



Doi: <https://doi.org/10.70577/0b1c1y55/ASCE/39.57>

Recibido: 2024-12-18

Aceptado: 2024-11-22

Publicado: 2024-12-15

Una estrategia didáctica para el proceso de enseñanza-aprendizaje de los Números Complejos

A didactic strategy for the teaching-learning process of Complex Numbers

Autor:

Raúl W. Toapanta Bautista

Estudiante de la maestría en Educación Matemática

<https://orcid.org/0009-0003-4860-1593>

wlad28ra@hotmail.com

Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Barona”

Quito – Ecuador

Como citar:

Toapanta Bautista, R. W. (2024). Una estrategia didáctica para el proceso de enseñanza-aprendizaje de los Números Complejos . *ANNAL SCIENTIFIC EVOLUTION*, 3(4), 39–57. <https://doi.org/10.70577/0b1c1y55/ASCE/39.57>



Resumen

La presente investigación tiene como objetivo, elaborar una estrategia didáctica para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de los Números Complejos, esto se justifica en base a una encuesta realizada a 30 estudiantes de la Unidad Educativa “Equinoccio San Antonio”, donde el 47,50% de los estudiantes atribuye tener complicaciones en la comprensión de los Números Complejos y al aplicar una evaluación diagnóstica a 36 estudiantes se tiene un bajo rendimiento académico. El diseño de esta investigación es descriptivo y pre-experimental, la estrategia didáctica se basa en un proceso estructurado en cuatro etapas clave: primero la exploración inicial que tiene como objetivo identificar y evaluar los conocimientos previos, segundo la planificación, es estructurar y organizar el contenido, tercero la fase de ejecución es donde se aplica la planificación mediante el uso de GeoGebra y cuarto es el control que permite evaluar el logro de los objetivos de aprendizaje.

Como resultados de la investigación de la estrategia didáctica propuesta permitió fortalecer, que los estudiantes del 3 BGU, mejoren significativamente la comprensión de los Números Complejos de 5,58 a 7,33 de promedio. En conclusión, la investigación demuestra que la estrategia didáctica propuesta mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje de los Números Complejos.

Palabras clave: Números Complejos, estrategia didáctica, GeoGebra, enseñanza- aprendizaje.



Abstract

The objective of this research is to develop a didactic strategy to strengthen the teaching-learning process of Complex Numbers, this is justified based on a survey carried out on 30 students of the Educational Unit "Equinoccio San Antonio", where 47.50% of the students attribute having complications in the understanding of Complex Numbers and when applying a diagnostic evaluation to 36 students there is a low academic performance. The design of this research is descriptive and pre-experimental, the didactic strategy is based on a process structured in four key stages: first the initial exploration that aims to identify and evaluate previous knowledge, second the planning, is to structure and organize the content, third the execution phase is where planning is applied through the use of GeoGebra and fourth is the control that allows evaluating the achievement of the objectives of learning.

As a result of the research of the proposed didactic strategy, it was possible to strengthen the 3 BGU students to significantly improve the understanding of Complex Numbers from 5.58 to 7.33 on average. In conclusion, the research shows that the proposed didactic strategy improves the teaching-learning process of Complex Numbers.

Keywords: Complex Numbers, didactic strategy, GeoGebra, teaching-learning.



Introducción

A lo largo de la historia, los Números Complejos han evolucionado desde su conceptualización inicial como raíces cuadradas de cantidades negativas hasta su formalización como pares ordenados de números reales, consolidándose como una herramienta clave en el campo matemático. Sin embargo, su enseñanza en la educación secundaria representa un desafío significativo en el ámbito de la Matemática debido a las persistentes dificultades que los estudiantes enfrentan para comprenderlos. A pesar de los esfuerzos realizados en el desarrollo de enfoques metodológicos, como señala Soto (2015), esta área sigue siendo problemática, con dificultades tanto conceptuales como operativas.

La situación se ve agravada por las prácticas pedagógicas actuales, donde, según Solano (2017), los métodos tradicionales no abordan de manera efectiva la abstracción de los conceptos involucrados. Además, persiste la falta de estrategias didácticas innovadoras que favorezcan una comprensión profunda de los Números Complejos, los cuales, a pesar de su relevancia en disciplinas como la Física y la Ingeniería, requieren enfoques pedagógicos que fomenten su visualización y contextualización (Pérez, 2011).

A pesar de que actualmente se reconoce que la enseñanza de los Números Complejos se basa en una introducción gradual que comienza con los números imaginarios y culmina con los números complejos, utilizando gráficos y representaciones visuales para facilitar su comprensión (la implementación de estas estrategias sigue siendo insuficiente para superar las barreras en el aprendizaje de estos conceptos. Educación, 2023)

Desde una perspectiva teórica, la Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa, como señala Cantoral & Reyes (2014) aporta una comprensión crítica de cómo los estudiantes construyen el conocimiento matemático dentro de un contexto social y cultural, sugiriendo que el aprendizaje no debe ser visto como una transmisión de información, sino como un proceso de construcción de significados a través de la interacción con el entorno.

En este contexto, la integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha transformado el proceso educativo, pasando de un modelo centrado en el docente a uno más enfocado en el alumno. Las herramientas digitales brindan acceso ilimitado a fuentes de conocimiento y fomentan un aprendizaje autónomo, en el cual el estudiante se convierte en el principal agente de su educación. Esta tendencia, impulsada por el acceso a recursos multimedia y plataformas en línea, ha convertido a las TIC en una parte esencial de la innovación educativa, mejorando la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje (Sánchez, 2017; Ancira, 2011).

Dentro de las TIC, herramientas como GeoGebra han enriquecido notablemente la enseñanza de los Números Complejos. Esta plataforma gratuita se distingue por su versatilidad, ya que combina dos ventanas interactivas, una algebraica y otra geométrica, que permiten realizar operaciones algebraicas y representar gráficamente las funciones. Gracias a la capacidad de realizar operaciones como adición, sustracción, multiplicación y división, y la visualización inmediata de los resultados en gráficos precisos, el tiempo de aprendizaje se optimiza

significativamente en comparación con los métodos tradicionales (Surichaqui, 2022). De este modo, el software fomenta la participación activa del estudiante, transformándolo de un receptor pasivo de información a un participante activo, lo que facilita una comprensión más duradera y óptima (Romero, 2013).

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es otra metodología que contribuye al desarrollo cognitivo de los estudiantes al centrarse en la resolución de problemas complejos como forma de adquirir nuevos conocimientos. En este enfoque, los estudiantes asumen un rol activo al investigar y comprender los problemas propuestos, integrando conceptos previos y desarrollando habilidades de colaboración y toma de decisiones. Este tipo de metodología favorece el trabajo en equipo, lo que incrementa la motivación y el compromiso con el aprendizaje (Barrows, 1986). Además, al trabajar con problemas que involucran Números Complejos, los estudiantes no solo mejoran su comprensión matemática, sino que también desarrollan habilidades cognitivas y sociales fundamentales para su desarrollo académico y profesional (Exley & Dennick, 2007).

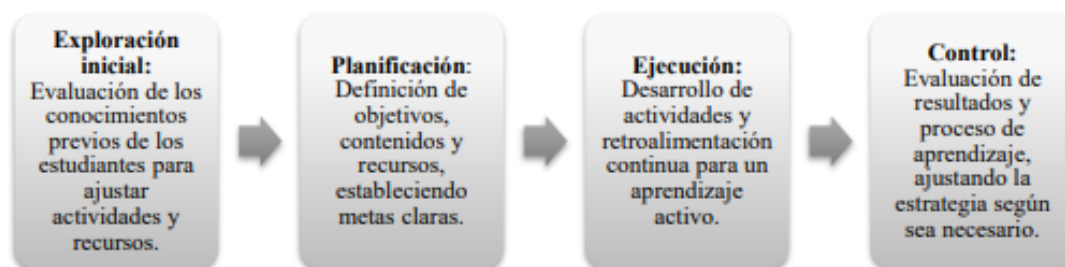
Por otro lado, el modelo constructivista destaca la importancia de que el individuo experimente directamente el proceso de aprendizaje, construyendo su conocimiento a partir de situaciones y experiencias previas. Este enfoque es crucial para integrar la tecnología en el aula, ya que fomenta un aprendizaje activo y centrado en el estudiante, permitiéndole tomar control de su educación y desarrollar competencias críticas esenciales para su futuro académico y profesional (Ausubel, 1983). Las TIC son materiales que han promovido un modelo constructivista que, a través de la interacción con recursos digitales, permite que el alumno construya su aprendizaje de manera autónoma y significativa (Zambrano, 2020).

En este marco, la estrategia didáctica se define como un conjunto de acciones planificadas y recursos utilizados por el docente para promover un aprendizaje significativo y efectivo en los estudiantes. En el contexto de la enseñanza de los Números Complejos, esta estrategia busca facilitar la comprensión, retención y aplicación del conocimiento, tomando en cuenta tanto los objetivos educativos como las características particulares del grupo de estudiantes (Subsecretaría de Educación Media Superior, 2019). El enfoque no solo busca que los estudiantes reciban información, sino que se involucren activamente en su proceso de aprendizaje, utilizando herramientas como GeoGebra para explorar y reflexionar sobre los conceptos matemáticos (Poveda, 2020).

La estrategia didáctica se organiza en cuatro fases clave, como se describe en la figura 1:

Figura 1.

Fases de una Estrategia Didáctica: Un Enfoque Integral para el Aprendizaje

**Nota:** Elaborado por autor

En última instancia, una vez analizados los principales referentes teóricos, el problema que motiva esta investigación es la necesidad de mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los Números Complejos en el tercer curso de Bachillerato General Unificado de la Unidad Educativa "Equinoccio San Antonio", debido a las dificultades que los estudiantes enfrentan para comprender estos conceptos. Esta problemática se atribuye, en gran medida, a la falta de una estrategia didáctica innovadora que combine enfoques teóricos con aplicaciones prácticas y que utilice herramientas tecnológicas para facilitar el aprendizaje. La pregunta problema que guía este estudio es: ¿Cómo mejorar la comprensión y las habilidades de los estudiantes de Bachillerato en el aprendizaje de los Números Complejos mediante una estrategia didáctica innovadora?

El objetivo principal de este estudio es desarrollar una estrategia didáctica que optimice el proceso de enseñanza-aprendizaje de los Números Complejos, integrando recursos pedagógicos como GeoGebra, que faciliten la comprensión y visualización de estos conceptos abstractos. Esta estrategia, que se implementará en la Unidad Educativa "Equinoccio San Antonio", tiene como fin no solo mejorar la comprensión de los estudiantes, sino también motivarlos a involucrarse activamente en su propio aprendizaje, fomentando el pensamiento crítico y la resolución de problemas en el contexto matemático.

Metodología

Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó un enfoque metodológico mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos con el propósito de obtener una comprensión profunda del proceso de enseñanza-aprendizaje de los Números Complejos en el tercer curso de Bachillerato General Unificado (BGU) de la Unidad Educativa "Equinoccio San Antonio". A continuación, se detalla cada sección metodológica:

Enfoque de la investigación

La investigación se desarrolló mediante una metodología mixta, que integró enfoques teóricos, empíricos y estadísticos, con el objetivo de obtener un panorama amplio sobre los conocimientos previos, las dificultades y el impacto de una estrategia didáctica en el aprendizaje de los Números Complejos.

Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación es de tipo descriptivo y pre-experimental. El enfoque descriptivo se emplea para caracterizar de manera detallada la situación de los estudiantes antes y después de aplicar la estrategia didáctica basada en GeoGebra. El diseño pre-experimental se justifica debido a que no se emplea un grupo de control para comparar los resultados, sino que se observa el efecto de la intervención en el mismo grupo de estudiantes antes y después de la implementación.

Métodos de Recolección de Datos

La investigación sigue una metodología estructurada en:

1. **Evaluación Diagnóstica:** Se aplicó una evaluación inicial para determinar el nivel de comprensión de los estudiantes sobre los Números Complejos. Esta prueba incluyó ejercicios prácticos relacionados con operaciones básicas (adición, sustracción, multiplicación y división) y la representación gráfica de números complejos en el plano de Argand. La evaluación fue aplicada a todos los estudiantes de los paralelos "A" y "B" del curso de Matemática, durante el año lectivo 2023-2024. Su objetivo fue identificar las áreas de mayor dificultad y las fortalezas de los estudiantes, proporcionando datos clave para el diseño de la estrategia didáctica.
2. **Observación Directa:** Durante el proceso de aplicación de la estrategia didáctica, se realizó una observación continua de los estudiantes para registrar el progreso en su comprensión de los Números Complejos. Esta observación permitió obtener información cualitativa sobre el rendimiento, las actitudes y la participación de los estudiantes durante las actividades interactivas.
3. **Entrevistas y Encuestas:** Se realizaron entrevistas con estudiantes y docentes para conocer sus perspectivas sobre el enfoque metodológico y el uso de la herramienta GeoGebra. Además, se aplicaron encuestas que proporcionaron datos cuantitativos sobre las percepciones de los estudiantes respecto a la metodología y su impacto en el aprendizaje.
4. **Pruebas Pedagógicas:** Se administraron pruebas antes y después de la implementación de la estrategia didáctica. Las pruebas permitieron evaluar el impacto de la intervención



en el aprendizaje de los estudiantes, comparando los resultados obtenidos con los de la evaluación diagnóstica.

Población y Muestra

Población: La población objeto de estudio estuvo constituida por todos los estudiantes de tercer año de Bachillerato General Unificado (BGU) de la Unidad Educativa "Equinoccio San Antonio", quienes eran 72 en total, distribuidos en dos paralelos de 36 estudiantes cada uno.

Muestra: La muestra se seleccionó de manera no probabilística y conveniente, representando el 50% de la población total. En este caso, 36 estudiantes fueron escogidos de los paralelos "A" y "B", quienes participaron activamente en la evaluación diagnóstica inicial. Los estudiantes seleccionados incluyeron tanto aquellos con bajo rendimiento académico como aquellos con un desempeño intermedio en el área de Matemáticas, con el fin de proporcionar una visión integral de las dificultades y necesidades del grupo.

Estrategia Didáctica

La estrategia didáctica propuesta fue diseñada para mejorar la comprensión de los Números Complejos mediante el uso de GeoGebra, una herramienta interactiva que permite visualizar de forma dinámica las operaciones con estos números en el plano complejo. La estrategia se estructuró en cuatro etapas clave:

1. **Exploración Inicial:** Evaluación de los conocimientos previos de los estudiantes sobre los Números Complejos mediante cuestionarios y observación, para adaptar la enseñanza a sus necesidades.
2. **Planificación:** Definición de los objetivos de aprendizaje, selección de contenidos y actividades didácticas centradas en GeoGebra, así como las evaluaciones necesarias para medir el progreso.
3. **Ejecución:** Implementación de las actividades, donde los estudiantes interactuaron con GeoGebra para realizar operaciones con números complejos y observar sus representaciones gráficas.
4. **Control:** Evaluación continua durante la ejecución, mediante pruebas y retroalimentación, con el fin de ajustar la estrategia pedagógica y asegurar que se lograran los objetivos de aprendizaje.

Análisis de Datos

Para el análisis de los datos obtenidos a través de las encuestas, entrevistas y pruebas pedagógicas, se utilizaron herramientas de estadística descriptiva. Las medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar) fueron empleadas para organizar los

resultados de las pruebas y encuestas. También se utilizó estadística inferencial, mediante técnicas como la prueba t de Student y la prueba de Chi-cuadrado, para identificar diferencias significativas en el rendimiento de los estudiantes antes y después de la implementación de la estrategia didáctica.

Resultados

La etapa de resultados de la investigación comenzó con una prueba diagnóstica para evaluar el desempeño inicial de los participantes. A continuación, se presentan las calificaciones de la evaluación inicial, los cuales fueron organizados en una tabla de frecuencias que permitió analizar el rendimiento general de los 36 estudiantes. A través de estos resultados, se pudo identificar de manera clara el comportamiento académico de los estudiantes al inicio del proceso. Los datos obtenidos son los siguientes:

Tabla 1.

Distribución de las calificaciones en la evaluación inicial de los estudiantes

| X_i | <u>Frecuencia Absoluta</u> (n_i) | Frecuencia Absoluta acumulada (N_i) | <u>Frecuencia Relativa</u> ($f_i=n_i/N$) | Frecuencia Relativa acumulada ($F_i=N_i/N$) |
|-------|---|---|---|---|
| 3 | 3 | 3 | 0,08 | 0,08 |
| 4 | 5 | 8 | 0,14 | 0,22 |
| 5 | 8 | 16 | 0,22 | 0,44 |
| 6 | 8 | 24 | 0,22 | 0,67 |
| 7 | 6 | 30 | 0,17 | 0,83 |
| 8 | 3 | 33 | 0,08 | 0,92 |
| 9 | 2 | 35 | 0,06 | 0,97 |
| 10 | 1 | 36 | 0,03 | 1,00 |

En la evaluación inicial, las calificaciones más frecuentes fueron 5 y 6, con una frecuencia absoluta de 8 para cada una. Estas representaron el 22% de todas las calificaciones. Por otro lado, las calificaciones más bajas fueron 3 y 4, que tuvieron una frecuencia relativa de 0.08 y 0.14, respectivamente. Esto indica que un porcentaje significativo de estudiantes (22% en total) tenía un rendimiento bajo en esta etapa.

En cuanto a las calificaciones más altas, los estudiantes con 9 y 10 eran muy pocos, con frecuencias absolutas de 2 y 1, lo que indica que pocos estudiantes lograron un rendimiento excelente. En términos acumulados, el 44% de los estudiantes obtenían una calificación de 5 o menos, lo que subraya la necesidad de intervención en este grupo de estudiantes para mejorar su rendimiento.

Una vez completado el proceso de diagnóstico, se procedió a la elaboración de las planificaciones didácticas que tuvo como eje central la integración de herramientas tecnológicas,



específicamente GeoGebra, para favorecer la comprensión y aplicación de los contenidos de forma dinámica y visual. La planificación se estructuró de acuerdo a los siguientes componentes clave:

1. **Definición de los Objetivos de Aprendizaje:** Los objetivos de aprendizaje fueron definidos de manera clara y específica para cada sesión, abarcando tanto los objetivos generales como los específicos. Cada objetivo se formuló con el fin de facilitar la adquisición de competencias matemáticas relacionadas con los Números Complejos, desde su definición hasta su aplicación en la resolución de problemas prácticos. Ejemplo de objetivos definidos:
2. **Objetivo General:** Comprender y aplicar las operaciones con números complejos.
 - **Objetivos Específicos:**
 - Definir los números complejos, su parte real e imaginaria.
 - Aplicar operaciones como adición, multiplicación, división y resolver problemas prácticos con números complejos.
3. **Selección de Contenidos:** Los contenidos fueron seleccionados para abordar de forma progresiva los aspectos fundamentales de los números complejos. Se incluyeron temas que iban desde su definición hasta aplicaciones prácticas y resolución de problemas reales. Los contenidos fueron:
 - Introducción a los Números Complejos.
 - Suma, Multiplicación y División de Números Complejos en forma binómica.
 - Aplicaciones de los Números Complejos en la resolución de problemas.
4. **Actividades Didácticas Centrada en GeoGebra:** El uso de **GeoGebra** se incluyó en las actividades didácticas para promover un aprendizaje interactivo y visual. Se planificaron ejercicios prácticos con esta herramienta para:
 - Visualizar los números complejos en el plano de Argand.
 - Graficar los resultados de las operaciones (suma, multiplicación y división).
 - Realizar simulaciones que permitieran a los estudiantes experimentar con las distintas operaciones.

Las actividades también incluyeron lluvias de ideas, preguntas de guía, ejemplos prácticos y debates para promover la interacción y el razonamiento crítico.

5. **Evaluaciones para medir el progreso de los estudiantes:** Para medir el progreso de los estudiantes, se implementaron estrategias evaluativas tanto formativas como sumativas:
 - Indicadores de evaluación como la capacidad para identificar las partes de un número complejo, aplicar operaciones correctamente, y graficar los resultados en el plano complejo.
 - Estrategias evaluativas tales como observaciones, pruebas escritas, talleres individuales y grupales, rúbricas y guías de observación.
 - Las pruebas

incluyeron tanto evaluaciones objetivas como actividades prácticas de resolución de problemas, donde los estudiantes debían aplicar los conceptos aprendidos de manera práctica.

En total, se desarrollaron 5 planificaciones didácticas, las cuales se detallan como anexo 1, y que se enfocaron en distintos aspectos de los Números Complejos, con un enfoque metodológico que integró el uso de tecnología, especialmente GeoGebra, para facilitar la comprensión y el aprendizaje de los estudiantes. Las actividades fueron diseñadas de manera progresiva, permitiendo que los estudiantes construyeran sus conocimientos desde lo más básico hasta la resolución de problemas más complejos, lo que favoreció el desarrollo de competencias matemáticas aplicables en contextos reales.

Durante la ejecución de las actividades, llevada a cabo desde el 13 de mayo de 2024 hasta el 17 de mayo de 2024, los estudiantes interactuaron con GeoGebra, lo que les permitió realizar operaciones con números complejos y observar sus representaciones gráficas. Esta interacción tecnológica facilitó la comprensión de conceptos abstractos, como la adición, multiplicación y división de números complejos, al mismo tiempo que permitió a los estudiantes visualizar cómo estos se representan en el plano complejo.

La evaluación fue continua y formativa, a través de pruebas escritas, talleres y observaciones directas, proporcionando retroalimentación inmediata y ajustando la estrategia pedagógica según las necesidades observadas, lo cual garantizó que se alcanzaran los objetivos de aprendizaje establecidos, promoviendo una comprensión profunda de los conceptos y su aplicación en situaciones reales. De tal forma que, los resultados obtenidos en la evaluación final reflejan los siguientes resultados:

Tabla 2.
Distribución de las calificaciones en la evaluación final de los estudiantes

| X_i | Frecuencia Absoluta (n_i) | Frecuencia Absoluta acumulada (N_i) | Frecuencia Relativa ($f_i = n_i / N$) | Frecuencia Relativa acumulada ($F_i = N_i / N$) |
|-------|---|---|---|---|
| 3 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 5 | 2 | 2 | 0,06 | 0,06 |
| 6 | 4 | 6 | 0,11 | 0,17 |
| 7 | 7 | 13 | 0,19 | 0,36 |
| 8 | 12 | 25 | 0,33 | 0,69 |
| 9 | 8 | 33 | 0,22 | 0,92 |
| 10 | 3 | 36 | 0,08 | 1,00 |

En comparación con la evaluación inicial, los resultados muestran una mejora considerable en el rendimiento académico de los estudiantes. La calificación más baja observada en la evaluación final es 5, mientras que en la evaluación inicial las calificaciones eran principalmente 5 y 6. En



la evaluación final, un 33% de los estudiantes obtuvo una calificación de 8, lo que indica que muchos lograron avances significativos hacia un rendimiento de calidad superior.

El cambio en la distribución de las calificaciones es notable. En la evaluación final, las calificaciones de 7 a 9 son las más comunes, lo que sugiere que la mayoría de los estudiantes se encuentran en el rango de desempeño de bueno a excelente. La ausencia de calificaciones muy bajas (como 3 y 4) refuerza la efectividad de la estrategia pedagógica aplicada, que se centró en mejorar la comprensión y aplicación de los conceptos en situaciones reales.

En cuanto a las medidas de tendencia central, los resultados son los siguientes:

- **Media Aritmética:**

Evaluación inicial:

$$\bar{x} = \frac{201}{36}$$
$$\bar{x} = 5,58$$

Evaluación final:

$$\bar{x} = \frac{264}{36}$$
$$\bar{x} = 7,33$$

La media aritmética ha aumentado de 5.58 en la evaluación inicial a 7.33 en la evaluación final, lo que sugiere una mejora generalizada en el rendimiento de los estudiantes tras la intervención educativa.

- **Mediana (Me):**

Evaluación inicial: Mediana

- Mediana = $\frac{6+6}{2}$
- Mediana = 6

Evaluación final: Mediana

- Mediana = $\frac{6+6}{2}$
- Mediana = 6

La mediana también muestra un aumento, pasando de 6 a 8, lo que refuerza la idea de que la mayoría de los estudiantes mejoraron su desempeño.

- **Moda (Mo):**

Evaluación inicial:

$Moda = 5,6$ (cada una aparece 8 veces) Evaluación
final:

$Moda = 8$ (aparece 12 veces)

La moda en la evaluación final es 8, lo que indica que más estudiantes alcanzaron un nivel de rendimiento más alto en comparación con la evaluación inicial, donde la moda era 5 y 6.

Estos resultados indican que la estrategia de enseñanza implementada fue exitosa en mejorar el rendimiento académico de los estudiantes, especialmente en los niveles más bajos, logrando un desplazamiento hacia calificaciones más altas y una mayor concentración en las calificaciones de 8, 9 y 10.

Discusión

En relación con los fundamentos teórico-metodológicos que sustentan el proceso de enseñanza-aprendizaje de los Números Complejos, se observa que la Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa subraya la necesidad de un aprendizaje contextualizado y significativo. Tal enfoque encuentra respaldo en Ausubel (1983), quien argumenta que el aprendizaje significativo ocurre cuando los estudiantes conectan nuevos conocimientos con conceptos previos, consolidando una estructura cognitiva más sólida. Además, Barrows (1986) refuerza esta postura al indicar que metodologías como el aprendizaje basado en problemas fomentan un rol activo de los estudiantes, promoviendo habilidades de razonamiento crítico necesarias para el estudio de los Números Complejos.

Por otro lado, las dificultades percibidas por los estudiantes en la comprensión de los Números Complejos reflejan las limitaciones de los métodos pedagógicos tradicionales, como señala Solano (2017), quien destaca que los enfoques centrados únicamente en la transmisión de conocimientos carecen de la capacidad para abordar conceptos abstractos, lo que coincide con los resultados obtenidos en la Unidad Educativa "Equinoccio San Antonio". Ancira (2011) y Sánchez (2017) complementan este análisis al señalar que la integración de herramientas tecnológicas y digitales aportan en las metodologías innovadoras, donde resulta fundamental para superar estas barreras y facilitar la abstracción matemática.

La estrategia didáctica en las cuatro etapas planteadas también encuentra sustento en las propuestas de Exley & Dennick (2007), quienes enfatizan la importancia de una planificación estructurada y flexible en la enseñanza de conceptos complejos. Asimismo, Poveda (2020) y Surichaqui (2022) refuerzan la relevancia de incorporar herramientas como GeoGebra, argumentando que su uso potencia la visualización y comprensión de operaciones matemáticas, un aspecto crucial para el aprendizaje de los Números Complejos.



No obstante, algunos autores, como Zambrano (2020), advierten que, si bien las tecnologías facilitan la interacción y el aprendizaje activo, su implementación debe estar acompañada de una adecuada formación docente para evitar que se conviertan en herramientas subutilizadas o mal aplicadas. El punto subraya la importancia de la capacitación del profesorado, como indica la Subsecretaría de Educación Media Superior, quien propone diseñar guías específicas para el uso pedagógico de las tecnologías, alineadas con los objetivos de aprendizaje.

Finalmente, los resultados positivos obtenidos, como la mejora en las calificaciones y la comprensión de operaciones con Números Complejos, respaldan la eficacia de la estrategia didáctica implementada, lo cual concuerda con Soto (2015), quien argumenta que una enseñanza basada en ejercicios prácticos y progresivos facilita la adquisición de competencias matemáticas complejas. Sin embargo, Romero (2013) destaca que el éxito de estas estrategias depende de su capacidad para adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes, una consideración clave para futuras aplicaciones en este contexto educativo.

Conclusiones

En relación con los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan el aprendizaje de los Números Complejos, se resalta la relevancia de la Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa. Este enfoque proporciona una base conceptual robusta para entender cómo los estudiantes desarrollan su conocimiento matemático y cómo los docentes pueden implementar estrategias de enseñanza más efectivas. Incorporar enfoques pedagógicos adecuados al contexto educativo actual resulta esencial para fortalecer la enseñanza de este tema.

El análisis del aprendizaje de los Números Complejos en los estudiantes de la Unidad Educativa "Equinoccio San Antonio" evidencia que más de la mitad enfrenta dificultades. Esto destaca la necesidad de aplicar estrategias didácticas que superen las barreras de comprensión y fomenten un aprendizaje más efectivo. La inclinación de los estudiantes hacia ejercicios prácticos y recursos tecnológicos señala la importancia de integrar actividades interactivas y herramientas digitales en el proceso educativo. Además, identificar áreas específicas de dificultad y personalizar las estrategias pedagógicas según las necesidades de los estudiantes es clave para optimizar su aprendizaje.

La estrategia didáctica diseñada para la enseñanza de los Números Complejos consta de cuatro fases: exploración, planificación, ejecución y evaluación. La primera etapa permite analizar los conocimientos previos de los estudiantes, facilitando la personalización de las actividades. La planificación organiza contenidos, metodologías y recursos, estableciendo objetivos claros y considerando diferentes estilos de aprendizaje. Durante la ejecución, el docente orienta y adapta las actividades según el progreso observado, utilizando herramientas educativas y tecnológicas que promueven un ambiente inclusivo. Finalmente, la fase de evaluación valora el cumplimiento de los objetivos mediante evaluaciones continuas, identificando áreas de mejora y brindando

retroalimentación constructiva. Este enfoque integral busca optimizar la comprensión de los Números Complejos en el aula.

La implementación de esta estrategia didáctica en la Unidad Educativa "Equinoccio San Antonio" ha producido resultados positivos, evidenciados en la mejora de las calificaciones estudiantiles, con un incremento en las puntuaciones más altas y una reducción de las más bajas. Asimismo, se observa una mayor comprensión de las operaciones de suma, resta, multiplicación y división de Números Complejos. La integración de tecnologías como GeoGebra ha facilitado la visualización de las operaciones en el plano complejo, enriqueciendo significativamente el aprendizaje. Estos resultados confirman la eficacia de la estrategia aplicada, demostrando su potencial para fortalecer el estudio de los Números Complejos en este contexto educativo.

BIBLIOGRAFÍA

- Subsecretaría de Educación Media Superior. (2019). *Guía para el diseño de estrategias didácticas*. Monterrey: SEP.
- Ancira, A. Z. (2011). *Integración y apropiación de las TIC en los profesores y los alumnos de educación media superior*. Nevada: Escuela de Graduados en Educación, UV.
- Ausubel, D. (1983). *The Psychology of Meaningful Verbal Learning*. Grune & Stratton.
- Barrows, H. (1986). A Taxonomy of Problem-Based Learning Methods. *Medical Education*, 20(6), 481-486.
- Cantoral, R., & Reyes, C. (2014). *La socioepistemología y el conocimiento matemático escolar*. Ciudad de México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Educación. (2023). *Asignatura optativa: Números Complejos y Métodos de Demostración Matemática*. Quito: Ministerio de Educación.
- Exley, K., & Dennick, R. (2007). *Small Group Teaching: Tutorials, Seminars and Beyond*. Routledge.
- Pérez, S. R. (2011). *CUADERNO, DE EJERCICIOS DE ALGEBRA*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Poveda, W. (2020). *Resolución de Problemas Matemáticos en GeoGebra*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Romero, D. (2013). *Números Complejos*. Hermosillo: Universidad de Sonora.
- Sánchez, M. d. (2017). *Las Tic en la educación superior, innovaciones y retos*. México: Universidad Autónoma de Guerrero.



-
- Solano, E. (2017). *Contextualización de la aritmética de números complejos en situaciones simples de geometría y física*. Universidad Nacional de Colombia.
- Soto, Y. (2015). *PROPUESTA DE UNA SECUENCIA METODOLÓGICA PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LOS NÚMEROS COMPLEJOS*. Puerto Montt: Universidad Austral de Chile.
- Surichaqui, F. (2022). *Uso del software GeoGebra en el aprendizaje de las funciones cuadráticas*. Inudi Perú: Instituto Universitario De Innovación Ciencia Y Tecnología.
- Zambrano, A. P. (2020). *La Gamificación: herramientas innovadoras para promover el aprendizaje autorregulado*. Manabí: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

**Anexos**

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|-----------------|--|---|--|---|---|---|
| Institución | UNPRO (Universidad de Ciencias Pedagógicas "Enrique José Varona") | | | | | | | |
| Unidad | YEC (Unidad Educativa "Equinoccio San Antonio") | | | | | | | |
| Asignatura | Matemática (Números Complejos) | | | | | | | |
| Docente | Ing. Wladimir Toapanta | | | | | | | |
| Curso | 3er Bachillerato, Paralelos A y B | | | | | | | |
| Tema | Fecha | Duración | Objetivos | Destrezas y Criterios de Desempeño | Contenidos | Estrategias Metodológicas | Indicadores de Evaluación | Estrategias Evaluativas |
| Introducción a los Números Complejos | 13/05/2024 | 90 minutos | Objetivo General: Comprender y definir los números complejos como combinación de parte real e imaginaria. Objetivos Específicos: Definir parte real e imaginaria, diferenciar tipos de números complejos, identificar componentes en el plano de Argand. | M.S.NCD.5.1.2: Definir número complejo. | Números Complejos, Partes Real e Imaginaria, Unidad Imaginaria, Representación en el plano de Argand | Lluvia de ideas, Planificación, Ejemplo práctico, GeoGebra. | Diferenciar componentes, Identificar en el plano de Argand, Soluciones de ecuaciones. | Observación, Taller, Prueba escrita, Lección escrita. |



| | | | | | | | | |
|---|------------|------------|---|--|---|--|---|--|
| Suma de Números Complejos en forma Binómica | 14/05/2024 | 90 minutos | Objetivo General: Comprender y aplicar la operación de adición de Números | M.S.NCD.5.1.3: Aplicar operaciones de adición. | Adición de Números Complejos, Parte Real e Imaginaria. | Preguntas de guía, Ejemplo práctico, GeoGebra, Taller. | Realizar la adición correctamente, Graficar. | Taller individual, Prueba escrita, Rúbrica, Guía |
| Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución No Comercial | | | | | | | | |
| | | | Complejos en forma binómica. Objetivos Específicos: Adicionar dos números complejos y usar GeoGebra para visualización. | | | | | de observación. |
| Multiplicación de Números Complejos | 15/05/2024 | 90 minutos | Objetivo General: Comprender y aplicar la multiplicación de Números Complejos. Objetivos Específicos: Multiplicar dos números complejos, comprender la propiedad distributiva. | M.S.NCD.5.1.4: Aplicar multiplicación de números complejos. | Multiplicación de Números Complejos, Propiedades Algebraicas. | Preguntas de guía, Ejemplo práctico, Taller. | Aplicar la multiplicación correctamente, Resolver ejercicios. | Taller grupal, Prueba escrita, Registro, Lista de cotejo. |



| | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------|------------|--|---|--|---|--|---|
| División de Números Complejos | 16/05/2024 | 90 minutos | Objetivo General: Comprender y aplicar la operación de división de Números Complejos. Objetivos Específicos: Dividir dos | M.S.NCD.5.1.5: Aplicar división de números complejos. | División de Números Complejos, Uso de Conjugados. | Ejemplo práctico, Taller, GeoGebra. | Resolver la división correctamente, Graficar en el plano complejo. | Taller individual, Prueba escrita, Registro, Guía de observación. |
|-------------------------------------|------------|------------|--|---|--|---|--|---|

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución No Comercial

| | | | | | | | | |
|--|------------|------------|--|--|---|--|--|--|
| | | | números complejos utilizando el conjugado. | | | | | |
| Aplicaciones de los Números Complejos | 17/05/2024 | 90 minutos | Objetivo General: Comprender las aplicaciones de los números complejos en la resolución de problemas reales. Objetivos Específicos: Aplicar las operaciones con números complejos en ejercicios prácticos y problemas de la vida real. | M.S.NCD.5.1.6: Resolver problemas prácticos con números complejos. | Aplicaciones de Números Complejos, Problemas de Aplicación. | Ejemplo de aplicación, Taller práctico, Debate. | Resolver problemas correctamente, Utilizar herramientas tecnológicas. | Taller grupal, Prueba objetiva, Rúbrica, Lista de cotejo. |

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento: No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento: N/A

Nota: El artículo no es producto de una publicación anterior.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución No Comercial