiblemente esto sea motivo de las diagnosticadas dificultades en el aprendizaje de conceptos de la genética por parte de los estudiantes, considerada una de las temáticas más difíciles de enseñar y aprender.

De esta manera, las dificultades para el aprendizaje de la genética también pueden deberse a la naturaleza de los conceptos de esta disciplina, los conocimientos y formas de razonamiento de los alumnos y las estrategias didácticas implementadas. Según [1], una de las potenciales barreras para la comprensión de los fenómenos genéticos por parte de los estudiantes al parecer está relacionada con las concepciones previas de los mismos. Así pues, para superar estas barreras en la enseñanza y aprendizaje de la genética, es necesario que los docentes busquen estrategias didácticas que acerquen el conocimiento a los estudiantes y disminuyan así el espacio que ha existido y existe entre la ciencia y el contexto cotidiano, por tanto, es primordial transformar sus prácticas pedagógicas de acuerdo con el medio institucional y social en el que se encuentra inmerso y con las necesidades educativas que exige la actual sociedad [3].

Cabe destacar que, al ser la genética un tema de tanta trascendencia para la comprensión de la biología, es fundamental abordar su estudio a través de una estrategia didáctica que, partiendo de las realidades del contexto de los estudiantes y de sus habilidades, posibiliten la comprensión de sus conceptos a partir de la solución de casos que implementados en las clases permitan la integración de la teoría y la práctica, el desarrollo

del pensamiento crítico, la mejora de las habilidades en la resolución de problemas y el abordaje individualizado de las situaciones [4].

A todo lo anterior se le debe sumar que la pandemia generada por SARS-CoV-2 no solo trajo cambios en materia de salud o economía, sino también reformas educativas temporales que llevaron el aprendizaje en aula al aprendizaje en casa, imponiendo desafíos no tanto al sistema, a la escuela o al docente, sino también al estudiante y su familia, generando espacios y trasformando los contextos de implementación del currículo haciendo un llamado a la flexibilización y priorización de contenidos y objetivos educativos para responder de la mejor manera a la crisis.

Por último, el presente trabajo tiene como objetivo interpretar el impacto del uso de los árboles genealógicos como intermediación en la enseñanza, aprendizaje e interpretación de conceptos sobre genética en estudiantes de noveno grado de educación secundaria de la Institución Educativa Purnio.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

El trabajo se desarrolló desde un diseño de investigación cualitativo llamado estudios de caso, este enfoque de enseñanza según [1] consiste en plantear situaciones problemáticas que los estudiantes deben resolver. Dicha situación problemática parte de las propias percepciones del alumno, por lo que despierta su interés, potencia la reflexión individual y colectiva sobre situaciones reales e incitan a la participación.

La metodología se realizó con el grado noveno de la Institución Educativa Purnio en el municipio de La Dorada, del departamento de Caldas, en el área de ciencias naturales con acento en el campo del saber de la biología, con un total de 15 estudiantes cuyas edades oscilan entre los 13 y 16 años.

La investigación se llevó a cabo en cuatro fases:

La primera fase consistió en la búsqueda y selección de las familias que harían parte de la construcción de los árboles genealógicos, a través de encuentros diacrónicos y sincrónicos con los padres de familia donde se les explicó el proyecto y pidió autorización por escrito para usar sus antecedentes familiares y médicos en la construcción de los árboles genealógicos.

La segunda fase consistió en la indagación de ideas previas a través de un cuestionario de preguntas abiertas y cerradas sobre conceptos de biología en general. Los anteriores datos se recolectaron en una matriz y serán la base fundante para el desarrollo de la unidad para el aprendizaje.

La tercera fase está ligada directamente con la anterior, ya que hace parte de la situación a estudiar, se basa en el diseño y aplicación de la unidad para el aprendizaje y la construcción de los árboles genealógicos por parte de los estudiantes en compañía de sus familiares con la intermediación de situaciones problémicas convocantes y contextualizas.

La última etapa es de evaluación, la fase se dividió en dos momentos: la primera tuvo como objetivo comprobar el aprendizaje de la genética, para ello se realizó a través de un cuestionario de preguntas abiertas y cerradas, posteriormente socializadas en foros y debates. En la segunda era recoger información que permita evidenciar las opiniones de los estudiantes y familia sobre la metodología empleada, para ello se hizo autoevaluaciones, coevaluaciones y un cuestionario tipo Likert.

Resultados y análisis

Para el análisis de cada instrumento evaluativo aplicado se tuvo en cuenta las competencias evaluadas por el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes) y que están alineadas con lo propuesto en los estándares básicos de competencias en ciencias naturales (uso comprensivo del conocimiento científico, explicación de fenómenos, indagación).

A lo largo de la realización del trabajo, se observa que con la metodología planteada en las diferentes guías que comprende la unidad didáctica los estudiantes presentan mayor motivación a la hora de realizar ejercicios de temas de genética, esto debido a que hacen parte de su contexto próximo, de la realidad que los rodea y generan en ellos intriga de conocer a través de la herencia una parte de su historia familiar promovida por la realización de árboles genialógicos personales que, aparte de cumplir con los estándares y convenciones internacionales usadas para la elaboración de los mismos, permite de una manera diferente y agradable la comprensión de conceptos básicos de la genética como es la herencia mendeliana y la herencia ligada al sexo.

Además, también se logra evidenciar no solo el progreso del aprendizaje de la genética, sino también cómo las competencias argumentativas cobran mayor relevancia y son más enriquecidas con argumentos científicos que les da el conocer y apropiarse de una temática agradable para ellos.

Por último, se hace necesario reconocer que el trabajo en casa generado por la pandemia tuvo grandes incidencias en los resultados hasta el momento obtenidos, puesto que se hace difícil controlar ciertas variables como la autonomía, el trabajo individual, las explicaciones a la distancia, el estado emocional de las familias por la crisis y, sin duda alguna, el ritmo de aprendizaje que se hizo cada vez más lento, generando un retraso y priorización de las temáticas abordadas.

III. CONCLUSIONES

La realización del trabajo logró demostrar que trabajar temáticas cercanas al contexto de cada uno de los estudiantes logra incentivar la motivación propia y familiar, además de la apropiación de conceptos genéticos, jugando un papel primordial los árboles genialógicos como estudios de caso e intermediarios en la conceptualización de las temáticas.

Por otro lado, se fortalecieron las competencias argumentativas demostradas a través de conversatorios virtuales y el desarrollo de las

actividades propias de la guía donde cada uno de los estudiantes debía exponer su argumento frente a una situación genética planteada.

Para terminar, no se puede desconocer que la realidad con que se desarrolló el trabajo bajo el modelo de aprendizaje en casa, influyó en los resultados. Desde el punto de vista positivo se logró involucrar a la familia en los procesos de aprendizaje y por otro lado consolidar la autonomía en el aprendizaje por parte del estudiante, pilar fundamental del modelo escuela nueva. El punto de vista no tan positivo consistió particularmente en la dificultad para la explicación de temáticas a través de medios con los cuales la comunidad educativa no contaba inicialmente, como las clases a través de plataformas educativas o sociales.

REFERENCIAS

[1] I, Lacosta, "las ciencias en el aula: Aprendizaje basado en estudio de casos". *Universitarias de Zaragoza,*2012.

[2] E. Figini y A De Micheli. "La enseñanza de la genética en el nivel medio y la educación polimodal: contenidos conceptuales en las actividades de los libros de texto". *Enseñanza de Las Ciencias,* vol. 1, no.4, 2005.

[3] Z. Andramunio Acero, "Estudios De Caso, Una Estrategia De Aula Para. *La Genética Humana Y Su Aplicación En Estudios De Caso, Una Estrategia De Aula Para Mejorar La Comprensión De La Herencia*". 2015

[4] N., Ageitos., B. Puig y X. Calvo-Peña. "*Trabajar en genética y enfermedades en secundaria integrando la modelización y la argumentación científica*"**.** Revista Eureka, vol. 14, no. 4, pp 3-14, 2017

AUTORES

Mishelle Rodríguez Carmona

Licenciada en Biología y Química, docente en la Institución Educativa Purnio en el municipio de La Dorada-Caldas.

Áreas de investigación: enseñanza y aprendizaje de las ciencias exactas y naturales.

Héctor Jairo Osorio Zuluaga

Doctor en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Director Departamento de Física y Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Investigador Asociado Colciencias.

Áreas de investigación: enseñanza y aprendizaje de las ciencias exactas y naturales, química orgánica.

Gestión comunitaria de la microcuenca El Burro: una herramienta para la enseñanza de la educación ambiental en la IE Cañaveral, Victoria, Caldas[1]

Community management of the micro watershed "The donkey": a tool for the teaching of environmental education in the Cañaveral High School Victoria, Caldas

Murillo-Montoya, Sergio Adrián[2]

1 Este artículo hace parte del trabajo de especialización en educación ambiental realizado por el autor en la Fundación Universitaria Los Libertadores, con el título "Deforestación en la microcuenca El Burro (Victoria, Caldas): un problema de educación ambiental".

2 Institución Educativa Cañaveral; Grupo de investigación RENABBIO; https://orcid.org/0000-0003-2923-5068. Contacto: sergio.murillomontoya@gmail.com ; samurillom@libertadores.edu.co

Resumen

La microcuenca El Burro (Victoria, Caldas) es la principal fuente de agua para las veredas La Pradera, Fierritos y Corinto, sin embargo, ha experimentado un proceso acelerado de deforestación y contaminación. Al respecto, este ecosistema solo cuenta con el 45% de la cobertura vegetal original, lo que se suma a otras perspectivas en salud como: el vertimiento de aguas residuales, uso excesivo de agroquímicos, ingreso de animales e incendios forestales, lo cual pone en riesgo la salud y bienestar de más de 150 familias asentadas en la cuenca. Ante este panorama, el objetivo de esta investigación es el diseño de una propuesta de intervención disciplinar construida en comunidad y que pretende promover la gestión comunitaria de la cuenca con un enfoque comunitario, sistémico y holístico. Para dicha propuesta se parte de los conceptos de aprender haciendo e investigación acción propuestos por Jean Piaget, John Dewey y Orlando Fals Borda, respectivamente, y se planifica en tres fases que se denominan: 1) construyendo en comunidad; 2) aprendiendo juntos y 3) sembrando sueños. Cada fase cuenta con una serie de charlas y actividades que han sido previamente acordadas con la comunidad y que se abordan en grupos de enfoque para facilitar la participación de todos. Finalmente, el éxito en el diseño de esta propuesta de educación ambiental radica en que es construida respetando las perspectivas y conocimientos de la comunidad y se espera que contribuya significativamente en la solución de sus problemáticas socioambientales.

Palabras clave: investigación acción, educación ambiental, educación rural, ciencias naturales.

Abstract

The microbasin named El Burro in Victoria, Caldas is the main source of water for the community around there, however, it has experienced a huge deforestation and contamination process; besides that, this ecosystem receives wastewater, it just has a 45% of the original plant cover which give rise to forest fire, people use agrochemicals in a excessive way. All of these factors put the health and well being of more than 150 families settled in the basin at risk. Taking into account this landscape, the objective of this research is the design of a disciplinary intervention proposal built in

community that promotes the basin management by the community in a systematic and holistic approach. In order to achieve this objective, this proposal is based on the concepts learning by doing and action research proposed by Jean Piaget, John Dewey and Orlando Fals Borda and is planned in three phases called: 1) Building in community; 2) Learning together and 3) Sowing dreams. Each phase has talks and activities that had been previously agreed with the community and that are addressed in focus groups to facilitate the participation of all. Finally, the success in the design of this environmental education proposal lies in the fact that it is built respecting the perspectives and knowledge of the community, and it is expected that it will contribute significantly to the solution of their socio-environmental problems.

Keywords: participation investigation, environmental education, rural education, natural sciences.

I. INTRODUCCIÓN

La deforestación es actualmente uno de los principales problemas socioambientales que enfrentamos y está generando cambios significativos en el clima y la diversidad biológica, además, afecta significativamente los servicios ecosistémicos necesarios para la vida. Con respecto al tema, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [1] indica que este fenómeno antrópico continúa a un ritmo acelerado, particularmente en África y Suramérica, con una tasa de deforestación de 2,6 millones de hectáreas por año. Así mismo, un estudio de Gonzáles et al. [7] para Colombia, demuestra que esta problemática social aumentará en la Amazonia, el Piedemonte llanero y los Andes centrales, debido a la expansión de la frontera agrícola, la colonización, la siembra de cultivos ilícitos, el consumo de leña, los incendios forestales y la extracción de madera con fines comerciales.

En el ámbito local (Victoria, Caldas) esta problemática también es una realidad y está afectando la microcuenca El Burro, un ecosistema de vital importancia para una comunidad rural, debido a que abastece de agua a más de 150 familias de las veredas Fierritos, Corinto y La Pradera. En años anteriores, esta microcuenca contaba con especies maderables de gran importancia para la protección de su ribera, como: *Anacardium excelsum* (caracolí), *Jacaranda copaia* (chingalé) y *Ceiba petandra* (ceiba), sin embargo, han experimentado declives poblacionales y con ello una reducción drástica de la cobertura vegetal, como consecuencia del avance de la ganadería extensiva y la siembra de cultivos de caucho y aguacate, ocasionando una disminución en el caudal de la microcuenca, principalmente en épocas de sequía.

A su vez, en la parte alta de la microcuenca, se encontraban pequeños rastrojos que han sido quemados por el dueño del predio para permitir el acceso de ganado bovino a la zona, y de acuerdo con Clavijo-López [3] la alcaldía municipal de Victoria intentó comprar el predio, pero fue imposible llegar a un acuerdo con el dueño, al contrario, en repetidas ocasiones se ha observado que las franjas amarillas instaladas para la protección del cauce fueron eliminadas, lo que ha provocado que el ganado incursione en estos ambientes ribereños, aumentando el riesgo de contraer enfermedades generadas por virus y bacterias provenientes de las excretas del ganado, sumando a estas expectativas de salud pública la descarga de

aguas residuales a la quebrada y con ello el riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales.

Estas alteraciones en la microcuenca El Burro, sumadas al desconocimiento que tiene la comunidad acerca de las problemáticas ambientales que suceden en esta región, corresponden a bajos niveles de educación ambiental, siendo necesaria una intervención disciplinar que permita dar solución oportuna a la situación en cuestión. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es el diseño de una propuesta de intervención disciplinar construida en comunidad y que pretende promover la gestión comunitaria de la cuenca con un enfoque comunitario, sistémico y holístico, así como estrategias de educación ambiental que permitan generar conciencia y mitigar los impactos causados por la deforestación y la consecuente disminución del caudal ambiental en la microcuenca El Burro.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

El método de investigación que se plantea para este ejercicio es aprender haciendo y la investigación acción práctica, dado que se busca conocer, comprender y resolver problemáticas socioambientales específicas y vinculadas a los usuarios del acueducto rural de las veredas La Pradera, Fierritos y Corinto, quienes han experimentado en los últimos años inconvenientes con el acceso y calidad del agua, toda vez que al interior de la microcuenca El Burro se desarrollan procesos de expansión de la frontera agrícola y ganadera, los cuales se suman a procesos permanentes de deforestación que ponen en riesgo su supervivencia.

Esta metodología se ha seleccionado porque de acuerdo con Hernández-Sampieri et al. [8] estudia prácticas locales e involucra la indagación-investigación individual y colectiva, permitiendo implementar planes de acción concertados que buscan resolver una problemática, introducir una mejora o generar transformaciones significativas en los miembros de la comunidad. De igual manera [8], indican que este tipo de investigación involucra tres fases esenciales que son: 1) construir un bosquejo del problema y recolectar datos (observar); 2) analizar e interpretar (pensar) y 3) resolver problemáticas e implementar mejoras (actuar); las cuales deben realizarse de manera cíclica y hasta que todo esté resuelto.

Las técnicas que se plantean para la investigación corresponden a la entrevista y las sesiones en profundidad o grupos de enfoque, los cuales permiten determinar el grado de conocimiento que la comunidad tiene de su entorno inmediato, las interacciones que se generan en él, las problemáticas y sus posibles soluciones, para finalmente plantear estrategias comunitarias que permitan mejorar la relación de la comunidad con el medio ambiente y realizar una gestión comunitaria de los recursos naturales. De acuerdo con Hernández-Sampieri et al. [8] "la recolección de los datos ocurre en los ambientes naturales y cotidianos de los participantes o unidades de análisis. En el caso de los seres humanos, en su vida diaria: cómo hablan, en qué creen, qué sienten, cómo piensan, cómo interactúan etc." (p. 397). En este sentido, es fundamental que el dinamizador sea una persona con experiencia, que no juzgue las respuestas del o los participantes y que, ante todo, genere confianza en ellos.

La estrategia de intervención se basa en los conceptos de aprender haciendo e investigación acción, propuestos por Jean Piaget, John Dewey y Orlando Fals Borda, respectivamente. A su vez, la propuesta tiene un enfoque pedagógico desarrollista, que se plasma en la siguiente ruta de intervención (Figura 1) y en la cual se realizan actividades de reconocimiento de las situaciones ambientales de la comunidad, capacitaciones continuas en relación a diversos temas de interés y una propuesta de intervención y gestión comunitaria en la microcuenca.

Figura 1. Construcción comunitaria de una ruta de intervención socioambiental en la microcuenca El Burro.

Fuente: Elaboración propia

En la fase uno de la estrategia de intervención se busca, a partir de talleres participativos, realizar una lectura en contexto de las situaciones problemáticas que se suscitan en la comunidad, porque una de las principales falencias en los proyectos de educación ambiental se debe a que hay una carencia de enfoque sistémico en los planes de intervención y, por lo tanto, se centran en una o pocas charlas ambientales discontinuas y fuera del contexto o interés de la comunidad [5]. En este sentido, esta fase pretende reconocer el contexto social, los actores, usuarios, manejo de los recursos, visiones, saberes, preocupaciones y conocimientos que la comunidad tiene de las problemáticas que los aquejan.

La fase dos de la estrategia de intervención tiene como objetivo que los miembros de la comunidad educativa comprendan la importancia de la formación en educación ambiental (estudiantes, junta de acción comunal, junta del acueducto, etc.) y pretende ser alcanzada con una serie de charlas continúas enfocadas en el manejo sostenible de los recursos naturales. A su vez, se sustenta en un enfoque participativo y tiene como eslogan "aprendiendo juntos", precisamente porque se nutre de propuestas transversales, valoraciones en campo y vinculación con entidades gubernamentales (alcaldía de Victoria, Corpocaldas, SENA, IE Cañaveral, etc.) que son actores fundamentales en la concreción de una relación armónica hombre-naturaleza.

Aprendiendo juntos supone un proceso de formación continua [1], que se aleja de capacitaciones esporádicas que se dan solo por cumplir. Es por eso que la vinculación de la Institución Educativa Cañaveral es fundamental para alcanzar una formación ambiental en contexto y permanente, y la mejor forma de lograrlo es a través de los proyectos ambientales escolares (PRAE) y de los Procesos Comunitarios de Educación Ambiental (PROCEDA) [6]. En consecuencia, esta fase se relaciona con los tres enfoques (comunitario, sistémico e interdisciplinar), para alcanzar una educación ambiental en contexto [1] y, se espera que contribuya decididamente a elevar el conocimiento académico de la comunidad con respecto a las problemáticas ambientales que ellos mismos identificaron en la microcuenca en la fase anterior.

La fase tres de la estrategia de intervención tiene como finalidad intervenir de manera oportuna la microcuenca El Burro, para que de esta manera se pueda contribuir significativamente en su conservación. De acuerdo a esto, se plantean actividades como: identificación de especies vegetales con fines de reforestación, elaboración y puesta en marcha de un vivero comunitario de especies nativas, jornadas de reforestación y un seguimiento permanente de todos los actores de la microcuenca para evitar que aumente la deforestación. Al llegar a esta fase, se entiende que tanto la comunidad como el dinamizador del proyecto están en capacidad de reconocer los actores que intervienen en la cuenca, las actividades socio productivas que se desarrollan en ella y los efectos adversos que se observan allí, por lo tanto, es en esta fase donde se evalúa realmente si las personas

mejoraron su relación con el medio ambiente y si la educación ambiental permitió un aprendizaje significativo y emancipador.

Podríamos decir que la fase tres es una fase de intervención, pero una intervención que nace de la conciencia y de la construcción colectiva. Es en sí misma un acercamiento al enfoque sistémico que aleja la idea utilitarista de la naturaleza en todas las actividades de la vida cotidiana [2] y siembra en todos, el sueño de una sociedad más humana y respetuosa del medio ambiente. Sembrando juntos no es solo plantar un árbol, es comprender, como lo sugieren Hernández-Sampieri et al. [8], que todos los fenómenos deben abordarse desde las perspectivas de los habitantes del territorio, porque son ellos los que realmente conocen sus problemáticas y oportunidades de mejora, y no hay una razón más poderosa en la educación ambiental, que transformar la sociedad pero con un enfoque comunitario, para que sea el verdadero vehículo de transformación de la conciencia en nuestros pueblos.

III. CONCLUSIONES

El éxito o no del diseño y ejecución de una propuesta de educación ambiental radica en que sea construida desde un enfoque comunitario, sistémico e interdisciplinar. En este sentido, es importante que se respeten las perspectivas y conocimientos de la comunidad y que a partir de estos aportes se construya una propuesta colectiva, que realmente responda al contexto local y que contribuya de manera significativa en la solución de sus problemáticas.

Es de vital importancia que en las actividades de formación ambiental se parta del reconocimiento de la comunidad, sus costumbres, saberes, preocupaciones y motivaciones, para así poder generar estrategias de participación novedosas, que inviten al diálogo permanente y la reconstrucción de la sociedad. Así mismo, es necesario promover la articulación interinstitucional, de tal manera que tanto la comunidad como los organismos de control y vigilancia sean garantes del proceso y se vincule a todos en la solución de las problemáticas que afronta la microcuenca El Burro.

El fortalecimiento de la investigación participativa y aprender haciendo van a ser estrategias fundamentales para lograr la vinculación

y empoderamiento de la comunidad en la ejecución de la estrategia de investigación, toda vez que al comprender las funciones de los ecosistemas y la vulnerabilidad de la microcuenca El Burro ante fenómenos como la deforestación, también aumentará la capacidad reflexiva de la comunidad, generando espacios que además de sensibilizar y educar, redundan en transformaciones perdurables en el tiempo.

La investigación participativa no solo permitirá que la comunidad aprenda sobre educación ambiental, sino que garantizará que los procesos y actividades cotidianas sean repensadas, definiendo si realmente son benéficas para los ecosistemas y para la sociedad. De esta manera, se contribuye en la generación de experiencias y vivencias que nutren a la comunidad y sus procesos. Por lo tanto, la reforestación de la microcuenca será posible a medida que más miembros de la comunidad participen activamente en cada una de las actividades programadas.

REFERENCIAS

[1] O. C. Álvarez, "Educación Ambiental a partir de tres enfoques: comunitario, sistémico e interdisciplinario", *Revista Iberoamericana de Educación*, vol. 34, nro. 2, pp. 1-8, 2004.

[2] M. J. Bautista-Cerro, M. A. Murga-Menoyo, M. Novo, "La educación ambiental en el S. XXI", *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad,* vol. 1, nro. 1, pp. 1103, 2019.

[3] V. Clavijo-López, *Diagnóstico del estado sociocultural y ambiental de la microcuenca el burro, surtidora del acueducto rural de la vereda La Pradera*, Tesis de pregrado, programa de ingeniería agroforestal, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Bogotá, 2017. Disponible en https://repository.unad.edu.co/handle/10596/18088

[4] FAO, "Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 – Principales resultados" Roma, 2020. Disponible en https://doi.org/10.4060/ca8753es

[5] G. Y. Flórez-Yépes, "La educación ambiental y el desarrollo sostenible en el contexto colombiano", *Revista Electrónica Educare*, vol. 19, nro. 3, pp. 1-12. 2015.

[6] M. Gómez-Agudelo, "Educación para el desarrollo sostenible. Una mirada a los proyectos Ambientales PRAE", *Libre Empresa*, vol. 15, nro. 2, pp 179-194. 2018.

[7] J. J. González, A. A. Etter, A. H. Sarmiento, S. A. Orrego, C. Ramírez, E. Cabrera, D. Vargas, G., Galindo, M. C. García y M. F. Ordoñez, *Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia*, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Bogotá D.C., Colombia, pp. 1-64. 2011.

[8] R. Henández-Sampieri, C. Fernández-Collado, P. Batista-Lucio, *Metodología de la Investigación*, 6a. ed. México D.F. McGraw-Hill, 2014.

AUTOR

Sergio Adrián Murillo Montoya

Biólogo egresado de la Universidad de Caldas; especialista en educación ambiental y estudiante de maestría en Educación de La Fundación Universitaria Los Libertadores. Docente de ciencias naturales y educación ambiental, adscrito a la Secretaría de Educación de Caldas en la Institución Educativa Cañaveral (Victoria, Caldas). Miembro del grupo de investigación en Recursos Naturales, Biotecnología y Bioprospección (RENABBIO). Par evaluador Colciencias.

Áreas de investigación: ciencias naturales, educación ambiental, ecología.

La enseñanza de la estructura y función celular a través de medios narrativos en época de alternancia escolar[1]

The teaching of cell structure and function through narrative means in times of school alternation

Meléndez-Segura, Kelly Johana[2], Giraldo-Arbeláez, Jorge Eduardo[3] y Osorio-Zuluaga, Héctor Jairo[4]

1 Producto derivado del proyecto de investigación "La enseñanza de la estructura y función celular a través de medios narrativos en época de alternancia escolar", presentado para optar por el título de Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

2 Esp. Docente de Ciencias Naturales de la Institución Educativa Gallardo. ORCID: 0000-0003-1311-7956. Contacto: kmelendezs@unal.edu.co

3 M.Sc., Profesor Asociado del departamento de Física y Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. ORCID: 0000-0002-4102-5701. Contacto: jegiraldoarb@unal.edu.co

4 Dr.Sc., profesor Asociado del departamento de Física y Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. ORCID: 0000-0002-0227-588X. Contacto: hjosoriozu@unal.edu.co

Resumen:

El presente trabajo tuvo como propósito identificar de que forma la narrativa en el aula aporta al aprendizaje de la estructura, función celular y el desarrollo de habilidades escritas como la comprensión lectora, transcripción y construcción de oraciones en estudiantes del grado sexto de la Institución Educativa Gallardo del municipio de Suaza-Huila; debido a que se han afectado notoriamente tanto académica como psicológicamente por el cambio en la dinámica de las clases dado al confinamiento en época de pandemia, siendo de gran importancia el abordaje de la célula ya que es un concepto base para la comprensión de la vida; además de incursionar la enseñanza del lenguaje en las ciencias debido a que los estudiante no sienten motivación y presentan dificultad al escribir, lo que genera conflictos al expresar sus ideas. De esta forma se presenta una investigación de carácter mixto orientándose a través de cuatro fases: identificación de ideas previas, diseño de la estrategia, aplicación y evaluación. Se pudo evidenciar que el instrumento de recolección de ideas previas fue ideal para reconocer los obstáculos e incidir en el punto de partida de la estrategia, además que los procesos de aprendizaje en la asignatura son más efectivos cuando se incorpora al estudiante en un ambiente lleno de estímulos, mediante el uso del cuento y del cómic generando emociones positivas debido al humor y la imaginación, convirtiéndose en un tipo de narración llamativa y diferente, logrando llegar al cambio conceptual frente al conocimiento celular y potencialización de habilidades escritas en ciencias.

Palabras clave: Estructura y función celular, narrativa, habilidades escritas.

Abstract:

The purpose of this work was to identify how the narrative in the classroom contributes to the learning of the structure, cellular function and the development of written skills such as reading comprehension, transcription and sentence construction in sixth grade students of the Gallardo Educational Institution. from the municipality of Suaza-Huila; Due to the fact that they have been notoriously affected both academically

and psychologically by the change in the dynamics of the classes due to confinement in times of pandemic, the approach of the cell being of great importance since it is a basic concept for the understanding of life; in addition to venturing into the teaching of language in science because students do not feel motivated and have difficulty writing, which generates conflicts when expressing their ideas. In this way, an investigation of a mixed nature is presented, orienting itself through four phases: identification of previous ideas, design of the strategy, application and evaluation. It was possible to show that the instrument for collecting previous ideas was ideal to recognize obstacles and influence the starting point of the strategy, in addition that the learning processes in the subject are more effective when the student is incorporated in an environment full of Stimuli, through the use of the story and the comic, generating positive emotions due to humor and imagination, becoming a striking and different type of narrative, achieving conceptual change in the face of cellular knowledge and potentialization of written skills in science.

Keywords: Cell structure and function, narrative, written skills**.**

I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la célula su estructura y funciones muchas veces ha sido enmarcada bajo un enfoque tradicional en diferentes Instituciones Educativas, aun mas en tiempo de confinamiento en donde no se ha podido acudir al colegio, lo cual ha venido generando en los estudiantes diferentes dificultades en su aprendizaje; al no comprender este concepto de gran importancia, no cataloga la célula como la unidad estructural, funcional de los seres vivientes, ni como el ente más pequeño que conforma los organismos y tejidos del cuerpo.

Al mismo tiempo se evidencia que los estudiantes no sienten motivación y se les presenta dificultad al escribir por su vocabulario y estructura del discurso científico, lo que les genera conflictos al expresar sus ideas; de esta manera se ha afectado su desempeño, debido a que tradicionalmente solo se le ha atribuido esta enseñanza-aprendizaje a la asignatura de lengua castellana, siendo la escritura transcendental en todas las disciplinas académicas, aludiendo a lo que indica [1] al expresar que para poder aprender ciencia es "imprescindible aprender a escribirla".

De esta manera se genera la necesidad de implementar un mecanismo de enseñanza atrayente que permita un aprendizaje significativo de las Ciencias Naturales, particularmente de la Biología, integrándose el lenguaje y la ciencia, con el objetivo de determinar la incidencia en el avance conceptual de la célula, sus estructuras y funciones, además del desarrollo de habilidades escritas, utilizándose el potencial del cuento y el cómic.

La mayoría de los cuentos son fruto de la imaginación, [2] sustenta que para los niños y jóvenes es un instrumento indispensable, además indica que esta no solo aporta al aprendizaje cognitivo de algún concepto, sino que de igual forma contribuye afectivamente, buscando un equilibrio entre estas dos partes, llevando al educando a un aprendizaje significativo y atractivo.

[3] enuncia que el cómic es un recurso narrativo sustancioso y complejo, accesible a un riguroso abanico de aprovechamiento, siendo una herramienta con bastantes posibilidades que ayudará al estudiante a expresar sus ideas, generándose espacios de aprendizaje novedosos ya que se centra en un tipo de texto diferente al que comúnmente se usa.

Al implementarse los cómics y el cuento para mejorar la producción escrita, se induce a los estudiantes a potenciar habilidades que le ayudarán en su desempeño en el área, propuesta que se convierte viable debido a que los docentes siempre le solicita a los escolares que escriban, donde deben apropiarse del lenguaje de la ciencia el cual es muy diferente al de su contexto tal como lo indica [1]. Potencializando este tipo de habilidades, mejora los procesos de producción textual donde se estará formando estudiantes críticos, creativos y con capacidad de análisis, competentes para redactar correctamente un texto.

Como objetivo principal se planteó identificar cómo la narrativa en el aula aporta al aprendizaje de la estructura, función celular y el desarrollo de habilidades escritas en estudiantes del grado sexto en época de alternancia escolar y como objetivos específicos en primer instancia es reconocer las ideas previas y las habilidades escritas, seguidamente incorporar el cómic y el cuento como medios narrativos para el aprendizaje celular y el desarrollo de habilidades escritas como la comprensión lectora, transcripción y construcción de oraciones, por ultimo establecer cambios conceptuales y el desarrollo de habilidades escritas.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

La investigación se llevó a cabo bajo un enfoque mixto, específico anidado concurrente de modelo dominante (DIAC) con énfasis cualitativo y alcance descriptivo-interpretativo. La población con la que se trabajó fueron los estudiantes del grado sexto y la muestra fueron doce estudiantes del grado 601 de la Institución Educativa Gallardo del municipio de Suaza-Huila.

Se dividió la metodología en cuatro fases, la primera fue la identificación de ideas previas a través de un cuestionario validado por experto, el cual estaba constituido por 10 preguntas abiertas en donde cada pregunta tenía una intención, para que de esa forma se pudiese determinar los obstáculos que presentaban los estudiantes sobre el concepto célula y las habilidades escritas. La segunda fase fue el diseño de la estrategia narrativa partiendo de los obstáculos encontrados, se elaboraron seis guías en dos etapas diferentes; la primera se llamó aprender a conocer el cómic y el cuento, la segunda aprender a conocer la estructura y función celular de procariotas y eucariotas mediante el cuento y el cómic, basándose en autores como [2], [4] y [5].

La tercera fase fue la aplicación de las seis guías narrativas ejecutándose junto con prácticas experimentales, relatos, dramatización de historias, cuadros comparativos, observación de material audiovisual y lecturas.

La evaluación fue la fase final, la cual consistió en analizar el cuestionario de conocimientos previos, utilizando cuatro rejillas evaluativas dos acerca del concepto y dos acerca de las características del cómic y el cuento, teniendo en cuenta las habilidades escritas que se evaluaban. Finalmente se prosiguió con la aplicación del mismo cuestionario de inicio como prueba final para evaluar el cambio conceptual y las habilidades escritas. Las respuestas de los estudiantes son presentadas como estudiante 1 al estudiante 12 (E1, E2,….E12) de acuerdo a una asignación aleatoria.

resultados encontrados frente a los conocimientos previos y la prueba final se exponen a continuación:

En la pregunta 1 ¿Qué piensas que es una célula? se analizó según los modelos conceptuales descritos por [6], se traen a colación algunas respuestas de los estudiantes, como el caso del estudiante E11 quien en la prueba de inicio describe la célula como partícula o molécula, determinando el modelo B o inerte:

E11 (prueba inicial): "Una partícula del cuerpo muy importante"

Finalmente obtiene un gran avance, indicando que todos los seres vivos están compuestos por células, que es microscópica, la clasifica y le otorga la información genética.

E11 (prueba final): "Es la que conforma nuestro cuerpo y la de los demás seres vivos, hasta los que no se pueden ver a simple vista, ella tiene organelos y la información genética, las células se clasifican en procariontes y eucariontes y está en animal y vegetal".

El estudiante E6, quien en la prueba de inicio se encontraban en un modelo C-E o funcional-microorganismo teniendo en cuenta que es un modelo de funcionamiento sin relación estructural y donde el estudiante solo describe la célula como un microorganismo:

E6 (prueba inicial): "Es como una bacteria que nos ayuda a mover nuestras partes del cuerpo como las manos los pies, entre otras".

En la prueba final expresa que todos los seres vivos contienen células, las clasifica e indica funciones:

E6 (prueba final): Es lo que tenemos todos los seres vivos como las plantas, los animales, los seres microscópicos y nosotros los humanos, existiendo células eucariota animal, eucariota vegetal y la procariota, encargadas de diferentes funciones.

El estudiante E1 en la prueba de inicio determinaba un modelo celular A o estructural, es decir que solo reconoce que tiene una estructura pero desconoce su funcionamiento, en la prueba final la relaciona con un modelo funcional:

E1 (prueba final): "Es algo que tenemos en todo nuestro cuerpo, que está formada por muchos organelos y cada organelo tiene una función específica, las cuales son muy importantes".

De acuerdo con [7], cuando se construye un concepto se cambia el sistema de significación, permitiendo incorporar cosas que antes no se tomaban en cuenta, lo que ocurrió con algunos estudiantes luego de desarrollar la secuencia narrativa. Los cambios fueron favorables, para los obstáculos "No hay relación entre estructura y función" y "no hay claridad entre las funciones de la célula" se evidencia una transformación del concepto relacionando su estructura y otorgándole funciones de los seres vivos.

Para el obstáculo "Confusión entre lo vivo y lo inerte" se evidencia el cambio en los estudiantes, ahora manifiestan la célula como unidad de vida fundamental para los seres vivos, otorgándole diferentes funciones, de esa forma se demuestra que también los estudiantes han superado el obstáculo "no identifica la célula como unidad mínima de vida".

Respecto a la pregunta 2, de acuerdo a las células procariotas y eucariotas en la prueba final E1 justifica con claridad luego de no reconocerlas en la prueba inicial.

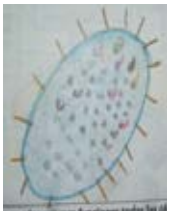
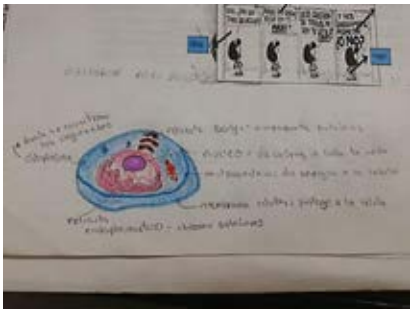
E1 (P. final): "Si las conozco, las células eucariotas y la células procariotas son muy diferentes, las eucariotas están presentes en organismos pluricelulares y existen dos clases las eucariotas vegetales y animales y las procariotas en organismos unicelulares como las bacterias y las arqueobacterias"

De acuerdo con [8] se puede evidenciar que la narrativa aporta contenidos conceptuales específicos, como es el caso de la clasificación celular.

Concerniente a la pregunta 3 ¿Qué crees que hay en el interior de la célula? algunos de los estudiantes coinciden con una estructura celular plana, otros han evolucionado. En el caso del estudiante E2 (Figura1) donde en la prueba de inicio, dibuja una célula similar a una procariota, en la prueba de salida realiza un esquema más elaborado, lo que se asemeja a una célula eucariota animal identificando las partes como el núcleo,

citoplasma, retículo endoplasmático, aparato de Golgi, membrana celular y la mitocondria con cada una de sus funciones.

Figura 1: Ilustración celular.

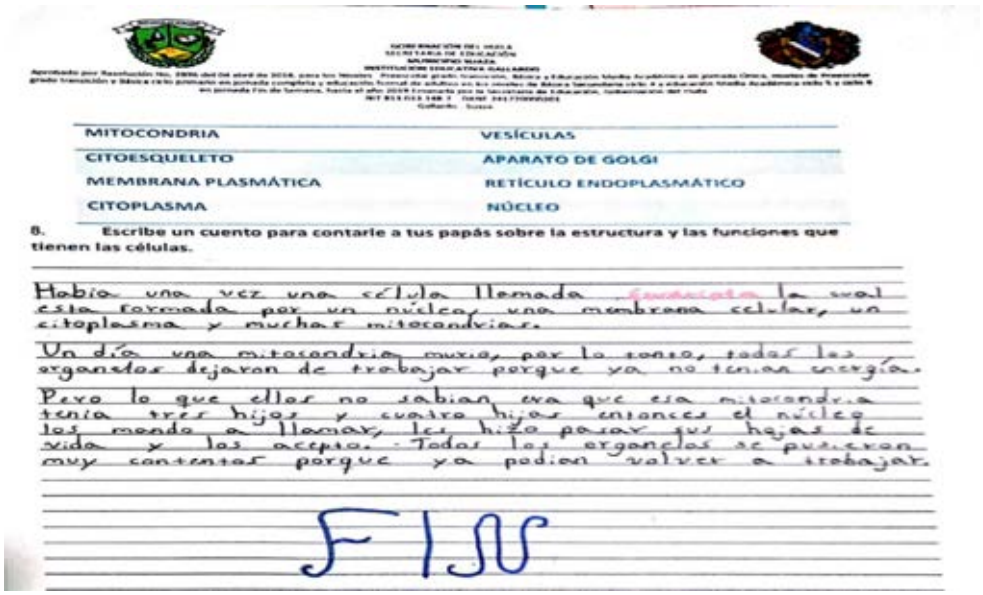
E2	Prueba Inicial	Prueba Final
		

Fuente: Estudiante E2

De esa manera existe avance entre la identificación de la estructura con sus organelos y sus respectivas funciones, de igual forma existe un progreso significativo frente al uso de las normas ortográficas y al esquema plano y simple. Consecuentemente a los obstáculos superados [9] plantea que el cómic es una estrategia pedagógica que sirve como herramienta para el uso adecuado de las normas ortográficas debido a que se encuentra cargado de contenido visual atrayente con diferentes signos y símbolos que ilustran la realidad cobrando enorme importancia debido a su carga connotativa.

Respecto a la elaboración del cuento (pregunta 8) se trae a colación el estudiante E10 (figura 2) donde se evidencia que utiliza adecuado vocabulario, involucrando términos científicos; teniendo en cuenta los elementos del cuento como la historia, personajes, tema, etc. evidenciándose la estructura: Introducción, nudo y desenlace, mediante una historia original, presentando progresión temática, no redundante y redacta sin dificultad.

Figura 2: Cuento



MITOCONDRIA	VESÍCULAS
CITOESQUELETO	APARATO DE GOLGI
MEMBRANA PLASMÁTICA	RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO
CITOPLASMA	NÚCLEO

8. Escribe un cuento para contarle a tus papás sobre la estructura y las funciones que tienen las células.

Había una vez una célula llamada Eucariota la cual esta formada por un núcleo, una membrana celular, un citoplasma y muchas mitocondrias.

Un día una mitocondria murio, por lo tanto, todas las organelas dejaron de trabajar porque ya no tenian energía.

Pero lo que ellas no sabian era que esa mitocondria tenia tres hijos y cuatro hijas entonces el núcleo los mando a llamar, les hizo pasar sus hojas de vida y las acepto. Todas las organelas se pusieron muy contentas porque ya podian volver a trabajar.

FIN

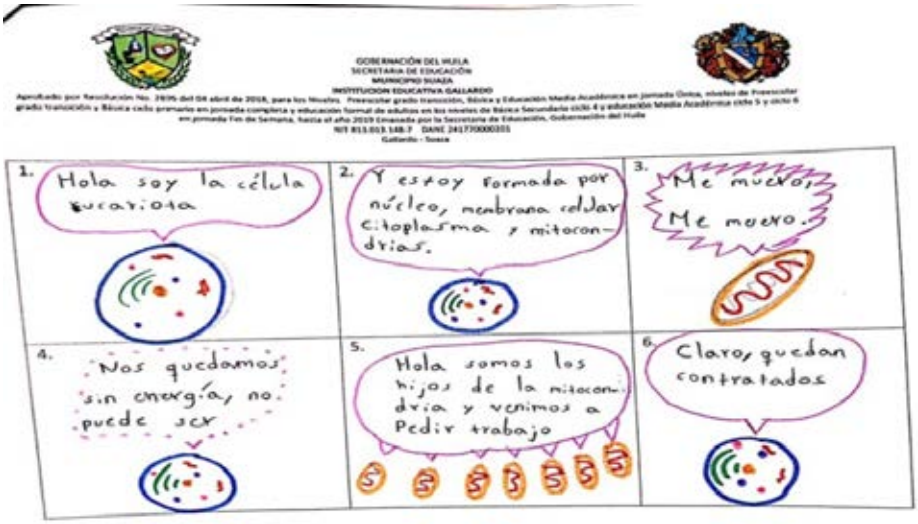
Fuente: Estudiante E10

Referente a la utilización de comas y puntos para separar ideas y dar cohesión, se incrementa concerniente a la prueba inicial de la misma manera que las normas ortográficas.

En el caso de la realización del cómic (pregunta 9) E10 (figura 3) realiza el dialogo de forma coherente con la imagen de la viñeta siguiendo una secuencia lineal y temporal, hace uso de las normas ortográficas, utiliza diferentes tipos de globo, signos y convenciones.

Alusivo al aprendizaje de la célula tanto para el cómic y el cuento, reconoce su organización, clasificación, tipos de organelos y función de la mitocondria, mostrando avance representativo en la enseñanza, frente a los obstáculos detectados en la prueba de inicio.

Figura 3: Cómic.



Fuente: Estudiante E10.

De esa manera, de acuerdo con [10] se puede evidenciar como las imágenes del cómic y el contenido de los cuentos ayudan a generar procesos metacognitivos que llevan al individuo a crear textos de calidad sin darse cuenta que está utilizando una variedad de elementos lingüísticos.

III. CONCLUSIONES

La aplicación del instrumento para la recolección de ideas previas es ideal para reconocer los obstáculos frente a la temática celular y las habilidades escritas; de esa forma se tiene punto de partida para incidir en el desarrollo de la secuencia narrativa.

Los procesos de aprendizaje con conceptos como la estructura y función celular, son efectivos cuando se inserta al estudiante en un ambiente lleno de estímulos, en este caso mediante el uso del cuento y del cómic generando emociones positivas debido al humor e imaginación convirtiéndose en una narración llamativa y diferente.

Se encontraron cambios conceptuales frente a la célula, reconociéndola como unidad estructural y funcional de los seres vivos, de igual forma hubo evolución en sus ilustraciones frente a la célula determinando sus partes y funciones.

Con relación al reconocimiento de las funciones celulares, organelos y funciones de los organelos el 67%, 75% y 75% respectivamente siempre lo realizan; identificando el 92% el núcleo, el 83% la membrana plasmáticas y el 67% la mitocondria, el citoplasma y el aparato de Golgi.

Respecto a habilidades escritas el 33% de los estudiantes siempre tienen buena ortografía, el 50% siempre utiliza comas y puntos para separar ideas y dar cohesión. El 17% siempre escribe y redacta sin dificultad un texto y el 83% a veces; finalmente los estudiantes escriben oraciones con sentido el 33% siempre y a veces el 67%, lo que determina un avance importante respecto al uso adecuado de la escritura.

REFERENCIAS

[1] N. Sanmarti , «Hablar, leer y escribir para aprender ciencia,» La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo, , nº 128, 2007.

[2] K. Egan , Fantasía e imaginación, su poder en la enseñanza: una alternativa a la enseñanza y el aprendizaje en la educación infantil y primaria., Madrid: MEC, 1994.

[3] A. Altarriba, «La historieta. Un medio entre los valores plásticos y los valores dramáticos.,» XII congreso de estudios vascos: estudios vascos en el sistema educativo. España Retrieved from http://www.euskomedia.org/PDFAnlt/congresos/12/12379385.pdf., 1995.

[4] W. Eisner, El cómic y el arte secuencial. Teoría y práctica de la forma de arte más popular del mundo., Barcelona, España: Norma Editorial, 1996.

[5] R. Gubern, El lenguaje de los cómics., Barcelona: Ediciones Península., 1974.

[6] J. Rodas Rodríguez y F. Ruiz Ortega, «Recorridos virtuales y su incidencia en el aprendizaje del concepto célula.,» Memorias CIIEC, pp. 15-27., 2008.

[7] R. Gagliardi, «Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación.,» Enseñanza de las ciencias, vol. 4(1), pp. 30-35., 1986.

[8] J. Bruner, Actos de significado: Más allá de la revolución cognitiva., Madrid: Alianza, 1991.

[9] M. Barrero, Los cómics como herramientas pedagógicas en el Aula, Cádiz, 2002.

[10] Z. León Neva, «El uso del cómic como estrategia pedagógica para promover la producción escrita en estudiantes de grado quinto del colegio Diana Turbay, tesis de maestría, universidad cooperativa de Colombia, Bogotá, Recuperada de https://repository. ucc. edu. co/handle/20.500, 12494, 16636.,» 2020.

AUTORES

Kelly Johana Meléndez Segura

Especialista en pedagogía ambiental, docente de ciencias naturales en los niveles de básica secundaria y media de la Institución Educativa Gallardo en el municipio de Suaza departamento del Huila.

Áreas de investigación: Enseñanza y aprendizaje de la biología.

Jorge Eduardo Giraldo Arbelaez
Magister en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

Áreas de investigación: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, Química General.

Héctor Jairo Osorio Zuluaga

Doctor en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Director Departamento de Física y Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Investigador Asociado Colciencias.

Áreas de investigación: Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Exactas y Naturales, Química Orgánica.

La experimentación para promover competencias científicas actitudinales desde el concepto mezcla en la educación básica[1]

Experimentation to promote attitudinal scientific competencies from the concept of mixing in basic education

Paladines-Sarria, Lina Yisela[2], Cuellar-López, Zully[3] y Osorio-Zuluaga, Héctor Jairo[4]

1 Producto derivado del trabajo de grado "La experimentación para promover competencias científicas actitudinales desde el concepto mezcla en la educación básica", presentado para optar por el título de Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

2 Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; código ORCID. 0000-0003-4061-6662 Contacto: lpaladines@unal.edu.co.

3 Universidad Surcolombiana; código ORCID. 0000-0001-9753-4559 Contacto: zully.cuellar@usco.edu.co.

4 Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales; código ORCID. 0000-0002-0227-588 Contacto: hjosoriozu@unal.edu.co

Resumen:

Una de las problemáticas de la enseñanza en específico de las ciencias naturales es el poco o nulo uso de actividades que permitan al estudiante el desarrollo de actitudes para la ciencia, que a su vez les sean útiles para dar respuesta o solución a problemas que se presentan en su entorno. Teniendo como referente lo anterior, se propone una unidad didáctica para promover el desarrollo de competencias científicas actitudinales como el interés, el asombro y la capacidad de comunicar ideas, desde la experimentación con el acercamiento al concepto mezcla en el grado sexto de la Institución Educativa Bateas.

El desarrollo metodológico estuvo enmarcado dentro de un enfoque cualitativo, que permitió el diseño y la estructuración de la unidad como fruto del análisis de contenido tanto teórico como metodológico sobre dichas competencias, el desarrollo de prácticas experimentales y lo referente al concepto mezcla; de igual forma se reunió información de los elementos que se deben emplear en una unidad didáctica centrada en prácticas experimentales. Como resultado se presenta la unidad didáctica en la que se exponen siete sesiones desde una propuesta constructivista, con actividades experimentales, donde se reconoce al estudiante como un protagonista activo en el proceso de aprendizaje y construcción de conocimientos.

Palabras clave: Unidad didáctica, competencias científicas, actitudinales, experimentación.

Abstract:

One of the problems in the specific teaching of natural sciences is the little or no use of activities that allow students to develop attitudes for science, which in turn are useful to provide answers or solutions to problems that arise in their environment. Based on the above, a didactic unit is proposed to promote the development of attitudinal scientific competences such as interest, amazement and the ability to communicate ideas, from

experimentation with the approach to the concept of mixture in the sixth grade of the Bateas Educational Institution.

The methodological development was framed within a qualitative approach, which allowed the design and structuring of the unit as a result of the theoretical and methodological content analysis on these competences, the development of experimental practices and the concept of mixture; likewise, information was gathered on the elements that should be used in a didactic unit focused on experimental practices. As a result, the didactic unit is presented in which seven sessions are presented from a constructivist proposal, with experimental activities, where the student is recognized as an active protagonist in the process of learning and knowledge construction.

Keywords: Didactic unit, scientific competences, attitudinal, experimentation.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los principales objetivos de la educación básica es desarrollar en los estudiantes habilidades que faciliten la construcción de conocimiento, lo anterior se puede lograr a través del desarrollo de competencias científicas, debido a que no solo se enfocan en el aprendizaje de conocimientos y procedimientos, sí no que también aportan a la construcción de una actitud en cuanto a la manera de percibir el mundo, para establecer soluciones a situaciones de la vida cotidiana de forma crítica y reflexiva. Por lo tanto, las competencias científicas actitudinales son de gran relevancia para proporcionar una enseñanza activa, impulsando el trabajo autónomo que se apoya desde las estrategias de aprendizaje de una manera eficaz e integrada, en coherencia con el punto de vista constructivista [1]

Sin embargo, las estrategias y actividades planteadas en el aula no suelen ser atractivas para los estudiantes, lo que dificulta el proceso de enseñanza y aprendizaje, imposibilitando el desarrollo de las competencias y destrezas que requieren los estudiantes para la comprensión de fenómenos naturales. Por lo tanto las actividades de experimentación se consideran convenientes para desarrollar y fortalecer las competencias científicas, despertando el interés, asombro y la motivación por el estudio y la comprensión de los fenómenos que los rodean. Concediéndole significado y relevancia al conocimiento científico que se construye en los ambientes de aprendizaje [2]

De acuerdo con Ruiz, Collazos y Paky [3] las competencias científicas como la observación, la curiosidad, la indagación facilitan que el niño explore, adquiriendo nuevos conocimientos a partir de los que él conoce y posee desde el contexto en el que se encuentra. En este sentido, las competencias, no se limitan a una sencilla explicación mecánica que comprende un entorno en específico, en cambio tienen una estrecha relación con los procesos cognitivos. De ahí la importancia de este trabajo de investigación, pues brindará una herramienta didáctica a los docentes de ciencias naturales y contribuirá a que los estudiantes del grado

sexto de la Institución Educativa Bateas desarrollen mediante prácticas experimentales competencias científicas actitudinales. Estas competencias permiten formar personas responsables de sus acciones críticas y reflexivas, capaces de apreciar las Ciencias Naturales, a partir del desarrollo de un pensamiento holístico [4] Al mismo tiempo, las prácticas experimentales, pueden estimular los procesos de aprendizaje de los estudiantes.

En este sentido, Marulanda y Gómez [5] plantean que la experimentación es un recurso didáctico apropiado y valioso para que el docente aborde la formalización de conceptos teniendo como referencia lo observado por el estudiante, además son elementos motivadores en la etapa de formación académica.

Por tal razón este trabajo tiene como objetivo, el diseño de una unidad didáctica para promover el desarrollo de competencias científicas actitudinales como el interés, el asombro y la capacidad de comunicar ideas, desde la experimentación con el acercamiento al concepto mezcla en el grado sexto de la Institución Educativa Bateas.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

Este trabajo se realizó bajo un enfoque cualitativo de carácter descriptivo, teniendo en cuenta las características y el propósito del trabajo, en vista de que la unidad didáctica se logra a través de la observación, descripción e interpretación de los resultados obtenidos a través de la revisión de los antecedentes, el marco teórico y el contexto de los estudiantes. Este tipo de investigación de acuerdo con Ortega [6], permite que se considere una perspectiva holística, además de ser flexible, es más dinámico mediante la interpretación de los hechos, su eficacia consiste entender las variables que intervienen en el proceso más que medirlas y acotarlas, favoreciendo la predicción e identificación de las relaciones que existen entre estas. De este modo, esta investigación asume un diseño no experimental, considerando que a partir de la información expuesta en el marco referencial se procura establecer el diseño de la unidad didáctica sin manipular ni controlar variables.

Para el diseño y la elaboración de la unidad didáctica se tomó como base el marco referencial, los antecedentes y el contexto institucional de la muestra como también el diseño y elaboración de las prácticas experimentales con el acercamiento al concepto mezcla, teniendo en cuenta el contexto y los estándares básicos de competencias en ciencias naturales; así se espera promover en los estudiantes del grado sexto, el desarrollo de competencias científicas actitudinales que se ven expuestas en el deseo de conocer, analizar, generar hipótesis, observar y explicar, siendo esenciales para definir los criterios y características que debe tener la unidad, reconociendo cuándo y cómo se cumple el desarrollo de las mismas a partir de las prácticas experimentales. Como parte de la organización de la unidad didáctica se propone aplicar a los estudiantes un cuestionario previo para identificar que situaciones o actividades generan el desarrollo de estas competencias, a partir de los intereses, gustos y expectativas respecto a las clases de ciencias naturales y las prácticas experiméntales. Así cumplir con el objetivo propuesto. Además, a fin de obtener información necesaria para la identificación y evaluación del desarrollo de competencias científicas actitudinales se elaboró un cuestionario aplicando la escala de Likert en el cual e tuvo en cuenta la tabla 1. Que dio pasó a la elaboración de 14 enunciados distribuidos en tres categorías: interés, asombro y capacidad de comunicar ideas.

Tabla 1: Competencias científicas actitudinales.

Competencias científicas actitudinales	¿Cuándo se cumple?	¿Cómo se cumple?
Interés	-Curiosidad -Disposición para adquirir conocimientos -Búsqueda de información	-Preguntas constantes. -Realización de hipótesis. Búsqueda respuesta. Propone métodos para contrastar las hipótesis.
Asombro	-Cuestiona -Reflexiona	-Jugar -Explorar -Observar -Descubrir
Capacidad de comunicar ideas	Opina Argumenta -Divulga	Dar a conocer experiencias de su vida cotidiana. -Convence a la hora de dar una hipótesis. -Da a conocer las diferentes actividades realizadas en clase

Fuente: adaptado de Piedrahita [7].

III. RESULTADOS

Los resultados abarcan los elementos fundamentales que el docente debe tener en cuenta para el diseño de una unidad didáctica a partir de la relación entre las actividades experimentales y el desarrollo de competencias científicas actitudinales.

De acuerdo con la teoría antes de iniciar el diseño de la unidad didáctica el docente debe recurrir a un modelo didáctico, que abordé la realidad educativa, siendo un instrumento que permite añadir el carácter descriptivo de los elementos que participan, así favorecer la construcción del conocimiento. Mayorga y Madrid [8], expresan que un modelo didáctico es una herramienta que conforma un marco de referencia para transformar

el proceso de enseñanza y aprendizaje entre docentes y estudiantes y que permite materializar el modelo pedagógico de una institución educativa.

De manera que, para la construcción de la unidad didáctica se establece el modelo constructivista, este permite que el estudiante tenga un papel más activo, a partir del apoyo y las orientaciones del docente para la construcción del conocimiento. Marzábal, Rocha y Toledo [9] plantean, que este modelo consolida estrategias reguladoras para el aprendizaje por parte del docente, produciendo un rol más activo que se puede dar a partir de actividades simples y concretas, donde el estudiante pone a prueba sus conocimientos. Por lo tanto, es preciso para promover las potencialidades de las prácticas experimentales como estrategia didáctica que aborda dimensiones conceptuales, actitudinales y procedimentales, que dan paso, a una mayor participación de los estudiantes en la construcción de conocimientos desde el desarrollo de competencia científicas [10].

Para la determinación del conjunto de elementos fundamentales en el diseño de la unidad didáctica se tomó como referente lo expuesto en los trabajos presentados por Cala y Casas [11]; Fuentes y Martínez [12], quienes establecieron elementos adecuados y favorables para la construcción de una unidad didáctica, estos se dan a conocer continuación para facilitar su interpretación.

Titulo

Deja ver de forma clara, sintética y global el tema central de la unidad, también se debe reconocer como él encargado de motivar y atraer el interés del lector. Cómo lo hace notar Hernández y Moreno [13] al describir que el título a pesar de ser un enunciado corto, específica apropiadamente el contenido del trabajo.

Descripción

La presentación tiene como objetivo dar a conocer el contenido de la unidad, desde la parte conceptual como procedimental, es decir que se da

a conocer el contenido, objetivos, forma de evaluar, número de sesiones, actividades, herramientas y el tiempo necesario para su desarrollo. Dicho de otra manera, siendo así, este elemento permite dejar de manera explícita la estructura de la unidad didáctica, resaltando la temática abordada, sus componentes, los conocimientos previos que se requieren, el tiempo y espacio en el cual debe ser puesta en práctica [14].

Derecho básico de aprendizaje.

Se considera fundamental para el diseño de la unidad didáctica. Siendo una herramienta que va orientada hacia el aprendizaje que se espera alcance el estudiante de acuerdo al grado que cursa, convirtiéndose en el apoyo a la propuesta a desarrollar. El Ministerio de Educación Nacional [4] da conocer que su importancia radica en que propone elementos para edificar la ruta y aprendizaje, sin embargo se debe tener en cuenta que éstos por sí solos no establecen una propuesta curricular.

Objetivos de la unidad didáctica:

Los objetivos de una unidad didáctica, van dirigidos al aprendizaje de los estudiantes, es decir, conocer lo que se espera que adquiera en concreto el estudiante durante y después de la aplicación de la unidad didáctica. Por lo tanto, se tiene en cuenta la parte procedimental, actitudinal y conceptual. Feo [15] señalan que para la formulación de los objetivos es importante ser centrados o direccionados a promover y potencializar las habilidades de los estudiantes, recurriendo a los contenidos conceptuales, procedimentales y los actitudinales; que se estructuran a partir de las necesidades e intereses de los mismos.

Contenidos:

Al hablar de los contenidos, se está haciendo referencia a los conceptos, conocimientos, habilidades y actitudes que se emplean en el desarrollo de la unidad, contribuyendo así al cumplimiento de los objetivos. Por lo tanto, hacen parte de los elementos curriculares básicos, siendo el objeto

que se emplea en el proceso enseñanza y el aprendizaje para alcanzar una educación integral [16].

Dicho lo anterior, los contenidos que se estructuran en la unidad didáctica van orientados hacia el acercamiento del concepto mezcla, lo que demanda relacionar otros conceptos como. Cómo lo hace notar Mejía [17] al indicar que el concepto mezcla es relevante en la enseñanza de las ciencias naturales, teniendo en cuenta, que por medio de este se emplean otros conceptos como soluto, sustancia, entre otros, los cuales son necesarios y precisos para generar conocimientos propios.

Secuencia de sesiones

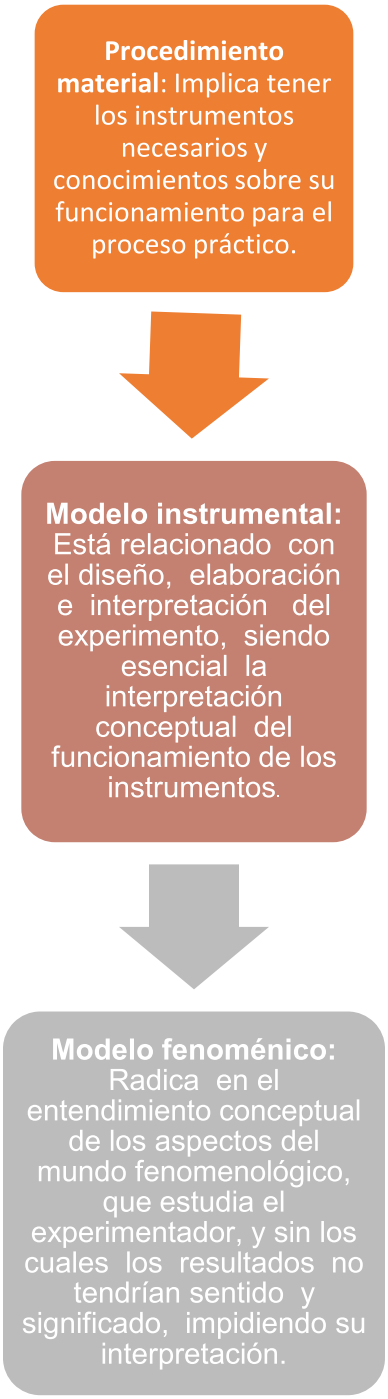
La secuencia es uno de los elementos más importantes en una unidad didáctica, en estas se detalla las actividades que se llevarán a cabo, además se establece el espacio, tiempo, materiales curriculares, desglosando los diferentes momentos para integrar los contenidos procedimentales, actitudinales y conceptuales necesarios para el desarrollo de cada actividad.

Es de resaltar que, en la secuencia didáctica se orienta con detenimiento las actividades que dan significado a la unidad didáctica, de esta manera lo que se expone por parte del docente lleva una estructura lógica para que el estudiante aprenda de manera pertinente [15].

Evaluación

Corresponde a un proceso donde se aplican criterios para identificar y valorar si los estudiantes han adquirido los conocimientos esperados respecto a lo conceptual, procedimental y actitudinal. Tal como lo señala Arjona [16] la evaluación es un elemento fundamental en la enseñanza y aprendizaje, ya que se valoran los diferentes aspectos qué surgen en cada actividad, de ahí se garantiza un desarrollo educativo adecuado. Es de resaltar que para el diseño de la unidad se tuvieron en cuenta los tres elementos expuestos por Pickering (figura 1)

Figura 1: Modelos que influyen entre la práctica y teoría.



Fuente: Tomado y adaptado de Pickering [18]

IV. CONCLUSIONES

Los elementos fundamentales de una unidad didáctica tomados desde Pickering permiten integrar las prácticas experimentales como estrategia para promover el desarrollo de competencias científicas actitudinales, siendo de gran ayuda, debido a que otorgan una visión lógica y desarrolladora que facilita la incorporación de actividades donde se reconoce al estudiante como un protagonista activo, que construye y contrasta hipótesis, que argumenta, cuestiona y analiza, en espacios y tiempos establecidos para la edificación del conocimiento.

La unidad está bien estructurada, pues relaciona cada elemento, considerando que son el eje integrador del proceso, que proporcionan la coherencia y dirección a cada actividad, facilitando las pautas esenciales que dan apoyo al docente en el papel de orientador; en este sentido, la relación se da al establecer las prácticas experimentales como estrategia didáctica para el acercamiento al concepto mezcla, contextualizando a partir de los conocimientos y experiencias el proceso de enseñanza, en espacios propicios para despertar el interés, la curiosidad, mejorar la comunicación, y la argumentación; como respuesta a lo requerido por el Ministerio de Educación Nacional siendo pertinentes y coherentes con las estrategias de enseñanza y aprendizaje que busca el grado de aceptación por parte de los estudiantes en cuanto la estrategia metodológica.

Finalmente, estos elementos permitieron el diseño de una secuencia didáctica basada en prácticas experimentales que termina siendo una propuesta para futuras investigaciones desde su aplicación, debido a que es una herramienta útil que busca facilitar el proceso de enseñanza de las ciencias naturales en relación con su contexto.

REFERENCIAS

[1] R. P. M. V. C. &. P. M. Arbeláez, « Concepciones sobre competencias. Revista Docencia Universitaria,» Revista Docencia Universitaria, 9(1), 147-150, 2018.

[2] Espinosa-Ríos, E. A., González-López, K. D., & Hernández-Ramírez, L. T. «Las prácticas de laboratorio. Entramado,» 12(1), 266-281, 2016.

[3] Ruiz Alvarez, J., Collazos Pinto, J. C., & Paky, R. «Las competencias científicas a través de la integración de áreas en primaria» (Master's thesis, Escuela de Educación y Pedagogía), 2018

[4] Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN). «Derechos básicos de aprendizaje: lenguaje, » 2015

[5] Marulanda, J. I., & Gómez, L. A. «Experimentos en el aula de clase para la enseñanza de la física» Revista colombiana de Física, 38(2), 699-702, 2006.

[6] Ortega, A. O. «Enfoques de investigación». ResearchGate,2018

[7] Piedrahita, E. J.N, Guali, I. S. N., & Trujillo, L. G. G. «Diviértete y aprende explorando en el science club» (Trabajo de grado, Universidad Surcolombiana), 2018

[8] Mayorga Fernández, M. J., & Madrid Vivar, D. «Modelos didácticos y Estrategias de enseñanza en el Espacio Europeo de Educación Superior, » 2010.

[9] Marzábal, A., Rocha, A., & Toledo, B. «Caracterización del desarrollo profesional de profesores de ciencias-parte 2: Proceso de apropiación de un modelo didáctico basado en el ciclo constructivista del aprendizaje,» Educación química, 26(3), 212-223, 2015

[10] Espinosa-Ríos, E. A., González-López, K. D., & Hernández-Ramírez, L. T. «Las prácticas de laboratorio. Entramado,» 12(1), 266-281, 2016.

[11] Cala, L., Mariño L y Casas J. «Programas guía de actividades desde la resolución de problemas: una estrategia contextual de intervención didáctica en electroforesis,» Tecné, Episteme y Didaxis: TED No. Extraordinario, 4° Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, 2009.

[12] Fuentes-Hurtado, M., & Martínez, J. G. «Evaluación inicial del diseño de unidades didácticas STEM gamificadas con TIC. Edutec,» Revista Electrónica De Tecnología Educativa, (70), 1-17. 2019

[13] Hernández de la Rosa, Y., & Moreno-Martínez, F. L. «Hace falta ciencia también para escribir un título,» CorSalud, 12(3), 362-363, 2020.

[14] Educrea.cl. «La Unidad didáctica: Orientaciones para su elaboración. Programaciones, Unidades Didácticas y Técnicas de Comunicación,» Curso 2003-04,2003 36. http://nti.educa.rcanaria.es/curriculo2001/Can_Bac.htm

[15] Feo, R. «Orientaciones básicas para el diseño de estrategias didácticas,» 2010

[16] Arjona, M. L. «Importancia y elementos de la programación didáctica,» Hekademos: Revista Educativa Digital, 7, 5–22, 2010.

[17] Mejía Gaviría, L. M. «Propuesta de enseñanza sobre el concepto de mezclas para el fortalecimiento de la argumentación en estudiantes de grado 5 en el marco de la teoría del aprendizaje significativo crítico,» Facultad de Ciencias, 2018.

[18] Pickering, A. The Mangle of Practice: Time. Agency, and Science. Chicago: The85 University of Chicago Press, 1995

AUTORES

Lina Yisela Paladines Sarria

Estudiante del magister en Enseñanza de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales; Licenciada en Ciencias Naturales: Física, Química y biología, de la Universidad Surcolombiana, Docente Ciencias Naturales-Física y Química en la Institución Educativa Bateas.

Áreas de investigación: Enseñanza y aprendizaje de las ciencias exactas y naturales, química.

Zully Cuellar López:

Doctora internacional de la Universidad Autónoma de Madrid; Especialista y Magíster de la universidad del Valle; Normalista y Licenciada en Biología y Química de la universidad Santiago de Cali; Docente e investigadora asociada, coordinadora del Semillero CiNaFe, Integrante del Grupo de Investigación Interinstitucional Ciencia, Acciones y Creencias. Decana de la facultad de educación de la Universidad Surcolombiana.

Áreas de investigación: Enseñanza de las ciencias naturales, interdisciplinar, educación ambiental y formación de maestros.

Héctor Jairo Osorio Zuluaga

Doctor en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; Profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Director Departamento de Física y Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Investigador Asociado Colciencias.

Áreas de investigación: Enseñanza y aprendizaje de las Ciencias exactas y naturales, química orgánica.

Trabajos prácticos con enfoque investigativo para el aprendizaje del concepto mezclas[1]

Practical work with an investigative approach for learning the concept of mixtures

Cuesta-Caicedo, Diana Maribel[2], Giraldo-Arbeláez, Jorge Eduardo[3], Osorio-Zuluaga, Héctor[4]

1 Este artículo es resultado del trabajo final de maestría "Trabajos prácticos con enfoque investigativo para el aprendizaje del concepto mezcla en grado sexto", presentado para optar por el título de Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.

2 Esp., docente de Ciencias Naturales en la Institución Educativa Técnica San José de Fresno. ORCID:0000-0001-6967-0211, Contacto: dcuesta@unal.edu.co

3 M.Sc., profesor asociado del Departamento de Física y Química de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. ORCID: 0000-0002-4102-5701. Contacto: jegiraldoarb@unal.edu.co

4 Dr.Sc., profesor asociado del Departamento de Física y Química de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. ORCID: 0000-0002-0227-588X. Contacto: hjosoriozu@unal.edu.co

Resumen

Este trabajo se desarrolló con 20 estudiantes de grado sexto de la Institución Educativa Técnica San José del municipio de Fresno y propone implementar el trabajo práctico con enfoque investigativo mediante guías orientadoras de manera que posibilite el aprendizaje del concepto mezcla. Para ello, se realizó una evaluación diagnóstica conformada por dos cuestionarios, inicialmente se aplicó el cuestionario No. 1, formado por 13 preguntas de selección múltiple, luego se implementaron 2 guías conceptuales, una sobre mezclas homogéneas y otra sobre mezclas heterogéneas. Posteriormente se aplicó el cuestionario No. 2, formado por 8 preguntas abiertas, donde los estudiantes realizaron representaciones gráficas de mezclas y describieron los procesos de aplicación de los métodos de separación de mezclas. Seguidamente, se incorporó el trabajo práctico con enfoque investigativo en el aula de clase mediante tres guías orientadoras, cada guía aborda una situación problema distinta, estas guías tienen una estructura establecida que permite trabajar los experimentos con enfoque investigativo sin mayor dificultad. Finalmente, se aplicó un postest con el fin de evaluar los aprendizajes adquiridos por los estudiantes. El enfoque del trabajo es mixto con un alcance descriptivo-interpretativo, los resultados obtenidos permitieron evidenciar que los estudiantes comprendieron los procesos experimentales que trabajaron, fortaleciendo así su capacidad investigativa, de igual manera se evidenció un progreso en el aprendizaje de conceptos químicos y también interactuaron en grupo, motivándose a trabajar la experimentación de otra manera que no es la de tipo receta.

Palabras clave: mezcla, métodos de separación, trabajo práctico investigativo, aprendizaje.

Abstract

This work was developed with 20 sixth-grade students from the San José Technical Educational Institution in the municipality of Fresno and proposes to implement practical work with an investigative approach through guiding guides in a way that enables the learning of the mixture

concept. For this, a diagnostic evaluation was made consisting of two questionnaires, initially questionnaire No. 1 consisting of 13 multiple-choice questions was applied, then 2 conceptual guides were implemented, one on homogeneous mixtures and another on heterogeneous mixtures, later the Questionnaire No. 2, consisting of 8 open questions, where the students made graphic representations of mixtures and described the processes of application of the methods of separation of mixtures, then the practical work with an investigative approach was incorporated in the classroom through three guides guidance, each guide addresses a different problem situation, these guides have an established structure that allows to work the experiments with an investigative approach without greater difficulty, finally a post-test was applied in order to evaluate the learning acquired by the students. The work approach is mixed with a descriptive-interpretative scope, the results obtained allowed to show that the students understood the experimental processes that they worked on, thus strengthening their investigative capacity, in the same way a progress in the learning of chemical concepts was evidenced and they also interacted in a group motivating themselves to work on experimentation in a way other than that of a recipe type.

Keywords: mixing, separation methods, practical investigative work, learning.

I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias naturales ha estado ligada a la experimentación con el propósito de verificar o comprobar teorías estipuladas por los científicos, la metodología adoptada para la experimentación se ha caracterizado por estar apegada al tradicionalismo, desde este enfoque, es indispensable que los estudiantes sigan las instrucciones del docente para obtener los resultados esperados.

Existe otra metodología para abordar la experimentación en el aula de clase y esta perspectiva se caracteriza por los objetivos que persigue, pues tiene como propósitos: involucrar al estudiante en la resolución de problemas, en la formulación de hipótesis, en el planteamiento y diseño de experimentos, como es el caso de los trabajos prácticos con enfoque investigativo, los cuales: "tienen como objetivo principal la comprensión procedimental de la ciencia y su contextualización práctica. Son investigaciones para resolver problemas planteados en el contexto de la vida cotidiana o de las aplicaciones prácticas de la ciencia" Caamaño [1].

Los estudiantes de grado sexto de la Institución Educativa Técnica San José han aprendido ciencias naturales desde el salón de clase y las oportunidades para desarrollar actividades prácticas han sido escasas. En ese sentido, la comprensión de conceptos químicos como el de mezcla y la apropiación de los procedimientos de los métodos de separación de mezclas no se han alcanzado de la manera esperada, pues los estudiantes presentan dificultades para diferenciar los tipos de mezclas y describir la aplicación de los métodos de separación.

Por tal motivo, se propone implementar el trabajo práctico con enfoque investigativo en el aula de clase para posibilitar el aprendizaje del concepto mezcla, para lo cual se identificaron los saberes previos que poseían los estudiantes mediante una prueba diagnóstica, se implementaron guías orientadoras con espacios vacíos para abordar el trabajo práctico investigativo y, finalmente, se evaluó la implementación de la estrategia con relación a los aprendizajes alcanzados por los estudiantes. De este

modo, es reto del docente plantear a sus estudiantes actividades que logren motivarlos para: "Mantener el entusiasmo y el interés de los alumnos es muy importante recurrir a ejemplos de la vida diaria cada vez que un tema se presta a ello o experimentos sencillos que pueden entender y que si son más llamativos dejarán más impacto en ellos y les permitirá recordar mejor". Martin y Martin [2]

II. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

Esta propuesta se desarrolló desde un enfoque mixto con un alcance descriptivo-interpretativo en el que participaron 20 estudiantes de grado sexto, sus edades oscilan entre 11 y 13 años. El trabajo se ejecutó en cinco momentos que se llevaron a cabo de la siguiente manera: identificación de ideas previas con un cuestionario de preguntas cerradas, implementación de guías de conceptualización, identificación de ideas previas con un cuestionario de preguntas abiertas, implementación de 3 guías orientadoras y, finalmente, la aplicación de un postest.

Para incorporar el trabajo práctico investigativo en el aula de clase, se requiere avanzar en sus diferentes fases, las cuales se describen a continuación, Caamaño [1].

1. Planteamiento y percepción del problema

El profesor plantea y contextualiza el problema a resolver y los estudiantes han de comprenderlo y conceptualizarlo. Con respecto al planteamiento de situaciones problema, es importante tener en cuenta que el docente debe "Presentar situaciones problemáticas abiertas de un nivel de dificultad adecuado (…) con objeto de que puedan tomar decisiones para precisarlas y entrenarse así en la transformación de situaciones problemáticas abiertas en problemas precisos" Gil y Valdés [3]

2. Planificación

Debe decidirse el método que se puede utilizar y planificar el procedimiento experimental y los cálculos que serán necesarios realizar,

hasta disponer de una visión global de la investigación. Es en esta fase donde proponemos una secuencia de cuestiones estructuradas que guíen el diálogo profesor alumnos, que debe conducir a una elaboración conjunta del procedimiento de resolución.

3. Realización

Implica el montaje experimental, la toma de medidas y el tratamiento numérico, gráfico o informático de los datos.

4. Evaluación

Implica la valoración del resultado o resultados obtenidos y el análisis de su plausibilidad, comparando con los resultados obtenidos por otros grupos y con los valores que puedan encontrarse tabulados.

5. Comunicación

Implica la redacción de un informe y, siempre que se pueda, la comunicación oral de la investigación realizada.

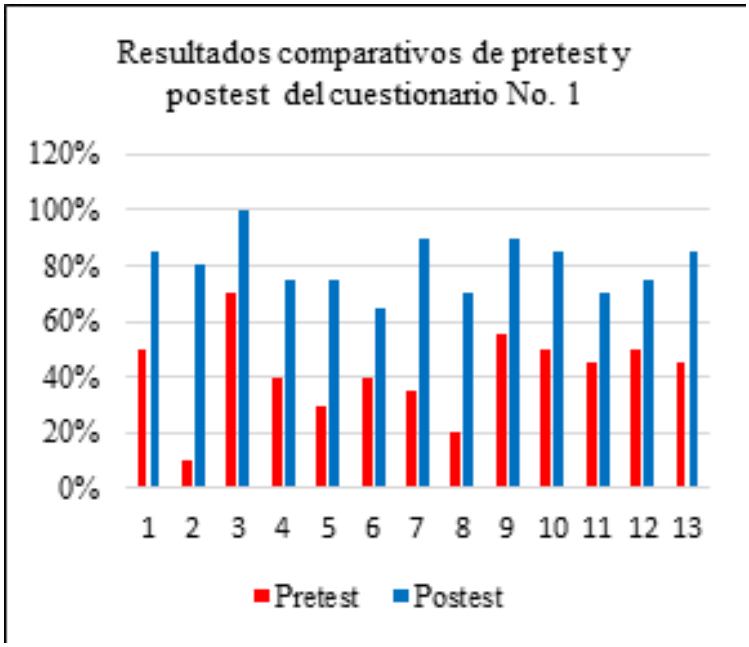
Para abordar el trabajo práctico-investigativo desde esta perspectiva, es importante que el docente construya una situación problema que evoque el contexto de los estudiantes, de manera que puedan comprenderlo y conceptualizarlo a partir de los conocimientos que poseen. En esta etapa es indispensable no avanzar a la siguiente fase hasta que el grupo de estudiantes haya comprendido correctamente el problema.

Las fases siguientes, que corresponden a la planificación, realización, evaluación, y comunicación, dan autonomía a los estudiantes para su desarrollo, el docente por su parte cumple el papel de orientador sobre todo en las fases de planificación y familiarización de la situación problema, dado que a partir de preguntas dialogadas entre docente y estudiantes surgen las ideas pertinentes para una correcta planificación y diseño del experimento.

Al finalizar la implementación de la estrategia se aplicaron nuevamente los cuestionarios utilizados como pretest en la prueba diagnóstica, en este caso se aplicaron con el fin de reconocer el progreso de los aprendizajes alcanzados por los estudiantes.

Los resultados obtenidos en el pretest y postest en el cuestionario No. 1 se esbozan en la siguiente gráfica.

Gráfica 1. Resultados comparativos del cuestionario No.1.



Fuente: elaboración propia

Al respecto, es posible decir que, al cabo de la implementación de las guías orientadoras, los resultados obtenidos son positivos, dado que en todas las preguntas se evidencia un incremento en el porcentaje de estudiantes que acertaron en cada pregunta. A continuación, se hace un análisis de acuerdo con el enfoque de cada pregunta.

Las preguntas 1 y 2 tenían como objetivo reconocer la capacidad del estudiante para identificar mezclas en su entorno, e identificar si logra

seleccionar la definición correcta sobre el concepto mezcla, en el pretest solo la mitad del grupo de estudiantes logró identificar mezclas líquidas en su entorno y solo 2 estudiantes habían seleccionado la definición correcta de mezcla. Por el contrario, en el postest se puede evidenciar que el porcentaje de estudiantes que identifican mezclas pasó del 50 % al 85 % y el porcentaje de estudiantes que reconocen la definición correcta de mezcla paso del 10 % al 80 %, lo cual indica que las actividades implementadas les permitieron contextualizar y precisar el concepto mezcla.

Las preguntas 3, 4, 5 y 10 tenían como objetivo identificar si los estudiantes clasifican los tipos de mezclas correctamente. La pregunta 3 indica que el porcentaje de estudiantes que reconocen los términos que definen los tipos de mezclas pasó del 70 % al 100 %, la pregunta 4 indica que la cantidad de estudiantes que reconoce mezclas homogéneas aumentó en un 35 %, la pregunta 5 indica el porcentaje de estudiantes que reconocen las mezclas heterogéneas, el cual incremento el 45 % y, en la pregunta 10, se observa que el 85 % de los estudiantes tienen la capacidad de predecir la formación de mezclas homogéneas y heterogéneas.

De este modo, es posible concluir que al menos el 75 % de los estudiantes saben identificar mezclas homogéneas y heterogéneas de manera correcta, pues durante los trabajos prácticos los estudiantes manipularon mezclas homogéneas y heterogéneas, es así que, en el postest, las identificaron con mayor facilidad, lo que permite corroborar que esta estrategia genera aprendizajes conceptuales, puesto que en la práctica se relaciona la teoría sobre mezclas.

La pregunta 6 indica el porcentaje de estudiantes que relacionan la propiedad de punto de ebullición cuando se debe separar una mezcla homogénea de dos líquidos miscibles, el porcentaje aumentó el 25 %. Por su parte, las preguntas 7, 8, 9, 11, 12, y 13 tenían como objetivo reconocer si los estudiantes identifican correctamente los métodos de separación que deben aplicar de acuerdo con la mezcla que poseen o si deducen qué tipo de mezclas podrían separar con un método específico.

Los resultados de la pregunta 7 permiten observar que el porcentaje de estudiantes que identifica la aplicación del método decantación adecuadamente es del 90 %, el mismo porcentaje identifica correctamente el método de filtración. Para la pregunta 13, que corresponde a la aplicación del método de evaporación, se encuentra que el 85 % de los estudiantes lo hacen correctamente, en cuanto al método de tamizado se encontró que de 2 estudiantes que lo reconocían en el pretest pasaron a ser 14 estudiantes que tienen claridad a la hora de aplicarlo en la separación de mezclas, esto significa que los trabajos prácticos investigativos aplicados hicieron posible la comprensión y apropiación de los métodos de separación, ya que en las tres guías orientadoras se abordaron situaciones problema que implicaban la aplicación de estos métodos.

Los resultados indican que estos métodos fueron comprendidos y apropiados por los estudiantes, lo cual reafirma el postulado de Merino y Herrero [4], quienes refieren en cuanto a los trabajos prácticos que "Si el modelo está convenientemente diseñado y el grado de dificultad del trabajo está controlado, la implicación de los alumnos y su grado de colaboración en el trabajo de equipo, así como los niveles de aprendizaje alcanzados, serán satisfactorios"

En cuanto a los resultados más representativos obtenidos en el cuestionario de preguntas abiertas, se evidencian, en primer lugar, los cambios conceptuales sobre las mezclas desde el lenguaje gráfico y científico de la química, a continuación, se observan las representaciones gráficas de una mezcla homogénea.

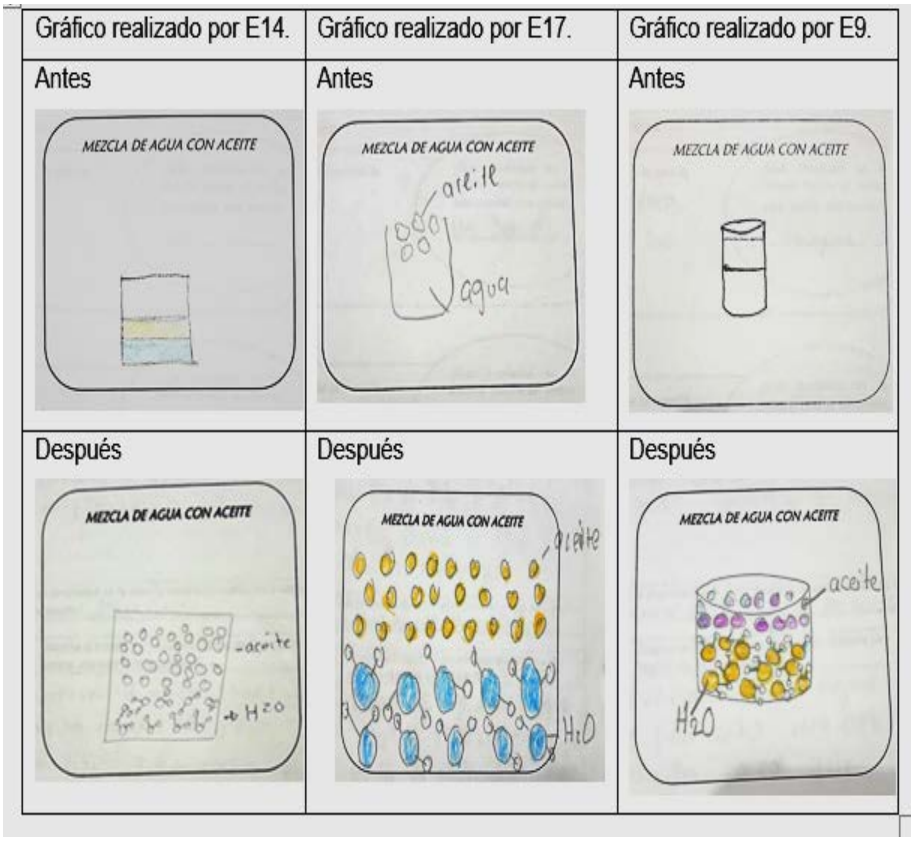
Gráfica 2. Representaciones gráficas de una mezcla de agua y sal.

Fuente: elaboración propia

Después de la implementación de la estrategia, más de la mitad del grupo realizó la representación gráfica de una mezcla homogénea desde una perspectiva microscópica, se pueden observar las moléculas de agua con sus respectivos enlaces, de igual manera, la nomenclatura que utilizaron los estudiantes para identificar las sustancias es más apropiada que la utilizada en la primera prueba. Los estudiantes identifican que la molécula de agua está formada por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno y se aprecia una geometría molecular.

En la siguiente figura se indican los gráficos realizados por los estudiantes de una mezcla heterogénea.

Gráfica 3. Representaciones gráficas de una mezcla de agua y aceite.



Fuente: elaboración propia

Se encontró que un 80 % de los estudiantes realizaron la representación gráfica de una mezcla heterogénea desde una perspectiva microscópica, en la cual se logra evidenciar las fases de la mezcla ubicadas correctamente, el agua fue ubicada en el fondo, entendiendo que por ser más densa que el aceite se ubicara en la parte inferior, por su parte, el aceite fue ubicado en una fase distinta a la del agua asumiendo que los dos líquidos no son miscibles y por ser el aceite menos denso, entonces ocupará la fase superior.

A continuación, se muestran las descripciones realizadas por los estudiantes en el pretest y en el postest sobre los métodos de tamizado, filtración, evaporación y decantación.

Descripciones del método de tamizado.

Respuestas	No.	%	Respuestas.	No.	%
Tamizado: hacen alusión a este método mencionando el instrumento o los pasos que realizarían.	7	35	E2. porque por medio del tamiz se separan las partículas más pequeñas. E5. tamizado para separar cogemos un tamiz y echamos la mezcla y depende del tamaño de las partículas. E7. pondría toda la mezcla en un tamizador y sacudirlo para que las pepitas pequeñas pasen mientras las grandes se quedan. E10. tamizaría la mezcla hasta obtener que los materiales más pequeños como arena y tierra pasaran por el tamiz y el oro se separaría.	16	80
Imantación, Ideas erróneas, Sin respuesta.	13	65	Otras respuestas: Levigación, Decantación, Filtración.	4	20

Fuente: elaboración propia

Descripciones del método de filtración.

Descripción	No.	%	Descripción.	No	%
Filtración: hacen alusión a este método, sin embargo, únicamente dos estudiantes describen el proceso que realizarían. E2. E14.	4	20	E3. consiste en separar un sólido de un líquido, por medio de un papel filtro el sólido se queda en el filtro y el líquido pasa. E5. cogería un colador de tela y pasaría por el colador la mezcla del café molido y agua caliente y queda el café molido retenido. E7. pondría la mezcla en un filtro para que el líquido bajara a un recipiente y e solido se quedara arriba en el filtro. E12. pasaría el café molido con agua caliente por el colador y como las partículas más pequeñas se quedan abajo y las más grandes se quedan arriba.	14	70

Fuente: elaboración propia

Descripciones del método de evaporación.

Respuestas	No	%	Respuestas	No	%
Evaporación: E1. E3. E19. E5. E9. E13. E17.	7	35	Evaporación: E5. cogemos un soporte y le ponemos una lata plana encima y la vela la ponemos debajo y ponemos la mezcla en otra lata encima de la lata plana y prendemos la vela de después por el fuego se evaporará el H_2O y queda el NaCl, E6. el procedimiento es revolver agua con sal y después ponerlo en llama hasta calentarlo a 100°C, E17. calentaría el agua a 100 °C y de este modo atraparía el vapor y el vapor saldría sin sal.	20	100

Fuente: elaboración propia

Descripciones del método de decantación.

Respuestas	No.	%	Respuestas	No.	%
Decantación: E5. E3. E7. E10. E17.	5	25	Decantación: E12. en un embudo de decantación ponemos el agua y el aceite, el aceite queda arriba y el agua pasa por un pitillo que queda abajo del agua y queda separado, E16. el método de decantación para que el agua quede abajo en un recipiente y para separar el agua y el aceite utilizamos un embudo y así separamos agua y aceite. E17. Pondría la mezcla en un embudo y esperaría que la sustancia menos densa flotara, luego abriría la llave y dejaría salir el agua.	16	80

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos en el postest fue posible identificar que los aprendizajes de los estudiantes en cuanto a la aplicación de los métodos de separación avanzaron significativamente, ya que al principio la mayoría del grupo solo conocía el nombre del método sin

lograr explicar en qué consiste o cómo se aplica. En cambio, en el postest se encontró que la mayoría de los estudiantes logran describir los procesos para la separación de mezclas homogéneas y heterogéneas, específicamente hablando de los métodos de tamizado, filtración, evaporación y decantación.

III. CONCLUSIONES

El reconocimiento de los saberes previos es un paso fundamental que se debe aplicar al iniciar el proceso de enseñanza-aprendizaje de cualquier concepto, pues en este caso se pudieron identificar las dificultades que presentaban los estudiantes con respecto a la clasificación de las mezclas, a la elaboración de representaciones gráficas de mezclas y a la descripción de los métodos de separación.

La metodología que se emplea para implementar la experimentación en el aula de clase debe ser resignificada, de modo que los objetivos no sean la comprobación de una teoría, si no el aprendizaje sobre la investigación científica, para que el estudiante se involucre en la solución de situaciones problema que sean contextualizadas y, sobre todo, de su interés.

El trabajo práctico con enfoque investigativo posibilita que los estudiantes se apropien de los conceptos y avancen en la comprensión de procedimientos, esto permite inferir que es posible enseñar y aprender a través de la experimentación abordándola de una manera diferente, ya que en este proceso se percibió que los estudiantes fortalecieron su aprendizaje sobre mezclas y además, a medida que avanzaba el proceso, desarrollaron su capacidad investigativa, ya que se ponían en juego habilidades científicas como la elaboración de hipótesis, resolución de problemas, planteamiento de diseños experimentales, análisis y discusiones en grupo.

Para incorporar el trabajo práctico con enfoque investigativo en el aula de clase se requiere diseñar situaciones problema contextualizadas, además, es importante asegurarse que estas sean comprendidas completamente y así continuar con las construcciones de soluciones posibles.

Las guías orientadoras con espacios vacíos permiten abordar los trabajos prácticos investigativos de manera focalizada, así, el estudiante avanza en cada fase a su debido tiempo, siguiendo la secuencia genuina de la investigación.

Es una realidad que se puede incorporar la experimentación en el aula de clase para enseñar desde otra perspectiva, no es una utopía que los estudiantes aprendan a investigar desde sus años iniciales, pues no necesitan que el docente les dé instrucciones, sino más bien una orientación adecuada con el enfoque indicado y mediante este proceso los estudiantes alcanzan niveles de calidad altos en cuanto al aprendizaje de conceptos y de procedimientos.

Es indispensable trabajar en grupo con los estudiantes, ya que les permite compartir ideas, darle importancia a la cooperación en su formación integral, establecer relaciones con sus pares, interactuar con propuestas, discutir planteamientos para mejorarlos, fortalecer su capacidad de iniciativa y participación durante las actividades y apropiarse como grupo de su proceso de aprendizaje.

REFERENCIAS

[1] A. Caamaño, "Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el modelo atómico-molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes", *Educación química*, 16(1) , pp. 10-19, 2005.

[2] M. Martin, y M. Martin. "Algunas reflexiones sobre Enseñanza de Química a Nivel Elemental" *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 2000, No. 4, pp. 40-44.

[3] D. Gil, y P. Valdés, "La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo", *Enseñanza de las Ciencias*, *14*(2), pp. 155-163, 1996.

[4] H. Herrero, y J. M. Merino "Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales", *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, vol. *6*, pp. 630-648, 2007.

AUTORES

Diana Maribel Cuesta Caicedo

Especialista en Pedagogía, de la Universidad del Tolima; licenciada en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, de la Universidad de Nariño; docente de secundaria en la Institución Educativa Técnica San José en Fresno.

Áreas de investigación: enseñanza y aprendizaje de las ciencias exactas y naturales.

Jorge Eduardo Giraldo Arbeláez

Magíster en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

Áreas de investigación: enseñanza y aprendizaje de las ciencias exactas y naturales, química general.

Héctor Jairo Osorio Zuluaga

Doctor en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; director Departamento de Física y Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Investigador Asociado Colciencias.

Áreas de investigación: enseñanza y aprendizaje de las ciencias exactas y naturales, química orgánica.

Aprendizaje basado en problemas (ABP) como estrategia para el aprendizaje de la estequiometría[1]

Problem-based learning (PBL) as a strategy for learning stoichiometry

Sánchez-Medina, Iris Adriana[2], Giraldo-Arbeláez, Jorge Eduardo[3], Osorio-Zuluaga, Héctor Jairo[4]

1 Producto derivado del proyecto de investigación "Aprendizaje basado en problemas (ABP) como estrategia para el aprendizaje de la estequiometría", presentado para optar por el título de Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

2 Institución Educativa San Pablo; código ORCID 0000-0002-0450-2433.
Contacto: irsanchezm@unal.edu.co.

3 M.Sc., profesor asociado del Departamento de Física y Química de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, código ORCID: 0000-0002-4102-5701.
Contacto: jegiraldoarb@unal.edu.co

4 Dr.Sc., profesor asociado del Departamento de Física y Química de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, código ORCID: 0000-0002-0227-588X.
Contacto: hjosoriozu@unal.edu.co

Resumen

En este trabajo se determinaron las ideas previas y las dificultades conceptuales que los estudiantes de grado undécimo de la Institución Educativa San Pablo del municipio de Pueblo Rico, Risaralda, poseen frente a la comprensión de la estequiometría y conceptos subyacentes; datos recopilados por medio de un cuestionario categorizado de carácter mixto (preguntas abiertas y cerradas) autoadministrado por medio de sitio web. El trabajo es no experimental de diseño transeccional descriptivo con enfoque mixto. Los resultados obtenidos se usaron como insumo para diseñar una macrosecuencia didáctica, es decir, una secuencia compuesta por subsecuencias, cuya intencionalidad es contribuir a mejorar la enseñanza y aprendizaje de la estequiometría. Dicha macrosecuencia se fundamenta en la metodología del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) a través de la técnica de los siete pasos de Maastricht donde se incluyen contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, así como diversos tipos, técnicas e instrumentos de evaluación. La dinámica interna de la secuencia didáctica bajo el enfoque ABP ofrece grandes posibilidades para el mejoramiento del proceso de aprendizaje de la estequiometría debido a que, al emplear problemas propios del contexto y estudiarlos en un orden secuencial y congruente, promueve el aprendizaje significativo de los conceptos al mostrarle al estudiantado la utilidad y relevancia de la información que se brinda y al promover el desarrollo de destrezas de pensamiento a través de la activación de procesos cognitivos que generan acción intelectual.

Palabras clave: secuencia didáctica, aprendizaje basado en problemas, estequiometría.

Abstract-Instructions

This work determined the previous ideas and the conceptual difficulties that the eleventh-grade students of the San Pablo Educational Institution in Pueblo Rico, Risaralda have in understanding stoichiometry and underlying concepts; data collected through a mixed categorized

questionnaire (open and closed questions) self-administered through the website. The project is a non-experimental descriptive transactional design with a mixed approach. The results obtained were used as input to design a didactic macro sequence, that is, a sequence composed of subsequences, whose intention is to contribute to improving the teaching and learning of stoichiometry. This macro sequence is based on the methodology of Problem Based Learning (PBL) through the Maastricht seven-step technique that includes conceptual, procedural and attitudinal contents, as well as various types, techniques and evaluation instruments. The internal dynamics of the didactic sequence under the PBL approach offers great possibilities for improving the stoichiometry learning process because, by employing context-specific problems and studying them in a sequential and congruent order, it promotes to the significant learning of the concepts by showing students the usefulness and relevance of the information provided and by promoting the development of thinking skills through the activation of cognitive processes that generate intellectual action.

Keywords: didactic sequence, problem based learning, stoichiometry.

I. INTRODUCCIÓN

La educación en ciencias presenta una serie de problemáticas, algunas de vieja data, que dificultan tanto su enseñanza como su aprendizaje, desde su sentido teleológico y pragmático [1].

La Química no es ajena a esa problemática puesto que es un área de la ciencia que presenta un alto lenguaje simbólico y abstracto, además, estudia la materia desde el nivel micro hasta el macroscópico, lo que le confiere una alta complejidad a su proceso de enseñanza-aprendizaje. A ello se suma que las metodologías empleadas para impartir sus conocimientos tienen un enfoque, generalmente, tradicional, basado en la transmisión-recepción de información sin tener en cuenta los procesos para su construcción y la relación que estos tienen con la cotidianidad del estudiante. Esto, consecuentemente, ha conducido a que los pilares fundamentales de la ciencia (el pensamiento crítico, las habilidades de razonamiento, generación de hipótesis, argumentación, análisis, entre otras), se vean sesgados [1].

En relación con lo anterior, [2] plantea que la química es un agregado de conceptos abstractos y complejos y su real comprensión precisa la capacidad de describir y explicar el fenómeno abordado en 3 niveles de representación: (1) sensorial (macroscópico), (2) simbólico (ecuaciones, fórmulas) y (3) de partículas (submicroscópico: átomos, moléculas, iones).

En el mismo sentido, [3] propone que como los estudiantes presentan una imposibilidad de "ver" el nivel microscópico (o de partículas) no pueden captar el real significado de las reacciones químicas y, por ende, el entramado de la química desaparece para ellos en una neblina de sucesos impenetrables, ajenos, por completo, a su interacción cotidiana con el mundo "continuo".

En concordancia con esto, [4] plantean que los alumnos también presentan deficiencias en el abordaje de problemáticas de índole científico en cuanto a tácticas de razonamiento y resolución de problemas, es decir,

saben seguir procedimientos rutinarios, pero no entienden lo que hacen y, consecuentemente, no logran explicarlos ni aplicarlos en la resolución de nuevas situaciones.

Del mismo modo, el estudio de la estequiometría, al ser un pilar fundamental de la Química, también se encuentra inmerso en este entramado de situaciones que dificultan su comprensión conceptual y el desarrollo de habilidades científicas intrínsecas a él.

En este sentido, [5] exponen que algunas de las dificultades más recurrentes en las que se ven inmersos los educandos al enfrentarse al estudio de la estequiometría son: confusión entre las distintas cantidades químicas, no comprenden las fórmulas químicas, no conservan la masa ni los átomos en una reacción química, no comprenden el concepto de reactivo límite, comprenden las ecuaciones químicas de manera incompleta.

Es así como lo anteriormente expuesto entra en contraste con las habilidades científicas que el Ministerio de Educación Nacional [6] fomenta mediante los Estándares Básicos de Competencia y los Derechos Básicos de Aprendizaje (exploración de hechos y fenómenos, análisis de problemas, observación, recolección y organización de información relevante, utilización de diferentes métodos de análisis, evaluación de dichos métodos e información de resultados).

Por lo cual es menester cambiar las metodologías tradicionales con las cuales se aborda el estudio no solo de la estequiometría sino de la Química misma.

Relacionado con esto, [7] propone que primeramente debe involucrarse a los alumnos en el estudio de fenómenos, para luego dirigirlos a que desarrollen ideas que posteriormente son evaluadas, mostrándoles, así, cómo el conocimiento adquirido puede ser empleado en nuevas situaciones.

De esta manera, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) constituye una alternativa prometedora ya que, según [8], el ABP es un enfoque pedagógico que favorece el aprendizaje de los estudiantes porque permite que aprendan mientras resuelven activamente problemas significativos en un entorno colaborativo. Además, crean hábitos de aprendizaje autorregulado y modelos mentales para el aprendizaje por medio de la práctica y la reflexión.

Por otra parte, las secuencias didácticas sirven como herramienta para organizar situaciones de aprendizaje y cuyo principal objetivo es generar aprendizajes significativos mediante la jerarquización y secuenciación de contenidos, por lo que su planeación requiere de una secuencia acorde al contexto de los educandos teniendo en cuenta sus ideas previas y, de esta manera, promover la construcción de redes de conocimiento que involucren los niveles conceptual, procedimental y actitudinal [9].

Es así como la implementación del ABP a través de secuencias didácticas conforman una estrategia potencialmente efectiva para el desarrollo de las habilidades científicas inmersas en el proceso de comprensión de la estequiometría.

Consecuentemente, el objetivo general de este trabajo es Diseñar una secuencia didáctica fundamentada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para potencializar las habilidades científicas relacionadas con el aprendizaje del concepto estequiometría en estudiantes de educación media de la Institución Educativa San Pablo del municipio de Pueblo Rico, Risaralda. Cuyos objetivos específicos son: Identificar mediante la aplicación de un cuestionario, las concepciones previas que poseen los estudiantes en relación con el concepto estequiometría y Diseñar una macrosecuencia didáctica basada en el ABP para promover el desarrollo de las habilidades científicas relacionadas con el aprendizaje de la estequiometría.

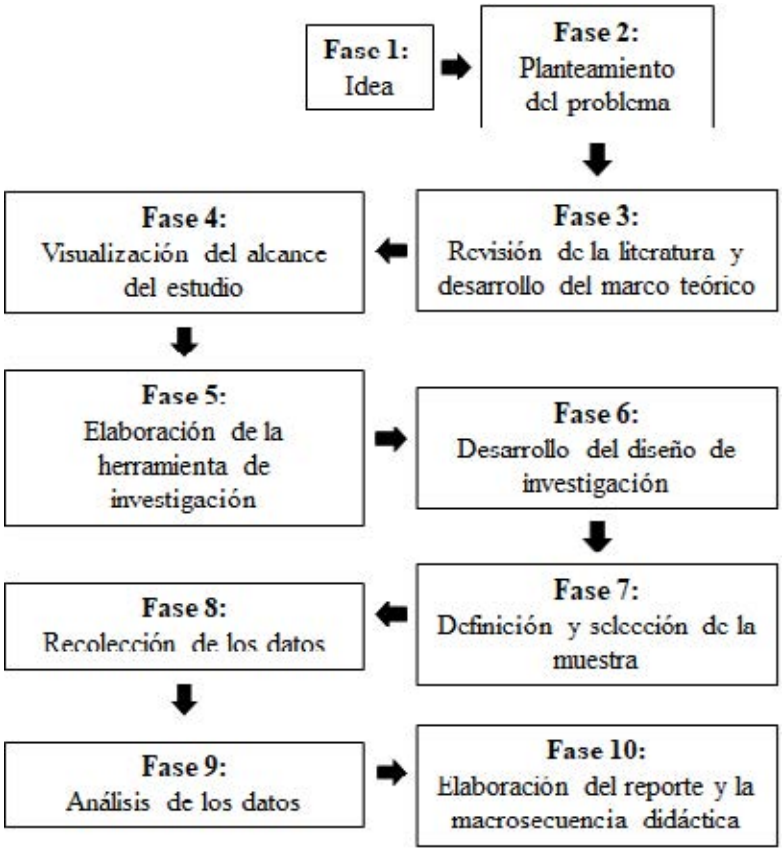
II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

Este trabajo se llevó a cabo en una de las sedes urbanas de la Institución Educativa San Pablo del municipio de Pueblo Rico, Risaralda, cuyo modelo pedagógico es fundamentalmente tradicional y atiende a una población triétnica, mayoritariamente mestiza, pertenecientes a los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3, donde los núcleos familiares cuentan con poca o nula formación académica y subsisten de actividades agropecuarias y comercio a pequeña escala.

Por otra parte, el presente trabajo tiene un diseño de tipo transeccional descriptivo de tipo exploratorio, cuyo propósito es indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables en una población. Cuenta con un enfoque mixto de diseño incrustado concurrente de modelo dominante (DIAC) que colecta tanto datos cuantitativos como cualitativos de forma simultánea. Sin embrago, en el proyecto hay predominancia de uno de los métodos. Para este trabajo el método predominante es el cuantitativo [10].

Dentro de este enfoque, el trabajo se distribuye en diez fases de rigurosa implementación, tal como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Proceso de investigación.



Fuente: tomado y adaptado de [10].

Las fases fueron agrupadas de la siguiente manera:

Diagnóstico (fases 1 a 4): donde se realizó el análisis del contexto y de la población estudiantil objeto de estudio. En esta fase también se identificaron las problemáticas relacionadas con la enseñanza del concepto de estequiometría, según los planteamientos propuestos por [5].

Exploración de saberes previos (fases 5 y 6). Para esta etapa, en la fase 5 se elaboró un cuestionario categorizado de carácter mixto (preguntas abiertas y cerradas) donde se contemplaron los conceptos fundamentales para la comprensión de la estequiometría y se plantearon los objetivos para cada categoría (tablas 1 y 2).

Tabla 1. Categorías y objetivos del cuestionario de saberes previos.

Categoría	Objetivos
1. Clasificación de la materia	Determinar si el estudiante comprende la diferencia entre un elemento, un compuesto y una mezcla, a nivel submicroscópico.
	Indagar si el estudiante puede aplicar los conceptos de elemento, compuesto y mezcla en una situación real.
2. Comprensión de fórmulas químicas	Verificar si el estudiante sabe interpretar una fórmula química.
3. Transformaciones de la materia	Establecer las concepciones que tiene el estudiante sobre los conceptos de cambio químico y cambio físico y si puede diferenciarlos correctamente.
4. Cantidad de sustancia	Indagar si el estudiante comprende el concepto de mol.
	Verificar si el estudiante sabe emplear el número de Avogadro en cálculos químicos.
	Determinar si el estudiante sabe calcular la masa molar de un compuesto.
5. Cantidades químicas	Verificar que el estudiante distingue las principales unidades de medida implicadas en la estequiometría.
	Indagar si el estudiante sabe utilizar algunas unidades de medida para realizar cálculos de concentración química.
6. Reacciones y ecuaciones químicas	Establecer si el estudiante reconoce los principales tipos de reacciones químicas.
	Determinar el dominio conceptual que tiene el estudiante frente a la concepción de ecuación química.
	Establecer si el estudiante identifica la información proporcionada por una ecuación química.

Tabla 2. Categorías y objetivos del cuestionario de saberes previos (continuación).

Categoría	Objetivos
6. Reacciones y ecuaciones químicas (cont.)	Indagar si el estudiante interpreta la información dada por una ecuación química.
	Precisar si el estudiante expresa algunos cambios químicos de la materia a través de ecuaciones químicas.
	Conocer si el estudiante comprende la relación entre reacción y ecuación químicas.
7. Conservación de la materia	Indagar la concepción que el estudiante tiene acerca de la ley de la conservación de la materia.
	Determinar si el estudiante aplica la ley de la conservación de la materia en la realización de cálculos químicos.
	Precisar si el estudiante sabe balancear una ecuación química.
	Establecer el dominio conceptual que el estudiante posee con relación a la ley de conservación de la materia.
8. Estequiometría	Indagar si el estudiante establece relaciones matemáticas a partir de una ecuación química.
	Conocer la concepción que el estudiante presenta acerca de los conceptos de reactivo límite y reactivo en exceso.

Fuente: elaboración propia.

En la fase 6 se estableció el diseño no experimental transeccional de tipo exploratorio para la recolección de datos en un único momento [10].

Población de estudio (fase 7). La población de estudio se delimitó al único grupo de grado undécimo, conformado por 32 estudiantes (18 mujeres y 14 hombres) entre los 15 y 20 años, bajo el criterio de que

la población en cuestión ya había tenido, en alguna medida, formación académica en las diferentes categorías propuestas en el instrumento de saberes previos.

Recolección y análisis (fases 8 y 9). Para la fase 8 se recurrió a la técnica de cuestionario autoadministrado por envío mediante sitio web [10], con una única oportunidad de respuesta y tiempo limitado.

En cuanto a la fase 9, la información recolectada mediante las preguntas cerradas fue analizada en términos de porcentajes y diagramas de barras, mientras que la información proveniente de las preguntas abiertas fue analizada por medio de tablas de categorización, de rúbricas y de la escala de Likert.

Propuesta de intervención (fase 10). Con base en la información colectada mediante las nueve fases previas, se realizó una macrosecuencia didáctica (secuencia formada por subsecuencias) fundamentada en la metodología de *los siete pasos de Maastricht* del Aprendizaje Basado en Problemas [11].

Los parámetros para la elaboración de la macrosecuencia didáctica se indican en la figura 2.

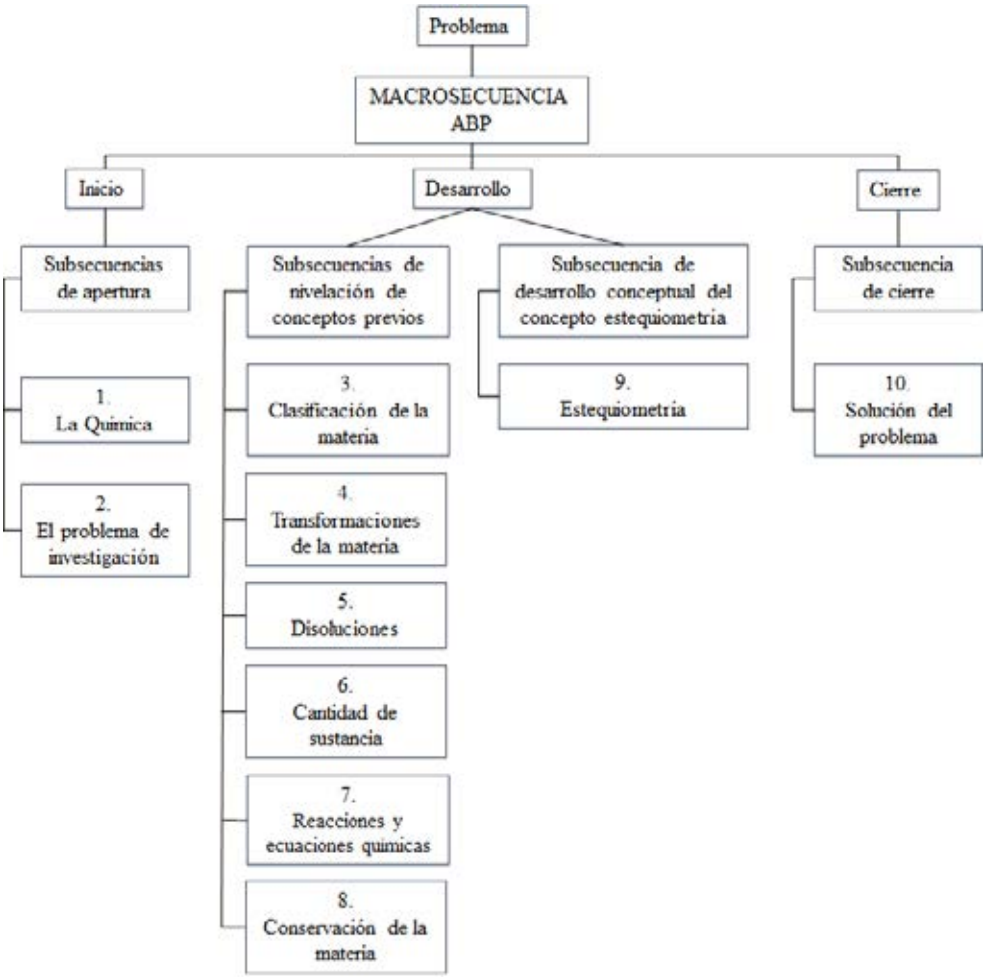
Figura 2. Parámetros para la elaboración de una secuencia didáctica.

Fuente: [12].

El diseño de la macrosecuencia didáctica se elaboró mediante subsecuencias, cada una con el propósito de solucionar o mitigar las principales dificultades que presentan los estudiantes al enfrentarse al estudio de la estequiometría, según lo expuesto por [5] y bajo un análisis de coherencia interna.

La distribución de la macrosecuencia didáctica se resume en las figuras 3 y 4.

Figura 3. Organización de la macrosecuencia didáctica.



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Distribución general de la macrosecuencia didáctica.

<table>
<tr><th colspan="3">Apertura</th><th>Técnicas de evaluación</th><th>Instrumentos de evaluación</th></tr>
<tr><th>Subsecuencias</th><th>Sesiones</th><th>Tiempo</th><td rowspan="10">Según su finalidad:
• Diagnóstica (inicial y puntual)
• Formativa
• Sumativa

Según su extensión:
• Global
• Parcial

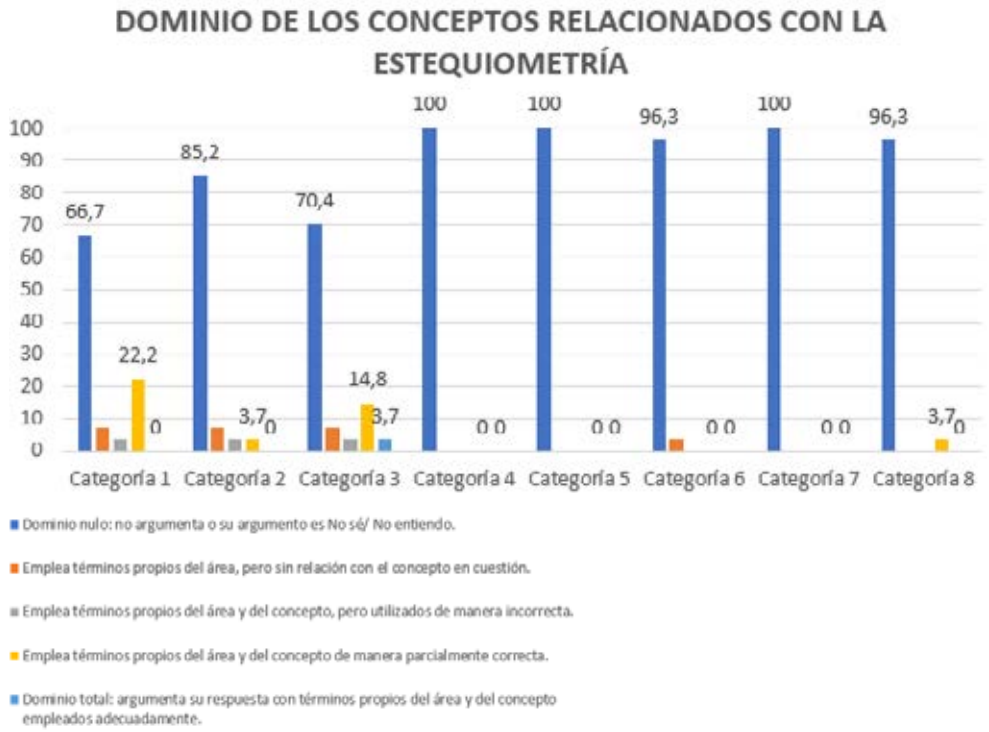
Según los agentes evaluadores:
• Heteroevaluación
• Autoevaluación
• Coevaluación
• Metaevaluación</td><td rowspan="10">Diario de campo
Cuestionarios KPSI; de preguntas abiertas y cerradas; con escala Likert.
Debates
Folletos
Fichas de estudio
Reportes de consulta y análisis de información
Exposiciones
Ejercicios de aplicación
Simuladores
Prácticas de laboratorio
Informe de laboratorio
Crucigramas
Mapas conceptuales
Rúbricas</td></tr>
<tr><td>Desde la 1 hasta la primera mitad de la 3.</td><td>I a III</td><td>5 h</td></tr>
<tr><th colspan="3">Desarrollo</th></tr>
<tr><th>Subsecuencias</th><th>Sesiones</th><th>Tiempo</th></tr>
<tr><td>Desde la segunda mitad de la 3 hasta la 9</td><td>III a XVII</td><td>31 h</td></tr>
<tr><th colspan="3">Cierre</th></tr>
<tr><th>Subsecuencia</th><th>Sesiones</th><th>Tiempo</th></tr>
<tr><td>10</td><td>XVIII a XX</td><td>6 h</td></tr>
</table>

Fuente: elaboración propia.

Resultados

En la figura 5 se pueden apreciar los resultados obtenidos en cuanto al dominio conceptual que presentaron los estudiantes en cada una de las categorías evaluadas.

Figura 5. Dominio conceptual de los estudiantes frente a la estequiometría y temas subyacentes.



Fuente: elaboración propia.

En términos globales, se puede evidenciar en los resultados obtenidos en las diferentes categorías indagadas por medio del instrumento de ideas previas que la población objeto de estudio presenta las mismas dificultades, propuestas por [5] al momento de enfrentarse al estudio de la estequiometría. Además, tienen dificultades con los tres niveles de representación requeridos para un aprendizaje profundo de la Química [2].

Por otro lado, los resultados también proporcionaron evidencia de que los estudiantes tienen falencias significativas en las destrezas matemáticas requeridas para la comprensión conceptual de la estequiometría y los conceptos subyacentes.

III. CONCLUSIONES

La forma de enseñanza de la estequiometría debe migrar de la resolución de problemas de manera algorítmica y mecánica a la resolución de problemas contextualizados que tengan significado para los estudiantes, permitiendo así despertar la motivación intrínseca hacia la adquisición de conocimientos científicos relacionados con tales situaciones y alcanzar, a su vez, la transformación de los conocimientos cotidianos en conocimientos científicamente aceptados.

La combinación de estas dos estrategias, la secuencia didáctica y el ABP, ofrece grandes posibilidades para el mejoramiento del proceso de aprendizaje de la estequiometría debido a que, al utilizar problemas propios del contexto y estudiarlos en un orden, secuencial y congruente, aporta al aprendizaje significativo de los conceptos al mostrarle al estudiantado la aplicación y relevancia de la información que se ofrece.

Es de suma importancia averiguar los conocimientos previos que los estudiantes tienen respecto al tema que se va a impartir y diseñar las actividades de aprendizaje o instrumentos didácticos consecuentemente empleando metodologías activas para poder conseguir que los estudiantes aprendan de manera significativa, se disminuyan los obstáculos epistemológicos y se fomente la motivación intrínseca hacia el aprendizaje, especialmente en campos de estudio o conceptos que son abstractos o muy complejos como es el caso de la Química y la estequiometría.

REFERENCIAS

[1] J. García y J. Cauich, "¿Para qué enseñar ciencias en la actualidad? Una propuesta que articula la tecnología, la sociedad y el medio ambiente", *Educación y Pedagogía,* vol. XX*,* núm. 50, pp. 111-122, enero-abril 2008.

[2] A. Johnstone, "Macro and microchemistry", *School Science Review*, vol. 64, pp. 377-379, 1982.

[3] V. Kind, *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de Química*. México: Santillana, 2004.

[4] J. Pozo y M. A. Gómez, *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico.* Madrid: Ediciones Morata, S.L., 2009.

[5] A. Raviolo y G. Lerzo, "Enseñanza de la estequiometría: uso de analogías y comprensión conceptual", *Educación Química*, vol. 27, núm. 3, pp. 195-204, julio, 2016.

[6] Ministerio de Educación Nacional, *Estándares Básicos de Competencia en Ciencias Naturales.* Bogotá: Ministerio de Educación Nacional, 2004.

[7] O. Triana, "Enseñanza-aprendizaje de grupos funcionales de la química orgánica, basado en la extracción de principios activos presentes en la especie vegetal *Lippia alba* (alivia dolor)", tesis de maestría, Caldas, UNAL, Manizales, 2016.

[8] E. Yew y K. Gohb, "Problem-based learning: An Overview of its process and impact of learning", *Health Professions Education*, vol. 2, núm. 2, pp. 75-79, mayo, 2016.

[9] Ministerio de Educación Nacional, *Estrategias para hacer más eficiente el tiempo en el aula.* Bogotá: Ministerio de Educación Nacional, 2013.

[10] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, *Metodología de la investigación.* Quinta edición. México: Mc Graw Hill, 2010.

[11] A. Romero y J. García, *La elaboración de problemas ABP en la metodología del aprendizaje basado en problemas*. España: recuperado de http://www.exactas.unlp.edu.ar/articulo/2017/7/13/aprendizaje_basado_en_problemas

[12] A. Obaya y R. Ponce, "La secuencia didáctica como herramienta del proceso enseñanza aprendizaje en el área de Químico Biológicas", *ContactoS,* vol. 63, pp. 19-25, enero, 2007.

AUTORES

Iris Adriana Sánchez Medina

Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; Química Industrial, de la Universidad Tecnológica de Pereira; docente de las áreas de Química y Biología, en la Institución Educativa San Pablo del municipio de Pueblo Rico, Risaralda.
Áreas de investigación: enseñanza y aprendizaje de las ciencias exactas y naturales, química general.

Jorge Eduardo Giraldo Arbeláez

Magíster en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
Áreas de investigación: enseñanza y aprendizaje de las ciencias exactas y naturales, química general.

Héctor Jairo Osorio Zuluaga

Doctor en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; director Departamento de Física y Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; investigador asociado Colciencias.
Áreas de investigación: enseñanza y aprendizaje de las ciencias exactas y naturales, química orgánica.

Colonización de los hongos Pleurotus ostreatus y Pleurotus eryngii por fermentación en estado sólido en sustrato de cacota de cacao

Colonization of the fungi Pleurotus ostreatus and Pleurotus eryngii by fermentation in solid state in cocoa hell substrate

Giraldo-Briceño, Daniel Esteban[1], Reyes-Pineda, Henry[2]

1 Universidad del Quindío; https://orcid.org/0000-0001-5796-1126. Contacto: degiraldo@uniquindio.edu.

2 Universidad del Quindío; https://orcid.org/0000-0003-3524-8658. Contacto: hreyes@uniquindio.edu.co

Resumen

La cáscara de cacao es un residuo agroindustrial en Colombia con un alto potencial nutricional y de bajo costo. Sin embargo, su uso está limitado por nutrientes no deseados y su acumulación en los suelos de los cultivos genera contaminaciones en los cultivos y grandes pérdidas económicas al sector cacaotero. Los hongos de especie Pleurotus son sistemas biocatalíticos y su uso en la fermentación en estado sólido es un método adecuado para procesos de bioconversión de residuos agroindustriales en productos de valor agregado. Este estudio busca evaluar la cáscara de cacao como sustrato para la fermentación en estado sólido y evaluar su fase de crecimiento y colonización, los sustratos de cáscara de cacao fueron esterilizados e inoculados con 20 g de cepa de Pleurotus ostreatus y Pleurotus eryngii, luego, se llevaron al área de incubación donde, bajo condiciones estipuladas, fueron evaluados cada día hasta completar la fase de colonización. Se obtuvo como resultados en un tiempo de 13 días crecimiento claro y vigoroso de los hongos en los sustratos, siendo el Pleurotus Ostretatus el microorganismo con mayor capacidad y velocidad de biotransformar y colonizar el sustrato, demostrando que estos hongos utilizan lignina y celulosa procedentes de la cacota de cacao como fuente de energía para la síntesis de proteína y otras sustancias metabólicas, lo cual permite concluir que la cacota de cacao es un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo y producción de este hongo y, así mismo, para la bioconversión de la cáscara de cacao a biomasa fúngica.

Palabras clave: sustrato de cacao, Metilxantinas, Pleurotus, fermentación en estado sólido, biotransformación

Abstract

The cocoa shell is an agro-industrial waste in Colombia with a high nutritional potential and low cost. However, their use is limited by unwanted nutrients and their accumulation in crop soils generates contamination to crops and great economic losses to the cocoa sector. Pleurotus species mushrooms are biocatalytic systems and their use in solid

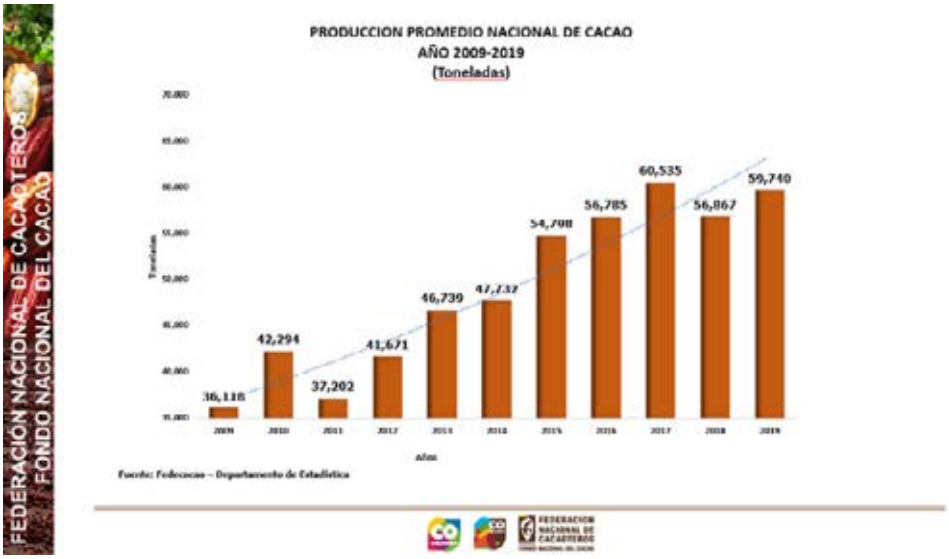
state fermentation is an appropriate method for bioconversion processes of agro-industrial waste into value-added products. This study sought to evaluate the cocoa shell as a substrate for solid state fermentation and to evaluate its growth and colonization phase. The cocoa shell substrates were sterilized and inoculated with 20 g of Pleurotus ostreatus and Pleurotus eryngii strain, then, they were taken to the incubation area where under stipulated conditions they were evaluated every day until completing the colonization phase. The results were obtained in a time of 13 days, clear and vigorous growth of the fungi in the substrates, being Pleurotus ostretatus the microorganism with the highest capacity and speed to biotransform and colonize the substrate, showing that these fungi use lignin and cellulose from cocoa cocoa as an energy source for the synthesis of protein and other metabolic substances, which allows to conclude that cocoa cocoa is a suitable and efficient substrate for the cultivation and production of this fungus and also for the bioconversion of the shell from cocoa to fungal biomass.

Keywords: cocoa cubstrate, Methylxanthines, Pleurotus, solid state fermentation, biotransformation.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de cacao en Colombia anualmente incrementa, según lo establecido en agosto de 2019 en el ¨Pacto por el crecimiento y la generación de empleo del sector cacaotero¨ hoy Colombia cuenta con más de 177.000 hectáreas sembradas de cacao y, como se muestra en la Gráfica 1, cuenta con una producción cercana a las 60.000 toneladas, cuyo mayor crecimiento se dio en el 2017 (60.535 toneladas).

Grafica 1. Producción promedio nacional de cacao año 2009 al 2019 (toneladas)



Fuente: Departamento de Estadísticas, Fedecacao, 2019.

Consecuencia de lo anterior, en el sistema de producción de cacao se genera un gran volumen de residuos, que generalmente quedan acumulados en el cultivo, circunstancia que se ha traducido en serios problemas ambientales a nivel del suelo por acumulación de materiales,[1], [2]; así mismo, las cáscaras partidas, debido a su forma cóncava, en épocas de lluvias son depósito de agua que facilitan la multiplicación de insectos, además son foco para la propagación de Phytophorora spp., causa principal de pérdidas económicas de la actividad cacaotera [3].

Por su composición, la harina de la cáscara de cacao se ha utilizado como forraje en la nutrición animal [4], [5], [6], pero los altos niveles de fibra no digerible y la presencia de las metilxantinas, como la cafeína y la teobromina, limitan su uso alimentario en animales. Las metilxantinas son metabolitos secundarios derivados de purina, que en dosis altas estimula el sistema nervioso central (SNC), causando nerviosismo, agitación, temblores y convulsiones en animales [7]

Es importante que las grandes cantidades de este residuo consigan ser optimizadas de tal forma que puedan generar recursos económicos y sostenibles para la región, suplir la necesidad de manejo y cuidado ambiental del país, así mismo, generar crecimiento en procesos a nivel territorial, pues la producción del cacao en Colombia abarca 422 municipios en 27 departamentos según EVAS, cuenta con 65.431 familias que dependen de estas actividades cacaoteras según cifras del DANE y genera aproximadamente 157.000 empleos directos e indirectos.

La fermentación en estado sólido presenta gran efectividad para la trasformación y degradación de diferentes compuestos a partir de microorganismos capaces de fermentar compuesto o alimentos en estado sólido, ahora bien, si se emplea un microorganismo en caso tal una seta comestible, se generarían diferentes productos de interés y valor nutricional, el primero es el sustrato cáscara de cacao colonizado y transformado que se produce de la fermentación de los sólidos, en otros experimentos se ha confirmado que la fermentación en estado sólido (SSF) es un método para aumentar el uso y el valor del residuo y también para eliminar compuestos indeseables como en este caso las metilxantinas presentes en la cáscara del cacao, ahora bien, si se enfoca al manejo de residuos sólidos y desechos de la agroindustria, este proceso (SSF) tendría un gran impacto ambiental minimizando el desperdicio de residuos la acumulación de cáscaras y la propagación de Phytophorora spp. causa principal de pérdidas económicas de la actividad cacaotera [3].

Esto impactaría de manera positiva en diferentes campos de trabajo como la ciencia investigativa y la agroindustria en diferentes regiones del

país dedicadas al manejo, cultivo, producción, postcosecha y trasformación industrial del cacao, pues en estos tres agentes se generan toneladas de cáscara de cacao al año como residuo, es decir, sin ninguna utilización, que no se sabe cómo tratar ni transformar e incluso ni dar una disposición final adecuada.

Un segundo resultado de la fermentación en estado sólido utilizando los hongos comestibles, en este caso Pleurotus ostreatus y Pleurotus eryngii, es el crecimiento de cuerpos o setas comestibles, estos son hongos conocidos por un grato sabor que también tienen valor nutricional para los seres humanos, ya que son fuente de alto contenido de proteínas, y contienen vitaminas como B_1, B_2, B_{12}, C y D. Otra importancia que se les añade es la acción medicinal, por tener propiedades antivirales, antitumorales, antihipertensión y antiarterioesclerosis [9], esta es una respuesta a la problemática de hambre que se vive hoy en día a nivel mundial, incremento de costos en la carne y el minimizar fuentes de proteína animal como carne de res y de cerdo que generan impactos ambientales a gran nivel mundial. Generar productos de alto contenido proteico y semejanza nutricional a partir de la reutilización y minimización de residuos de la agroindustria sin utilización de fertilizantes químicos ni otros sustratos de impacto a nivel ambiental, serían de gran ayuda a esta problemática mundial. Es de resaltar que en el proceso de fermentación en estado sólido se disminuyen significativamente los tiempos, recursos y costos de producción de la seta en comparación a la de una canal bovina o porcina para la producción de carne, sin generar impactos ambientales como gases de emisión que afectan la atmósfera de la tierra ni la capa de ozono.

El cultivo de setas puede alcanzar en el futuro gran impacto y crecimiento en varios sectores y ámbitos a nivel nacional como la ciencia, la educación, la transferencia de conocimientos y tecnologías en sectores rurales e industriales, la economía, el desarrollo sostenible de varios departamentos y familias involucradas en este sector. Cultivando estas setas es posible producir alimentos de calidad partiendo de diversos restos vegetales. En muchos países, la elevación del nivel de vida ha llevado consigo

un cambio en las costumbres alimenticias, provocando en los últimos años un fuerte aumento del consumo de setas [10].

A partir de esto surge la inquietud de si es posible utilizar la cáscara de cacao como sustrato para una fermentación en estado sólido utilizando los hongos comestibles Pleurotus ostreatus y Pleurotus eryngii y se plantean los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar los sustratos colonizados a partir de la fermentación en estado sólido de cada uno de los hongos y establecer la viabilidad de la cáscara de cacao como sustrato para la producción de hongos comestibles.

Objetivos Específicos

- Realizar caracterización fisicoquímica de la cacota de cacao para la formulación del sustrato de cacota de cacao según los requerimientos para el bioproceso
- Balancear nutricional y fisicoquímicamente el sustrato de cacota de cacao y así generar condiciones óptimas para los microorganismos, en ambientes controlados para el crecimiento y desarrollo que permita estudiar el crecimiento de los hongos en el sustrato de cacota a partir de la (SSF)
- Evaluar el tiempo de colonización para los dos tipos de hongos utilizados y establecer qué hongo representa una mayor viabilidad para la producción de setas comestibles en sustrato de cacota de cacao

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

El estudio se realizó en la ciudad de Armenia, departamento del Quindío, en conjunto con la Universidad del Quindío, ya que se trata de

una monografía. A continuación, se describe el proceso metodológico para lograr los objetivos del bioproceso. Las etapas llevadas a cabo son:

1. Para el objetivo 1:

1.1. Recolección de muestras

En esta etapa se recolectaron las muestras de cáscara de cacao o cacota de cacao proporcionadas por la hacienda Robledal, Vereda San Pablo, ubicada en el municipio de Montenegro del departamento del Quindío, donde se cultiva y cosecha cacao y, a su vez, se genera el subproducto a utilizar.

1.2. Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos del sustrato fueron realizados en el laboratorio de análisis de aguas y alimentos "Aliscca" en la ciudad de Pereira.

2. Para el objetivo 2:

2.1. Suplementación del sustrato

Una vez se tiene molida la cáscara de cacao, se procede a hacer la adición y mezclado de algunos suplementos como fuente de nutrientes que son necesarios para el crecimiento y desarrollo del microorganismo

2.2. Empacado del sustrato

Se utilizarán bolsas de plásticas de polipropileno con capacidad de un kilogramo que servirán como biorreactor donde será empacado el sustrato y posteriormente llevadas a esterilizar

en este biorreactor se darán fases de la producción como inoculación, incubación, colonización producción y recolección del hongo

2.3. Esterilización del sustrato

Se realizó la esterilización en una olla con adaptación de una rejilla donde se apoyaron las bolsas con el sustrato y las separó del agua a temperatura de 121 °C durante 30 minutos para eliminar la mayor cantidad de microorganismos y esporas. Luego, se enfrió rápidamente la muestra en refrigerador, posteriormente, a temperatura ambiente se dejó 10 horas para volver a generar la segunda esterilización a 121 °C durante 30 minutos a fin de eliminar las esporas presentes.

2.4. Obtención del microorganismo

Los microorganismos a utilizar son hongos de tipo Pleurotus, macromicetos denominados como Pleurotus ostreatus y Pleurotus eryngii, los cuales en condiciones idóneas realizaran la fermentación en estado sólido del sustrato.

2.5. Inoculación del sustrato o siembra

Se debe tener mucho cuidado de no inocular el sustrato caliente, el exceso de calor puede matar el micelio [11]. Una vez se tiene la bolsa con el sustrato esterilizado y ya se ha enfriado, se procede a realizar la inoculación de la cepa o semilla del microorganismo al sustrato, en una relación 10 % de cepa en 100 % de sustrato peso a peso, debe quedar muy bien disperso y homogenizado en el sustrato.

2.6. Incubación del microorganismo

Es el paso donde el microorganismo inicia su colonización del sustrato. Esta etapa requiere una humedad relativa del 70 % y temperatura de 25 °C y sin presencia de luz. Este proceso dura aproximadamente 10 a 20 días.

3. Para el objetivo 3:

3.1. Condiciones ambientales para la producción

Los hongos requieren de factores ambientales que favorecen su desarrollo como son: temperatura, humedad, "pH", luz, ventilación, para estos factores hay un rango en el cual se pueden desarrollar [13].

3.1.1 Temperatura

La temperatura óptima para sembrar es de 24 a 25 °C.

3.1.2. pH

Por naturaleza los hongos crecen bien en medios ligeramente ácidos, es decir del 5.5 al 6.6, en el caso de los hongos a utilizar, la adición de carbono de calcio o cal sirve para evitar que el pH baje mucho debido a la acción acidificante del micelio. Si el sustrato es muy ácido, el hongo crecerá poco y no se alcanzarán las temperaturas ni el nivel de CO_2 recomendables y crecerán competidores [12].

3.1.3 Humedad

La humedad del ambiente ha de ser alta (entre 80 y 90 %) por lo que el local ha de disponer de un sistema humidificador [12]. Si hace falta humedad, el hongo no se desarrolla bien porque el medio está seco, de lo contrario, si hay exceso de humedad, el agua ocupará todo el espacio y no habrá lugar para el intercambio de gases. Uno de los síntomas de exceso de humedad es la acumulación de escurrimientos en la base del recipiente, si empieza a haber ataques de bacterias, el olor de estos escurrimientos será desagradable. La humedad del (90 %) es otro factor indispensable que favorece la estimulación de los primordios del fruto del hongo [12].

3.1.4. Luz

Esta es necesaria (de 8 a 12 horas diarias), ya que sin ella las setas salen deformadas con pequeños sombreros pálidos y pies largos. Es suficiente una luz que permita ver durante las horas diurnas para la formación de botones [14].

3.1.5. Tiempo del bioproceso

Se evaluó que el tiempo en que cada uno de los hongos tarda en colonizar el sustrato es de suma importancia para dar cumplimiento al objetivo de esta monografía, por lo cual el tiempo fue medido en días y tomado desde el día en que se realizó la inoculación del hongo en el sustrato como día 0 hasta el día en que se observe una completa colonización del sustrato. A partir de este dato, también se comprobó qué hongo posee la mayor capacidad de colonizar el sustrato y cuál lo hace en menor tiempo.

4. Diseño Experimental

De cada microorganismo se realizará siembra en sustrato de cacota de cacao por triplicado con el fin de mantener un número de muestras suficientes para analizar y estudiar el crecimiento y desarrollo de los microorganismos en el sustrato, además de contar con muestras suficientes en caso de alguna contaminación en uno de los biorreactores y, por último, para tener un soporte completo por triplicado en caso de que no crezca el microorganismo en alguno de los sustratos.

Se controlarán las variables como temperatura, humedad y tiempo de crecimiento en cada una de las etapas del microorganismo.

Debido a tiempos de crisis sanitaria a causa de la pandemia a nivel mundial por COVID-19, se establece este trabajo como monografía, debido a que no se cuenta con la posibilidad de llevar a cabo un proceso investigativo con las instalaciones, condiciones, materiales, insumos, reactivos y equipos adecuados y necesarios para realizar procedimientos

y mediciones necesarias. Por este mismo motivo, se establecen en esta monografía unos objetivos cercanos, accesibles y medibles como es evaluar el tiempo de colonización de los sustratos por fermentación en estado sólido con los dos tipos de hongos Pleurotus.

RESULTADOS

1.Resultados objetivo específico 1:

1.1. Recolección de muestra

En la tabla 1 y foto 2 se observa el tipo de cáscara de cacao recolectada para ser usada como sustrato para el proceso de siembra las muestras de cáscara de cacao o cacota de cacao, proporcionadas por la hacienda Robledal Vereda San Pablo ubicada en el municipio de Montenegro del departamento del Quindío, donde se cultiva y cosecha cacao y, a su vez, se genera el subproducto a utilizar.

Foto 1. lugar de cultivo producción y recolección de la muestra

Fuente: Hacienda Robledal Vereda San Pablo, Montenegro, Quindío, 2020.

Tabla 1. Recolección de muestras

RECOLECCION DE MUESTRA DE CACOTA DE CACAO		
SUSTRATO	CANTIDAD RECOLECTADA (Kg)	CARACTERISTICAS DE RECOLECCION
Cascara de cacao	20	Cascara de fruta madura, seca y entera

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Inicialmente, se seleccionó la materia prima que se encontraba en estado madurado o parcialmente madurado y previamente secado, pues la cascará debe mantener una humedad baja para evitar contaminaciones, fermentaciones y para ser fácilmente molida.

Foto 2. Cacota de cacao seca y molida, Armenia, Quindío, 2020.

Fuente: elaboración propia, 2020.

1.2. Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos del sustrato fueron realizados en el Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos "Aliscca" en la ciudad de Pereira, tal como se muestra en la "Tabla 4. Análisis fisicoquímico a cáscara de cacao en el Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Aliscca en Pereira, 2020"

Tabla 2. Análisis fisicoquímico a cáscara de cacao en el Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos Alisca Pereira

Análisis	Resultado	Fecha análisis	Técnica/Método
Contenido de Humedad	81.9 g/100g	2020-07-02	SECADO A 100 °C AOAC 925.45
Contenido de Ceniza	1.6 g/100g	2020-07-06	GRAVIMETRICO NTC 4648
Contenido de Proteina	0.7 g/100g	2020-07-02	KJELDAHL F 6.25 NTC4657 MOD. HACH 8075
Contenido de Grasa Cruda	0.3 g/100g	2020-07-07	EXTRACCION SOXHLET NTC 668
Contenido de Fibra Cruda	5.9 g/100g	2020-07-09	HIDROLISIS ACIDA/BASICA NTC 668
Contenido de Carbohidratos Totales	15.5 g/100g	2020-07-13	Diferencia FDA CFR21 USDA HANDBOOK 74
Calorias de Grasa Proteina y Carbohidratos	68 kilocalorias/100g	2020-07-13	Diferencia FDA CFR21 USDA HANDBOOK 74
Calorias de Grasa	3 kilocalorias/100g	2020-07-13	Diferencia FDA CFR21 USDA HANDBOOK 74

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Este dato de análisis fisicoquímico de la cacota de cacao fue realizado haciendo uso de 100 g de muestra para cada análisis y método empleado. A partir de este análisis, se observa que esta cáscara de cacao posee un alto contenido de agua, el cual es necesario retirar para el proceso. Luego del agua, el componente con mayor porcentaje son carbohidratos y fibra cruda, lo cual, desde el proceso de fermentación en estado sólido, es positivo, pues se ve reflejado como una excelente fuente de carbono para los hongos pleurotos que requieren de esta fuente para todas sus etapas de colonización y crecimiento hasta su etapa de fructificación.

2. Resultados objetivo específico 2:

2.1. Formulación y suplementación del sustrato

A continuación, se evidencian en la tabla de formulación los elementos utilizados para suplementar el sustrato de cáscara de cacao con

el propósito de suministrar los requerimientos de los hongos Pleurotus ostreatus y eryngii.

Tabla 3. Formulación y suplementación de cáscara de cacao

Materia prima	Fecha		Cantidad en gramos
	5-nov-20		
	porcentaje		
	1	2	
Cacota de cacao	83%	83%	415
Cascarilla de arroz	15%	15%	75
Carbonato de calcio	2%	2%	10
Total	100%	100%	500
Cepa P. Ostreatus	4%		20
Cepa P. Eringii		4%	20

Fuente: elaboración propia, 2020.

Foto 3. Cacota de cacao suplementada

Fuente: elaboración propia, 2020.

Se adicionó 2 % de carbonato de calcio para aportar el calcio necesario por el microorganismo en su fase fructífera y estabilizar el pH de la muestra.

Además, se suplementó con adición de 15 % de cascarilla de arroz como fuente de nitrógeno indispensable en el crecimiento y propagación del hongo en el sustrato.

2.2. Empacado del sustrato

Foto 4. Sustrato homogenizado y empacado

Fuente: elaboración propia, 2020.

2.3. Esterilización del sustrato

La esterilización se realizó dos veces con el objetivo de asegurar la eliminación de esporas de otros microorganismos no deseados, si bien se sabe, la estilización es un proceso que busca eliminar el contenido microbiano presente en el sustrato a fin de que el microorganismo que se desea incubar no presente competitividad ni contaminación indeseada.

Foto 5. Esterilización del sustrato

Fuente: elaboración propia, 2020.

2.4. Obtención del microorganismo

Se compro la cepa o también llamadas semillas de los dos tipos de hongos Pleurotus en la Planta de Bioprocesos y Agroindustria de la Universidad de Caldas de la ciudad de Manizales, la cual viene en presentación de bolsa por un kilogramo, esto no es más que una cepa del hongo inoculada anteriormente en alguna semilla ya sea sorgo, arroz, etc., la cual ya viene colonizada por la cepa del hongo, esta es suficiente para la incubación en 10 biorreactores de un kilogramo de sustrato.

Foto 6. Semillas de Pleurotus eryngii y ostreatus.

Fuente: elaboración propia, 2020.

Se observa la cepa en buenas condiciones, sin contaminaciones y con todo el sustrato colonizado, lista para inocular en sustrato de cacota de cacao, la cepa se conservó en una caja de cartón dentro de un refrigerador a temperatura de 4 °C hasta el momento de su uso.

2.5. Inoculación del sustrato o siembra

Foto 7. Inoculación del sustrato o siembra

Fuente: elaboración propia, 2020.

Se tomaron 20 g de cepa según indica en la tabla de formulación y suplementación y se inocularon en el sustrato de cacota de cacao previamente suplementada y esterilizada en su respectiva bolsa o biorreactor.

3.Resultados objetivo específico 3:

3.1. Incubación del microorganismo

En esta etapa se rotularon las muestras y se llevaron a un estante previamente lavado y desinfectado, dentro de un cuarto cerrado con circulación de aire y se mantuvo una humedad relativa aproximada del 70 % y temperatura de 25 °C y sin presencia de luz.

Foto 8. biorreactores inoculados y rotulados

Fuente: elaboración propia, 2020.

3.2. Fase y tiempos de colonización

En esta fase que duró 10 días para el hongo Pleurotus ostreatus y 13 días para el hongo Pleurotus eryngii, se observó día a día el crecimiento y avance claro de la expansión y colonización del hongo en el sustrato de cacao por medio de una aparición de micelio de color blanco y olor agradable.

Foto 9. Sustrato colonizado por los hongos Pleurotus ostreatus y Pleurotus eryngii

Fuente: elaboración propia, 2020.

DISCUSIÓN

El crecimiento del hongo inicia durante las primeras 24 horas. A los 3 días se pueden reconocer los signos de expansión: hay un avance inicial claro y vigoroso del micelio sobre el sustrato, el sustrato adopta un color blanco y un olor agradable tal como lo describe [11]. Este proceso de crecimiento y expansión en el sustrato se vio claramente representado con los dos tipos de hongos Pleurotus, sin embargo, presentó un avance mucho más rápido, agresivo y definido en la fermentación en estado sólido en el sustrato de cacota de cacao con el hongo Pleurotus ostreatus en comparación con el hongo Pleurotus eryngii.

Durante este periodo de 13 días, se observó diariamente el progreso de expansión por los hongos y este proceso lo describe [12] de manera clara, demostrando que el hongo utiliza lignina y celulosa como fuente de energía para la síntesis de proteína y otras sustancias metabólicas, en la descomposición de sustratos lignocelulósicos en donde intervienen enzimas tales como la celulosa. Es importante recordar que la cáscara de cacao es rica en fibra lignocelulósica, por lo cual el hongo Pleurotus, de acuerdo a esta referencia, produce enzimas que degradan la lignina, para así utilizar ese carbono como fuente de energía para la síntesis de proteínas que se traduce en la expansión y crecimiento del micelio y colonización del sustrato.

Según el estudio de [15] en el proceso de crecimiento, expansión y colonización del sustrato por el hongo Pleurotus ostreatus, se obtiene un incremento significativo en la cantidad de proteína en el sustrato y así mismo se evidencia una reducción importante en los contenidos de fibra lignocelulósica procedente de la cáscara de cacao, [16] afirmó que los hongos de pudrición blanca son agentes efectivos para reducir el contenido de lignina de un sustrato, entre los hongos de pudrición blanca se encuentran los hongos Pleurotus ostreatus y Pleurotus eryngii.

Se sabe que ambos hongos producen enzimas que degradan las fibras [17] de los sustratos fermentados. La reducción del contenido de lignina

de un sustrato es la característica principal de uso de hongos Pleurotus, considerado un bioconvertidor de materias primas para sustratos que contienen lignina.

CONCLUSIONES

Luego de realizar los análisis fisicoquímicos a la cáscara de cacao e incubar los hongos Pleurotus, se ha podido dar cumplimiento a la hipótesis y objetivos de este trabajo, donde se buscaba comprobar la eficacia de la cáscara de cacao como sustrato para el crecimiento, desarrollo y colonización de los hongos Pleurotus. Este sustrato muestra resultados positivos y viables para futuros trabajos donde se continúe el proceso y se den las condiciones necesarias para una etapa de fructificación de las setas comestibles de los hongos aquí estudiados.

La cáscara de cacao demuestra servir como sustrato para el hongo Pleurotus eryngii, sin embargo, es importante estudiar más a fondo otros sustratos que puedan ser un medio más viable para este microorganismo y reduzca sus tiempos de crecimiento, desarrollo y colonización.

Gracias al trabajo realizado y la recopilación de información se ha determinado que la cáscara de cacao es un medio útil y efectivo para el crecimiento y colonización del hongo de tipo Pleurotus ostreatus, siendo este el hongo que más aprovechó el sustrato, presentando tiempos cortos de crecimiento, desarrollo y colonización del sustrato de cáscara de cacao, además, con este hongo, podemos obtener alta viabilidad para el crecimiento y producción de setas comestibles a partir de este sustrato en futuros trabajos investigativos.

Al evaluar los tiempos de colonización se establece que el hongo Pleurotus ostreatus tiene la capacidad, a diferencia del hongo Pleurotus eryngii, de degradar con más facilidad los compuestos lignocelulósicos del sustrato y utilizarlos como fuente de nutrientes de carbono y nitrógeno para su crecimiento y propagación en el sustrato de cacota de cacao.

REFERENCIAS

[1] A. G. Medeiros. *Sporulation of Phytophthorapalmivora (Butl.) Butl. in relation to epidemiology and chemical control of black pod disease*. *Ph. D. Thesis*. University of California, Riverside (USA), 1977. Pp. 220.

[2] D. Parra. *Diagnóstico de enfermedades que afectan el cultivo del cacao en. Barlovento y su comportamiento epidemiológico. In: Taller Nacional de Cacao.* Estación Experimental Miranda. Caucagua (Venezuela). 1994. Pp. 21

[3] A. S. López, H. Ferreira, A. Llamosas, y A. Romeu. *Present Status of Cacao by Products Utilization in Brazil. Rev. Theobroma*. Brazil, 1984. Pp. 271-291.

[4] R.A. Hamzat, y O. Adeola. *Chemical evaluation of co-products of cocoa and kola as livestock feeding stuffs.* J. Anim. Sci. Adv, 2011. pp. 61–68

[5] J.A. Bentil, V.P. Dzogbefia, y F. Alemawor. *Enhancement of the nutritive value of cocoa (Theobroma cacao) bean shells for use as feed for animals through a two-stage solid state fermentation with Pleurotus ostreatus and Aspergillus niger.* Int. J. Appl. Microbiol. Biotechnol, 2015. pp. 20–30.

[6] E.B. Laconi, y A. Jayanegara. *Improving Nutritional Quality of Cocoa Pod (Theobroma cacao) through Chemical and Biological Treatments for Ruminant Feeding: In vitro and In vivo Evaluation*. Asian-Australas. J. Anim. Sci, 2015. Pp. 343–350

[7] A.R. DE SENA, *Analysis of Theobromine and related compounds by reversed phase high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection: an update (1992–2011).* Food Technol. Biotechnol. 2011. Pp. 413–423.

[8] W.R. Stahel, *Circular Economy*. Indian Concrete Journal, 2016. Vol. 94, pp. 19- 23.

[9] C. Martínez, L. Rodolfo, M. Porfirio, S. Mercedes y L.S. Alfonso, *Historia del cultivo comercial de los hongos comestibles en México*. México, 2000.

[10] S.T. Chang. *Impacto global de los hongos comestibles y medicinales en el bienestar humano en el Siglo 21: revolución no verde*. Revista de hongos medicinales. pp.1-7.

[11] V. Beltrán et al., 1995. *Producción comercial de setas (Pleurotus spp.). Manual de setas y champiñones,* S. A. de C. V. México, 1995.

[12] E.G. Pérez. *Producción de hongos comestibles (Setas y Champiñones).* Centro de Investigaciones Sociales, Tecnológicas y Agroindustriales de la Agricultura Mundial. México, 1996.

[13] J.T. Castillo. *Micología General*. Editorial Limusa. México, 1987.

[14] R. Garcia. *Cultivo de setas y trufas*. 3era. Edición. Ediciones MundiPrensa, España, 1998.

[15] S.Yahrir, H. Artutik, K. Usmartono, and S. Damry. *Effects of cocoa pod husk bioconversion with Phanerochaete chrysosporium and or Pleurotus ostreatus on its nutrient content and in-vitro digestibility in ruminants*, Faculty of Animal Science and Fishery, Tadulako University, Indonesia, 2018. Pp. 94-117

[16] P.J VAN SOEST. *Rice straw, the role of silica and treatments to improve quality*. Journal of Animal Feed Science and Technology, 2006. pp.137–171.

[17] R.T. Howard, E. Abotsi, J.V. Rensburg and S. Howard. *Lignocellulose biotechnology: issue of bioconversion and enzyme production*. African Journal of Biotechnology, 2003. pp. 602 -619.

AUTORES

Daniel Esteban Giraldo Briceño

Ingeniero de Alimentos y Magíster en Procesos Agroindustriales egresado de la Universidad del Quindío, actualmente se desempeña como docente catedrático en el Programa de Ingeniera de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agroindustriales de la Universidad del Quindío en la ciudad de Armenia, Quindío, Colombia.

Áreas de investigación: ciencias agroindustriales, biotecnología, medioambiente, ciencias y tecnología de alimentos.

Biografía. Autor 2: Henry Reyes Pineda

Ingeniero Químico egresado de la Universidad Nacional de Colombia, con un Doctorado en Ingeniería Química y Nuclear de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Actualmente es profesor a tiempo completo de la Universidad del Quindío, Armenia, Colombia y decano de la Facultad de Ciencias Agroindustriales. hace parte del Grupo Químico en Investigación en ciencias ambientales. Entre sus áreas de trabajo son: Ingeniería Electroquímica, Procesos Ambientales, el Tratamiento de Residuos y Diseño de Reactores.

Áreas de investigación: biotecnología.

Una propuesta renovada para pensar la didáctica de la educación ambiental[1]

A renewed proposal to think about the teaching of environmental education

Carvajal-Prada, Kare[2] y Amador-Rodríguez, Rafael[3]

1 Artículo derivado de un trabajo de investigación en proceso del Doctorado en Educación de la Universidad del Norte.

2 Universidad del Norte; orcid.org/0000-0002-6544-5735.
Contacto: karec@uninorte.edu.co

3 Universidad del Norte; orcid.org/0000-0003-2182-6402.
Contacto: ryamador@uninorte.edu.co

Resumen

Para el desarrollo de una investigación doctoral en el campo de la didáctica de las ciencias naturales, se ha propuesto construir los modelos científicos escolares de ser vivo y nicho ecológico bajo el aspecto cultural desde la educación ambiental, con el fin de generar actividades de enseñanza contextualizadas en una problemática ambiental cuyo propósito sea promover en los estudiantes interés y conocimiento relevante sobre el mundo natural para intervenir activamente en la toma de decisiones justificadas y responsables soportado en la ciencia escolar.

Palabras clave: educación ambiental, modelo científico, modelo científico escolar, problemas ambientales.

Abstract

For the development of a doctoral research in the science education realm, it has been proposed to build school scientific models of the living being and ecological niche under the cultural aspect from environmental education, in order to generate contextualized teaching activities based on an environmental problem with the purpose of promoting interest and relevant knowledge in students about the natural world and an active intervention in a justified and responsible decision-making process supported on school science.

Keywords: environmental education, scientific model, school scientific model, environmental problems.

I. INTRODUCCIÓN

Los diferentes problemas ambientales ocasionados por la acción humana sobre la naturaleza [1] dejan en evidencia la necesidad de una educación ambiental contextual que oriente sobre las posibles soluciones de los problemas ambientales a partir de un abordaje teórico-metodológico que implique el estudio de lo que ocurre en el ambiente.

Por lo tanto, uno de los aportes para mitigar los problemas ambientales es una educación ambiental crítica y reflexiva en todos los niveles y sectores de la sociedad [2].

Esta educación debe estar orientada a enseñar la forma en que los ambientes naturales funcionan y, en particular, cómo los seres humanos pueden regular el ambiente para vivir de modo sostenible, evitando o minimizando la degradación, la pérdida de los recursos y las amenazas a la supervivencia de otras especies.

De este modo, para el estudio de los actuales problemas ambientales, se suscita una formación ambiental bajo los conocimientos y las habilidades para comprender los hechos que se presentan en el contexto cotidiano y, de esta manera, actuar e intervenir en la complejidad cambiante del ambiente y las acciones que causan su deterioro [3].

A causa de lo anterior, se propone fortalecer aquellos espacios educativos configurados para la formación de estudiantes por medio de estrategias didácticas encaminadas a reflexionar y debatir problemas ambientales de manera individual y colectiva [4].

Es así que, en relación a las situaciones que se presentan en torno a los problemas ambientales, se pretende trabajar bajo una intencionalidad didáctica los modelos de ser vivo y nicho ecológico desde intereses que se alinean con la enseñanza de la educación ambiental [5].

La hipótesis de trabajo didáctico es que a partir de la construcción de los modelos de ser vivo y de nicho ecológico vinculados con una perspectiva cultural desde lo ambiental, se pueden diseñar problemas ambientales contextualizados, generando una transposición didáctica que impacta en una mirada renovada de la didáctica de la educación ambiental (DEA).

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

Para la construcción de los modelos científicos y modelos científicos escolares de ser vivo y nicho ecológico, se efectuó una revisión de la literatura especializada (revistas y libros) haciendo un análisis con propósito didáctico de los argumentos que los científicos comunican de los modelos de ser vivo y nicho ecológico, teniendo como fin caracterizar los modelos científicamente aceptados, todo esto permitió establecer criterios teóricos-metodológicos para poder emprender el análisis transpositivo del modelo de ser vivo y nicho ecológico.

A continuación, se detallan los análisis y contribuciones que se consideraron para estas construcciones:

En el caso del modelo de ser vivo, se construyó acudiendo a los aportes históricos y científicos en términos de las diferentes corrientes de pensamiento que han guiado su estudio, los cuales son: el animismo, el mecanicismo, el vitalismo, el organicismo, el pensamiento sistémico y el neomecanicismo.

Es así que, partiendo de las referencias históricas e investigativas de la comunidad científica referentes al modelo ser vivo, se procedió a establecer una conceptualización. Por lo tanto, asumimos que el ser vivo es, básicamente, material fisicoquímico que exhibe un alto grado de complejidad, puede autorregularse, posee metabolismo, se perpetúa a sí mismo a través del tiempo e interactúa con el medio para mantener su integridad estructural y funcional [6].

De esta manera, para esbozar el modelo científico escolar de ser vivo se consideró la influencia del nivel escolar a quienes va dirigido, por ser un modelo estructurante en la biología que forma parte de los contenidos escolares desde el nivel primario hasta el nivel universitario, esto implicó especialmente considerar los diversos intereses y las finalidades de la enseñanza de la educación ambiental, lo cual fue determinante para los aspectos y relaciones que dentro del modelo se plantearon, dado que, a partir de éste, se pueden establecer relaciones con otros contenidos disciplinares [7].

En cuanto al modelo de nicho ecológico, se tuvo en cuenta las referencias históricas e investigativas de la comunidad científica, para ello, se abordaron desde las representaciones y postulados de Grinnell 1917, Elton 1927 y Hutchinson 1957.

Es así que, partiendo de la síntesis y análisis de los aportes de la comunidad científica del modelo nicho ecológico, se consideró establecer una conceptualización y, de este modo, asumimos el nicho ecológico no sólo como el espacio físico ocupado por un organismo, sino también como su papel funcional en la comunidad (como, por ejemplo, su posición trófica) y su posición en los gradientes ambientales de temperatura, humedad, suelo y otras condiciones de existencia [8].

De esta manera, para la construcción del modelo científico escolar de nicho ecológico, se han tenido en cuenta las funciones en determinados parámetros relevantes, como el contexto educativo junto a las finalidades de la enseñanza de la educación ambiental, considerando los aspectos y funciones del modelo por ser marco central, referencial y organizacional de la ecología [9], todo esto bajo los intereses del nivel escolar al cual va dirigido, adaptados a las diferentes características institucionales.

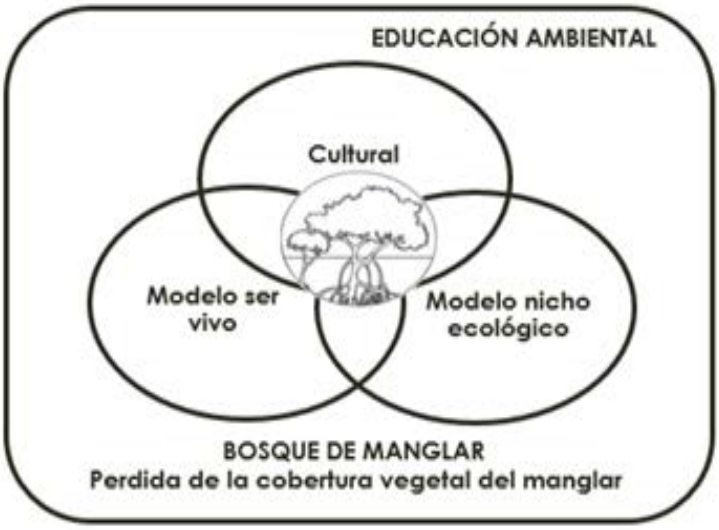
Así mismo, parece pertinente trabajar con el aspecto cultural como contexto para hablar sobre problemas ambientales, reflexionando en torno a la intensidad de dichas problemáticas ambientales, sobre todo aquellas que son causadas por la intervención humana, de este modo, la dimensión

cultural es básica para entender las relaciones que la humanidad establece con el ambiente [10], además, se considera este aspecto atractivo también para analizar la forma en que la cultura implica una influencia en el pensamiento crítico y la toma de decisiones relacionadas con la convivencia y con el desarrollo de la autonomía de los estudiantes.

Por lo tanto, referente a las situaciones que se presentan en torno a los problemas ambientales, en la Fig. 1 se presenta la propuesta de investigación doctoral planteada para abordar los modelos de ser vivo y nicho ecológico frente a las implicaciones del aspecto cultural.

Esto encaminado a generar actividades de enseñanza en contexto vinculadas a la educación ambiental con el fin de promover en los estudiantes la toma de decisiones justificadas y responsables frente a los problemas ambientales.

Fig. 1. Relación de los modelos ser vivo y nicho ecológico con el aspecto cultural de la educación ambiental.



Fuente: elaboración propia

III. CONCLUSIONES PRELIMINARES

Por consiguiente, estas posturas teórico-metodológicas son relevantes para centrar el desarrollo del trabajo alrededor de problemáticas ambientales como objeto de estudio y centro de interés para generar actividades de enseñanza en contexto [11] vinculadas a la educación ambiental.

Se propone que al relacionar los modelos de ser vivo y nicho ecológico junto con el aspecto cultural, se lograrán diseñar actividades de enseñanza contextualizadas vinculadas a problemáticas ambientales existentes, promoviendo en los estudiantes un papel crítico y reflexivo en la sociedad y, de esta manera, promover la enseñanza en el aula orientada hacia la educación ambiental como una alternativa sugerente ante la necesidad de afrontar y mejorar problemas ambientales desde las instituciones educativas.

REFERENCIAS

[1] N. Romero, y J. Moncada, ¨Modelo didáctico para la enseñanza de la educación ambiental en la Educación Superior Venezolana¨, *Revista de Pedagogía*, vol. 28(83), pp. 443-476, 2007

[2] R. Martínez, ¨Aplicaciones e interacciones de la Educación Ambiental¨. *Revista Científica de Investigación Educativa RUNAE*, Monográfico vol. 01, pp. 129-147, 2017

[3] R. Martínez, ¨La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual¨, *Revista Electrónica Educare*, vol. 8(1), pp. 97-111, 2010

[4] G. Gutiérrez, ¨La enseñanza de las ciencias naturales y la educación ambiental en la escuela: realidades y desafíos¨, *Revista Praxis & Saber*, vol. 3(5), pp. 9-13, 2012

[5] L. Niño, ¨Estudio de caso: una estrategia para la enseñanza de la educación ambiental¨, *Revista Praxis & Saber*, vol. 3(5), pp. 53-78, 2012

[6] A. Gagneten, A. Imhof, M. Marini, J. Zabala, P. Tomas, P. Amavet, L. Ravera y N. Ojea, *Biología: conceptos básicos*, Universidad Nacional Litoral, Argentina, 2020

[7] N. Mora, ¨Propuesta didáctica para enseñar conceptos asociados al modelo 'ser vivo' en nivel medio¨, *Revista Educación en Ciencias Biológicas*, vol. 4 (1) pp. 10-22, 2019.

[8] E. Odum, *Fundamentos ecológicos*, Nueva Editorial Interamericana, (3ra edición). México 1972

[9] C. Aguilar, *Bases conceptuales y metodológicas de la educación ambiental, una evolución de conceptos estructurantes de ecología en la enseñanza secundaria*, (tesis doctoral), Universidad Complutense de Madrid, 2013.

[10] V. Bedoy, "La historia de la educación ambiental: reflexiones pedagógicas", *Revista de educación*, vol.1(13), pp. 1-6, 2000.

[11] R. Amador-Rodríguez, D. Insuasty, M. Méndez-López, y E. Márquez, Promover modelos explicativos sobre las interacciones químicas del felodipinocitocromo P450: una propuesta didáctica basada en la modelización. *Revista Química Nova*, vol. 16(0), pp. 1-9, 2021.

AUTORES

Kare Arle Carvajal Prada

Magíster en Ciencias Ambientales y licenciada en Educación con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental por la Universidad del Atlántico de Barranquilla-Colombia.

Estudiante del Doctorado en Educación del Instituto de Estudios en Educación -IESE- de la Universidad del Norte de Barranquilla-Colombia.

Áreas de investigación: didáctica de la educación ambiental, indagación científica escolar.

Rafael Yecid Amador Rodríguez

Doctor en Enseñanza de las Ciencias Naturales y Exactas por la Universidad Nacional del Comahue de Neuquén, Argentina; Magíster en Docencia de la Química y licenciado en Química por la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá-Colombia.

Profesor asistente del Instituto de Estudios en Educación -IESE- de la Universidad del Norte de Barranquilla-Colombia e Investigador Junior en Minciencias.

Áreas de investigación: NOS, indagación y modelización dentro del campo de la didáctica de las ciencias naturales.

Temática:
Enseñanza y aprendizaje de las TIC

Enseñanza del modelamiento y diseño de nuevos materiales y dispositivos acústicos por medio de software libre[1]

Teaching modeling and design of new materials and acoustic devices through free software

Alzate-Arias, Fredy Alberto[2]

1 Artículo originado en el semillero ACUSMUSIC que corresponde al programa Profesional en Artes dela Grabación y Producción Musical y como resultado de proyecto de investigación Modelamiento y Diseño de nuevos materiales acústicos, en modalidad recurso instalado por parte del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín.
Código del proyecto PCI 19202 año 2020-2021

2 Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM), Medellín. Docente de la Facultad de Artes y Humanidades, Programa Artes de la Grabación y Producción Musical.
Contacto: fredyalzate@itm.edu.co

Resumen

Existen diferentes procesos experienciales de aprendizaje significativo en las aulas, en particular en la enseñanza de la física acústica. Para ello, las instituciones que dictan cursos relacionados con sistemas de sonido profesional y las artes de la grabación deben contar con una cantidad de recursos y laboratorios costosos a fin de desarrollar las actividades que afiancen el conocimiento impartido en clase. En el contexto actual de la enseñanza –en este caso virtual, por causa de la emergencia sanitaria que afecta los procesos académicos y el desarrollo curricular de los diferentes cursos– se opta por implementar estrategias con la ayuda de herramientas informáticas de uso libre que ayuden a los estudiantes a entender las bases de las asignaturas de física acústica y acústica aplicada de una manera dinámica y creativa. En relación con los estudiantes del Instituto Tecnológico Metropolitano, que no tienen el presupuesto para adecuar espacios acústicos con materiales costosos, la institución ha optado por crear ambientes de enseñanza virtual que van desde la medición del espacio acústico hasta la corrección y elaboración de dispositivos con materiales ecológicos de fácil acceso.

Palabras clave: acústica, software libre, materiales, aprendizaje, ciencias.

Abstract

There are different experiential processes of meaningful learning in classrooms, particularly in the teaching of acoustic physics, and institutions that offer courses related to professional sound systems and the recording arts must have a quantity of resources and expensive laboratories to develop activities that strengthen the knowledge taught in class. In the current context of teaching –in this case virtual, due to the health emergency that affects the academic processes and the curricular development of the different courses–, Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) has decided to implement strategies with the help of free-access computer tools that help the students understand the basics of applied acoustic and acoustic physics subjects in a dynamic and creative way. In the case of ITM students,

not having the budget to adapt acoustic spaces with expensive materials, the institution has chosen to create virtual teaching environments that range from measuring the acoustic space to the correction and elaboration of devices with easy-access ecological materials.

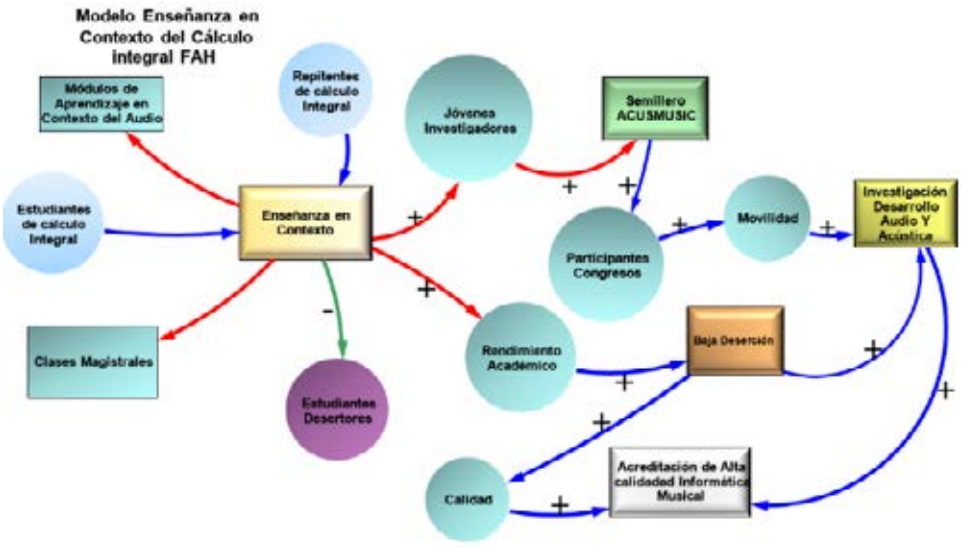
Keywords: acoustics, open software, materials, learning, science.

I. INTRODUCCIÓN

El Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM) de Medellín presentó a un grupo multidisciplinario de docentes de ciencias básicas la propuesta de fortalecer la enseñanza en contexto a los estudiantes del Programa de Pregrado de Informática Musical, adscrito a la Facultad de Artes y Humanidades. El proceso se ha llevado a cabo con el semillero de investigación ACUSMUSIC de la facultad, para el cual se han diseñado estrategias de aprendizaje por medio de software libre como Geogebra (https://www.geogebra.org/classic?lang=es) y Python (https://www.python.org/), aplicado a la música, el sonido y las artes.

La Figura 1 muestra los diferentes procesos de la enseñanza en contexto del cálculo integral y su relación con el aprendizaje de la acústica y la electroacústica.

Figura 1. Instituto Tecnológico Metropolitano. Facultad de Artes y Humanidades, Programa de Informática Musical. Proceso de aprendizaje del cálculo integral en el contexto del semillero ACUSMUSIC.



Fuente: elaboración del autor.

A. Aprendizaje de la acústica aplicada

La física acústica y sus diferentes aplicaciones requieren de costosos equipos y laboratorios de grandes proporciones dotados de cámaras anecoicas, salas reverberantes, tubos de impedancia y software con onerosas licencias para caracterizar los materiales acústicos, medir indicadores como porosidad, coeficientes de absorción e impedancias acústicas, y modelar y simular salas de grabación y teatros. Durante el proceso de aprendizaje y apropiación del objeto de conocimiento se optó por crear modelos de enseñanza con herramientas y software libre, pues con la emergencia sanitaria causada por la pandemia y la dificultad de la presencialidad, estos facilitan el acceso al conocimiento y enriquecen las actividades de los cursos virtuales.

Para la enseñanza de la acústica se desarrollaron metodologías de aprendizaje basado en proyectos y en la aplicación del pensamiento crítico enfocado en encontrar soluciones a problemas reales en el mundo empresarial del audio. En relación con los procesos, se relacionaron las diferentes experiencias y conocimientos de los alumnos en la aplicación del acondicionamiento acústico, que les permitieron crear sus propios espacios –adecuados y debidamente simulados–, seleccionar materiales asequibles como lanas textiles reciclables, fibras naturales y otras alternativas respetuosas con el medioambiente y, lo más importante, de bajo coste.

II. METODOLOGÍA

Las secciones de este apartado describen el proceso de las actividades del semillero en los cursos de física aplicada, exponiendo cómo los estudiantes resuelven los problemas reales que van a enfrentar y buscan soluciones asertivas que, más tarde, fortalecerán su vida profesional.

A. Mediciones acústicas

La alternativa propuesta para medir y hacer laboratorios virtuales fue Room EQ Wizard (REW) [1], con bases teóricas de Kanchur [2] y

también con una aplicación libre para medir las características acústicas de un lugar creada por Vbrík [3], que se ejecuta con un script Java. Su diseño le permite a cualquier persona con un conocimiento básico de altavoces y acústica de salas usarlo con equipos simples de bajo costo.

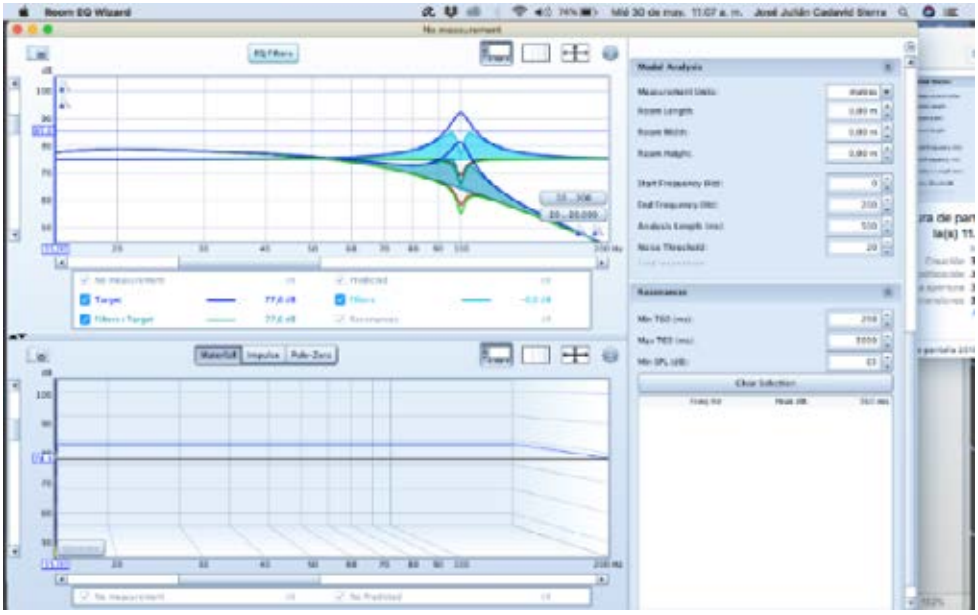
Por medio de este software se induce al estudiante a evaluar diferentes salas para que aprenda a utilizarlo en un entorno académico y profesional, realizando medidas de señales de respuestas al impulso de la suya propia –su ambiente de trabajo en casa donde recibe la clase virtual o tiene su pequeño estudio– con recursos propios y sencillos. Asimismo, se le explica el proceso paso a paso para que analice las gráficas y detecte las frecuencias defectuosas o los modos de resonancia y los corrija por medio de dispositivos acústicos como los filtros resonantes, las denominadas "trampas de bajos" y los paneles absorbentes de materiales reciclables o fibras naturales. La Figura 2 muestra algunos de los resultados.

Figura 2. Instituto Tecnológico Metropolitano. Facultad de Artes y Humanidades, Programa de Informática Musical. Medida de respuesta al impulso aula-alumno.

Fuente: elaboración de alumnos del semillero ACUSMUSIC a partir de Room EQ Wizard, REW (s. f.) [1].

De este modo, la herramienta EQ del software REW [1] le permite hacer las correcciones de sus propios altavoces con respecto a la sala, exportar los archivos a filtros o *plugins* y mejorar su sistema de manera práctica y didáctica (Figura 3).

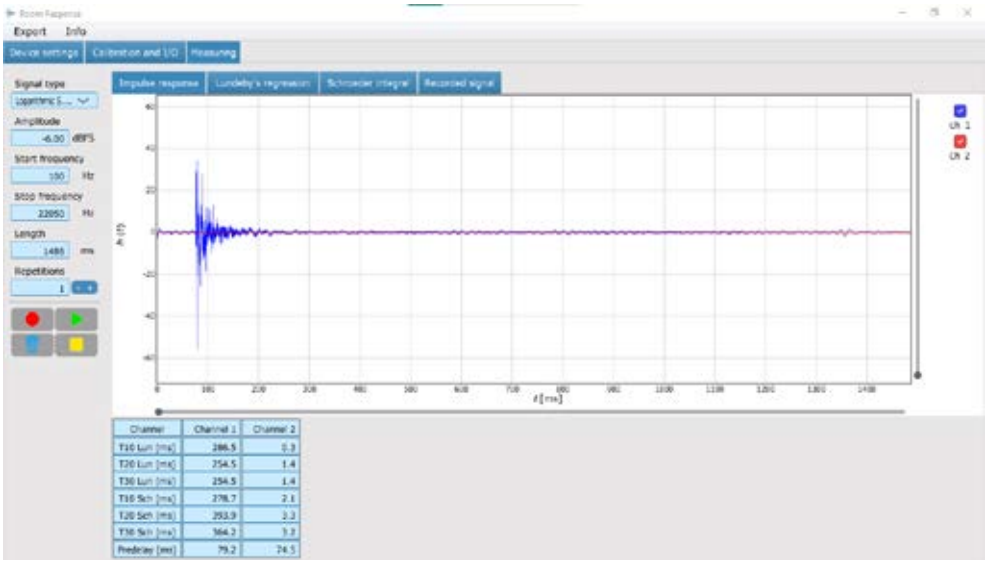
Figura 3. Instituto Tecnológico Metropolitano. Facultad de Artes y Humanidades, Programa de Informática Musical. Ecualización de una sala tomada por un alumno.



Fuente: elaboración de alumnos del semillero ACUSMUSIC a partir de Room EQ Wizard, REW (s. f.) [1].

Otra alternativa de software de libre acceso es Room Response [3], desarrollado por grupos de investigación Checos y diseñado en C++ [4], que genera la repuesta al impulso por medio de barridos de frecuencia exponencial que pueden capturase con micrófonos sencillos y la propia tarjeta de sonido de un computador portátil o de escritorio. Las Figuras 4 y 5 muestran la captura, el resultado de los tiempos de reverberación y las curvas de energía con márgenes y porcentajes de error bajos.

Figura 4. Instituto Tecnológico Metropolitano. Facultad de Artes y Humanidades, Programa de Informática Musical. Respuesta al impulso.



Fuente: elaboración de alumnos del semillero ACUSMUSIC a partir de Room Response (s. f.) [3].

Figura 5. Instituto Tecnológico Metropolitano. Facultad de Artes y Humanidades, Programa de Informática Musical. Curva energía-tiempo.

Fuente: elaboración de alumnos del semillero ACUSMUSIC a partir de Room Response (s. f.) [3].

B. Diseño de dispositivos acústicos y paneles

Una vez conoce el problema al que se enfrenta y sus defectos, el estudiante comienza a proponer ideas y soluciones corrigiendo de manera metódica las resonancias propias de su sala por medio de resonadores que puede desarrollar con plantillas de hojas de cálculo facilitadas por el docente. Las ecuaciones están debidamente validadas y comprobadas según normas de construcción acústica consultadas en textos especializados.

La Figura 6 muestra el diseño de un resonador tipo Helmholtz sintonizado a 90 Hz y con respuesta en frecuencia, para que el estudiante decida, según la que va a corregir, cuáles serían su diseño y medidas, y construya sus propias trampas de bajos con maderas económicas o materiales como plásticos densos y láminas reciclables que tengan propiedades acústicas. Es aquí donde juegan un papel muy importante la creatividad y la estética.

Figura 6. Instituto Tecnológico Metropolitano. Facultad de Artes y Humanidades, Programa de Informática Musical. Diseño de trampa para bajos con hoja de cálculo.

Fuente: elaboración del autor a partir de Burda (2016) [5].

También es posible construir paneles de absorción acústica con materiales reciclables de fibra textil o de fibras naturales como cáñamo o fibras de algodón, coco, banano y piña. Cabe aclarar que la caracterización de estos materiales está en proceso de estudio, ya que son relativamente nuevos en el campo de la acústica; sin embargo, su efectividad como alternativas serias a las espumas contaminantes de fibra de vidrio ha sido comprobada por diferentes universidades (Figura 7).

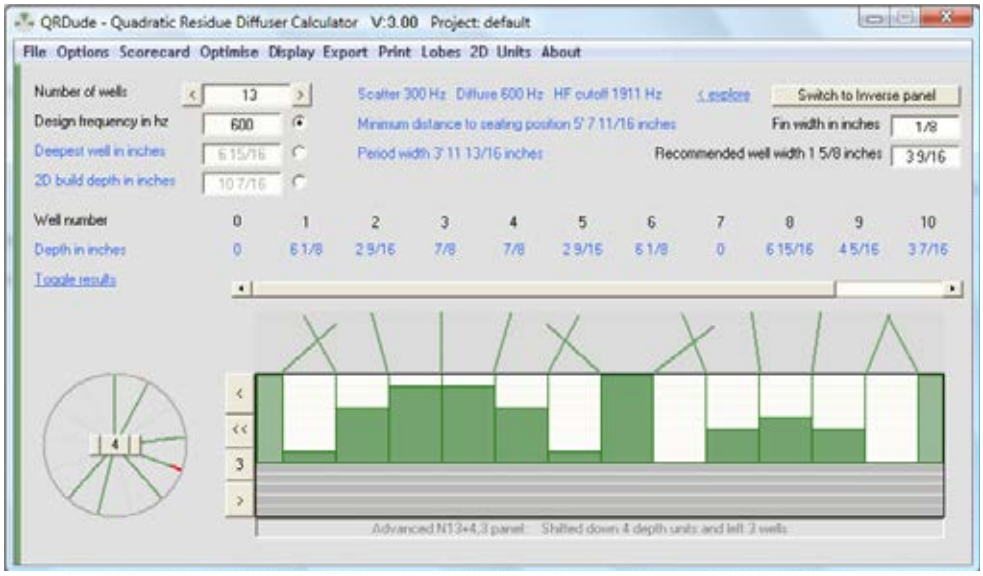
Figura 7. Instituto Tecnológico Metropolitano. Facultad de Artes y Humanidades, Programa de Informática Musical. Esquemas del diseño de una trampa de bajos y de un panel acústico de fibra de coco.

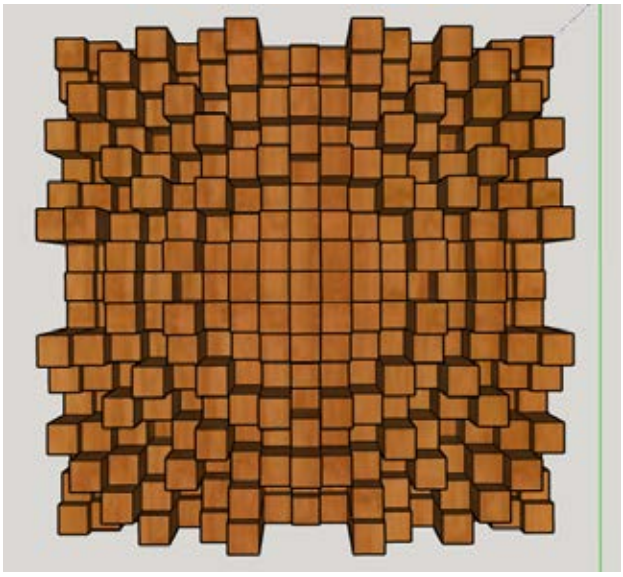
Fuente: elaboración de alumnos del semillero ACUSMUSIC.

Finalmente, otros dispositivos que pueden diseñarse con herramientas libres son los difusores, que se encargan de distribuir la energía acústica en un rango determinado de frecuencias medias-altas que ayudan a difundir la energía acústica en una sala a fin de que el campo o la energía sean lo más difusas posible.

La Figura 8 muestra QRDude [6], un software libre que incluye gráficos de directividades y datos para su construcción. Una vez el estudiante determina las medidas que necesita con herramientas como Free CAD (https://www.freecadweb.org/) o Tinkercad (https://www.tinkercad.com/), hace el levantamiento de los planos para conocer cómo va a quedar el producto final.

Figura 8. Instituto Tecnológico Metropolitano. Facultad de Artes y Humanidades, Programa de Informática Musical. Pantalla del software QRDude para el diseño de difusores y plano de un difusor.





Fuente: elaboración de alumnos del semillero ACUSMUSIC a partir de Subwoofer-builder.com (s. f.) [6].

C. Modelamiento de materiales ecológicos

Para el tratamiento acústico y el control de ruido se pueden desarrollar materiales basados en recursos renovables como fibras naturales, reciclados de la industria textil, espumas ecológicas y metamateriales acústicos con geometrías en origami, todos ellos nuevas tendencias en el diseño de dispositivos acústicos, que los convierten en una alternativa a los materiales convencionales [7]. Con todo, para aprender a diseñarlos y modelarlos es preciso conocer y simular sus propiedades mecánicas; por ello, para realizar las pruebas según las normas internaciones de metrología en acústica se requiere contar con técnicas de modelamiento y simulación por medio de software y análisis de modelamientos físicos.

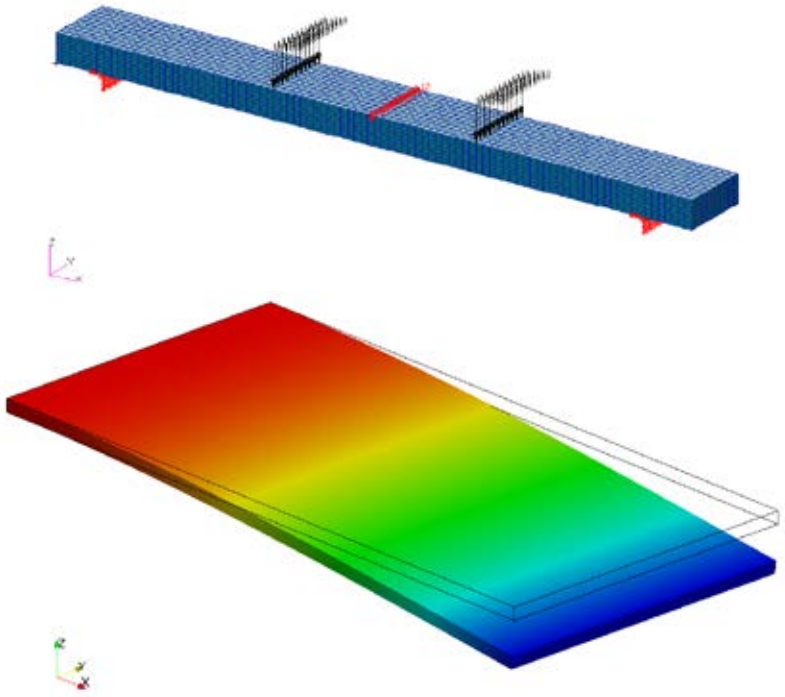
La experiencia del semillero en los cursos de física acústica ha sido introducir a los estudiantes de manera gradual para que desarrollen productos a partir de modelamientos y diseños de nuevos materiales acústicos ecológicos y *composites* con refuerzos de fibra natural que sean de menor coste y menos contaminantes que los materiales convencionales como la lana de vidrio, para que puedan ofrecerlos al mercado para el acondicionamiento acústico de recintos [8]. Estos productos incluyen dispositivos acústicos como los difusores y los resonadores Helmholtz con formas creativas de diseño denominadas "origami", todas ellas alternativas innovadoras que ayudarán a los estudiantes, en su rol como productores musicales, a enriquecer la investigación y el aprendizaje en el desarrollo del área del control de ruido.

D. Modelos analíticos

Para el proceso de simulación de los paneles se utilizan modelos analíticos que pueden calcular matemáticamente las propiedades específicas de un material compuesto final mediante la asignación como entrada de las características de matriz y refuerzo; por su orientación al diseño de materiales, este laborioso proceso se lleva a cabo en el semillero.

La herramienta matemática usada es el análisis de diferencias finitas, FEA (*Finite Element Analysis*) [8], aplicada ampliamente en la academia y la industria, ya que las condiciones de contorno y las estructuras de formas complejas de cualquier modelo de material pueden ser resueltas fácilmente a través del FEA. Para este propósito se emplea Salome-Meca (https://www.code-aster.org/spip.php?article303) u Open FOAM (*Open Field Operation and Manipulation*, https://www.openfoam.com/). Este último es un solucionador de ecuaciones parciales diferenciales programado en lenguaje C++, orientado a la simulación numérica en mecánica de fluidos computacional (*Computational Fluid Dynamics*, CFD) [9], donde se almacenan los datos en una *library* que se utiliza para crear ejecutables conocidos como "aplicaciones". Estas se dividen en dos categorías: solucionadores, para resolver un problema específico en mecánica de medios continuos; y acústica de análisis de resonancia, para conocer las diferentes vibraciones del material y su absorción sonora (Figura 9).

Figura 9. Simulación de nuevos materiales y espumas por medio de análisis de diferencias finitas, FEA (Finite Element Analysis).



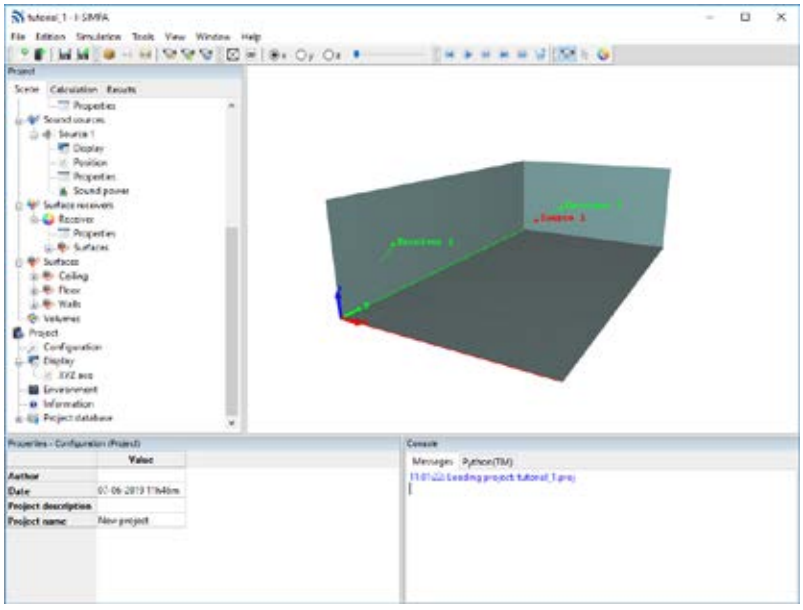
Fuente: elaboración del autor a partir de Laborová (2018) [9].

E. Simulación acústica de recintos

El objetivo de la simulación de acústica de recintos es representar las propiedades reverberantes de un espacio sin tener que construir físicamente algún dispositivo o sala.

Para este propósito se encontró i-SIMPA [10], un software libre de origen francés que ofrece una herramienta gráfica para la síntesis de respuesta al impulso combinando técnicas de simulación geométrica y de modelado de ondas, y proporcionando un equilibrio ajustable entre la velocidad y la precisión, cuyo código fuente se puede utilizar y ampliar según los términos de la GNU –llamada también GPL (*General Public License*, Licencia Pública General)–. i-SIMPA permite crear escenarios e importar planos de otros programas, simular los materiales de espumas naturales propuestos en las diferentes paredes con sus respectivos coeficientes de absorción y crear receptores planos, diferentes parlantes o fuentes con directividades planteadas por el usuario (Figura 10).

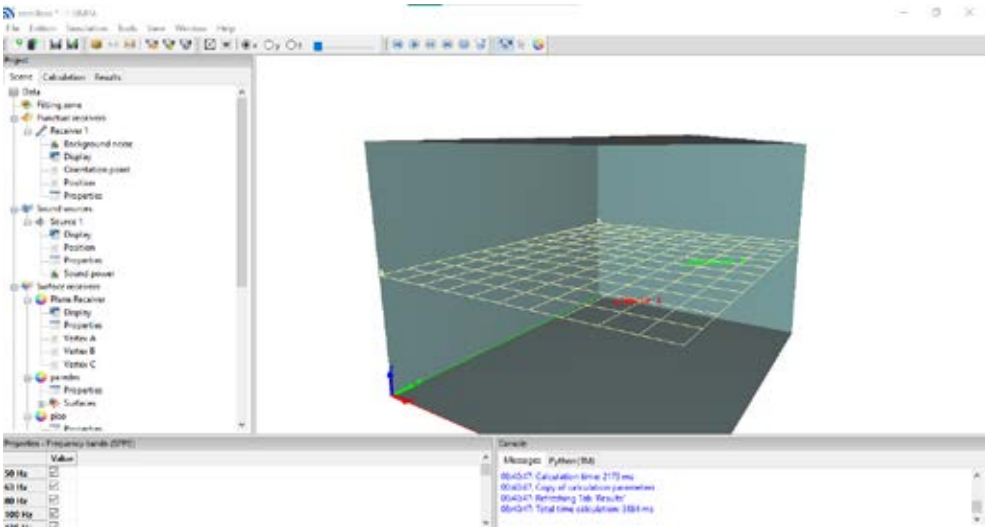
Figura 10. Instituto Tecnológico Metropolitano. Facultad de Artes y Humanidades, Programa de Informática Musical. Pantalla del escenario.



Fuente: elaboración del autor a partir de i-SIMPA (s. f.) [10].

De este modo, el alumno tiene la posibilidad de crear diferentes planos de análisis, un plus para su aprendizaje, ya que la comprensión de la acústica estadística es compleja, más aún en estudiantes que no son del nivel de ingeniería. Asimismo, les brinda una gama de posibilidades a la hora de diseñar estudios de grabación y salas de ensayo en los que las geometrías y los elementos absortores del sonido se pueden recrear de manera didáctica para que puedan solucionar problemas reales en el mundo del audio y de la producción musical (Figura 11).

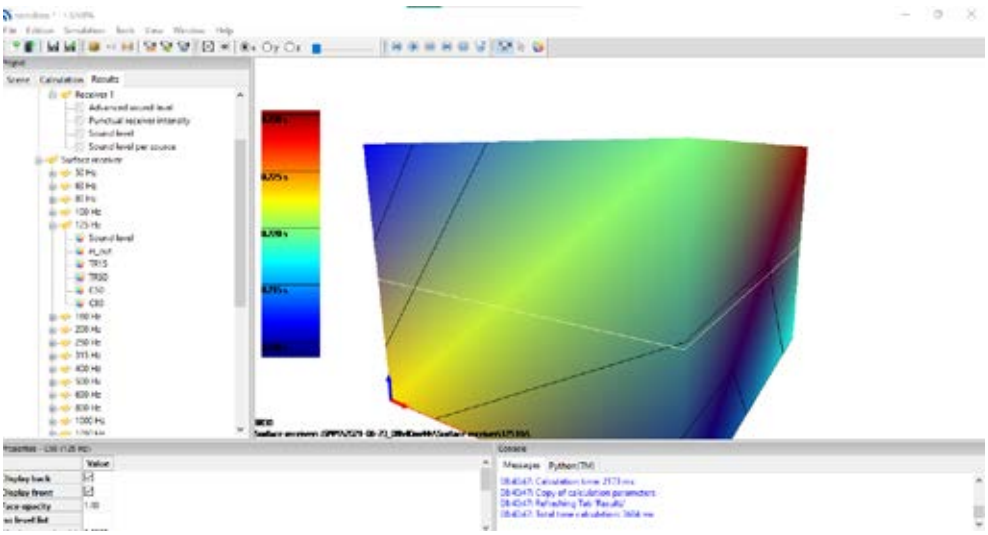
Figura 11. Instituto Tecnológico Metropolitano. Facultad de Artes y Humanidades, Programa de Informática Musical. Pantalla del escenario con plano de análisis.



Fuente: elaboración del autor a partir de i-SIMPA (s. f.) [10].

Por otro lado, el análisis de los tiempos de reverberación con simulaciones en color da cuenta de la importancia de los materiales y su aplicación. Estas pueden evaluarse para diagnosticar las salas *a priori* y disminuir los errores en el momento de la construcción del recinto, medir la distribución de la energía y calcular los objetivos acústicos de claridad C80 y C50, la definición y otros parámetros necesarios (Figura 12).

Figura 12. Instituto Tecnológico Metropolitano. Facultad de Artes y Humanidades, Programa de Informática Musical. Análisis de simulación de los tiempos de reverberación de una sala.



Fuente: elaboración del autor a partir de i-SIMPA (s. f.) [10].

III. CONCLUSIONES

El Programa de Informática Musical del Instituto Tecnológico Metropolitano cuenta con registro calificado y acreditación de alta calidad. Gran parte de sus egresados se dedica a la industria de la grabación y la optimización de sistemas de sonido en vivo. La apropiación del conocimiento por medio de las herramientas propuestas en este documento ha impactado positivamente en la calidad de los estudiantes y en la participación de semillero, disminuyendo de manera eficaz la deserción, resultado que se demuestra con los índices de calidad académica. Así, este trabajo es un aporte importante a la cuestión del uso del software libre, que crece a nivel mundial como una opción estratégica para poblaciones estudiantiles de bajos recursos y genera estudiantes motivados, enganchados en grupos de investigación, y procesos de estudiantes investigadores que aplican la filosofía de la institución: "Aprender para la vida y el trabajo".

La idea de los nuevos materiales acústicos a base de fibras naturales es una propuesta novedosa, ya que la geografía del país permite que sean cultivadas en grandes cantidades. Los estudiantes del semillero están trabajando en proyectos de paneles ecológicos de bajo coste para adecuar salas de ensayo, aulas de colegios de bajos recursos y sus propios estudios de grabación. Con herramientas informáticas libres se pueden modelar y construir dispositivos acústicos que generan oportunidades de empleo en el amplio mundo del control de ruido.

REFERENCIAS

[1] J. Mulcahy, "REW - Room EQ Wizard Help Index". https://www.roomeqwizard.com/help.html (consultado el 25 de enero de 2021)

[2] C. R. Kunchur, "Evaluating Room Acoustics for Speech Intelligibility", *Open Journal of Applied Sciences*, vol. 09, núm. 07, Art. núm. 07, jul. 2019, doi: 10.4236/ojapps.2019.97048.

[3] J. Mulcahy, "REW - Room EQ Wizard Room Acoustics Software". https://www.roomeqwizard.com (consultado el 25 de enero de 2021).

[4] M. Vrbík, "Aplikace pro měření impulsových odezev prostorů", Application for Measurement of Room Impulse Responses, Consultado: el 26 de enero de 2021. [En línea]. Disponible en: http://dspace.vutbr.cz/handle/11012/82024

[5] "QRDude User guide". https://www.subwoofer-builder.com/qrdude-user-guide.htm (consultado el 25 de enero de 2021).

[6] S. Guenneau y R. V. Craster, "Fundamentals of Acoustic Metamaterials", en *Acoustic Metamaterials: Negative Refraction, Imaging, Lensing and Cloaking*, R. V. Craster y S. Guenneau, Eds. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013, pp. 1–42. doi: 10.1007/978-94-007-4813-2_1.

[7] E. Juliá Sanchis, "Modelización, simulación y caracterización acústica de materiales para su uso en acústica arquitectónica", Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València, 2008. doi: 10.4995/Thesis/10251/2932.

[8] P. Kumar y D. K. Viswanath Allamraju, "A Review Of Natural Fiber Composites [Jute, Sisal, Kenaf]", *Materials Today: Proceedings*, vol. 18, pp. 2556–2562, ene. 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.07.113.

[9] A. Laborová, "Experimentální softwarový hudební nástroj řízený změnou intenzity světla", Experimental Software Musical Instrument Controlled by Change of Light Intensity, Consultado: el 26 de enero de 2021. [En línea]. Disponible en: http://dspace.vutbr.cz/handle/11012/84232

[10] "I-Simpa User Guide — Documentation I-Simpa 1.3.4". https://i-simpa-wiki.readthedocs.io/fr/latest/index.html (consultado el 25 de enero de 2021).

AUTOR

Fredy Alberto Alzate-Arias

Magister en Gestión Tecnológica de la Universidad Pontificia Bolivariana. Ingeniero Electrónico de la Universidad de Antioquia. Docente investigador de Instituto Tecnológico Metropolitano (ITM), Medellín.

Áreas de investigación: Acústica, Audio profesional, Electroacústica. Grupo de investigación artes y humanidades ITM línea diseño y nuevos medios.

CVLAC https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001413814.

La experimentación asincrónica como alternativa en el aprendizaje del concepto ácido-base[1]

Asynchronous experimentation as an alternative in learning the acid-base concept

Ospina-Valencia, Laura[2] y Osorio, Héctor J.[3]

1 Este artículo hace parte de los resultados del trabajo final de maestría de enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Universidad nacional de Colombia, Sede Manizales.

2 Universidad Nacional de Colombia; ORCID 0000-0003-0877-9357.
Contacto: lospinava@unal.edu.co.

3 Dr.Sc., profesor asociado del Departamento de Física y Química de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Contacto: hjosoriozu@unal.edu.co.

Resumen

En la básica secundaria una de las principales dificultades en el proceso del aprendizaje y la enseñanza se asocia a la falta de didáctica en las ciencias naturales y la falta de uso de vivencias experimentales, de lo anterior se propuso elaborar una unidad didáctica y en el desarrollo de esta, se plantearon en 4 etapas mediadas por las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), con 17 estudiantes del grado once del Colegio San Miguel, en Chinchiná, Caldas. Se desarrolló una prueba diagnóstica que permitiera encontrar las dificultades frente a la conceptualización ácido – base. Seguidamente, con base en lo anterior, se diseñó la unidad didáctica y se aprovechó el recurso del aula virtual adquirido por la institución (Santillana) para su ejecución. Los estudiantes desarrollaron prácticas experimentales en casa, de tal forma que potencian el aprendizaje autónomo, la motivación y la interpretación. Se observó que los estudiantes presentaron interés al desarrollo de la unidad didáctica, ejecutando diferentes actividades y dando un cambio significativo en la interpretación.

Palabras clave: ácido-base, aprendizaje autónomo, experimentación, interpretación, unidad didáctica.

Abstract

In the secondary school, one of the main difficulties in the learning and teaching process is associated with the lack of didactics in the natural sciences and the lack of use of experimental experiences, from the above it was proposed to elaborate a didactic unit and in the development of this, they were raised in 4 stages mediated by information and communication technologies (ICT), with 17 eleventh grade students from Colegio San Miguel, in Chinchiná, Caldas. A diagnostic test was developed that would allow finding the difficulties in the acid-base conceptualization. Next, based on the above, the didactic unit was designed and the resource of the virtual classroom acquired by the institution (Santillana) was used for its execution. The students developed experimental practices at home, in such a way that they enhance autonomous learning, motivation and

interpretation. It was observed that the students showed interest in the development of the didactic unit, executing different activities, and giving a significant change in the interpretation.

Keywords: acid-base, autonomous learning, experimentation, interpretation, didactic unit.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, surge la necesidad de buscar estrategias para abordar el proceso de aprendizaje de las ciencias exactas, ya que cada día la educación se hace más exigente y la formación de estudiantes se enfrenta a un reto constante. Para ello, es necesario formar personas competentes, que se apropien del conocimiento científico y desarrollen habilidades que les permitan ser autónomos para resolver situaciones reales [1]. Esto conlleva a una transformación en la forma de enseñar las ciencias exactas, donde los docentes deben realizar un cambio metodológico para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Este debe dinamizar y enriquecer los intereses de los alumnos convirtiéndose en un guía sagaz y afectuoso que ayuda al estudiante a construir su propio conocimiento [2]. Además, el docente debe diseñar estrategias y crear aulas metacognitivas en las cuales su principal objetivo sea la formación de estudiantes activos, analíticos y competentes y realizar una transposición conceptual [3].

De las estrategias que se vienen desarrollando actualmente, las TIC juegan un papel importante en los procesos de enseñanza de las ciencias exactas, ya que por medio de ellas se puede enriquecer el proceso de aprendizaje, debido a su fácil acceso y el uso de elementos visuales y auditivos [3]. Igualmente, se han desarrollado laboratorios virtuales, ya que simulan laboratorios experimentales que motivan la participación de los estudiantes y la comprensión de los conceptos, mejorando la percepción de este [4].

Furió [5] mostró cómo las visiones distorsionadas de la química pueden explicar la falta de aprendizaje significativo en el estudio de las relaciones entre ácidos y bases. Encontró que los estudiantes mezclan los perfiles macroscópicos y microscópicos de las sustancias.

De lo anterior, se desarrolló una unidad didáctica en la cual los estudiantes realizaban prácticas experimentales caseras, acompañados a través de las TIC, además de ejecutar laboratorios virtuales que complementaban lo vivido en casa, lo cual se implementó con estudiantes

de grado 11º del Colegio San Miguel en Chinchiná, con la intención de que los estudiantes desarrollen competencias y habilidades propias de las ciencias, como lo son el pensamiento crítico, la interpretación, la argumentación, entre otros.

Uno de los atributos que brinda el trabajo experimental (laboratorios virtuales y caseros) es poder interactuar con los elementos y observar los cambios que ocurren en la vida cotidiana. Lo anterior facilita competencias en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que genera en los estudiantes mayor comprensión del concepto químico.

II. DESARROLLO DEL DOCUMENTO

Metodología

El trabajo se desarrolló mediante la investigación-acción donde el estudiante es el protagonista del proceso a través de la solución de un problema, por medio de laboratorios y las TIC [6].

Las actividades experimentales permiten a los estudiantes ser agentes activos en el proceso educativo [7]. Se contó con la participación de 17 estudiantes del Colegio San Miguel en Chinchiná, los cuales desarrollaron las siguientes etapas:

La primera etapa es la aplicación de un instrumento basado en una vivencia experimental, que permitió explorar las ideas previas de los estudiantes mediante una prueba asociada a los conceptos que se deben abordar de ácido y base.

En la segunda etapa, con base en la prueba de la fase anterior, se identificaron las dificultades e ideas previas frente al concepto acido-base y se diseñó la unidad didáctica, la cual está compuesta por seis guías, que a su vez están divididas en temas como teorías ácido-base, pH, indicadores y valoración bajo el modelo de escuela nueva, centrando el énfasis en el momento experimental (prácticas caseras) y laboratorios virtuales.

En la tercera etapa, debido a la situación de salud pública a nivel nacional e internacional, se implementó la unidad didáctica a través plataformas virtuales como Zoom y la adquirida por la institución (Santillana), con el fin de potenciar en los estudiantes el aprendizaje autónomo y la interpretación.

En la cuarta etapa, se desarrolló otra práctica casera con el propósito de evaluar el avance conceptual del estudiante frente al concepto ácido-base y el nivel alcanzado en la competencia interpretativa

De las etapas anteriores, se logró identificar las dificultades que presentaban los estudiantes frente al concepto acido-base, se definió la unidad didáctica con los diferentes momentos experimentales, generando en los estudiantes una actitud positiva frente a las guías desarrolladas, encontrándose finalmente un avance significativo en los conceptos evaluados (81 %) y el aprendizaje autónomo.

III. CONCLUSIONES

El diseño de la propuesta didáctica se hizo acorde a las necesidades que se presentaban en la institución educativa, se trabajaron vivencias experimentales en casa y laboratorios virtuales de una manera asincrónica.

Las TIC, los laboratorios virtuales y las vivencias experimentales caseras definidas desde la unidad didáctica generaron en los estudiantes una mayor comprensión del concepto acido-base y una mejora en la competencia interpretativa con una mayor autonomía de aprendizaje observada.

REFERENCIAS

[1] Jiménez, F. M. "Los conceptos de ácido y base: concepciones alternativas y construcción del aprendizaje en el aula". Mg. Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 2011.

[2] Tacca, D. R. "La enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica". Investigación educativa, vol. 16, no. 26, pp. 139-152. Marzo 2011.

[3] Castaño, E. Humberto. "Enseñanza de equilibrio químico haciendo uso de las TICs para estudiantes del grado once de enseñanza media". Mg. Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Colombia. 2012

[4] Fiad, S. B., & Galarza, O. D. "El Laboratorio virtual como estrategia para el proceso de Enseñanza-Aprendizaje del concepto de Mol". Formación universitaria, vol. 8, no. 4, pp. 3-14. Febrero 2015.

[5] Furió, C., Calatayud, L., & Bárcenas, S. "Deficiencias Epistemológicas En La Enseñanza De Las Reacciones Ácido-Base Y Dificultades De Aprendizaje". Tecné, Episteme y Didaxis, no, 22. Junio 2000.

[6] Martínez, M. "La investigación-acción en el aula". Revista Electrónica Agenda Académica. Vol. 7, no 1. 2000.

[7] Pérez & Nieto. "La investigación-acción en la educación formal y no formal". Enseñanza & Teaching. Revista interuniversitaria de didáctica No. 10 pp. 177-198. 1992.

AUTORES

Laura Ospina Valencia

Estudiante de Maestría en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Licenciada en Biología y Química, Universidad de Caldas. Línea de investigación enseñanza de las ciencias (EUCEN).

Héctor Jairo Osorio Zuluaga

Doctor en Ciencias-Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; profesor asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; director Departamento de Física y Química, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; docente Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales; investigador asociado Colciencias. Línea de investigación enseñanza de las ciencias (EUCEN).

Recursos educativos digitales para fortalecer procesos asociados al pensamiento geométrico relacionados con el DBA No 6, de matemáticas de grado 1[1]

Digital educational resources to strengthen processes associated with geometric thinking related to DBA No. 6, mathematics in grade 1

Cortes-Soto, Mario, Salazar-Buitrago, John

1 Trabajo Final de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales

Resumen

Este trabajo pretende contribuir al fortalecimiento de los procesos asociados al Derecho Básico de Aprendizaje (DBA) N°6 de grado primero para el área de Matemáticas propuesto por el Ministerio de Educación Nacional (MEN), a partir del diseño de un Recurso Educativo Digital (RED), que toma como fundamento el enfoque de resolución de problemas y el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como mediación cognitiva. El trabajo es de tipo cualitativo experimental y dentro de sus instrumentos metodológicos tienen en cuenta cuatro fases: fundamentación teórica para docentes, diseño de actividades para los estudiantes acorde a los procesos y tipo de pensamiento matemático asociado al DBA, propuesta de material de apoyo para estudiantes y docentes (videos, documentos, enlaces, Apps, entre otros) y la fase de evaluación para los estudiantes. Dentro de los resultados potenciales del trabajo, se destacan los siguientes: posibilitar al docente una fuente teórica precisa y amplia alrededor de los conceptos, procesos, habilidades inherentes al DBA, de manera que le permita proponer y diseñar sus propias actividades de aprendizaje, favorecer en los estudiantes la capacidad para reconocer objetos, propiedades y atributos de las formas bidimensionales y los cuerpos tridimensionales como cantidad de lados, vértices, caras, aristas, la capacidad para crear formas y cuerpos y dar el uso significativo y con objeto de mediador a los instrumentos digitales.

Palabras clave: mediación cognitiva, mediación tecnológica, pensamiento espacial, proceso de pensamiento, RED.

Abstract

This work aims to contribute to the strengthening of the processes associated with the Basic Right of Learning (DBA) N ° 6 of First grade for the area of Mathematics proposed by the Ministry of National Education (MEN), based on the design of a Digital Educational Resource (RED), which is based on the problem-solving approach and the use of Information and Communication Technologies (ICT) as cognitive mediation. The work is of a qualitative experimental type and within its methodological

instruments they take into account four phases: theoretical foundation for teachers, design of activities for students according to the processes and type of mathematical thinking associated with the DBA, proposal of support material for students and teachers (videos, documents, links, Apps, among others) and the evaluation phase for students. Among the potential results of the work, the following stand out: enabling the teacher a precise and broad theoretical source around the concepts, processes, and abilities inherent to the DBA in a way that allows them to propose and design their own learning activities; favor in students the ability to recognize objects, properties and attributes of two-dimensional shapes and three-dimensional bodies such as the number of sides, vertices, faces, edges, the ability to create shapes and bodies, and give meaningful and mediating use to digital instruments.

Keywords: cognitive mediation, technological mediation, spatial thinking, thought process, RED.

I. INTRODUCCIÓN

Descripción: la enseñanza de la geometría en las escuelas rurales se ha tornado en una enseñanza que se ha visto relegada por la falsa creencia que solo es necesario enseñar la matemática numérica desde las primeras edades y que no se reconoce el valor de la geometría como una representación de las matemáticas en el mundo real. Lo anterior se puede evidenciar en el contexto rural en el cual, en la mayoría de las escuelas, la enseñanza de la geometría se ve postergada hasta el final del año escolar para darle mayor importancia a la matemática desde el punto de visto numérico y no como un conjunto de pensamientos que se deben abordar y enseñar por igual. Además, la enseñanza del pensamiento geométrico en la básica primaria es relevante, dado que los estudiantes son capaces de desarrollar habilidades de visualización, exploración, representación y descripción de objetos de su entorno, facilitando la adquisición de conocimientos que son útiles en la vida diaria. Por otro lado, hay que tener en cuenta que el ejercicio de la abstracción y la rigurosidad propias del estudio de la geometría, hace que el proceso de la enseñanza y el aprendizaje no sea una tarea fácil.

El contexto rural, además, deja ver que las falencias en la formación docente que trata de enseñar la geometría son muy marcadas, que no solo depende de cómo fundamentan la geometría, sino que además no hay un fin al hacerlo, no existe un propósito de enseñanza que permita realmente enfocar con sentido cada conocimiento que se desea impartir. Por lo anterior, la formación docente cumple un papel fundamental en el planteamiento de los planes de área de cómo orientar la geometría cumpliendo con los propósitos y procesos fundamentales propuestas en los DBA de matemáticas para cada grado. Se hace necesario que los docentes se encuentren actualizados en los procesos actuales y en aquellos que mejores resultados han dado en la enseñanza para así mismo implementar nuevas estrategias que permitan obtener mejores métodos de enseñanza-aprendizaje.

Los esfuerzos realizados por contribuir al mejoramiento del aprendizaje de las matemáticas en las escuelas llevan al diseño de herramientas novedosas

que sirvan como material de apoyo didáctico a las instituciones y docentes para mejorar y fortalecer procesos, para esto se han creado los recursos educativos virtuales digitales (RED). Estos ayudarán a la adquisición de conocimientos y al mejoramiento continuo de procesos. Con el diseño de estos RED se quiere fortalecer el pensamiento geométrico espacial en los primeros grados, teniendo en cuenta los procesos que se asocian y los DBA con la resolución de problemas y el uso de las TIC.

De esta manera se plantea la pregunta: ¿cómo contribuir al fortalecimiento de los procesos asociados al pensamiento geométrico de estudiantes del grado primero a partir del diseño de recursos educativos digitales (RED) basado en el enfoque de resolución de problemas y el uso de TIC como instrumento de mediación cognitiva?

Justificación:

Cuando surge la pregunta ¿por qué se hace necesario enseñar la geometría en las escuelas y desde temprana edad?, se debería remontar a un principio epistemológico que recoge desde sus inicios todo el desarrollo de la humanidad, la percepción del mundo por sus formas, de la capacidad como personas de estar inmersas en el mundo que rodea todo y transformarlo para encontrar razones y maneras de explicar lo que los sentidos perciben. La geometría para los seres humanos se muestra como la presentación de las matemáticas que le permite soñar y construir un mundo a su gusto y que al transmitir su forma de percibirlo tiene efecto sobre el resto de la humanidad.

Se hace necesario el proyecto porque:

- Contrarresta las dificultades que surgen de la pedagogía tradicional.
- Promueve el diseño de RED y el uso de las TICs como mediador cognitivo.
- Reduce brechas tecnológicas en zonas de conflicto.
- Mejora y potencia procesos asociados al pensamiento métrico-espacial.

- Fundamenta a docentes en la enseñanza.
- Atender a las víctimas del conflicto armado en Colombia.

Objetivo general

- Contribuir al fortalecimiento de los procesos asociados al DBA No. 6 de matemáticas del grado primero, correspondiente al pensamiento geométrico, a partir del diseño de Recursos Educativos Digitales (RED), basado en el enfoque de resolución de problemas y el uso de TIC como mediación cognitiva.

Objetivos específicos

- Proponer un espacio de fundamentación teórica a los docentes, sobre los conceptos, enfoques y posturas actuales en educación matemática referidos al DBA No. 6.
- Diseñar actividades de aprendizaje que inciten al estudiante a fortalecer el logro del DBA No. 6 e incentivar a los docentes para que propongan sus propias actividades.
- Brindar acceso a materiales de apoyo didáctico, entre ellos material de mediación tecnológica (animación, video, enlaces externos, App, entre otros) que favorezcan el alcance del DBA No. 6.
- Realizar evaluaciones periódicas a los estudiantes para medir los avances en el logro del DBA No. 6.

II. METODOLOGÍA

La metodología a utilizar en este trabajo de investigación es cualitativa y su objeto de estudio se basa en alcanzar los procesos que asocian el pensamiento métrico espacial como identificar, agrupar, describir, crear y componer figuras y cuerpos geométricos con el uso de un Recurso Educativo Digital para inculcar en los estudiantes el aprendizaje de la geometría en edades tempranas y mejorar la enseñanza de esta en los docentes. Además, pretende recopilar información acerca de algunas características que nacen

de la fundamentación teórica de toda la construcción del RED y que permitirá explorar objetos de estudio poco estudiados.

Instrumentos metodológicos: al plantear tanto el objetivo general como los objetivos específicos, se tienen ideas claras de cómo poder alcanzarlos por medio de rutas metodológicas propuestas a los docentes y estudiantes, mediante la formación teórica, las actividades y la evaluación. Las fases se describen a continuación.

- Fase 1: fundamentación a docentes.
- Fase 2: diseño de las actividades.
- Fase 3: material complementario.
- Fase 4: evaluación y verificación.

Población y muestra: la población de estudio serán cinco instituciones educativas rurales pertenecientes a los municipios de Marulanda, Samaná, Chalán, Ovejas, Quibdó y Ánimas, y sus respectivos departamentos, Caldas, Sucre y Chocó. Esta población tiene en común que han sido víctimas del conflicto y, por ende, las buenas condiciones sociales, económicas y educativas de las cuales han carecido por décadas exigen una solución igualitaria.

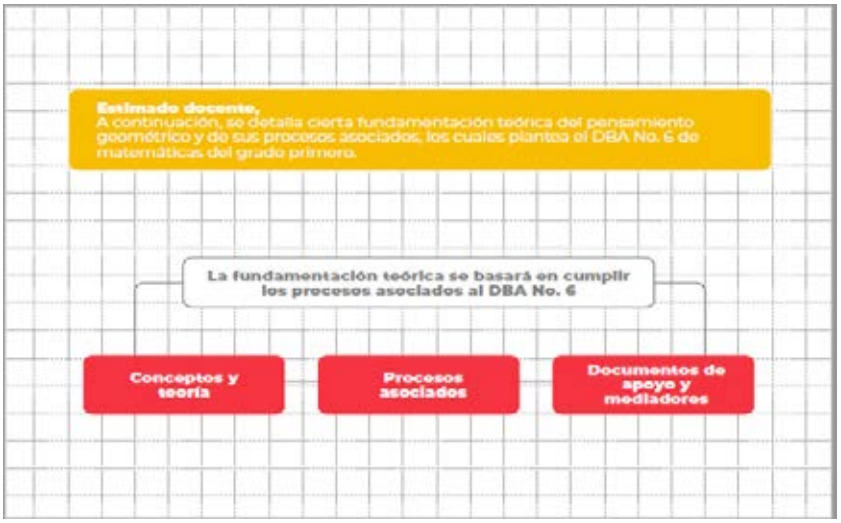
Fuentes de información: la información principal para el análisis del trabajo son las siguientes: observación directa, comunicación con estudiantes y docentes, también, la elaboración y ejecución de recursos educativos digitales.

Resultados

Etapa 1: fundamentación teórica docente.

Se propone que el docente se fundamente en los conceptos, teorías, procesos asociados y que además pueda contar con documentos de apoyo y mediadores tecnológicos. El RED inicia con una descripción del contenido.

Figura 1. Inicio a la fundamentación teórica del docente

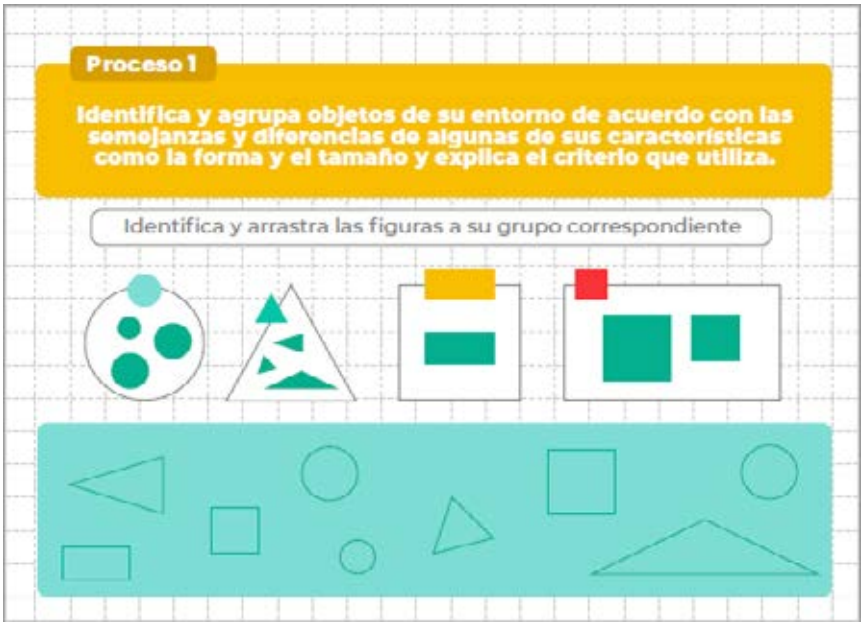


Fuente: Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Conceptos introductorios al docente

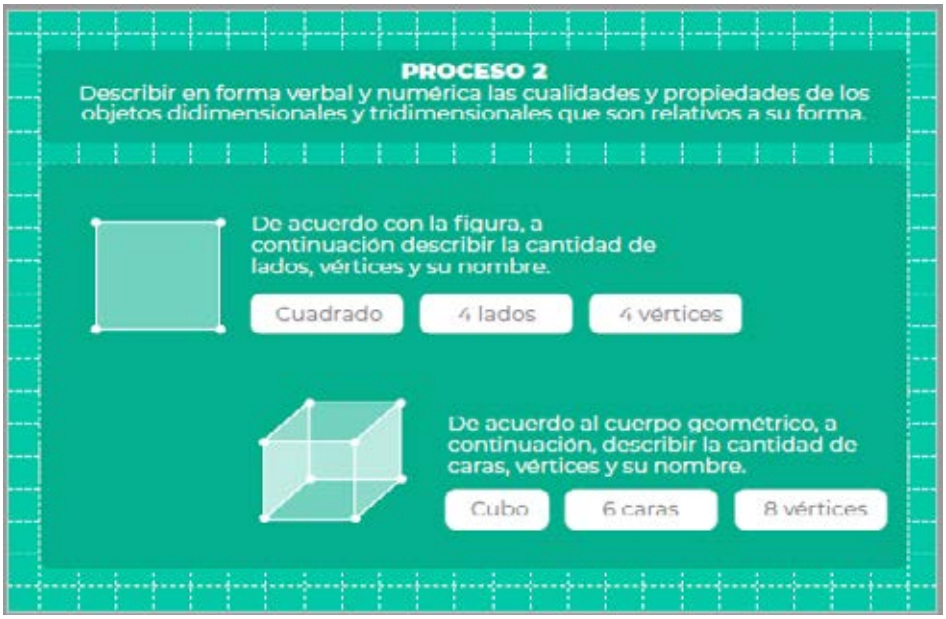
Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Proceso asociado No. 1



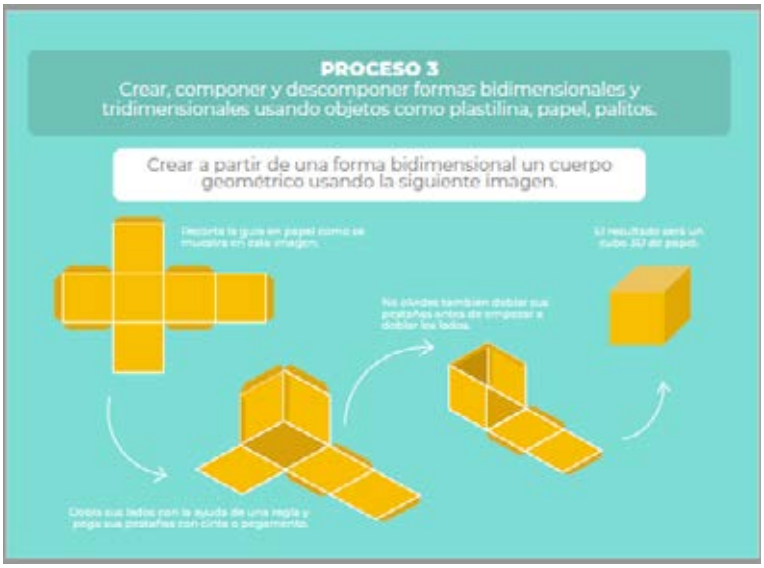
Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Proceso asociado No. 2



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Proceso asociado No. 3



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Apoyo bibliográfico

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Mediadores

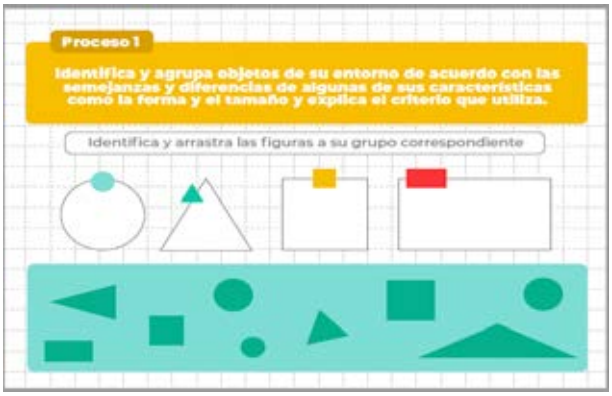
Fuente: elaboración propia.

Etapa 2: Diseño de las actividades

En el diseño de las actividades, se propuso una situación en la que un niño se dispone a visitar la ciudad de las formas geométricas, siendo esta una atracción de interés para los estudiantes. En la ciudad de las figuras se propone, además, que se realicen las actividades que corresponden a cada uno de los procesos que se desean desarrollar

Proceso No 1:

Figura 8. Actividad ejemplo asociada al proceso No. 1



Fuente: elaboración propia.

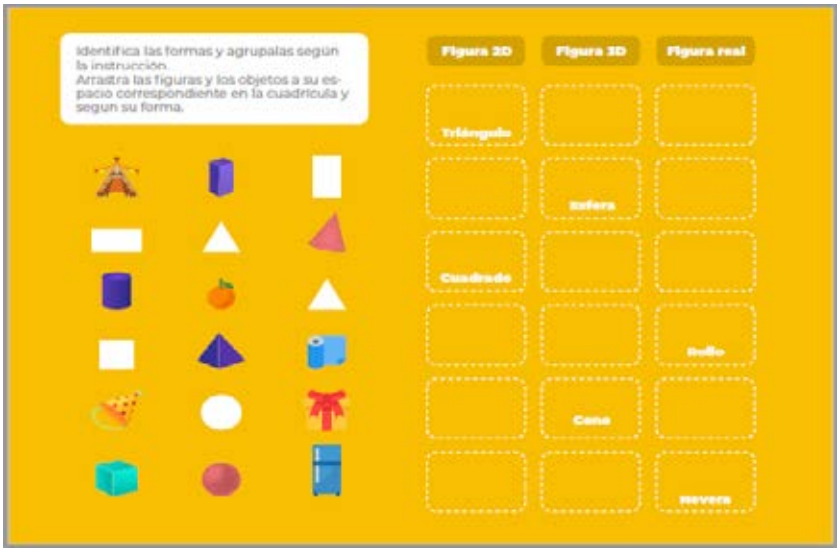
Figura 9. Actividad asociada al proceso No. 1 – Formas bidimensionales

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Actividad asociada al proceso No. 1- Cuerpos tridimensionales

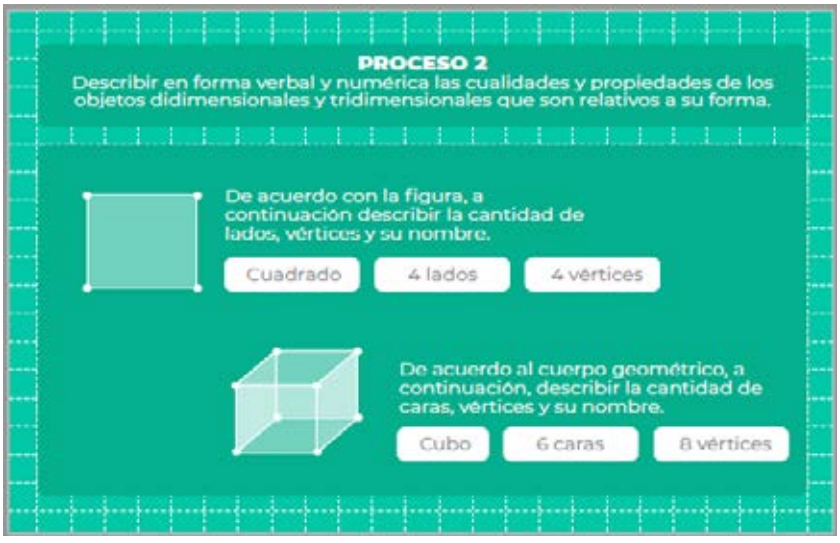
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Actividad asociada al proceso No. 1 - Relación entre las figuras y cuerpos



Fuente: elaboración propia

Figura 12. Proceso No. 2



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Actividad asociada al proceso No. 2 – Descripción numérica y verbal de atributo

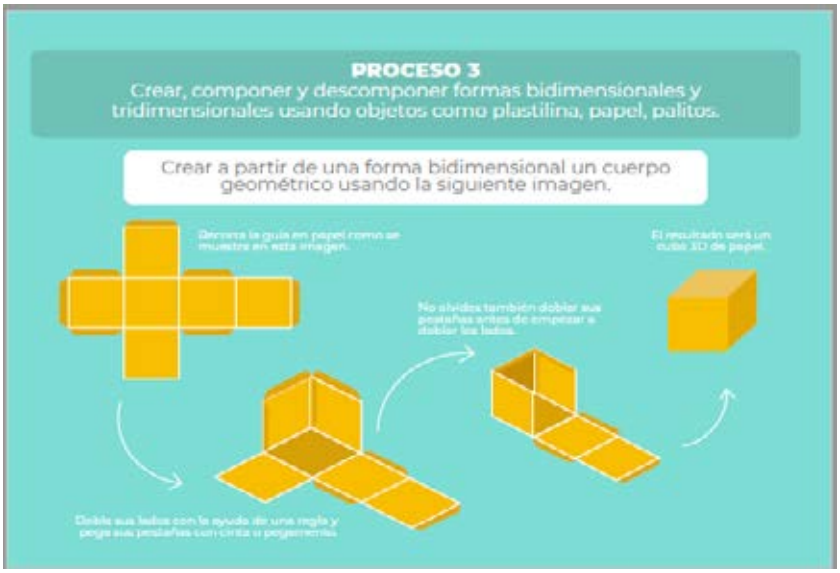
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Actividad asociada al proceso No. 2 - Descripción numérica y verbal de atributos

Fuente: elaboración propia.

Proceso No 3:

Figura 15. Proceso No. 3



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Actividad asociada al proceso No. 3 - Formas bidimensionales

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Actividad asociada al proceso No. 3 - Formas tridimensionales

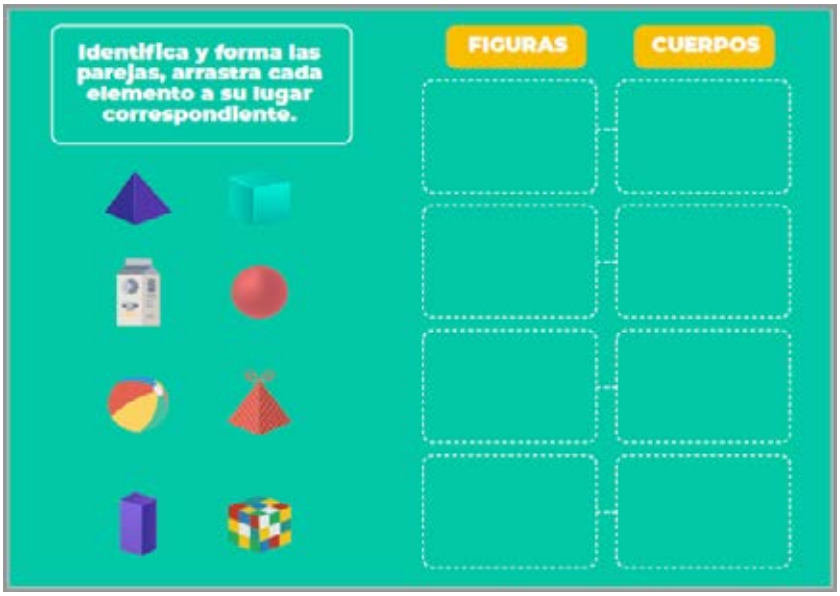
Fuente: elaboración propia.

Etapa 3: Evaluación

Figura 18. Actividad de evaluación 1

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Actividad de evaluación 2



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Actividad de evaluación 3

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Actividad de evaluación 4

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Actividad de evaluación 5

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Actividad de evaluación 6

Fuente: elaboración propia.

III. CONCLUSIONES

- El diseño del RED muestra una interfaz amigable tanto para los estudiantes como para los docentes, además de navegar fácilmente a través de las distintas unidades, actividades y entornos que se encuentran desarrolladas en este, con el fin de potenciar y fortalecer los procesos planteados respecto del DBA No 6 y el pensamiento espacial.

- El RED tiene en cuenta parte de la formación docente indispensable para justificar la creación y uso de estas herramientas. Se les otorga a los docentes los medios necesarios para aplicar en el quehacer pedagógico y familiarizándose con nuevas formas o posturas sobre la enseñanza de la geometría en las primeras edades.

- El desarrollo y aplicación del RED en las instituciones educativas tendrá un impacto muy positivo en los niños y niñas, acercará a estos estudiantes a nuevas maneras de aprender y a los docentes de enseñar y muy importante, potenciar la didáctica de las matemáticas con las herramientas computacionales como mediadores para mejorar el aprendizaje en las aulas.

REFERENCIAS

[1] Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2016). *Derechos básicos de aprendizaje. Matemáticas* (2ª ed.). Panamericana Formas e Impresiones.

[2] Ospina, E. (2015, 13 al 15 de agosto). Pedagogías de la memoria: el papel de la escuela en el posconflicto. *Primera Bienal Internacional de Educación y Cultura de Paz.*

[3] Sarmiento, M. (2004). *La enseñanza de las Matemáticas y las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación* [Tesis doctoral no publicada]. Universitàt Rovira i Virgili.

AUTORES

Mario Andrés Cortés Soto

Ingeniero químico de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.
Áreas de investigación: educación.

John Jairo Salazar Buitrago

Profesor asociado de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.
Áreas de investigación: educación.