



Libro de Memorias

XXVI Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología y Sociedad

XIV Festival Internacional de Matemáticas

Editor: Carlos Alberto Monge Madriz

ISBN: 978-9930-656-12-9

XIV Festival Internacional de Matemáticas – XXVI Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología y Sociedad (2024 06-07 setiembre: Costa Rica) -Cartago, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica, 2026.

299 páginas

ISBN 978-9930-656-12-9

Matemática 2. Educación 3. Ciencias 4. Tecnología 5. Sociedad

M.Sc. Carlos Alberto Monge Madriz

Editor



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Contenido

Presentación	5
Aprendiendo a resolver problemas matemáticos olímpicos a nivel de la educación primaria	11
Alejandra Sánchez Ávila, Adriana Monge Sánchez y Yeri Charpentier Díaz	
Collaborations in Ethnomodeling: The Sociocultural Perspective of Modeling with Ethnomathematics and Ethnomodeling.....	27
Daniel Orey, Milton Rosa, María Elena Gavarrete Villaverde y Steven Quesada Segura	
Conociendo los volcanes de Costa Rica	40
José Pablo Sibaja Brenes, Rosa Alfaro Solís, Rocío Alfaro Avendaño, Henry Borbón Alpízar, Ilena Vega Guzmán, Ian Godfrey y Guillermo Alvarado Induni	
Construcciones geométricas mediante el empleo del juego de geometría: de la diversión al análisis.....	54
Allan Guillermo Gen Palma y Eric Padilla Mora	
Desmos: Más allá de las gráficas, una herramienta versátil para la enseñanza de secundaria.....	73
Jose Manuel Sandoval Salazar y Hailander Valverde Valverde	
Diseño e Implementación de una Práctica de Laboratorio para la Medición del Poder Calorífico de Biodiésel Producido por Estudiantes en el Marco de un Curso de Biocombustibles.....	86
Braulio Arce Vargas, Fabián Chaverri Miranda, Gian Franco Segura Sánchez y Carla Gómez Quirós	
Entre la tecnología y lo tradicional: EL CUBIX RDF	100
Sígurd Ramos Marín y Marcial Cordero Quirós	
Explosión de colores y números: un vistazo a fenómenos naturales	106
Dylana Freer Paniagua y Danilo Porras Cajina	
Fomentando el Pensamiento Crítico y la Resolución de Problemas en el Aula.....	122
Juan Carlos Lobo Zamora	
Fortalecimiento de la imagen conceptual de figuras geométricas para docentes de educación primaria.....	130
Ana Marlene Jiménez Solís, Prissilla Mora Serrano y Luis Fernando Ramírez Oviedo	
Hagamos jabón: Ciencia en tus manos, desentrañando la química del jabón, su impacto social y ambiental	144
Marianela Navarro Camacho, Rachel Korach Cascante, Wendy Alfaro Zamora y Cristel Montero	

Herramientas de ciencia ciudadana para temas ambientales y de biodiversidad ..	160
Héctor Perdomo Velázquez y Diana Jiménez Robles	
Incorporación de la lógica matemática en el currículo costarricense de III ciclo y Educación Diversificada: experiencia en el Colegio María Inmaculada	172
Jenniffer Aragón Monge	
Inteligencia Artificial en el salón de clases: Un enfoque Innovador para mejorar la experiencia de aprendizaje	181
Carlos Luis Chanto Espinoza, Jorge Luis Loáiciga Gutiérrez y Cristian Chaves Jaén	
Laboratorio de ciencias: Experimentos para concientizar sobre el cambio climático	197
Diana Jiménez Robles	
LaTeX: Una herramienta para crear animaciones para la enseñanza de Física	208
Carlos Jiménez Carballo	
Los ecosistemas como espacios naturales para el bienestar humano a partir del arte y la educación ambiental	222
Irene Artavia Villar	
Mediación pedagógica en la enseñanza de módulos de matemática de primaria de las personas jóvenes y adultas: caso de la DRE Cañas	237
Laura Patricia Briceño Cabezas y Luis Fernando Ramírez Oviedo	
Percepciones de docentes de la DRE Peninsular sobre el uso de herramientas digitales en la mediación pedagógica	252
Marco Vinicio López Gamboa	
Razonamiento algebraico en la población costarricense	267
Estrella León Jiménez	
Talleres de historia local para promover competencias ciudadanas en jóvenes de Barrio San Vicente, Belén, Heredia.....	274
German Daniel Alvarado Luna y Raquel Soto Núñez	
Uso de inteligencia artificial para desarrollar material didáctico	289
Gerardo Lacy Mora	

Presentación

Estas son los artículos de memorias del XIV Festival Internacional de Matemáticas y XXVI Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología y Sociedad, FIMAT-CONCITES 2024.

El congreso se llevó a cabo presencialmente el 6 y 7 de setiembre 2024 en la Universidad Latina de Costa Rica sede Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Siguieron luego unos cursos de postcongreso el 10 y 11 de Sept. en la Universidad de Costa Rica y el Tecnológico de Costa Rica.

A esta edición asistieron los siguientes: 490 personas presenciales. El postcongreso amplió los alcances reuniendo a 43 personas adicionales.

La procedencia de la gran mayoría de los participantes del congreso es de Costa Rica y también participaron algunos de Brasil, Chile, Guatemala, México, España y Panamá.

Los congresos fueron declarados de interés público por el Ministerio de Educación Pública de Costa Rica.

Organizaron el congreso:

- Fundación CIENTEC
- Universidad Latina de Costa Rica
- UNA, Universidad Nacional Sede Regional Chorotega, Liberia, Guanacaste
- Blue Valley School
- SINAC, Ministerio de Ambiente y Energía
- UCR-Escuela de Formación docente y Educación matemática, Universidad de Costa Rica
- TEC- Escuela de Ciencias Naturales y Exactas (San Carlos), la Escuela de Matemática y Escuela de Física del Instituto Tecnológico de Costa Rica

- UNED- Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia
- UTN- Universidad Técnica Nacional
- Academia Nacional de Ciencias
- Colegio de Licenciados y Profesores, COLYPRO
- Casio Académico, Imporbel

Copatrocinaron el congreso: Editorial Pimas, Hotel La Sabana | Apartamentos y Suites

El Comité editorial y científico del FIMAT CONCITES 2024 estuvo conformado por:

- M. Sc. Carlos Monge Madriz, TEC
- M. Sc. Luz María Moya, CIENTEC
- Licda. Adriana Monge Sánchez, Facultad de Educación, UCR
- M. Sc. Manuel Murillo Tsijli, ASOMED
- Máster Anabelle Castro Castro, ASOMED
- M. Sc. Laura Loría Porras, UNED - ASOMED
- Dr. Salomón Fernando Chaves Cascante
- M. Sc. Oscar Arroyo Chavarría, ULATINA
- M. Sc. Gerardo Garita Orozco, ULATINA
- Carlos L. Chanto Espinoza, Ph.D., UNA

El congreso contó con los siguientes objetivos:

- Estimular el interés por aprender, la construcción de conocimientos y prácticas, así como la actualización pedagógica para promover una educación competitiva y de calidad.

- Brindar estrategias que le permitan al participante desarrollar habilidades para aprender a lo largo de la vida.
- Fomentar pedagogías transformadoras y enfoques metodológicos alternativos para favorecer la creatividad y la innovación.
- Propiciar el intercambio de ideas, la reflexión crítica y prácticas educativas exitosas, donde todos los participantes desarrollen habilidades para aprender a aprender.
- Fortalecer e interconectar la educación científica, matemática y social con la cultura.
- Incentivar la investigación y la experimentación científica, como medios para lograr el mejoramiento en la enseñanza y el aprendizaje de ciencias y matemáticas.
- Fortalecer la aplicación de la metodología STEAM y las conexiones entre matemáticas, ciencias, ingenierías y artes.
- Propiciar un espacio de innovación para el uso de las tecnologías de la comunicación y la información, como recurso en los procesos de aprendizaje de las ciencias y las matemáticas.
- Fomentar la divulgación de las ciencias y las matemáticas ante el público general.
- Fomentar el acceso equitativo al desarrollo profesional entre los educadores.
- Estimular las vocaciones juveniles en Ciencia, Tecnología y Sociedad.
- Compartir nuevos materiales, equipos didácticos, productos y servicios que apoyen el aprendizaje continuo.
- Contribuir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU

Áreas temáticas CONCITES

- Ciencias exactas y naturales,
- Tecnologías,
- Estudios Sociales y Educación Cívica,
- Conservación de la biodiversidad,
- Prevención y mitigación de desastres,
- Extracurriculares (olimpiadas, ferias, becas, etc.),
- Pedagogía,
- Sociedad y cultura y
- Ciencia ciudadana

Áreas temáticas FIMAT

- Retos y estrategias en la educación matemática
- Enseñanza por habilidades matemáticas.
- Oportunidades y desafíos de las TICs en matemática educativa
- Resolución de problemas como una herramienta de mediación docente.
- Temas transversales (derechos humanos, sexualidad, ambiente, diversidad...)
- Modelación matemática
- Evaluación de los aprendizajes
- Socialización de la matemática.
- Enfoque didáctico de la historia de la matemática.
- La potenciación de actitudes y creencias positivas en torno a la matemática.

El programa contó con más de 185 expositores y 140 ponencias. Entre ellos, se contó con los ocho ponentes internacionales:

1. Antonio Martín Adrián, educador de primaria pensionado y líder en el Movimiento OAOA Matemáticas, España
2. Claudio Olave Miranda Universidad Austral de Chile, Campus Patagonia, Chile Universidad Latina, San Pedro, San José, Costa Rica
3. Mariel Badilla, Coordinadora Estrategia Tecnopedagógica del Campus Virtual del Instituto Universitario Sophia, México
4. Katia Francisca Nellen Mondragón, Instituto de Matemáticas de la UNAM, México
5. Daniel Orey, Ph.D. Profesor Emeritus, Universidad de Sacramento, y Departamento de Educación Matemática, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil.
6. Martín Bonfil Olivera, Divulgador de la ciencia y autor, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, México
7. Paloma Zubieta López, Comunicadora Científica del Instituto de Matemáticas de la UNAM, coordinadora del Festival Matemático, UNAM, México
8. Sergio de Régules, físico, divulgador científico y autor, Revista ¿Cómo Ves?, UNAM, México.

Agradecemos la unión de esfuerzos, la confianza que posibilita la continuidad de estas congresos que iniciaron desde 1998, y la creatividad para seguir innovando en apoyo el aprendizaje y el crecimiento profesional de educadores.

El informe de resultados del FIMAT CONCITES 2024 está disponible en:
<https://www.cientec.or.cr/sites/default/files/2024-09/Resumen%20de%20resultados%20-%20informe%20final%20FIMAT%20CONCITES%202024%20.pdf>

El siguiente libro de memorias reúne los artículos de trabajos enviados y aprobados por el Comité Editorial y Científico del congreso.

Alejandra León Castellá

Directora Ejecutiva, Fundación CIENTEC
Copresidente del FIMAT CONCITES 2024

Aprendiendo a resolver problemas matemáticos olímpicos a nivel de la educación primaria

Alejandra Sánchez Ávila
Universidad Estatal a
Distancia, Costa Rica
alsanchez@uned.ac.cr

Adriana Monge Sánchez
Universidad de Costa Rica, Costa
Rica
adriana.monge.sanchez@ucr.ac.cr

Yeri Charpentier Díaz
Ministerio de Educación Pública,
Costa Rica
yeri.charpentier.diaz@mep.ac.cr

Resumen. El taller impartido por miembros de la Comisión Central de la Olimpiada Costarricense de Matemática para Educación Primaria tuvo como objetivo fortalecer, las habilidades y competencias relacionadas con los métodos de resolución de problemas matemáticos útiles para que futuras y actuales personas docentes, cuenten con herramientas que les permitan desarrollar destrezas para enfrentarse y mediar la resolución de pruebas de olimpiadas. Basado en los lineamientos del MEP (2012), las investigaciones de Mora (2021), así como en los métodos geométrico-lineal y gráficos propuestos por Ríos-Cueva (2021) y Castro y Castro-Rodríguez (2018), se brindó un sustento teórico sólido. La metodología incluyó la entrega de un folleto con problemas inéditos aplicados en olimpiadas anteriores, y la resolución guiada en formato individual y grupal, fomentando el intercambio de estrategias en plenaria. Las personas participantes evidenciaron la adquisición de destrezas para aplicar efectivamente estos métodos en la resolución de problemas matemáticos complejos.

Palabras clave: Matemática, Enseñanza primaria, Resolución de problemas, Talento, Aprendizaje

1. Introducción

La realización de olimpiadas de matemática en Costa Rica a nivel de primaria data de varias décadas, sin embargo, a nivel nacional y apoyadas por el Ministerio de Educación Pública (MEP), inició en 2014. Antes del 2020, la competencia se desarrollaba en tres etapas y adicionalmente, se impartían diversos talleres de capacitación a personas docentes de forma presencial en los centros educativos. Con la pandemia del COVID-19, la mayoría de las actividades como talleres y aplicación de pruebas migró a la virtualidad, aspectos que algunas personas docentes han manifestado no satisfacerles por completo. Además, de externar en repetidas ocasiones que existe una carencia en la formación del profesorado de primaria en la construcción y resolución de problemas olímpicos los cuales, por lo

general, involucran mayor razonamiento matemático. En 2023, la Olimpiada Costarricense de Matemática para la Educación Primaria (OLCOMEP) obtuvo una inscripción de 12 767 niños y niñas de las 27 Direcciones Regionales Educativas, es decir, de todo el territorio nacional, situación que obliga a la Comisión Central a replantear objetivos y actividades de esta competencia, porque no solo está abarcando población estudiantil con talento matemático sino también, está propiciando un espacio para que mayor cantidad de personas estudiantes de I y II ciclos de la educación costarricense gusten involucrarse en aprendizajes matemáticos de un nivel más alto que el que se estudia comúnmente en las aulas.

Por estas razones, dicha Comisión Central aprovecha los eventos presenciales con declaratoria de interés nacional para impartir talleres a futuros y actuales docentes de primaria, tomando en cuenta entre otros aspectos, que asisten por interés propio, dedican parte de su tiempo libre al estudio de la matemática y están ubicados en diferentes zonas del país.

Con este taller, la población participante se beneficia académicamente, debido a que, al fortalecer su formación en el área de la matemática y su didáctica, se enfrenta a retos nuevos, elaborados para poner en práctica diferentes métodos de resolución de problemas como son: el geométrico lineal y el gráfico. El conocimiento y aplicación de estos métodos, sin duda, contribuye a aumentar la confianza de la persona docente en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, especialmente en la motivación y atención del estudiantado que desea involucrarse más profundamente en el aprendizaje de esta disciplina o que muestran talento en ella.

A continuación, se dan a conocer el objetivo general y los específicos de este taller, así como el sustento teórico relacionado con los dos métodos de resolución abarcados en el folleto de práctica que se utilizó como parte de los materiales que se entregó a cada participante.

1.1. Objetivo General

Fortalecer, en futuros y actuales docentes de educación primaria, las habilidades y competencias relacionadas con los métodos de resolución de problemas matemáticos útiles para la preparación académica de pruebas de olimpiadas.

1.2. Objetivos Específicos

- Reconocer el método geométrico lineal y el gráfico para solucionar problemas.
- Resolver problemas olímpicos con el método geométrico lineal.
- Resolver problemas olímpicos a partir del método gráfico.

2. Marco teórico

La fundamentación teórica ofrece una base sólida para comprender y aplicar las estrategias didácticas presentadas, y está orientada a fortalecer las competencias de las personas participantes en la enseñanza y resolución de problemas matemáticos.

2.1. Problemas olímpicos matemáticos

A partir del 2012, el MEP establece lo que se entenderá como problema matemático y se propiciará su resolución en las aulas durante el desarrollo del currículo escolar:

Un problema es un planteamiento o una tarea que busca generar la interrogación y la acción estudiantil utilizando conceptos o métodos matemáticos, implicando al menos tres aspectos:

- que se piense sobre ideas matemáticas sin que ellas tengan que haber sido detalladamente explicadas con anterioridad.
- que se enfrenten a los problemas sin que se hayan mostrado soluciones similares.
- que los conceptos o procedimientos matemáticos a enseñar estén íntimamente asociados a ese contexto. (MEP, 2012, p. 29)

Manteniendo la visión ministerial de problema como un reto matemático, según Mora (2021), los problemas olímpicos presentados en las pruebas de OLCOMEPE difieren de los problemas convencionales que las personas estudiantes resuelven en sus clases de matemáticas, pues, son diseñados con metas específicas para identificar el talento matemático y requieren un mayor nivel de profundidad en los contenidos.

Los problemas que se incluyen en la guía de trabajo del taller se pueden resolver de varias formas, pero esto depende del nivel escolar para el que fueron planteados, además, de que involucran conocimientos previos y habilidades según los Programas de Estudio de Matemática para I y II Ciclos de la Educación General Básica (MEP, 2012).

2.2. Método geométrico lineal

Este método permite que las personas estudiantes de primaria resuelvan problemas algebraicos sin recurrir a conocimientos que aún no estudian, por ejemplo, las ecuaciones de primer grado con una incógnita. Al respecto, Castro y Castro-Rodríguez (2018) citan a Martínez et al. (2009) para explicar que consiste en que un segmento de cualquier medida se utiliza para representar una o más cantidades desconocidas (denominadas incógnitas), que servirá para describir gráficamente las relaciones lineales según lo indicado en el enunciado del problema y el segmento unidad con los que se representarán cantidades que sí son conocidas.

Martínez (2011, p. 64) amplía las características de dichos segmentos:

- Se representan las incógnitas por segmentos cualesquiera de diferentes longitudes (en caso de haber varias incógnitas).
- Se elige, de forma explícita o implícita, un segmento de longitud unidad.
- Los datos se representan mediante segmentos de longitud proporcional al segmento unidad.

- Se establecen gráficamente, mediante segmentos, las relaciones contenidas en el enunciado entre las cantidades conocidas (datos) y las desconocidas (incógnitas).
- La resolución del problema pasa por determinar las longitudes (referidas a la unidad elegida) de los segmentos que representan a las incógnitas y hacer la traducción, mediante la proporción ya establecida, a las cantidades inicialmente desconocidas.

2.3. Método gráfico

El método gráfico consiste en aquel que utiliza formas geométricas o dibujos alusivos a los elementos de los problemas (representaciones gráficas) para interpretar la situación planteada, en algunos casos involucran fracciones.

Al respecto, el MEP (2012) indica que un proceso matemático por propiciar en el aprendizaje de dicha disciplina es representar con el que se “pretende fomentar el reconocimiento, interpretación y manipulación de representaciones múltiples que poseen las nociones matemáticas (gráficas, numéricas, visuales, simbólicas, tabulares” (MEP, 2012, p. 26). Por su parte, Mendoza (2018) citado por Ríos-Cuesta (2021), señalan:

El registro gráfico es un recurso que se ha subvalorado frente al recurso numérico; los estudiantes suelen aplicar algoritmos, dándole mayor jerarquía a ciertos procesos y técnicas para resolver los problemas, en cambio, abordan situaciones en registros gráficos con pocos recursos conceptuales, lo cual es producto de una experiencia escasa con ellos. (p.201)

La aplicación del método resulta beneficiosa para el estudiantado de primaria, de acuerdo con su etapa de neurodesarrollo, al respecto Fernández et al. (2016) mencionan que, al disponer gráficamente los datos conocidos y desconocidos, éstos se organizan de relativamente pocas formas diferentes, lo que facilita al alumno la identificación de la operación que corresponde a cada una de ellas.

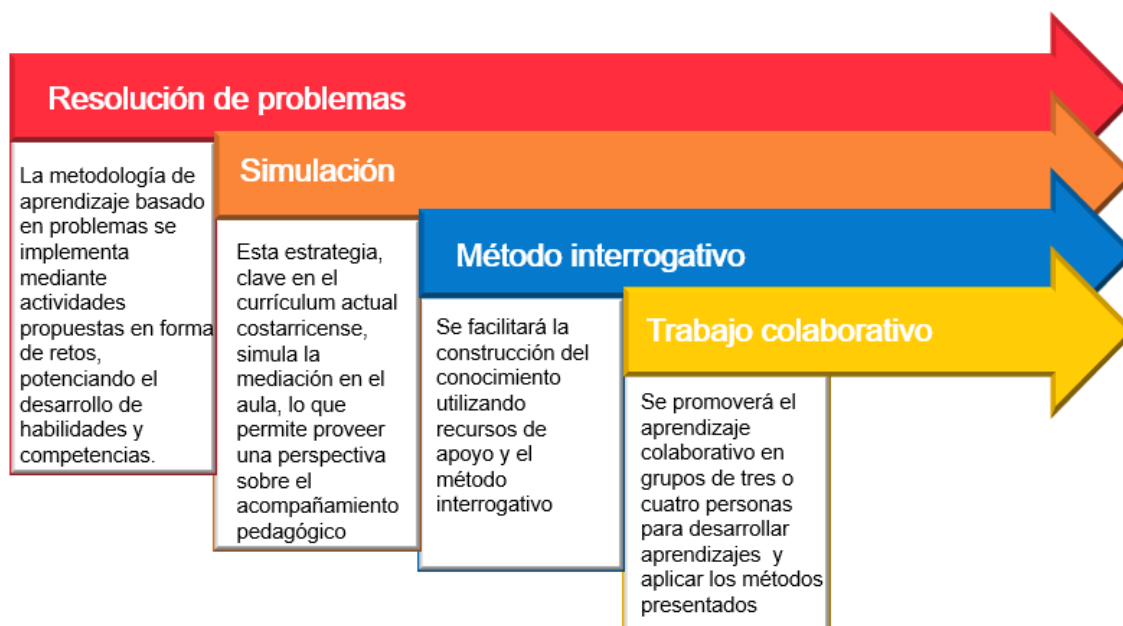
El núcleo del método consiste en la representación gráfica que permite a nivel cognitivo representar las cantidades involucradas en el problema, tanto las conocidas como las desconocidas. Proveer de herramientas al estudiantado para la representación gráfica del enunciado es de suma relevancia en el proceso. De acuerdo con Ho y Lowrie (2014) mencionado por Fernández et al. (2016), dibujar diagramas representando las relaciones entre cantidades ayuda en el entendimiento y la resolución de problemas que no tienen por qué ser gráficos.

3. Metodología

El enfoque metodológico se fundamenta en los principios del aprendizaje activo a través de la resolución de problemas, la simulación y el aprendizaje colaborativo, adoptando un modelo de enseñanza constructivista que promueve la participación del estudiantado en la construcción de su propio conocimiento. Además, se sustenta en investigaciones que destacan la eficacia del trabajo en equipo y la importancia de la mediación docente en la resolución de problemas matemáticos. Vygotsky (1978) subraya que "el aprendizaje es un proceso social" y que la interacción entre las personas estudiantes con la persona docente es clave para el desarrollo cognitivo. Este enfoque metodológico permite que las personas participantes del taller no solo adquieran nuevos conocimientos, sino que también desarrollen habilidades colaborativas y de pensamiento crítico. La figura 1 resume la metodología desarrollada.

Figura 1

Metodología desarrollada



El taller se inició con una introducción de 10 minutos en la que se dio la bienvenida a las personas participantes, se presentó brevemente la OLCOMEPE, y se explicó cómo sus objetivos se relacionan con los del taller. Con este inicio, se buscó generar un contexto compartido y motivar la participación.

A continuación, se empleó una presentación interactiva para mediar la construcción del conocimiento en torno a los métodos didácticos, utilizando la interrogación que permitió la reflexión y el análisis crítico. Además, se desarrolló el pensamiento matemático al permitir que las personas participantes formularan y respondieran preguntas de manera progresiva.

Después de generada la construcción del aprendizaje sobre los métodos, se desarrolló una etapa activa de aprendizaje colaborativo en la que se dispuso del espacio físico de grupos de tres o cuatro personas (como se muestra en la figura 2), tal como lo recomienda Slavin (2011), para optimizar la interacción y el intercambio de ideas, aunque esta organización en otros casos puede ajustarse a las características del espacio disponible.

Figura 2

Disposición de los subgrupos



Nota: La disposición áulica en subgrupos de 3-4 personas permite la interacción, la socioconstrucción y el acompañamiento por parte de las facilitadoras.

Una vez organizados los subgrupos, se presentó el primer problema, el cual cada equipo resolvió de forma activa de 5 a 7 minutos. Al finalizar cada reto, se realizó una discusión plenaria en la que se compartieron los resultados de los diferentes subgrupos, analizando las estrategias y los hallazgos relevantes que emergieron de la aplicación de los métodos didácticos.

Durante todo el proceso, las personas facilitadoras proporcionaron orientación y apoyo, guiando el aprendizaje a través de preguntas y sugerencias que estimularon la reflexión crítica (Brookfield, 2017). Además, cada participante recibió un folleto tipo cuaderno de trabajo, donde resolvieron los problemas planteados, lo que permitió un registro personal del aprendizaje y facilitó la retroalimentación individualizada.

4. Actividades del taller

Se desarrollan las siguientes actividades.

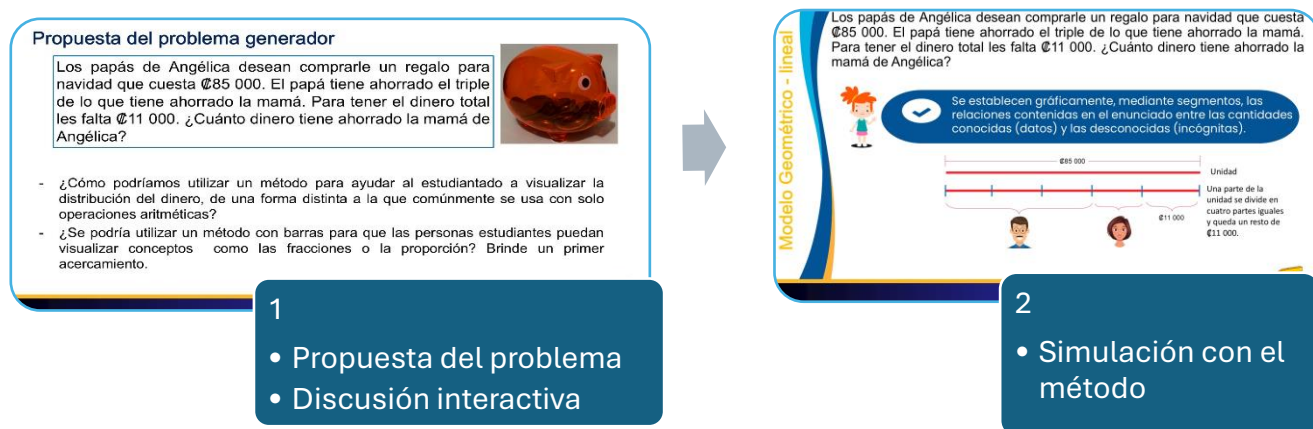
4.1. Problema generador

El taller inició con un problema generador (figura 3) que presenta una situación matemática concreta, realista y desafiante, lo que permitió que las

personas participantes se involucraran activamente, generaran aprendizaje y se permearan del método gráfico lineal.

Figura 3

Tratamiento del problema generador



4.2. Trabajo en equipos

De acuerdo con la metodología descrita anteriormente, se presentan algunos de los problemas propuestos, la forma en cómo se abordaron y evidencias del trabajo realizado.

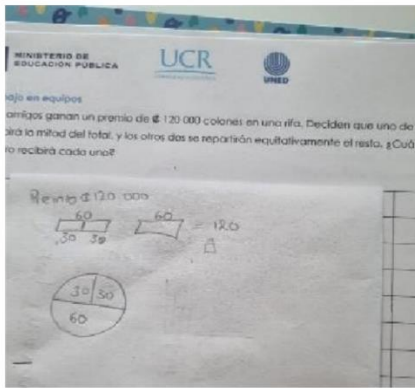
4.2.1. Problema: Distribución de premios

"Tres amigos ganan un premio de ₡120,000 en una rifa. Deciden que uno de ellos recibirá la mitad del total y los otros dos se repartirán equitativamente el resto. ¿Cuánto dinero recibirá cada uno?"

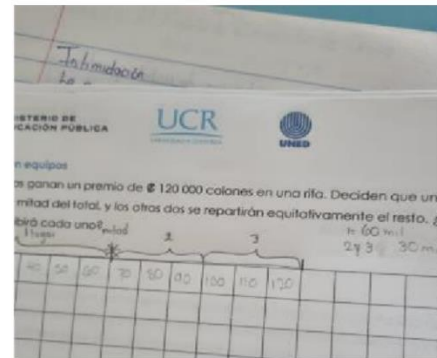
Los equipos identificaron la relación de proporcionalidad en la distribución del premio. Se pretendía la utilización del modelo de barras o lineal para representar visualmente la mitad del premio que recibe un amigo y la cantidad que se reparte entre los otros dos. Esta representación gráfica facilita el cálculo y comprensión de cómo se distribuyen los ₡120,000, proporcionando una herramienta que les permite visualizar la solución de forma clara. La figura 4 muestra dos estrategias distintas utilizadas por personas participantes para resolver el reto a través del método gráfico.

Figura 4

Muestra de las estrategias de los subgrupos para solucionar el problema Distribución de premios



Gráficos



Barras

El gráfico circular representa la cantidad total de dinero a repartir (₡120,000) con una división que muestra las proporciones en que se distribuyen las partes. Se observó que se ha asignó la mitad del total (₡60,000) a uno de los amigos y se desglosó el resto (₡60,000) en dos partes iguales (₡30,000 cada una), correspondientes a los otros dos amigos. Este tipo de representación es útil para estudiantes que se benefician de un enfoque más visual, especialmente para comprender relaciones de proporciones. El modelo de barras(derecha) es una herramienta didáctica poderosa porque permite una representación más precisa de la relación proporcional entre las partes, mientras el gráfico circular puede ser más intuitivo para algunas personas estudiantes.

El modelo de barras es preferible para trabajar con problemas que requieren una mayor precisión y claridad en las divisiones proporcionales, ya que, las barras ayudan a que las personas estudiantes a que desarrollen habilidades de representación y resolución de problemas complejos de manera estructurada.

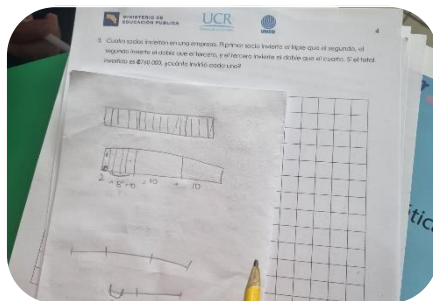
4.2.2. Problema: Inversión proporcional

“Cuatro socios invierten en una empresa. El primer socio invierte el triple que el segundo, el segundo invierte el doble que el tercero, y el tercero invierte el doble que el cuarto. Si el total invertido es $\text{C}\$540,000$, ¿cuánto invirtió cada uno?”

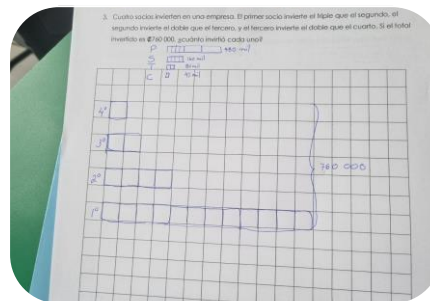
Este problema requirió que los equipos desglosaran las relaciones entre las inversiones de cada socio. Aquí, el modelo de barras se utilizó nuevamente para representar las proporciones, asignando una barra de referencia para el cuarto socio y ajustando las barras de los otros socios de acuerdo con las proporciones descritas (el doble, el triple, etc.). También, se puede hacer uso del método gráfico lineal que, de hecho, fue aplicado por algunos subgrupos. Esta visualización facilita no solo la comprensión de las relaciones entre las cantidades, sino también la realización de las operaciones necesarias para llegar a la solución. En la figura 5 se puede observar algunas de las estrategias implementadas.

Figura 5

Muestra de las estrategias de los subgrupos para solucionar el problema Inversión proporcional



En este caso se inició con el método gráfico de barras y posteriormente se eligió el método geométrico lineal



Método gráfico de barras

En el primer caso, el subgrupo parece haber intentado utilizar barras para ilustrar las partes iguales o proporcionales de cada inversión. Sin embargo, se puede observar que esta representación no fue concluida, posteriormente, se selecciona el método geométrico lineal, en el que se observa un enfoque más

preciso para dividir las inversiones y permite un cálculo directo de la distribución proporcional. La elección entre uno u otro depende del nivel de abstracción que cada estudiante pueda manejar. El hecho de que la persona que resolvió el problema haya comenzado con barras y luego haya pasado al método geométrico, es un indicio de flexibilidad cognitiva, lo cual es deseable en la resolución de problemas matemáticos.

4.2.3. Problema: El vestuario de Karla

“Karla compró 3 pantalones, 5 blusas y 2 pares de zapatos. En total gastó ϕ 157 200.

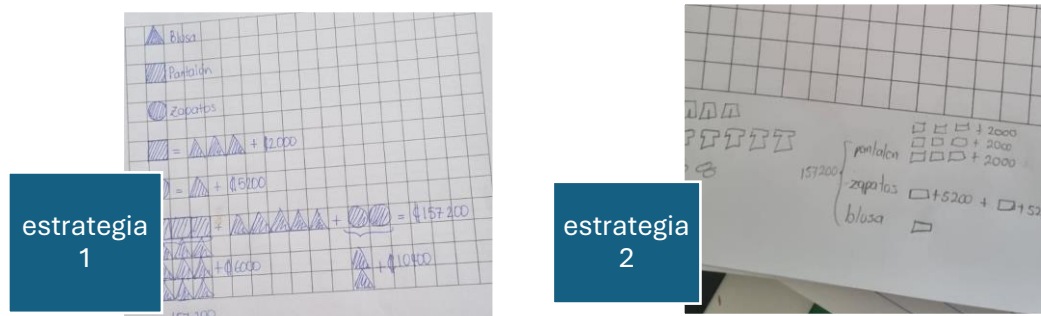
- Cada pantalón valía ϕ 2000 más que el triple de lo que costo cada blusa.
- Cada par de zapatos costo ϕ 5200 más que cada blusa.
- Todas las blusas tenían el mismo precio.

¿Cuál es el precio, en colones, de cada blusa?”

La figura 6 muestra que la primera estrategia utiliza representaciones gráficas como diagramas o modelos visuales para descomponer el problema en partes más manejables.

Figura 6

Muestra de estrategias de los subgrupos para solucionar el problema El vestuario de Karla



Aquí se pueden observar símbolos que representan cada tipo de prenda (blusa, pantalón y zapatos) junto con las sumas de dinero necesarias.

Este enfoque es efectivo para ayudar a las personas estudiantes a visualizar las relaciones y las cantidades involucradas. Sin embargo, puede requerir un paso adicional de traducción para convertir los modelos gráficos en ecuaciones algebraicas. Puede ser más accesible para estudiantes que requieren conectar el problema con un esquema más concreto.

La segunda estrategia es efectiva para describir las relaciones algebraicas entre los precios de las prendas de forma gráfica. Se detallan ecuaciones que vinculan el precio de las blusas con los de los pantalones y los zapatos, sin utilizar expresiones literales más que los símbolos de suma e igualdad, conocidos por los niños y las niñas desde primer año escolar, pese al grado de dificultad del problema. Ofrece una estructura clara para resolver problemas algebraicos con estrategias gráficas.

Los problemas mostrados forman parte de una colección de siete problemas propuestos y desarrollados en la fase de trabajo colaborativo. Dichos problemas han sido presentados de forma gradual, siguiendo una progresión en términos de tratamiento y dificultad, con el objetivo de facilitar un aprendizaje estructurado y desafiante.

Al final del tiempo de trabajo en equipo para cada problema, los resultados son discutidos en plenaria, donde cada grupo presenta sus soluciones y explica las estrategias utilizadas. Esta etapa es crucial, ya que, permite que las personas participantes aprendan de los enfoques y razonamientos de los demás, promoviendo un ambiente de aprendizaje colaborativo y reflexivo.

5. Conclusiones

El taller brindó una valiosa oportunidad para analizar y poner en práctica diferentes estrategias en la resolución de problemas matemáticos. Las personas participantes no pudieron solo aplicar técnicas variadas, sino que también reflexionaron sobre la efectividad de cada método en un contexto colaborativo.

Iniciar el taller con un problema generador demostró ser una estrategia efectiva para captar el interés de las personas participantes desde el principio. Este enfoque permitió que se involucraran activamente en la identificación de los

problemas y comenzaran a construir el conocimiento a partir de situaciones reales. Las personas participantes no solo resolvieron el problema inicial, sino que adquirieron habilidades clave como el análisis crítico, la abstracción y la representación matemática a través de diferentes métodos, como barras y gráficas.

La dinámica de trabajo en equipo facilitó el intercambio de ideas y la construcción colectiva del conocimiento. A lo largo de la resolución de los nueve problemas propuestos, las personas participantes lograron intercambiar estrategias y métodos, lo que promovió un ambiente de aprendizaje activo y colaborativo. Las discusiones entre equipos permitieron una reflexión más profunda sobre las soluciones y brindaron la oportunidad de aprender de los enfoques diversos de sus compañeros y compañeras.

Uno de los principales retos fue la gestión del tiempo, ya que, cada problema requería un nivel significativo de análisis y discusión. Resolver problemas complejos dentro de un tiempo limitado generó una presión positiva que obligó a las personas participantes a priorizar sus estrategias y tomar decisiones rápidas sobre cuál técnica emplear.

El uso del método de barras fue útil para visualizar y descomponer las cantidades, mientras que el método geométrico permitió una solución más eficiente y precisa. Esta flexibilidad es un indicador de una comprensión profunda de los conceptos matemáticos.

A lo largo del taller, las personas participantes experimentaron diferentes formas de representar matemáticamente un problema, lo cual es fundamental en la enseñanza de las matemáticas. Los gráficos y diagramas utilizados no solo facilitaron la comprensión de los problemas, sino que también reforzaron la capacidad de las personas participantes para comunicar sus ideas de manera clara y estructurada. Este aspecto es crucial para el desarrollo de competencias matemáticas en contextos educativos y de evaluación, como las olimpiadas matemáticas.

Bibliografía

- Brookfield, SD. (2017). *¿Cómo convertirse en un docente crítico y reflexivo?* (2.^a ed.). Jossey Bass.
- Castro, E. y Castro-Rodríguez, E. (2018). Las representaciones gráficas como modelo y patrón geométrico. En P. Flores, J.L. Lupiáñez y I. Segovia (Eds.), *Enseñar Matemáticas. Homenaje a los profesores Francisco Fernández y Francisco Ruiz* (pp. 75 - 87). Atrio.
- Fernández, E. y Molina, M. (2016). Indagación en el conocimiento conceptual del simbolismo algebraico de estudiantes de secundaria mediante la invención de problemas. *Enseñanza de las ciencias*, 34(1), 53-71. <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/306636>
- Martínez, M. V. (2011). *Utilización del método geométrico lineal (MGL) para la resolución de problemas de álgebra elemental*. Tesis doctoral. Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/18534/19986026.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mendoza, T. (2018). Aprender del problema y de las formas de interacción. La construcción de conocimientos relativos al porcentaje en clases de secundaria. *Revista Colombiana de Educación*, (74), 133-154. <https://doi.org/10.17227/rce.num74-6901>
- Ministerio de Educación Pública. (2012). *Programas de Estudio de Matemáticas. I, II y III Ciclos de la Educación General Básica y Ciclo Diversificado*. San José: autor. <https://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/matematica.pdf>
- Mora, M. (2021). Costa Rican Mathematics Olympiad for Elementary Education – OLCOMEPEP. *Journal of the World Federation of National Mathematics Competitions*, 1 (34). https://www.researchgate.net/publication/353131266_Costa_Rican_Mathematics_Olympiad_for_Elementary_Education_-_OLCOMEP

- Ríos-Cuesta, W. (2021). Aplicación de las representaciones gráficas y la visualización a la resolución de problemas con fracciones: una transición hacia el algoritmo. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (63), 196-222. <https://www.doi.org/10.35575/rvucn.n63a8>
- Ruiz, S.U., Fernández, J. y Fernández, M. (2016). El modelo de barras: una estrategia para resolver problemas de enunciado en primaria. *Revista Internacional de Ciencia, Matemáticas y Tecnología*, 3 (1). <http://funes.uniandes.edu.co/15390/1/Urbano2016EI.pdf>
- Slavin, R. E. (2011). *Cooperative learning: Theory, research, and practice* (2.ª ed.). Allyn & Bacon.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
-

Collaborations in Ethnomodeling: The Sociocultural Perspective of Modeling with Ethnomathematics and Ethnomodeling

Daniel Orey

Universidade Federal de Ouro Preto,
Brasil
oreydc@ufop.edu.br

Milton Rosa

Universidade Federal de Ouro Preto,
Brasil
milton.rosa@ufop.edu.br

María Elena Gavarrete Villaverde

Universidad Nacional de Costa Rica,
Costa Rica
mgavarrete@una.ac.cr

Steven Quesada Segura

Universidad Nacional de Costa Rica,
Costa Rica
steven.quesada.segura@una.ac.cr

Summary: The purpose of this paper is to reinforce the presentation given at the Internacional Festival de Matemática at the Universidade Latina in San José, Costa Rica in 2024. In that presentation, the presenters offered an introduction to ethnomodelling, and the presentation concluded with a lively discussion for possibilities for continued research and collaborations between Brazilian and Costa Rican mathematics educators.

Key words: Ethnomathematics, Ethnomodeling, Sociocultural context, Mathematical modeling, Cultural diversity

1. The Universal Language of Mathematics

Mathematics is often presented as a universal subject, which has its own language. Like any language, mathematical language has its prose and poetry that describes context and cultural connections. For us, it is ethnomodelling that has the ability to create some mathematical poems. These poems describe, in the voice of the ethnomodeler(s) the unique reality of the model. How diverse people count, pattern, measure, or how human civilizations use cultural practices such as, “playing, locating, measuring, counting, explaining, and designing and building” (Bishop, 1988), are indeed universal, however the differences, create unique and interesting (poetical) contexts and differences between diverse peoples and academic mathematics. Indeed, academic mathematics, spoken, as it were, is used to

mathematize (translate) one reality to the next. This is what we consider the universal aspect of mathematics, its ability to communicate across diverse cultural contexts.

Cultural mathematics can be interpreted by how people in different places and situations THINK and CREATE mathematically. Mathematics has a lot in common with language. There are interpretations and expressions of mathematics that vary according to diverse socio-cultural contexts. Culture, in the case of ethnomodelling is a broad context as described by D'Ambrosio which includes more than just ethnicity, and includes groups of workers, artisans, for example.

Many researchers, teachers, and educators believe that mathematics is an *acultural* subject, that is, without cultural meaning. As mentioned above, this universal aspect includes its ability to communicate across diverse cultural contexts. These differences are akin to accents and different expressions used between diverse peoples, mathematically. This is a point of view that encapsulates colonialism, that is, when a dominant group decides what is useful or important for us all, and when it is often used in powerful western academic mathematics and science.

Neither form of mathematics is right nor wrong.

That being said, one's cultural lens can interfere with the learning of mathematical concepts, or between the diverse forms of playing, locating, measuring, counting, explaining, and designing and building (mathematics) that was created and developed by a particular culture to meet its special needs. These differences may interfere with our concepts of academic-scientific-western mathematics, indeed our ideas of what constitutes what IS mathematics.

So it is, that the interrelationship between native cultures and mathematical ideas can be mutually reinforced by the use of "culturally sensitive mathematics activities," which help students see the relevance of mathematical thinking in diverse out of school contexts, without devaluing modern, powerful academic mathematics and science. , and help teachers use this connection to teach more mathematics. Teachers and students must be supported in valuing the diversity present in

classrooms and understand influences that local or student cultural context exerts on mathematics and how this influence results in different ways in which mathematics is used and communicated.

So let us share one way that we can do this.

2. Ethnomathematics

Ubiratan D'Ambrosio, teaches that ethnomathematics is the way in which members of specific cultural groups (ethno) have developed, throughout history, the techniques and ideas (tics) to measure, calculate, infer, compare, classify, and model their unique social context and natural environment in which they are inserted. This occurs universally, in order to explain, understand, and comprehend phenomena that occurs in their context (mathema).

In the case of Mathematics Education, for example, the Ethnomathematics Program does not mean ignoring or rejecting academic mathematics symbolized by Pythagoras, because it is not about ignoring or rejecting modern knowledge or behavior, but rather, perfecting it to incorporate human values, synthesized in an ethic of respect, solidarity and cooperation. (D'Ambrosio, 2000) for all peoples.

Consequently,

The late recognition of other ways of thinking, including mathematical thinking, encourages broader reflections in relation to the nature of mathematical thinking, from a cognitive, historical, social and pedagogical point of view. This is the objective of the Ethnomathematics Program. (Fantinato, Freitas, Marchon, 2018)

The classroom can be seen as a possibility of study inspired by pedagogical practices that are developed using an ethnomathematical perspective for pedagogical action. It is important to recognize in ethnomathematics a research program that walks together with school practice (D'Ambrosio, 1990).

3. Implementing the Pedagogical Action of the Ethnomathematics Program

A reinterpretation of the mathematics curriculum is essential to properly conduct the pedagogical component of this program for its implementation in classrooms (Rosa and Orey, 2006). This perspective offers the necessary balance to the school curriculum, because, by inserting these components into a mathematics curriculum, ethnomathematics as a program, is conceived upon, a paradigm where the humanization of mathematics prevails, through a philosophical and contextualized approach to the curriculum. Pedagogical work directed in this way allows for a broader analysis of the school context, since pedagogical practices transcend physical space and begin to embrace the “knowledge” and “doings” present in every sociocultural context of the students.

The pedagogical proposal of the curriculum, directed by the Ethnomathematics Program, is to make mathematics something alive, that works with real situations, in time and space, through analysis, questioning and criticism of the phenomena present in our daily lives (D’Ambrosio, 2000). This can be done in a way that encourages learners to learn western-academic mathematics, because the ethnomathematics program not only includes the perspective of what constitutes mathematics but allows us to see connections and see how modern academic solutions work in diverse contexts. It is in the community itself that the school, in its pedagogical work, finds the content of diverse didactic elements, experiences, and perspectives necessary for the development of the mathematics curriculum. To outline paths for the pedagogical action of the Ethnomathematics Program, there is a need to:

1. Carry out field research (ethnographic) that encourages us to value and understand which mathematical ideas, procedures or practices, present in the community, can be considered as objects of continued pedagogical study.
2. Determine which educational proposal should be considered for the development of the mathematics curriculum in a local context.

4. Mathematization: Sociocultural Perspective of Modeling

We believe that for the pedagogical process of the Ethnomathematics Program, the approaches that will outline this pedagogical action are similar to those proposed by Eglash (2002), mainly those related to knowledge systems that are deeply linked to the daily events of each social group and that can be “mathematized” that is, translated into the language of academic mathematics. We believe that “mathematizing” certain mathematical ideas, procedures or practices present in the daily events of different cultural groups is working with ethnomathematics (Rosa and Orey, 2010).

5. The Sociocultural Perspective of Modeling: Mathematization

In this line of research, there is a need to highlight the process of ethnomodeling, through examples of the use of “mathematizing” techniques developed by members of different cultural groups and their natural encounter with ethnomathematics. A group of students who participated in a specialization course sought to understand, comprehend, and know what “mathematics” was used by Mr. Joaquim, in Ijuí, Rio Grande do Sul, who produced wine and built his own barrels, using mathematical ideas, procedures, and practices, which were transmitted by his Italian ancestors. Knijnik (1993) also uses an ethnomathematical approach to mathematize the knowledge of the workers of the Brazilian Landless Movement, to evaluate land areas and calculate the volume of tree trunks. In land measurement process, called “cubação,” Knijnik (1993) elaborated a translation of this knowledge for mathematical language, demonstrating the value of this knowledge and its use for pedagogical practice.

Gerdes (1993) “mathematized” the sand drawings, called Sona, which are made by the natives of Angola and Zambia, legitimizing and valuing the recognition of this cultural practice, translating this knowledge into the school curriculum with the use of academic mathematics. These studies reveal that the mathematization of reality, made by members belonging to certain cultural groups, is seen as representations of reality itself that are generated, through inferences, with the use of mental representations. These investigations also show that the

ethnomathematical proposal can be interpreted as a methodology that allows to recognize and present the mathematics present in the daily life of students in motivating didactic situations.

6. Ethno(mathematics) + modeling = Ethnomodeling

“Mathematization” is one of the most important stages of the methodology of mathematical modeling, since it is at this stage where the translation of the problem situation occurs.

For the academic mathematical language, we understand that modeling is one of the possible proposals to start the pedagogical action of the Ethnomathematics Program. The use of ethnomathematics that is present in the daily events of the members of cultural groups has the objective of expanding and perfecting mathematical knowledge and strengthening the cultural identity of individuals, as autonomous and capable beings (Rosa and Orey, 2003).

7. Examples of Ethnomodeling

The development of models that represent these systems are representations that help the members of these groups to understand and appropriate reality through the use of small units of information, called ethnomodels, which link their cultural heritage with the development of their mathematical practices. Mathematical modeling is one of the possible teaching strategies that will make it possible to approximate and relate “knowledge”: school knowledge and everyday knowledge. The organization of teaching situations from an ethnomathematical perspective uses modeling as one of the possible ways to carry out a central task.

Presently, at the Universidade Federal de Ouro Preto, our master’s students work in modelling, ethnomathematics and ethnomodelling can be found at: <https://ppgedmat.ufop.br/disserta%C3%A7%C3%B5es>. Included here are master’s works related to ethnomodelling and ethnomathematics:

a. Dissertations defended in 2024

- i. Álvaro Moisés Borges - *Etnomodelagem na produção de vinho artesanal de jabuticaba: diálogos entre os saberes matemáticos locais e os conhecimentos matemáticos escolares*
- ii. Kelly Souza Lima - *Técnicas digitais da informação e comunicação e o ensino remoto emergencial: implicações nas práticas pedagógicas de professores de matemática do ensino médio da rede pública estadual de Ouro Preto - MG*
- iii. Gabriel Mapa de Souza - *Era uma vez... uma pesquisa sobre a ação pedagógica da Etnomatemática em salas de aula para o desenvolvimento da Educação Financeira em busca da cidadania em uma escola pública mineira*
- iv. Luciano de Santana Rodrigues - *"O que diacho é tarefa?" : etnomodelagem e etnomodelos da produção de arroz em Amarante no Piauí*
- v. Vanessa Aparecida Dutra Rabelo - *A matemática daqui no mundo : explorando a ação pedagógica da etnomodelagem com a produção artesanal de carvão vegetal na perspectiva da glocalização.*

b. Dissertations defended in 2023

- i. Giovana Aparecida Pereira da Silva - *Uma ação pedagógica fundamentada na etnomatemática para o desenvolvimento de conteúdos geométricos para alunos cegos (ou com deficiências visuais) objetivando aprimorar a prática docente de professores (cegos) de matemática*
- ii. João Batista Nunes da Silva - *Trilhas etnomatemáticas e história: contribuições do conhecimento matemático africano para o desenvolvimento de uma ação pedagógica para a etnomodelagem*
- iii. Kelly Cristina Santos Rocha - *Possibilidades de estudo da proporção áurea nos cristos do mestre Aleijadinho na cidade de Congonhas, Minas Gerais*

- iv. Steven Eduardo Quesada Segura - *Análisis etnomatemático de los elementos involucrados en las danzas tradicionales de Costa Rica: un caso específico en la danza afrocaribeña “Palo de Mayo”*
- c. **Dissertations defended in 2022**
 - i. Osvaldo Rosa Filho - *Etnomodelagem: investigando a arte da tapeçaria na comunidade local de Cachoeira do Brumado*
 - ii. Tatiana de Andrade Aguiar Delfiol - *Humanizando os Profetas de Aleijadinho: um estudo qualitativo de suas proporções por meio de Etnomodelagem*
- d. **Dissertations defended in 2021**
 - i. Jéssica Rodrigues - *Explorando a perspectiva de pesquisadores e participantes de trilhas de matemática sobre a (re)descoberta do conhecimento matemático fora da escola: um estudo qualitativo em etnomodelagem*
 - ii. Leonardo Rodrigues Leite - *Insubordinando criativamente a indisciplina na perspectiva da etnomatemática: um estudo qualitativo com professores de matemática*
- e. **Dissertations defended in 2020**
 - i. Ana Paula S. de Sousa Mesquita - *Uma Análise Sociocrítica da Etnomodelagem como uma Ação Pedagógica para o Desenvolvimento de Conteúdos Matemáticos em uma Comunidade Periférica*
 - ii. Érika Dagnoni Ruggiero Dutra - *Etnomodelagem e café : propondo uma ação pedagógica para a sala de aula*
- f. **Dissertations defended in 2018**
 - i. Rogério Braga Soares - *Modelagem Matemática como Ambiente de Aprendizagem para o desenvolvimento das competências em Modelagem Matemática de um grupo de estudantes ao transformar uma brincadeira em Prática Esportiva*

- ii. Vanessa da Luz Vieira - *O Ensino da Geometria na Escola Familiar Agrícola: A Construção do Conhecimento Geométrico sob a Perspectiva da Alternância e da Etnomatemática*

g. Dissertations defended in 2017

- i. Diego Pereira de Oliveira Cortes - *Ressignificando os conceitos de função: um estudo misto para entender as contribuições da abordagem dialógica da etnomodelagem*

At the same time, ongoing work at the Universidad Nacional, Costa Rica includes:

a. Dissertations defended in 2005:

- i. Gavarrete Villaverde, M.E., Vásquez Hernández, A.P. (2005). *Etnomatemáticas en el Territorio Talamanca-Bribri*. Tesis para optar por el grado de Licenciatura]. Universidad Nacional, Costa Rica.

b. Dissertations defended in 2009:

- ii. Gavarrete Villaverde, M.E. (2009). *Matemáticas, Culturas y Formación de Profesores en Costa Rica*. [Tesis de maestría, Universidad de Granada].

c. Dissertations defended in 2013:

- iii. Gavarrete Villaverde, M.E. (2013). *Modelo de aplicación de etnomatemáticas en la formación de profesores para contextos indígenas en Costa Rica*. Tesis doctoral, Universidad de Granada, [<http://hdl.handle.net/10481/27806>]

d. Dissertations defended in 2018:

- iv. Chavarría, A, G. (2018) *La contextualización en el programa de matemática del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica* [Tesis de maestría, Universidad de Granada].

e. Dissertations defended in 2021:

- v. Benavides, G., Chavarría R., y Quesada, N. (2021). *Etnomatemáticas de los templos: una propuesta para contextualizar la enseñanza de la geometría en la educación*

secundaria en Costa Rica. [Tesis para optar por el grado de Licenciatura]. Universidad Nacional, Costa Rica.

f. Dissertations defended in 2022:

vi. Arias, A. (2022). *Idoneidad didáctica desde la perspectiva etnomatemática, del proceso de instrucción desarrollado entre un docente oyente y estudiantes en condición de sordera, que se comunican en LESCO, de la Dirección Regional de Educación de Heredia: un estudio de caso único*. [Tesis para optar por el grado de Licenciatura]. Universidad Nacional, Costa Rica.

g. Dissertations defended in 2023:

vii. Chavarría Arroyo, G. (2023). *Contextualización culturalmente significativa de problemas matemáticos en el currículo, en la percepción docente y en la formación de profesores en Costa Rica*. Tesis doctoral, Universidad de Granada, [<https://hdl.handle.net/10481/81417>]

h. Dissertations defended in 2024:

viii. Jaén, A., Delgado, C, y Valverde, R. (2024). *Propuesta didáctica interdisciplinar con contextualización significativa para secundaria a partir del estudio etnomatemático de tres signos culturales costarricenses involucrando el enfoque educativo STEAM* [Tesis para optar por el grado de Licenciatura]. Universidad Nacional, Costa Rica.

i. Ongoing work 2022-2024:

ix. Molina, B., Montero, P., y Montiel, I. (2024). *Diseño de una propuesta glocalizada para la enseñanza de la Geometría en el Ciclo diversificado en Costa Rica, a partir del estudio etnomatemático del Tejido desarrollado en el Valle Central*. [Tesis en elaboración para optar por el grado de Licenciatura]. Universidad Nacional, Costa Rica.

It is important to highlight that many of the works carried out at the National University are related to the pedagogical aspect of ethnomathematics, based on cultural signs. For this reason, the cultural aspects of communities are emphasized to contextualize them in the classroom. A clear example is the research on the ethnomathematics of temples, where the sociocultural aspect was connected with Costa Rica's mathematics curriculum for teaching geometry.

8. Final considerations

Ethnomodelling offers one opportunity, that provides teachers and students with a pedagogical action that connects local / out of school mathematics with practices provided by knowledge of academic mathematics. The authors are more than pleased to continue this relationship (our ethno-relationship!) that began over 25 years ago when Professor Daniel presented in one of the early Math Festivals in Costa Rica and Professor Mariel presented her work with the Bribri first nations peoples. It has been gratifying to continue this relationship through our students in Brasil and in Costa Rica, most recently with Professor Steven's master's work in Brasil.

Together we have seen how important it is to explore, archive, develop and value our own unique mathematical practices. It is our hope that this ongoing ethno-family we have created serves as a model for other groups of researchers. For us, it is essential that new voices and perspectives are nurtured and encouraged and are supported in seeing connections with colleagues and students who are supported in developing an understanding for unique possibilities in socio-pedagogical actions of mathematics. These pedagogical actions encourage the connection of mathematical practices present in our diverse contexts and communities with the mathematical practices taught in our schools in Brasil and Costa Rica, through dialogue and reinterpretation of our school mathematics curricula. In so doing, these acts become our poems, they become aspects for peaceful creation. In closing, Maxine Hong Kingston wrote: "The images of peace are ephemeral. The language of peace is subtle. The reasons for peace, the definitions of peace, the very idea of peace have to be invented and reinvented anew. Children and all of us, here us what we have to

do during times of war: In time of destruction, create something. A poem. A parade. A community. A school. A vow. A moral principle. A moment of peace.

Bibliography

Bishop, A. J. (1988). *Mathematical enculturation: A cultural perspective on mathematics education*. Kluwer. https://www.todos-math.org/index.php?option=com_dailyplanetblog&view=entry&category=board&id=11:ethnomathematics-mathematics-de-todos

D'Ambrosio, U. (1990). *Etnomatemática* [Ethnomathematics]. Editora Ática.

D'Ambrosio, U. (2000). A Historiographical Proposal for Non-Western Mathematics. In: Selin, H. (eds) *Mathematics Across Cultures. Science Across Cultures: The History of Non-Western Science*, vol 2. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4301-1_6.

Fantinato, M. C; Freitas, A. V.; Marchon, F. L., (2018). Concepções, dinâmicas e desafios da Etnomatemática. In: Fantinato, M. C.; Freitas, A. V. *Etnomatemática: concepções, dinâmicas e desafios*. (Org.). Fantinato, M. C.; Freitas, A. 1. ed. Jundiaí – SP. Paco.

Eglash, R. (1999). *African Fractals: Modern Computing and Indigenous Design*. Rutgers University Press

Eglash, R. (2002). Race, sex and nerds: from Black Geeks to Asian-American hipsters. *Social Text* 20, 2, 49--64.

Gerdes, P. (1993). *L'ethnomathématique comme nouveau domaine de recherche en Afrique: quelques réflexions et expériences du Mozambique*. Instituto Superior Pedagógico.

Knijnik, G (1993) 'An ethnomathematical approach in mathematical education: a matter of political power', *For the Learning of Mathematics* 13(2), 23-25 (Reprinted in Powell, A and Frankenstein, M (1997) *Ethnomathematics. Challenging Eurocentrism in Mathematics Education*, New York, NY, SUNY Press, pp 403-410).

- Rosa, M.; Orey, D. C. (2003). Vinho e queijo: Etnomatemática e modelagem! *Bolema*, 16 (20), p. 1-16.
- Rosa, M. y Orey, D. (2006). Abordagens atuais do programa etnomatemática: delinendo-se um caminho para a ação pedagógica. *Bolema*, 19 (26), p. 19-48.
- Rosa, M. y Orey, D. (2010). Ethnomodeling: a pedagogical action for uncovering ethnomathematical practices. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1 (3), p. 58-67.

Conociendo los volcanes de Costa Rica

José Pablo Sibaja Brenes
Universidad Nacional, Costa
Rica

jose.sibaja.brenes@una.ac.cr

Rosa Alfaro Solís
Universidad Nacional,
Costa Rica

Rocío Alfaro Avendaño
Universidad Nacional,
Costa Rica

Henry Borbón Alpízar
Universidad Nacional, Costa
Rica

Ilena Vega Guzmán
Universidad Nacional,
Costa Rica

Ian Godfrey
Universidad de Florida del
Sur, Estados Unidos

Guillermo Alvarado Induni
Universidad Nacional, Costa Rica

Resumen: Conocer los riesgos asociados con la actividad volcánica es de gran importancia para mantener la seguridad de las comunidades. Mediante la investigación científica es posible identificar señales de alerta temprana, tal y como se ha realizado en el volcán Poás, en donde la fuerte actividad de abril del 2017, presentó la necesidad y la oportunidad para el Laboratorio de Química de la Atmósfera de iniciar con un monitoreo de los niveles de concentración de los gases azufrados (dióxido de azufre y sulfuro de hidrógeno) en el aire, en las zonas de aglomeración de personas (mirador del cráter principal, centro de turistas, caseta de cobro y casa de guardaparques). Los resultados obtenidos fueron la plataforma para la compra de equipos portátiles de medición de gases azufrados en tiempo real, donde también se dieron campañas de divulgación y concientización del personal del parque y comunidades sobre los peligros volcánicos, gases, ceniza, rutas de evacuación, equipos de medición, entre otros, lo que ha permitido la geoalfabetización de la comunidad y de los turistas. Este trabajo permitió implementar un nuevo estilo de manejo del parque volcánico, en donde se empoderó a los guardaparques para pudiera tomar decisiones basadas en criterio científico.

Palabras clave: volcanes, gases, aerosoles ácidos, geoalfabetización, peligros volcánicos

1. Introducción

1.1. Vulcanología

Los volcanes son estructuras geológicas donde se da una liberación de gases y material rocoso fundido conocido en como magma, proveniente de varias decenas de kilómetros de profundidad en el planeta. Cuando emerge a la superficie, se le

denomina lava, ya sea bajo la forma de coladas o lenguas de lava, o de productos explosivos (cenizas, bloques, bombas) (Cooper et al., 2018). Los volcanes en erupción presentan actividad intensa de emisión de rocas, cenizas, gases e incluso coladas de lava (Szakács, 1994). Este es uno de los mecanismos para la liberación de sustancias químicas a la atmósfera, entre los compuestos que se pueden emitir están: vapor de agua, dióxido de carbono (CO_2), sulfuro de hidrógeno (H_2S), dióxido de azufre (SO_2) y ácidos inorgánicos como cloruro de hidrógeno (HCl) y el fluoruro de hidrógeno (HF) (Giggenbach, 1996).

2. Volcán Poás

El Parque Nacional Volcán Poás, ubicado en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica, tiene una altitud de 2708 m s.n.m. (figura 1). Se clasifica como un estratovolcán complejo que presenta un cráter activo con un lago hiperácido, usualmente de color verde turquesa y fumarolas de baja y elevada temperatura. Está formado por tres estructuras principales: el cráter principal que actualmente está activo, el lago Botos y un cono antiguo llamado von Frantzius (Mora-Amador y Alvarado, 2010; Ruiz et al., 2019). Fue establecido como Parque Nacional en 1955 con una extensión de 6506 ha, siendo una de las 158 áreas silvestres protegidas del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) (Vargas-Jiménez et al., 2024).

Figura 1

Vista desde el mirador de turistas del cráter activo del volcán Poás



El volcán Poás presentó una explosión fuerte el 28 de marzo con lo que inició una serie de erupciones explosivas de más de 500 m de altura, como las del 13 y 19 de abril, desapareciendo aproximadamente el 90 % de la cúpula de lava intracrática (domo volcánico). Las afectaciones debido al material expulsado en el mirador principal y camino a lago crático de Votos (Botos), con su peligro volcánico implícito, conllevó al cierre temporal del parque a los visitantes debido al peligro por la liberación del material volcánico (Salvage et al., 2018).

3. Geoturismo

A partir del conocimiento sobre la vulcanología, surge el término Geoturismo, que puede ser entendido como un segmento de la actividad turística que tiene al patrimonio geológico como principal atractivo y busca la protección por medio de la conservación de sus recursos y de la sensibilización del turista, utilizando la interpretación para volver este patrimonio accesible al público y promover la difusión y el desarrollo de las Ciencias de la Tierra. Constituye una modalidad que promueve la educación ambiental y las prácticas sustentables (Alvarado et al., 2023; Aymara 2023).

Algunas de las características clave del geoturismo son:

- a. Comunica el patrimonio geológico y posee el componente de estar basado en el conocimiento y su puesta en valor.
- b. Aspira a ser un turismo sostenible que pretende conservar la geología.
- c. No es un turismo de masas sino alternativo y selectivo, por lo que puede darse en zonas naturales o urbanas e incluso en zonas alteradas, impulsa el desarrollo local y coopera con los agentes locales (Udala 2009).

A pesar de que el geoturismo es un término reciente, se rige de varios principios generales, donde el geoturismo es sinérgico, es decir, cada uno de los elementos encontrados en un ambiente geográfico están vinculados para crear una experiencia turística mejor (Aranda et al., 2017):

- Involucra a la comunidad, los negocios y el civismo se unen para proveer una buena experiencia a los turistas.

- Informa al visitante y al residente, lo cual implica que ambos aprenden de su patrimonio, hasta que los residentes desarrollan orgullo de su territorio.
- Beneficia a los residentes económicamente, ya que la empresa encargada del turismo contrata empleados, usa servicios, productos y materiales de la localidad, así la comunidad entiende los beneficios del geoturismo y toman las riendas del lugar que ya es visto como suyo.
- Apoya la integridad del lugar, tanto los viajeros como los residentes aprecian el carácter del lugar, que provee beneficios mutuos, ya que la comunidad también recibe beneficios económicos a cambio de dar a conocer su territorio.
- Permite conocer lugares de belleza extraordinaria, para que así los visitantes quieran regresar con nuevos conocimientos.
- Planeación en el uso del terreno, lo cual permite buenas técnicas para planificar el desarrollo urbano, cuidando la biodiversidad y el paisaje natural.
- Conservación de recursos, lo cual induce a minimizar la contaminación de acuíferos, desechos sólidos, consumo de energía, uso del agua y contaminación lumínica.
- Planeación, lo cual reconoce y respeta necesidades económicas sin necesidad de afectar a su medio, permitiendo un beneficio con alto potencial a largo plazo.

El geoturismo es una modalidad turística que ofrece grandes oportunidades y que puede experimentar un notable impulso en los próximos años. Sin embargo, para garantizar un geoturismo de calidad, es necesario superar ciertas dificultades y afrontar ciertos retos como, por ejemplo, educar en el aprecio y el respeto del patrimonio cultural, que es responsabilidad de todos y supone la mejor garantía para su conservación y transmisión a las generaciones futuras.

4. Resultados y discusión

4.1. Geoturismo seguro para la apertura del Parque Nacional Volcán Poás

Después de la erupción del volcán Poás en abril del 2017, se dio el cierre del PNVP mientras la actividad volcánica volvía a la normalidad y se evaluaba la

seguridad para los guardaparques y para la visitación. La figura 2 muestra el paisaje que se tenía a 2 km a la redonda del cráter activo, con ceniza precipitada en la vegetación, los suelos y los edificios. Esta ceniza tenía diferentes tamaños o diámetros aerodinámicos, que llegaban desde un milímetro hasta menores a un micrómetro. Además, los gases se acumularon en ciertas áreas del parque, lo que generó problemas respiratorios para los guardaparques.

Debido a este periodo eruptivo del volcán Poás, el parque se mantuvo cerrado por más de un año, con el fin de cumplir con una serie de requisitos para una apertura segura y responsable, a cargo del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), con el criterio técnico de la Universidad Nacional y de la Universidad de Costa Rica, en conjunto con el Comité Técnico Asesor de Vulcanología y Sismología (CAT), liderado por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos Atención de Emergencias (CNE). Los puntos por cumplir por parte de los administradores del parque volcánico incluían: mejoramiento de las rutas de evacuación, información sobre el estado del volcán, uso de sistemas de medición de gases de forma continua en diferentes puntos de visitación, capacitación del personal, pantallas de protección balística, uso de equipo de seguridad para los visitantes y los guardaparques, entre otros. Estos lineamientos serían necesarios para la apertura segura del parque, y evitar que, si se diera un aumento repentino de la actividad volcánica, se presentara algún percance o fatalidad para los visitantes, lo que brindaría una mala imagen al país en términos de seguridad turística y responsabilidad al visitar áreas peligrosas. Con la vigilancia constante, cambia la imagen del parque, posicionándolo como un área segura para los visitantes y los administradores.

Figura 2

Vista del Centro de Turistas del Parque Nacional Volcán Poás después de la erupción magmática de abril del 2017



La compra de los equipos portátiles de medición continua de gases azufrados (dióxido de azufre y sulfuro de hidrógeno) dio la oportunidad de nuevo para que los guardaparques pudieran estar las 24 horas del día en la casa de guardaparques. Estos equipos miden gases cada segundo, y si los niveles de los gases aumentan con respecto a los límites de exposición laboral, emiten un ruido de alarma, vibran y encienden luces para avisar a las personas cercanas sobre la alta concentración de gases y demostrar que el lugar es un área peligrosa, por lo que deben evacuar la zona. Se adquirieron cuatro equipos de medición de gases para colocarlos en: mirador del cráter activo, centro de visitantes, zona de cobro y casa de guardaparques. Estos lugares fueron en los que el LAQAT-UNA hizo mediciones de gases anteriormente, y se hizo así, para dar la línea base para los futuros equipos

a instalar. Los equipos fueron donados por la Fundación Para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR).

Ya con los equipos adquiridos, se necesitaba que los guardaparques se empoderaran y tuvieran una lectura efectiva y un conocimiento sólido sobre lo que es un nivel alto o un nivel bajo, para tomar decisiones rápidas en el parque, para la seguridad de los visitantes y de ellos mismos ante situaciones de alta concentración de gases azufrados en las áreas.

Como parte de la lectura de los valores de los equipos por los guardaparques, se realizaron capacitaciones para que los niveles de los gases azufrados sean entendidos y se tenga un criterio técnico para alertar a los visitantes, cerrar el área afectada por gases y hasta cerrar el PNVP (tabla 1). En las capacitaciones estuvo personal del LAQAT-UNA, de OVSICORI y de la CNE. De esta manera, los guardaparques serían los tomadores de decisiones y tendrían un plan de manejo activo ante las erupciones o ante un cambio en la dirección del viento, que haría que se aumenten los niveles de las concentraciones de los gases en el ambiente. En las capacitaciones participaron todos los guardaparques y los voluntarios, ya que son los encargados de la seguridad de las personas en el día a día. Así, los guardaparques se empoderan de la zona y conocen sobre los niveles de gases en el ambiente. Luego de las capacitaciones, los guardaparques vieron las escalas de los equipos y la respuesta que tenían las personas en el mirador del cráter activo, donde si aumentaba el nivel de dióxido de azufre a 2 ppm por 30 segundos (1 ppm es una partícula de gas de interés por cada millón de partículas de aire), las personas tenían una tos inmediata y luego se diluía el gas azufrado en el ambiente para volver a las condiciones normales de aire que no afecta a las personas.

Tabla 1*Advertencia sobre la concentración de dióxido de azufre (SO₂)*

CONDICIÓN	RESPUESTA DEL ORGANISMO
VERDE (BUENO) (0,0 - 0,3 ppm) – (15 min)	Actividad normal
AMARILLO (MODERADO) (0,3 - 0,5 ppm) – (15 min)	Acciones de protección básicas: <ul style="list-style-type: none">▪ Alerta al personal▪ Información a los visitantes de la concentración de alerta
NARANJA (INSALUBRE PERSONAS SENSIBLES) (0,5 - 1 ppm) – (15 min)	Acciones de protección moderadas: <ul style="list-style-type: none">▪ Relocalización/cancelación de caminatas y trabajos al aire libre
ROJO (INSALUBRE) (Mayor a 1 ppm) – (15 min)	Acciones protectoras amplias: <ul style="list-style-type: none">▪ Cierre del mirador al cráter y de ser necesario todo el parque

Con estas herramientas e información, se mejoró el tiempo de respuesta ante un problema de gases azufrados en el PNVP y se elimina lo sucedido en experiencias de años atrás, donde en caso de aumento de los niveles de gases en el área, solamente se cerraba el parque si el olor percibido por el guardaparques de turno era suficiente como para generarle una irritación. Esta práctica es empírica, aleatoria y poco precisa, debido a que los guardaparques podían tener una resistencia a los gases azufrados y no percibir un nivel alto de sustancias, lo que podría generar una molestia para los visitantes del parque volcánico. Con las capacitaciones, los guardaparques tienen un criterio técnico, basado en mediciones científicas, para tomar las decisiones de seguridad para los turistas con respecto a visitar un parque volcánico en Costa Rica. Estas directrices fueron únicas a nivel de Latinoamérica, como una manera de empezar con un geoturismo sostenido y seguro para todos.

El 29 de agosto del 2018, un año y cuatro meses después del cierre, se cumplieron las pautas establecidas por el CAT y se dio la nueva apertura del parque, ya que también había disminuido la actividad del cráter activo del volcán y el riesgo era menor en comparación con lo reportado en el 2017. La apertura significó tener un tiempo máximo de residencia en el Mirador del volcán, con mediciones continuas de gases azufrados, uso de cascos de protección para los visitantes, instalación de pantallas de protección ante caída de balísticos, apertura gradual de las áreas de atracción en el parque, información sobre el volcán Poás, compra de entradas de forma electrónica, limitación de la cantidad de visitantes en el parque, cierre del sendero hacia el lago Botos, charlas de inducción, entre otros.

Con los meses, los guardaparques ya no dependían de los científicos y de los vulcanólogos para los cierres por periodos cortos de tiempo, por cambios en la dirección del viento, que podían ser de una hora hasta cuatro horas, ya que se les preparó y ahora tienen el criterio técnico para la toma de las decisiones. Cuando aumenta la actividad o hay cambios en los parámetros sísmicos, químicos, físicos o geodésicos, los científicos dan la comunicación a los tomadores de decisiones, y se valora la situación para un cierre por más tiempo o para hacer un proceso más regulado de visitación como el uso de cascos, tiempos definidos de visitación al mirador del cráter, cierre de lugares de visitación, entre otros.

Bajo esta línea, se realizaron tesis e investigaciones por parte de estudiantes de diferentes universidades, y los resultados han dado puntos de partida para próximos estudios, además de brindar recomendaciones sobre la exposición a gases azufrados, cenizas y aerosoles ácidos en el ambiente. El trabajo de los estudiantes se ha mostrado en la carrera de química industrial, donde como parte del curso de laboratorio de química de la atmósfera, tienen que medir gases azufrados, aerosoles ácidos, agua de lluvia y calidad del agua de uso. Adicionalmente, como parte del objetivo del curso, se debe entregar un reporte de análisis con los resultados a los guardaparques.

4.2. Gealfabetización sobre la actividad del volcán Poás

La necesidad del turista de aprender y evacuar las dudas sobre el volcán Poás, dio paso a que se buscara la forma de informar de una manera atractiva y directa a las personas. Esta forma de gealfabetización es una iniciativa que un grupo de científicos desean establecer para difundir el entendimiento de las estructuras volcánicas por los vecinos alrededor de los parques volcánicos y por los turistas. Así, se estableció un vínculo entre la UNA, SINAC y la empresa privada (Restaurante Freddo Fresas y la Cafetería Flor de Fuego), para que se generen 3 videos informativos y se colocaran 3 pantallas para la proyección de la información (figura 3). Los videos tuvieron una producción de 6 meses, donde se incluyeron tomas realizadas con dron por parte de investigadores de la UNA y fotografías históricas del volcán sobre erupciones durante el siglo XX. Con esta triangulación de instituciones, se realizó un vínculo público-privado para alcanzar un objetivo en común, la comunicación científica oportuna y directa para la sociedad.

Figura 3

Vista de los videos informativos del volcán Poás en las pantallas de la Cafetería Flor de Fuego del PNVP



Los videos tuvieron buena aceptación por la población visitante del PNVP, se generaron contemplando los siguientes temas: 1. Historia del Volcán Poás y peligros

volcánicos. 2. Generalidades del volcán. 3. Mediciones de gases, aerosoles, agua de lluvia y aguas, por parte de la UNA.

Así, se dio el punto de partida y la metodología como un ejemplo para que se brinde una geoalfabetización a nivel de Costa Rica en otros volcanes nacionales, para el aprendizaje de los vecinos y de los turistas, así como educar sobre la zona que se está visitando, que es una zona de riesgo volcánico, pero con un atractivo turístico alto y significativo para el país.

4.3. Socialización de los peligros volcánicos entre la UNA y la Cruz Roja

Con el aumento de las erupciones del volcán Poás en enero a mayo del 2024, debido a la disminución del nivel del lago hiperácido, se emanaron gases y ceniza que afectó a las zonas hacia el oeste y el suroeste del cráter, como son las zonas de: Grecia, Poás, San Luis, Sabana Redonda, Bajos del Toro, Cabuyal, Cajón, San Isidro, Cirrú, Sarchí, Naranjo, entre otros lugares cercanos. Así, las personas presentaron problemas respiratorios como tos y alergia, irritación en la piel y en los ojos, entre otros problemas de salud.

Se diseñaron afiches para entregar, para que tuvieran una información entendible para todo el público, con imágenes amigables con el objetivo a alcanzar y que fueran de un material que perdurara. Los afiches impresos se muestran en la figura 4.

Figura 4

Material informativo entregado a la población sobre la ceniza emanada por los volcanes



Los materiales fueron entregados a personas de la comunidad y a estudiantes de las escuelas de la provincia de Alajuela, cercanas al volcán Poás. Así, se hicieron 18 charlas en distintos centros educativos ubicados entre las zonas de Sarchí, Naranjo, Grecia y Zarcero, abarcando un total de 2160 estudiantes (1053 niñas y 1107 niños) de I, II y III Ciclo (figura 5).

Figura 5

Ejemplo de las charlas para las escuelas de Alajuela, agosto 2024



5. Conclusiones

La oportunidad de empezar una apertura sistemática del Parque Nacional Volcán Poás, después de la erupción del 2017, fue un punto de partida para que se implementara un enfoque de geoturismo seguro para los visitantes, contando con mediciones continuas de gases azufrados para la seguridad de los turistas y de los guardaparques. Además, fue una experiencia de educación para los trabajadores de SINAC para que se empoderaran y adquirieran el criterio técnico inmediato necesario para el cierre momentáneo del parque ante cambios de la concentración de gases azufrados en el ambiente.

La geoalfabetización ha sido una práctica de mejoramiento de la experiencia turística en el parque volcánico, al estudiar sobre la historia volcánica de Costa Rica y concientizar sobre el vulcanismo y su peligrosidad, pero con respeto hacia la naturaleza y con un aprendizaje de lo que representa un parque nacional, que resguarda la biodiversidad del país. Esto se ha logrado con los videos generados

sobre el volcán Poás, en donde se entabló una forma de trabajo público-privado para el bienestar de la población turista en la zona.

Bibliografía

- Alvarado, G.E., Alpízar, Y., Araya, R., Esquivel, L. y Sánchez, B. (2023). A new impetus in “geo-literacy” in the national volcanic parks of Costa Rica and surrounding sectors for better risk management. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 7(2), 6-18. <https://doi.org/10.55467/reder.v7i2.121>
- Aranda S. y Gutiérrez K. (2017). *Geoturismo sostenible: Situación y prospectiva en la subprovincia de Ricaurte Alto Boyacá*. Colombia. pp 49-50.
- Aymara N. (2023). *Geoturismo: una nueva forma de realizar turismo en clave de Sustentabilidad. La experiencia del Parque Geológico Pun Antü, Balcarce*. Observatorio Ciudadano Político Electoral. pp 1-2. <https://www.observatoriopolitico.com.ar/geoturismo>
- Cooper, C. L., Swindles, G. T., Savov, I. P., Schmidt, A., y Bacon, K. L. (2018). Evaluating the relationship between climate change and volcanism. *Earth-Science Reviews*, 177, 238-247. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.11.009>
- Giggenbach, W. F. (1996). Chemical Composition of Volcanic Gases. En R. Scarpa y R. I. Tilling (Eds.), *Monitoring and Mitigation of Volcano Hazards* (pp. 221-256). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-80087-0_7
- Mora-Amador, R., y Alvarado, G. E. (2010). *Introducción Al Volumen Especial “Volcan Poás”*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45437350001>
- Ruiz, P., Mana, S., Gazel, E., Soto, G. J., Carr, M. J., y Alvarado, G. E. (2019). Geochemical and Geochronological Characterisation of the Poas Stratovolcano Stratigraphy. En F. Tassi, O. Vaselli, & R. A. Mora Amador (Eds.), *Poás Volcano: The Pulsing Heart of Central America Volcanic Zone* (pp. 13-43). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02156-0_2

- Salvage, R., Avard, G., Moor, J., Pacheco, J., Marin, J., Cascante, M., Muller, C., y Martínez Cruz, M. (2018). Renewed Explosive Phreatomagmatic Activity at Poás Volcano, Costa Rica in April 2017. *Frontiers in Earth Science*, 6, 160. <https://doi.org/10.3389/feart.2018.00160>
- Szakács, A. (1994). Redefining active volcanoes: A discussion. *Bulletin of Volcanology*, 56(5), 321-325. <https://doi.org/10.1007/BF00326458>
- Vargas Jiménez, C., Pablo Sibaja Brenes, J., Alfaro Solís, R., Borbón Alpízar, H., Brenes Ortiz, M., y Arguedas González, M. (2024). Exposure to Acid Aerosols in the Visiting Areas of the Poás Volcano National Park, Costa Rica. *Atmosphere*, 15(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/atmos15070848>
- Udala Z. (2009). *Estudio de viabilidad para el desarrollo de la figura de Geoparque en la Comarca de Debarrena y Zumaia*. Xenda Natura S.L.

Construcciones geométricas mediante el empleo del juego de geometría: de la diversión al análisis

Allan Guillermo Gen Palma

Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica
agen@uned.ac.cr

Eric Padilla Mora

Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica
epadilla@uned.ac.cr

Resumen: Las construcciones geométricas como recurso didáctico constituyen un espacio lúdico para los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la Matemática, que favorecen la comprensión de los conceptos, postulados y teoremas de la Geometría, así como, de las propiedades y características de las figuras. En este taller se comentará y discutirá respecto a tres de los instrumentos geométricos: el cartabón, la escuadra y la regla; así como sus características y potencialidades para realizar construcciones. Además, se utilizarán para trazar algunas figuras enfocándose no solo en el proceso de elaboración, sino también, en aspectos propios de la Matemática que la justifican y la validan. Se espera apoyar, desde la didáctica, a la persona docente mediante la puesta en práctica de actividades que permitan diversificar sus estrategias de enseñanza y sobre todo que contribuirán con el desarrollo, en su estudiantado, de habilidades como: intuición, precisión, comprensión de simbología, razonamiento y argumentación, así como reforzar el aprendizaje.

Palabras clave: didáctica, construcciones geométricas, juego de geometría, formación continua, educación general básica

1. Introducción

Las construcciones geométricas como recurso didáctico, desde hace varias décadas, ha provocado el desarrollo de investigaciones no solo para valorar el aporte de su implementación, sino, además, para analizar aspectos de su didáctica. Dentro de estos trabajos se pueden citar los realizados por Ayala (2008), Rosales e Guzmán (2016); Córdova (2017), Bernabeu y Llinares (2017) así como el de Iglesias y Ortiz (2019), a partir de sus estudios se logra determinar que la implementación de esta estrategia favorece en el estudiantado el profundizar: definiciones,

postulados, axiomas, teoremas, propiedades y características de las figuras, y no solo abordar el estudio de la geometría a partir de la memorización.

Estas a su vez, contribuyen a que las personas se enfrenten, a partir de la manipulación de recursos como: el portasegmentos, la regla, la escuadra, el cartabón, el compás y en transportador, entre otros, al trazo, diseño, elaboración, comprensión e interpretación de diversas figuras, lo que permite el desarrollo de habilidades como: la visualización espacial, el razonamiento, la imaginación, la argumentación y la fundamentación de acuerdo con cada uno de los procesos o pasos por realizar.

Para Orozco (2012) y Duval (2013) citados por Cano (2020), respecto a las construcciones geométricas indican “entendidas como secuencias fundamentadas de pasos para generar representaciones de objetos geométricos a partir de sus propiedades invariantes, tienen un valor importante en el aprendizaje de la geometría.” (p. 3). Sin embargo, no deben verse como un fin en sí mismas, es necesario que en el proceso se pueda reflexionar sobre el para qué se realizaron algunos trazos y, además, buscar explicaciones o argumentos sobre por qué lo realizado permite representar o construir el objeto geométrico deseado o solicitado. Por tanto, deberá ser un continuo proceso de reflexión amparados en conceptos, definiciones, postulados y teoremas, entre otros elementos, porque es allí donde la utilidad de los aspectos teóricos toma un mayor significado e importancia para quien realiza la construcción geométrica, lo cual a su vez permite afianzarlos. De acuerdo con Padilla y Gen (2021)

Las construcciones geométricas como estrategia didáctica, podría no solo contribuir a la motivación de los y las estudiantes, sino que, además, mediante una adecuada orientación pedagógica puede favorecer el aprendizaje de conceptos, postulados y teoremas en el área de la geometría. (p. 305)

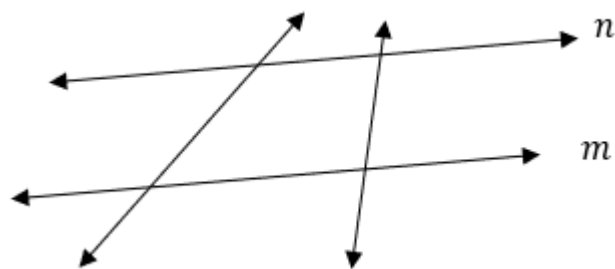
Además, Cano (2020) señala que “El proceso de construir ayuda a los estudiantes a visualizar atributos de los objetos o las relaciones geométricas y a razonar sobre propiedades y relaciones de estas.” (p. 13)

Otro aspecto clave es que en el proceso de realizar construcciones geométricas el empleo y comprensión de la simbología propia del área se torna fundamental, lo cual favorece su comprensión y asimilación, por lo cual en el diseño de estas actividades es necesario, que el lenguaje simbólico en los enunciados se presente en diversos formatos. A modo de ejemplo, considérese los siguientes tres enunciados:

- Represente dos rectas coplanares paralelas y denótelas con “ n ” y “ m ” respectivamente.
- Considere las rectas coplanares tales que $n \parallel m$.
- En la figura 1 se tiene que $n \parallel m$.

Figura 1

Rectas y simbología



Nótese que en los tres casos se refiere al mismo concepto: rectas paralelas, pero en el primer caso se usa el término, en los otros dos la simbología respectiva y en el tercero se agrega el elemento visual de la figura.

Otro aspecto por destacar es que si bien este proceso de construcción también podría estar acompañado con el empleo de recursos tecnológicos y de software como: *GeoGebra*, *Cinderella* y *Regla y Compás*, entre otros, los cuales son de gran ayuda; sin embargo, el uso de elementos como la regla, el cartabón, la escuadra y el compás, contribuyen con el desarrollo habilidades como: precisión, orden, paciencia, persistencia y disciplina, que son importantes en el contexto de realidad educativa en Costa Rica y deseables en las personas estudiantes, además, su costo hace que sean valorados como recursos de primera mano para los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Lamentablemente, Barrantes y Ballesteros (2012, citado por Cano, p. 3) señalan que:

A pesar de su importancia en ocasiones la tarea de construir no hace parte de las clases de geometría, debido a que el docente no considera necesario la implementación de dicha tarea o no se cuenta con el tiempo para su implementación.

2. Marco teórico

2.1. El empleo de las construcciones geométricas y los procesos centrales según los Programas de Estudio de Matemática del MEP

En los programas de estudio de Matemáticas se busca el trabajo a partir de procesos centrales. Si bien todos se pueden ver favorecidos al emplear las construcciones geométricas como estrategia didáctica, en este artículo se abordará cuatro de ellos, los cuales se describen continuación.

2.1.1. Respecto a razonar y argumentar

En los programas de estudio de Matemáticas (MEP, 2012) se señala que este proceso se deberá trabajar con actividades mentales de forma transversal y en todas las áreas, para propiciar las formas características del pensamiento matemático, tales como: deducción, inducción, comparación analítica, generalización, justificaciones, pruebas, uso de ejemplos y contraejemplos. Además, que se debe lograr el desarrollo de capacidades que permitan la comprensión de lo que es una justificación o prueba en matemática, así como desarrollar y discutir argumentaciones, formular y analizar conjeturas.

Pero ¿Cuál sería el aporte del empleo de las construcciones geométricas como estrategia didáctica en los procesos de enseñanza y de aprendizaje en relación a estos procesos? Primero es importante señalar que bajo esta perspectiva no se puede visualizar las construcciones con un fin en sí mismas, es por ello que el desarrollo de procesos paso a paso y en los cuales se requiera de la justificación y argumentación del porqué esas acciones son correctas y hacen que la construcción cumpla con las condiciones teóricas es fundamental, además equivale

a llevar la teoría a la práctica, y por tanto se vincula con razonar, justificar y argumentar. A su vez, esto permite ir desarrollando: la deducción, la inducción, la generalización y la visualización espacial, así como el empleo lógico y argumentativo de las definiciones, postulados y teoremas.

2.1.2. Plantear y resolver problemas

En cuanto a este proceso el MEP (2012) señala como aspecto fundamental el diseño de estrategias para resolverlos, y que además estos deben considerar contextos de la cotidianidad, así como propios del área de la Matemática, dado que el emplear problemas extraídos de la realidad o que se puedan imaginar como reales promueve acciones cognitivas requeridas para el aprendizaje de las Matemáticas, y por tanto lograr el desarrollo de capacidades cognitivas para: identificar, formular, diseñar, desarrollar y contrastar modelos matemáticos del entorno con complejidad diversa.

A partir del empleo de las construcciones geométricas estos procesos pueden verse beneficiados de dos formas. La primera es mediante la resolución de problemas contextualizados en áreas como: topografía, diseño gráfico, cartografía e ingeniería en construcción, entre otras, esto le permitirá a la persona estudiante comprender que es una temática que no se aleja de la realidad y la segunda poder realizar construcciones ficticias o imaginarias lo cual conlleve a un reto. De esta forma se busca fortalecer las capacidades citadas en el párrafo anterior.

En cuanto al proceso de plantear problemas es muy importante su implementación en las clases, dado que le reta a la persona estudiante a profundizar en los contenidos o aspectos teóricos que deberá utilizar luego en la resolución del problema, es por lo que la clave está en que no solo debe proponerlo, sino que además deberá saber el cómo resolverlo.

2.1.3. Comunicar

De acuerdo con MEP (2012) este proceso está caracterizado por “la expresión y comunicación oral, visual o escrita de ideas, resultados y argumentos matemáticos al docente o a los otros estudiantes.” (p. 25). Además, se señala que se pretende incrementar o potenciar la capacidad para formular ideas matemáticas

a partir del uso del lenguaje propio de la Matemática (reglas de sintaxis y semántica) de manera escrita y oral.

Con ello se procura el desarrollo de capacidades para indicar y expresar con precisión matemática las ideas, los argumentos y procedimientos que se utilizan, así como las conclusiones que ha logrado obtener. Además, de identificar, interpretar y analizar las expresiones matemáticas escritas o verbales realizadas por otras personas.

Este proceso se ve beneficiado con el empleo de las construcciones geométrica, sobre todo por la presencia del simbolismo propio del área de Geometría, el cual es fundamental no solo conocerlo, sino, además, saber leerlo, comprenderlo y utilizarlo. Por ejemplo:

- Debe saberse que al referirse al $\angle ABC$ es distinto que al $\angle BAC$.
- Debe comprenderse el significado de símbolos como: \parallel , \perp , \cong y \approx , entre otros; así como poder identificarlos y emplearlos.

En ocasiones podría pensarse que esto no es importante, pero es parte de la base sobre la cual trabaja la Geometría, además, que no es relevante la comunicación verbal y escrita, por lo que es común que no se contemple en los procesos de enseñanza ni tampoco en las formas de evaluación. Sin embargo, esto contribuye a esclarecer ideas y conceptos matemáticos, saber qué es lo que está comprendiendo la persona estudiante y poder establecer estrategias didácticas, como los talleres, que permitan mejorar en las deficiencias cognitivas que se puedan presentar, con lo que se fomenta la participación activa estudiantil. Un papel fundamental lo cumplen la justificación y argumentación en este proceso de comunicar.

2.1.4. Representar

La representación de objetos matemáticos no debe verse como un fin en sí mismo, es por lo que según MEP (2012, p. 58) se deberá tenerse claro que éstas y sus leyes expresan a la vez acciones mentales y características de los objetos matemáticos. Sin, embargo, es necesario que esté ligado con: razonar y argumentar, plantear y resolver problemas, y comunicar, esto porque se podría

distorsionar su sentido hacia un uso meramente mecánico, y no se logre alcanzar la comprensión. Además, se señala que:

El cultivo de las representaciones diversas permite una organización mejor de las ideas matemáticas, para así avanzar en su comprensión y el desarrollo de nuevas formas matemáticas. Esto es lo mismo que ha sucedido en los asuntos matemáticos más generales no asociados con la educación: sin las representaciones simbólicas y gráficas que construyeron los matemáticos no hubiera sido posible el progreso de nuevas etapas en las Matemáticas. (MEP, 2012, p. 58)

Por tanto, este proceso, a partir del empleo de las construcciones geométricas, deberá trabajarse de forma gradual, preferiblemente desde los primeros niveles de escolaridad, dado que el trabajo con el simbolismo abstracto de las representaciones matemáticas, por lo general, no es tan sencillo utilizar y comprender, pero al final permite ofrecer oportunidades para construir modelos más interesantes y complejos en los niveles superiores y saber que se comprenden muy bien.

Con ello se verá fortalecido el desarrollo de competencias como: razonamiento, argumentación, utilización de lenguaje simbólico, formal y técnico, así como la comunicación. Por lo que cada trazo que se realice, idea o frase que diga deberá estar muy bien argumentada y justificada, lo que permite hacer la conexión con los otros procesos.

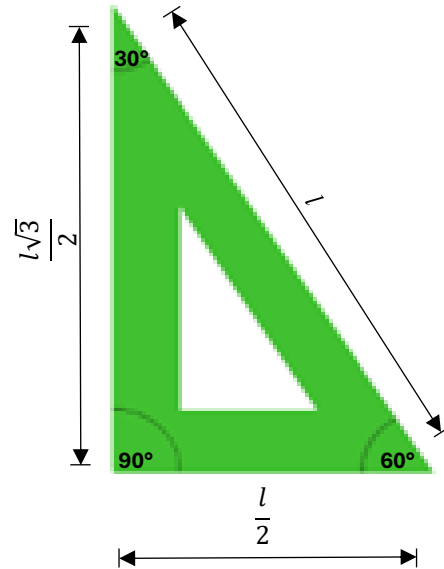
2.2. El cartabón, la escuadra y la regla: elementos claves en los juegos de geometría

2.2.1. El cartabón

De acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española (RAE, 2024) el cartabón es un “Instrumento de madera, plástico u otro material, en forma de triángulo rectángulo escaleno, que se utiliza en delineación.” (párr. 1). Un ejemplo de este instrumento puede a figura 2.

Figura 2

El cartabón



Dicho recurso geométrico tiene la particularidad que las medidas de sus ángulos internos son: 30° , 60° y 90° , por tanto, se puede verificar que si la medida de la hipotenusa es l unidades lineales, entonces la medida del lado opuesto al ángulo de 60° es $\frac{l\sqrt{3}}{2}$ unidades lineales y la del lado opuesto al de 30° corresponde a $\frac{l}{2}$ unidades lineales.

De forma específica, la característica de la medida de los ángulos permite que con dicho instrumento se pueda, entre otras acciones:

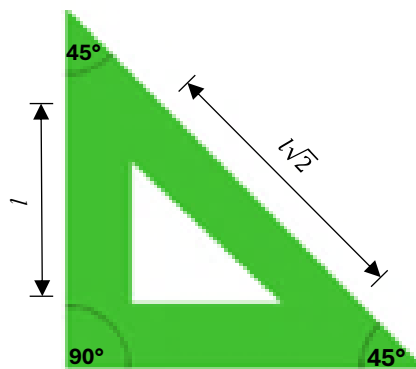
- Representar ángulos de 90° , de 60° y de 30° , así como de las combinaciones posibles entre esos tres ángulos: $150^\circ = 90^\circ + 60^\circ$ y $120^\circ = 90^\circ + 30^\circ$.
- Trazar rectas paralelas con cualquier distancia que se fije.
- Trazar líneas perpendiculares, esto a partir de sus dos lados que se encuentran a 90° .
- La localización del punto medio en una figura dada.
- El trazado de figuras planas simétricas.
- Construir diversos triángulos, cuadriláteros y polígonos regulares.

2.2.2. La escuadra

De acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española (RAE, 2024) la escuadra es un “Instrumento de madera, plástico u otro material, en forma de triángulo rectángulo isósceles, que se utiliza en delineación.” (párr. 1). Un ejemplo de este instrumento puede observarse en la figura 3.

Figura 3

La escuadra



Dicho recurso geométrico tiene la particularidad de que las medidas de sus ángulos internos son: 45° , 45° y 90° . Por tanto, se puede verificar que si la medida de los catetos es l unidades lineales, entonces la medida de la hipotenusa es $l\sqrt{2}$ unidades lineales.

Además, la medida de los ángulos permite, entre otras acciones:

- Trazar ángulo de 90° , de 45° y de 135° .
- Trazar la bisectriz en un ángulo recto.
- Trazar líneas perpendiculares, gracias a sus dos lados que se encuentran a 90° .
- La localización del punto medio en una figura dada.
- Construir diversos triángulos, cuadriláteros y polígonos regulares.

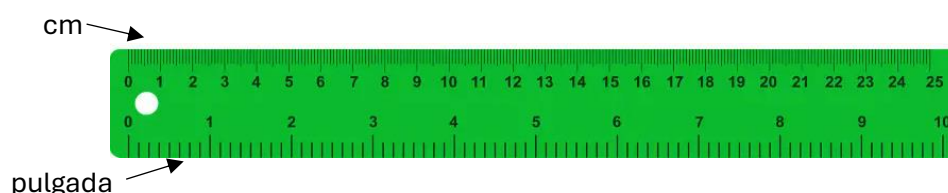
2.2.3. La regla

De acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española (RAE, 2024) la regla es un “Instrumento rígido y de forma rectangular que sirve para trazar líneas rectas, o para medir la distancia entre dos puntos.” (párr. 1). Por lo general, es empleada para acciones como: trazar líneas y medir longitudes y posee las medidas

en centímetros y en pulgadas. Un ejemplo de este instrumento se puede observar en la figura 4.

Figura 4

La regla



Ahora bien, con la combinación de estas tres herramientas es posible hacer muchas más construcciones, que es parte de lo que se desarrollará en este taller y a continuación se amplía.

3. Forma de trabajo y estrategias metodológicas

El trabajo que se propone para este taller tendrá como referente los procesos centrales que se han destacado de los programas de estudio de Matemáticas del MEP, por lo que será necesaria mucha disposición y colaboración por parte de cada una de las personas asistentes para así lograr los objetivos propuestos en cada una de las actividades diseñadas.

Las primeras construcciones serán guiadas por los expositores, luego cada persona participante deberá ir trabajando algunas de forma individual y otras de forma colectiva. Se promoverá la discusión en cada una de las actividades propuestas respecto a soluciones y estrategias, lo cual contribuirá con diversificar las destrezas y habilidades que podrían emplearse al realizar las construcciones y, además, puedan comprender que existen diversas formas y procesos al realizarla, y que éstas pueden variar en, por ejemplo: tamaño, orientación y posición.

Objetivo del taller: Fortalecer la formación profesional de la persona docente de I y de II ciclo de la educación costarricense en el área de Geometría, respecto al tema de construcciones geométricas como estrategia didáctica que contribuye a

la comprensión de conceptos, postulados, definiciones y teoremas, así como, de las propiedades y características de algunas figuras.

Modalidad: taller presencial.

Público meta: personas docentes del I y del II Ciclo de la Educación General Básica Costarricense.

Recursos brindados: guía de trabajo.

Recursos requeridos: hojas blancas, lápiz, borrador, cartabón, escuadra y regla.

Requisitos: interés en fortalecer su formación en Matemática y en didáctica específica, así como disposición para aportar y participar.

3.1. Actividades

I Parte. Los participantes de forma individual y bajo la guía de los expositores realizarán cada una de las construcciones propuestas. Tiempo estimado: 20 minutos.

3.1.1. Construcción 1

Haciendo uso de la escuadra, el cartabón y la regla, realice cada una de las siguientes construcciones:

- Un ángulo AGP cuya medida sea 30°
- Un ángulo TSF cuya medida sea 60°
- Un ángulo VTR cuya medida sea 135°
- Un ángulo DCR cuya medida sea 45°
- Un ángulo TPW cuya medida sea 90°
- Un ángulo BNR cuya medida sea 150°

Nota: en esta actividad se hará énfasis en aspectos como: notación, simbología, clasificación de ángulo de acuerdo con la medida, justificación y argumentación de procedimientos.

3.1.2. Construcción 2

Haciendo uso de la escuadra, el cartabón y la regla construir la bisectriz PK del $\angle TPW$ en la construcción 1.

3.1.3. Construcción 3

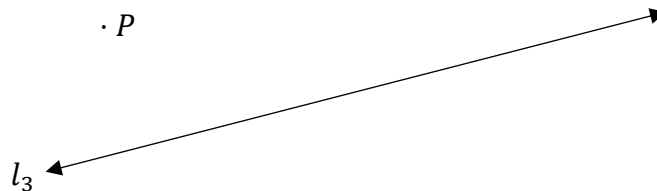
Haciendo uso de la escuadra, el cartabón y la regla, trace una recta cualquiera y denótela con m_1 . Luego trace otra recta coplanar que sea paralela a la recta m_1 y denótela con l_1 . Además, emplee la simbología para escribir que " m_1 es paralela a l_1 ".

3.1.4. Construcción 4

Considere la recta l_3 y el punto P que se muestran en la figura 5.

Figura 5

Punto y recta



Emplee la escuadra, el cartabón y la regla, para trazar la recta paralela a la recta l_3 que pase por P . Justifique su procedimiento. ¿Será correcto indicar que $P \parallel l_3$? Por qué.

3.1.5. Construcción 5

Haciendo uso de la escuadra, el cartabón y la regla, trace una recta cualquiera y denótela con m . Luego represente un punto coplanar que no esté contenido en la recta, denote dicho punto con la letra T . Además, trace la recta paralela a m que pase por el punto T . Justifique su procedimiento.

3.1.6. Construcción 6

Haciendo uso de la escuadra, el cartabón y la regla, trace una recta cualquiera y denótela con p . Luego trace una recta perpendicular a la recta p y denótela con n . Justifique su procedimiento. Además, emplee la simbología para escribir que “ p es perpendicular a n ”.

3.1.7. Construcción 7

Considere la recta h representada en la figura 6.

Figura 6

Recta h



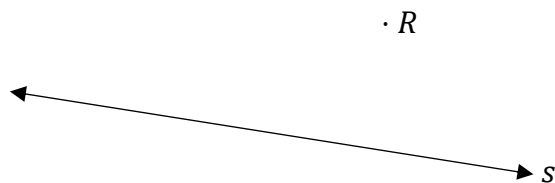
Emplee la escuadra, el cartabón y la regla, para trazar varias rectas perpendiculares a dicha recta. Justifique su procedimiento. Observación: en esta actividad se enfatizar en el concepto de recta y la notación para indicar la perpendicularidad en la representación.

3.1.8. Construcción 8

Considere la recta s y el punto R dado en la figura 7. Haciendo uso de la escuadra, el cartabón y la regla, trace la recta perpendicular a s que pase por el punto R . Justifique su procedimiento.

Figura 7

Punto R y recta S



¿Será correcto indicar que $R \perp s$? Justifique.

3.1.9. Construcción 9

Haciendo uso de la escuadra, el cartabón y la regla, realice la siguiente construcción:

- a. Trace una recta cualquiera y denótela con la letra n .
- b. Luego represente un punto que no esté contenido en la recta (colocarlo a 4 cm de distancia a la recta) y denótelo con la letra A .
- c. Trace la recta perpendicular a n que pase por el punto A y denótela con m .
- d. Represente un punto que no esté contenido en la recta m y colóquelo a 4 cm de distancia de dicha recta, denótelo con la letra P .
- e. Trace la recta perpendicular a n que pase por el punto P .
- f. Finalmente trace la recta paralela a n que pase por el punto A .

¡Ahora a divertirnos!

¿Existirá alguna estrategia ganadora para este juego? ¿Cuál sería?

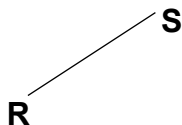
II Parte. Los participantes de forma grupal y con base en las construcciones anteriores, bajo la guía de los expositores realizarán cada una de las siguientes actividades. Tiempo estimado: 60 minutos

3.1.10. Construcción 10

Haciendo uso de la escuadra, el cartabón y la regla, construir un cuadrado que contenga como lado el segmento SR dado (figura 8). Justifique su procedimiento.

Figura 8

Segmento SR



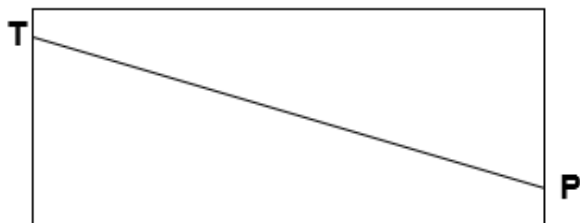
Observación: para esta actividad, además de la justificación del proceso de construcción se enfatizará en la definición de cuadrado y sobre la medida de sus ángulos internos.

3.1.11. Construcción 11

Haciendo uso de la escuadra, el cartabón y la regla, tomando como base el segmento TP (figura 9), construir un cuadrilado, de un centímetro de lado, en el siguiente rectángulo. Justifique su procedimiento.

Figura 9

Segmento TP



3.1.12. Construcción 12

Haciendo uso de la escuadra, el cartabón y la regla, construir un rombo cuyas diagonales miden 12 cm y 8 cm respectivamente. Justifique su procedimiento.

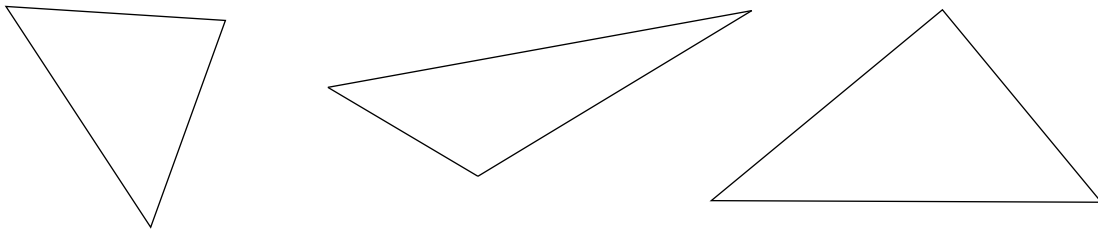
Observación: para esta actividad, además de la justificación del proceso de construcción se profundizará respecto a las propiedades de las diagonales del rombo.

3.1.13. Construcción 13

Haciendo uso de la escuadra, el cartabón y la regla, trazar las tres alturas en cada uno de los triángulos dados (figura 10). Justifique su procedimiento.

Figura 10

Triángulos para trazar sus alturas



Además:

1. Verifique que en cada triángulo las tres alturas (o su prolongación) se cortan en un solo punto. ¿Recuerda el nombre que recibe dicho punto? ¿Cuál es? ¿Estará dicho punto siempre en el interior del triángulo?
2. Si se emplea cualquiera de los lados como base en un triángulo, se traza su respectiva altura y se calcula el área. ¿Se obtendrá siempre el mismo resultado? Justifique.

Verifique su conclusión para alguno de los tres triángulos anteriores.

3.1.14. Construcción 14

Haciendo uso de la escuadra, el cartabón y la regla, construir un triángulo rectángulo isósceles cuya hipotenusa mida $7\sqrt{2}$ cm. Justifique su procedimiento. Emplee la escuadra para determinar la medida de cada uno de los ángulos internos de dicho triángulo.

3.1.15. Construcción 15

Haciendo uso de la escuadra, el cartabón y la regla, construir un hexágono regular.

3.1.16. Construcción 16

Haciendo uso de la escuadra, el cartabón y la regla, construir un octógono regular.

4. Conclusiones

En empleo de las construcciones geométricas con personas tanto docentes como estudiantes constituye una excelente estrategia didáctica que permite comprender, profundizar y consolidar los conceptos abstractos en áreas como la geometría. Además, contribuye a que se aprenda a planificar, experimentar y ajustar sus estrategias, dado que el realizar las construcciones implica enfrentar desafíos, lo que promueve habilidades de resolución de problemas y pensamiento crítico.

De acuerdo con lo señalado en el marco conceptual y a partir de la implementación de este taller se logró determinar que el empleo de las construcciones geométricas contribuye con el desarrollo de los procesos centrales establecidos en los Programas de Estudio de Matemática del MEP, tales como: razonar y argumentar, plantear y resolver problemas, comunicar y representar.

El manipular recursos tangibles como: regla, compás, transportador, escuadra y cartabón, entre otros, requiere coordinación entre la vista y los movimientos de las manos, ayudando a contribuir con el desarrollo de habilidades motoras finas y a la coordinación mano-ojo, y así se fortalece la coordinación motora.

Este tipo de estrategia, en modalidad de taller o bien dentro del proceso de mediación de aula, contribuyen con el desarrollo habilidades como: precisión, orden, paciencia, persistencia, disciplina, razonar, argumentar y justificar, entre otras, que son importantes desarrollar en las personas estudiantes y para disciplinas como: dibujo técnico, arte, pintura, arquitectura, ingeniería, diseño, elaboración de juegos de entretenimiento, entre otras.

Es fundamental que en el proceso de mediación y la elaboración de las actividades siempre exista esa pregunta clave del porqué ese trazo permite llevar a cabo la construcción y que pueda justificarse o argumentarse a partir de definiciones, conceptos, postulados y teoremas, así como que se emplee el vocabulario técnico y conceptual, y la simbología propia de la geometría.

Bibliografía

- Ayala, N. (2008). *Construcciones geométricas con regla y compás*. [Tesina para optar al título de profesor de matemática, Instituto Superior Fundación Suzuki, Argentina]. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3045267.pdf&ved=2ahUKEwis8bGFkOGHAXVJQjABHbQFJkAQFnoECBMQAQ&usg=AOvVaw0vu6mPUR0V9ZJx0WUSDocp>
- Bernabeu, M. y Llinares, S. (2017). Comprensión de las figuras geométricas en niños de 6-9 años. *Educación Matemática*, 29(2), 9-37. <https://www.revista-educacion-matematica.org.mx/descargas/Vol29/2/Vol29-2.pdf>
- Cano, J. (2020), *Construcciones geométricas como puente entre la visualización y el razonamiento geométrico, utilizando regla, compás y hoja calco como plano auxiliar* [Tesis de Licenciatura]. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12981/Construcciones%20Geom%C3%A9tricas%20%20como%20puente%20entre%20la%20visualizaci%C3%B3n%20y%20razonamiento.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Córdova, M. (2017). Construcción y comprensión de figuras geométricas. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 4(8). <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/download/688/906/&ved=2ahUKEwjo0ajbkeGHAXUrRzABHek3C7gQFnoECA0QAQ&usg=AOvVaw0tDEths0OFJ7WDckii4FPf>

- Gen, A. (2014). *Geometría Euclídea I*. Editorial EUNED.
- Iglesias, M. y Ortiz, J. (2019). La Demostración en Geometría desde una Perspectiva Didáctica. *Revista Unión.org*, 55, 159-183. <https://union.fespm.es/index.php/UNION/article/view/297/124>
- Ministerio de Educación Pública (MEP). (2012). *Programas de Estudio de Matemáticas. I, II Y III Ciclos de la Educación General Básica y Ciclo Diversificado*.
- Padilla, E y Rojas, E. (2017). *Geometría euclídea y su didáctica en educación primaria*. Editorial EUNED.
- Padilla, E y Gen, P. (2021). De la construcción, con el portasegmentos, a la demostración: una estrategia para fortalecer el aprendizaje en geometría. *Revista de Didáctica de la Matemática. Revista Números*, 108, pp. 291-307. ISSN: 1887-1984.
- Real Academia Española. (2024). *Diccionario de la lengua española*. <https://www.rae.es/>
- Rosales, M. y Guzmán, I. (2016). Resolución de problemas de Construcción Geométrica con Estudiantes de Pedagogía en Educación Básica. *Paradigma[online]*, 37(1), 135-160. ISSN 1011-2251. <http://ve.scielo.org/pdf/pdg/v37n1/art08.pdf>

Desmos: Más allá de las gráficas, una herramienta versátil para la enseñanza de secundaria

Jose Manuel Sandoval Salazar
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
jmsandoval2801@estudiantec.cr

Hailander Valverde Valverde
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
hailandervalverde@estudiantec.cr

Resumen: Desmos es una herramienta con mucho potencial para la educación, el presente taller se diseñó para capacitar a docentes en el uso de esta herramienta interactiva y accesible para potenciar la enseñanza de la matemática en secundaria. A través de un enfoque exploratorio, los participantes conocieron las funcionalidades básicas y avanzadas de Desmos, como su calculadora gráfica, sliders dinámicos, creación de actividades personalizadas y el uso del lenguaje Compute Layer para así desarrollar su propia actividad. Se compara su simplicidad y rapidez con GeoGebra, destacando sus ventajas para fomentar el aprendizaje interactivo, colaborativo y autónomo. En este escrito se refuerza la idea de que la integración de tecnología como Desmos puede mejorar la comprensión matemática y motivar a los estudiantes hacia un aprendizaje más profundo y creativo.

Palabras clave: Educación Matemática, Secundaria, Desmos.

1. Introducción

En el contexto educativo actual, la integración de herramientas digitales en las aulas se ha convertido en un pilar fundamental para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes. Una de las plataformas que más destacan como soporte a la hora de implementar conceptos matemáticos en el aula es Desmos, la cual es conocida principalmente por su calculadora gráfica en línea. Sin embargo, Desmos va mucho más allá de la simple graficación de funciones y ofrece una gran cantidad de recursos beneficiosos y actividades interactivas que son de gran ayuda tanto para los profesores como los alumnos.

Gracias a la facilidad de uso y accesibilidad de Desmos permite que los estudiantes puedan transformar conceptos abstractos en experiencias visuales y manipulativas. Esta gran versatilidad permite a los docentes crear lecciones dinámicas y adaptativas que respondan a las necesidades de los estudiantes, fomentando un aprendizaje más profundo y significativo.

En el presente taller, se explorarán diversas funcionalidades de Desmos y cómo pueden ser utilizadas para abordar diferentes conceptos del plan de estudios de matemáticas del MEP para secundaria. Se analizarán ejemplos prácticos de actividades, también observar algunas estrategias de implementación en el aula, todo con la finalidad de demostrar que Desmos es mucho más que una herramienta para graficar y que esta plataforma educativa puede ser una gran opción para potenciar el aprendizaje interactivo y colaborativo en las aulas del siglo XXI.

2. Aspectos teóricos

En el mundo actual, integrar la tecnología en las aulas ha demostrado generar un impacto positivo en el entendimiento de los estudiantes hacia la materia, además de ser un complemento a la enseñanza tradicional, la tecnología genera un ambiente innovador en las aulas y transforma la manera en la que los estudiantes aprenden (Mushipe, 2019). Es fundamental promover el pensamiento creativo, ya que de esta forma se puede conducir a la generación de nuevas ideas o formas de resolver problemas de los estudiantes. De manera más detallada, los componentes de pensamiento que debemos promover incluyen la fluidez (capacidad para construir muchas ideas), flexibilidad (capacidad para construir varios tipos de ideas desde diferentes puntos de vista), originalidad (capacidad de construir ideas poco comunes) y elaboración (capacidad de desarrollar ideas) (Runisah, 2019).

Otro aspecto importante en el pensamiento creativo es la sensibilidad en problemas. Al utilizar herramientas como Desmos, creamos espacios en donde los estudiantes interactúan con los conocimientos, descubren a través de la manipulación y son responsables de su propio aprendizaje, promoviendo así el pensamiento crítico.

Esta interactividad que se menciona es un componente fundamental en la enseñanza de la matemática, cómo se menciona en varios estudios de Wijaya, et. al (2021) los seres humanos pueden llegar a absorber un 70% del conocimiento cuando la adquisición de este implica participación activa, un 50% cuando sólo implica observación visual y audición, un 30% si solo implica observación visual, un 20% cuando implica solo oír y solo un 10% cuando simplemente el estudiante lee.

Con Desmos, los estudiantes pueden manipular los elementos, participar activamente en la formación de contenidos y generar resultados dependiendo de cada una de las experiencias personales, lo que promueve una mejor absorción del conocimiento e inclusive el aprendizaje autónomo. De la misma manera de la idea anterior, en Desmos los profesores pueden crear actividades que se ajusten a las necesidades de sus estudiantes, para así ofrecer apoyo a quienes lo necesiten y generar retos más significativos a aquellos que avanzan más rápidamente.

Además, el aprendizaje colaborativo es otra habilidad importante que se debe desarrollar en los estudiantes para mejorar las probabilidades de éxito académico (Encalada, et. al. 2020) y este se puede ver potenciado con Desmos, en la plataforma los estudiantes comparten sus respuestas, se abren espacios de discusión y los estudiantes pueden llegar a trabajar en equipo para resolver los desafíos que se les plantea. Este enfoque colaborativo puede mejorar tanto el conocimiento matemático como las habilidades de comunicación y otras habilidades sociales. Además, que esta plataforma va acorde con las expectativas curriculares del plan de estudios de Matemática (MEP, 2012), los cuales esperan que los docentes desarrollen sus clases basadas en la resolución de problemas, cualidad que Desmos impulsa con sus herramientas interactivas y personalización que le permite a los docentes por medio de su creatividad moldear las actividades al contexto nacional. Además del enfoque educativo del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica, también se apoyan otros enfoques pedagógicos como el aprendizaje basado en la indagación y el enfoque constructivista, donde los estudiantes construyen su propio conocimiento a través de la experiencia y la interacción.

3. Metodología de trabajo

Este taller fue diseñado como una experiencia de aprendizaje centrada en el enfoque exploratorio, en el cual los participantes asumen un rol activo en la construcción de su conocimiento a través de la manipulación de herramientas y el descubrimiento guiado. Este enfoque se fundamenta en estudios que destacan cómo la interacción activa no solo mejora significativamente la retención de

información, sino que también fomenta el aprendizaje autónomo y la capacidad de resolver problemas de manera creativa, como lo señalan Wijaya et al. (2021). La estructura del taller está organizada en fases claramente definidas, detalladas a continuación:

3.1. Introducción y contextualización

Familiarización inicial: Se introduce la herramienta utilizando comparaciones con herramientas o conceptos familiares como GeoGebra para facilitar la conexión con conocimientos previos.

Demostración práctica: Se lleva a cabo una breve demostración funcional y visual de las principales capacidades de la herramienta en modo graficación.

3.2. Exploración guiada

Interacción inicial: Los participantes acceden a la plataforma y exploran de manera autónoma las funcionalidades principales de desmos Classroom, como creación de clases y actividades interactivas.

Acompañamiento personalizado: Durante esta fase, el facilitador está disponible para resolver dudas y orientar las exploraciones de creación de clases y actividades.

3.3. Actividad de diseño

Creación de contenido: Los participantes diseñan una actividad original utilizando las herramientas disponibles en la plataforma. Se les anima a integrar elementos novedosos descubiertos durante la exploración.

Revisión colaborativa: Los diseños son compartidos y discutidos en pequeños grupos, fomentando el intercambio de ideas y la retroalimentación constructiva.

3.4. Evaluación y cierre

Simulación práctica: Las actividades diseñadas son probadas en un entorno simulado de aula, donde los participantes asumen diferentes roles (facilitador y estudiante) para experimentar las dinámicas generadas.

Discusión final: Se lleva a cabo un espacio de reflexión colectiva para analizar los resultados, compartir opiniones sobre la experiencia con la plataforma y debatir sobre su aplicabilidad en contextos reales de enseñanza.

Esta metodología de taller promueve un aprendizaje basado en la indagación y la experimentación, ofreciendo a los participantes la libertad de explorar según sus intereses y ritmo individual. Al mismo tiempo, se garantiza una orientación continua del facilitador para conectar las funcionalidades de la plataforma con las necesidades específicas del aula. Este enfoque está estrechamente relacionado con los principios del aprendizaje constructivista, que establece que el conocimiento se construye a partir de la experiencia, la interacción y el contexto.

Además, el trabajo colaborativo y los espacios de discusión habilitados durante el taller no solo potencian habilidades matemáticas y tecnológicas, sino que también contribuyen al desarrollo de competencias sociales y comunicativas (Encalada et al., 2020). En este sentido, el taller no solo busca la apropiación de la herramienta, sino también la integración de prácticas reflexivas y colaborativas que enriquecen la enseñanza y el aprendizaje en entornos tecnológicos.

4. Actividad del taller

Para comenzar la actividad del taller se presenta Desmos como como calculadora gráfica, comparándolo con Geogebra, ya que esta última herramienta es la más familiar a la propuesta. Cabe mencionar que ambas son potentes herramientas, pero Desmos se centra más en la simplicidad y accesibilidad, mientras que GeoGebra es un poco más complejo, pero ofrece una gama más amplia de herramientas matemáticas.

Seguidamente, se muestra la interfaz de usuario de Desmos, se grafican algunas funciones básicas (lineales, cuadráticas, etc.) para demostrar la rapidez y

facilidad de uso y se muestra cómo se pueden manipular los parámetros de las funciones (usando sliders) para ver cambios dinámicos en las gráficas y cómo se pueden generar fácilmente tablas. Algunos ejemplos se pueden observar en las figuras 1 y 2.

Figura 1

Ejemplo del uso del deslizador en Desmos aplicable a una función

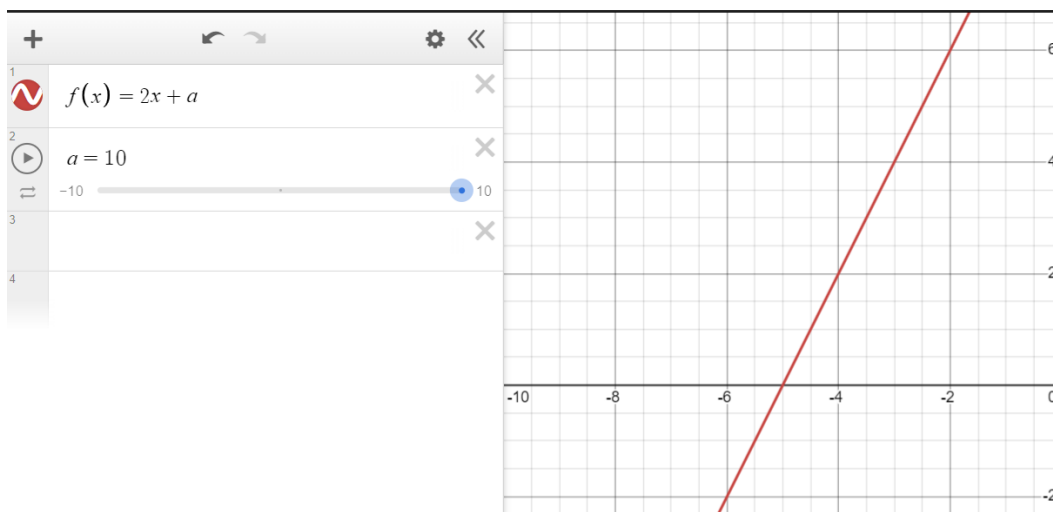
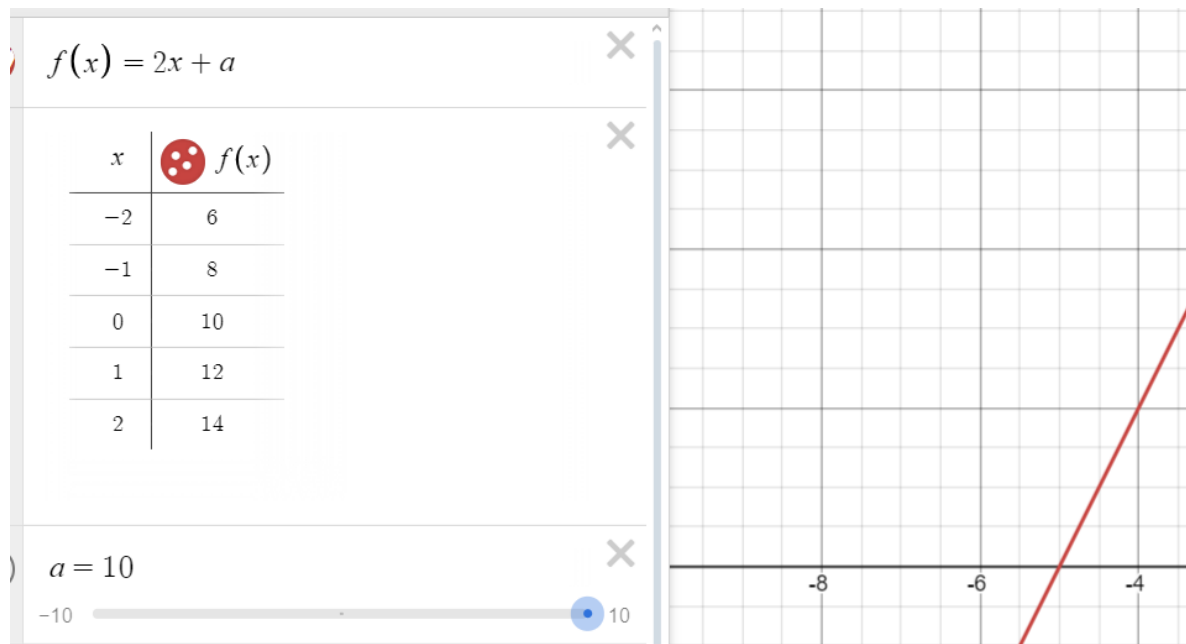


Figura 2

Ejemplo del uso de tablas en Desmos aplicable a una función



Seguidamente, se crea una función cuadrática y se muestra cómo Desmos automáticamente genera los puntos de intersección con los ejes y con la otra función y lo fácil que es representar el área sombreada entre curvas (figuras 3 y 4).

Figura 3

Intersección entre una recta y una parábola donde basta con pasar el cursor sobre el punto de intersección

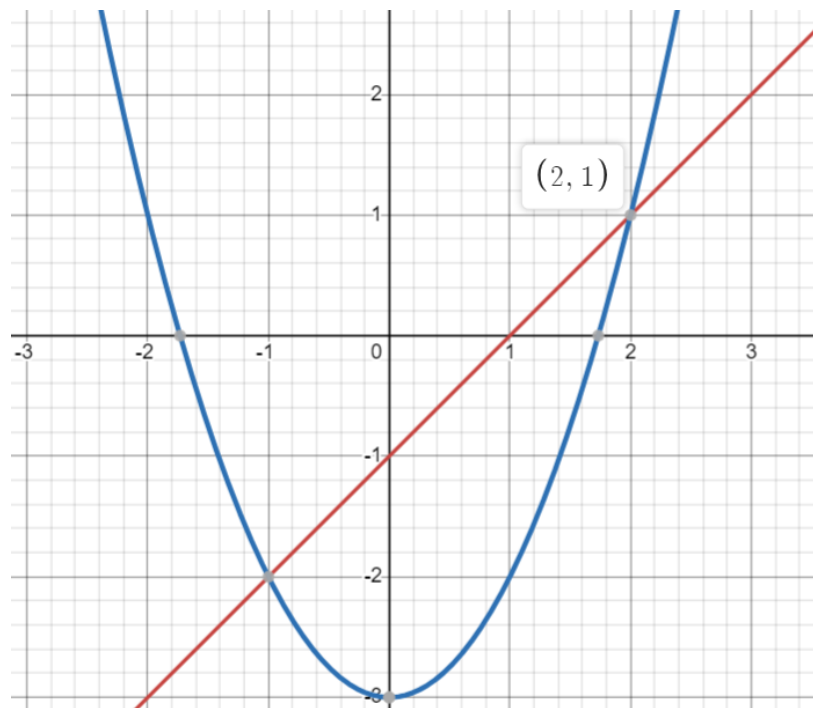
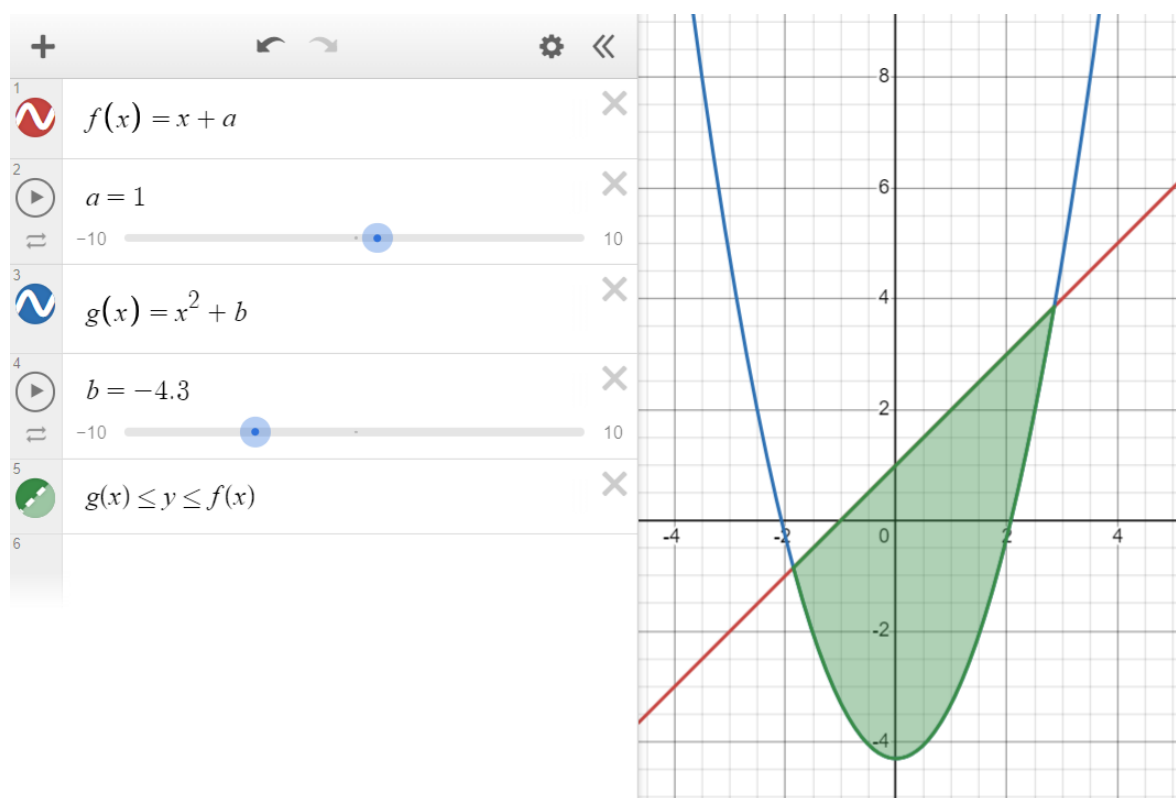


Figura 4

Área entre una parábola y una recta



Se realiza brevemente la misma construcción gráfica pero ahora en GeoGebra para hacer énfasis en la simpleza de uso y rapidez de Desmos en comparación.

Después de la introducción, se les pide a los participantes que ingresen a Desmos y creen una gráfica específica utilizando esta herramienta (por ejemplo, una gráfica con una parábola y una recta intersecándose) y se abre espacio para preguntas rápidas de los participantes.

Para continuar, al ser un taller enfocado en la enseñanza de la matemática de secundaria, se da un tour de las funcionalidades de la plataforma de Desmos teacher, (creación de clases, actividades personalizadas y demás).

Para ingresar a desmos teacher se debe hacer clic en el logo de desmos en cualquier calculadora que se esté utilizando para abrir la página principal de desmos, una vez ahí se selecciona “página de inicio del maestro” (figura 5).

Figura 5

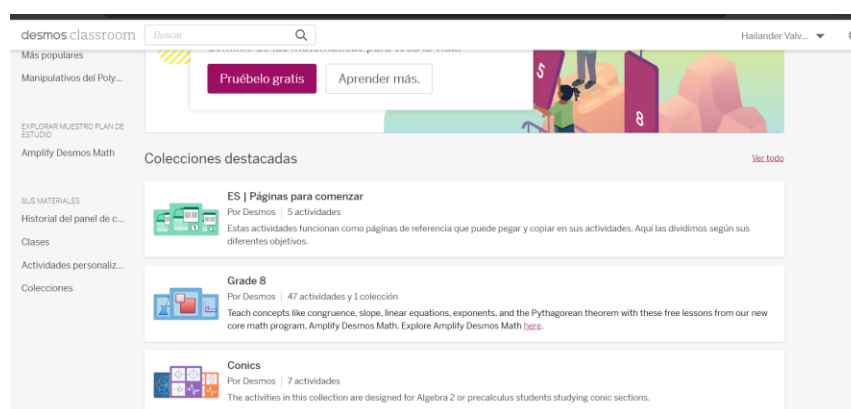
Selección de la página de inicio del maestro



Una vez registrados como docentes, se seleccionará la primera colección destacada llamada “Páginas para comenzar”, en donde se visualizarán los ejercicios editables de fracciones y la compilación de páginas populares (figura 6).

Figura 6

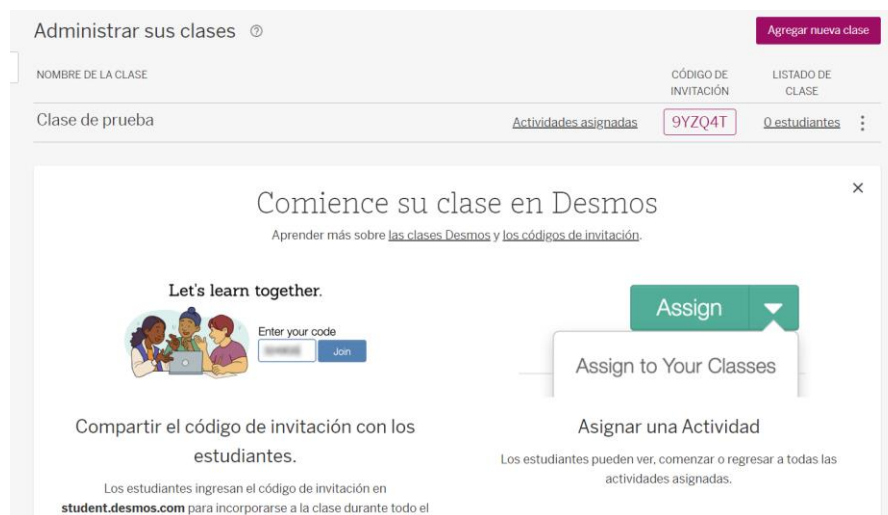
Selección de las páginas para comenzar



Seguidamente, se retornará a la página principal de desmos Classroom haciendo clic en el logo, y se explorará la sección “clases”, en donde se comentará la compatibilidad con Google Classroom y se comentará la capacidad de asignar recursos a los estudiantes (figura 7).

Figura 7

Sección de administración de clases

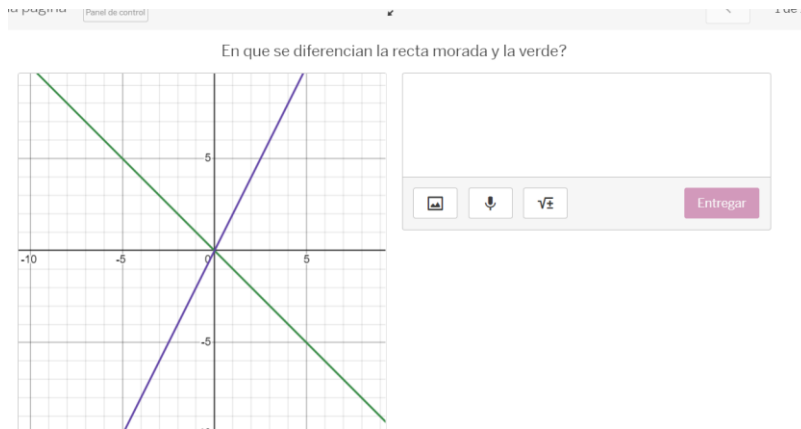


Seguidamente, se les presenta a los profesores, la siguiente actividad ya creada por la plataforma:

<https://teacher.desmos.com/activitybuilder/custom/5ddb9ae009cd90bcdeaa-dd7?lang=es&collections=651ca31cf69ee59aa9e3818a%2C5da6476150c0c36a0caf8ffb>

Para la sección final se les pide a los participantes elaborar una actividad utilizando las funcionalidades de las actividades personalizadas, con una pequeña introducción al código, copiar y pegar opciones y demás. Para esto se siguen los siguientes pasos:

- a. Crear nueva actividad y nombrarla “Actividad introductoria al concepto de pendiente”
- b. Primera página; gráfica con dos rectas, una creciente y una decreciente de distintos colores, una nota y un espacio de respuesta abierta, se comenta la posibilidad de ver las respuestas de otros compañeros.



c. Se crea una nueva página en donde se incorpora una gráfica y una entrada matemática, se muestra como conectar entrada numérica a pendiente con el la recta utilizando Compute Layer, además se comenta la documentación y el alcance del lenguaje CL

d. Se crea una nueva página en donde el estudiante deba ingresar el criterio de una función que pase por dos puntos, dado que el cl es algo complejo, se recomienda copiar la actividad de la colección de función lineal

e. En otra página, se creará una actividad de asocie con la funcionalidad de fichas, generando 4 fichas con la herramienta de gráfica y 4 con la herramienta de texto matemático

f. Se creará una nueva página en donde se utilizará la herramienta de polypad, mostrando algunos mosaicos interesantes como la máquina funcional y las herramientas de álgebra

g. Al finalizar, se publicará la actividad y se invitará a los profesores a unirse a la clase en vivo sin necesidad de crear cuenta, en donde se mostrarán las funcionalidades de la vista de profesor como:

- Registro de respuestas
- Capacidad de poner el ritmo de la clase
- Sincronización de ítems con el profesor
- Anonimización de respuestas.

5. Recomendaciones

Seguidamente, se recomiendan algunos aspectos clave que los profesores pueden tomar en cuenta a la hora de enseñar matemáticas en secundaria con Desmos. Para comenzar, es de suma importancia conocer la herramienta, explorar Desmos antes de usarlo en clase y familiarizarse con el funcionamiento de la calculadora gráfica. También es importante proporcionar tutoriales cortos o instrucciones paso a paso en el caso de que los estudiantes no estén familiarizados con Desmos.

Al usar la función de simulación es recomendable probar los ejercicios como si se fuera un estudiante para anticipar posibles dudas o problemas. Es una buena práctica diseñar actividades progresivas, comenzar con actividades simples para que los estudiantes se acostumbren a la interfaz y luego avanzar hacia problemas más complejos. Incluso se puede promover la discusión en clase al incluir preguntas abiertas en las actividades. También se recomienda aprovechar el panel de monitoreo para visualizar en tiempo real el progreso de los estudiantes en actividades asignadas, para así identificar quién necesita ayuda.

6. Conclusiones

En este taller se busca respaldar la idea de que el uso de herramientas tecnológicas como Desmos puede llegar a mejorar el rendimiento académico de los estudiantes al hacer las matemáticas más accesibles y atractivas, ya que pueden llegar a mostrar una mayor motivación y disposición hacia el aprendizaje, lo que implica que obtengan mejores resultados en su educación.

Además, queremos hacer énfasis en cómo Desmos al ser una herramienta tecnológica, no solo apoya el aprendizaje de conceptos matemáticos, sino que transforma la dinámica del aula al hacerla más interactiva, colaborativa y personalizada y sus cualidades le permiten ser un apoyo a los docentes con su repositorio de actividades.

Referencias bibliográficas

- Encalada, S. C. O., Álvarez, J. C. E., y Herrera, D. G. G. (2020). Trabajo colaborativo y herramientas digitales para la enseñanza-aprendizaje en la educación en línea del bachillerato. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(5), 68-90.
- Ministerio de Educación Pública de Costa Rica. (2012). Programa de estudios de Matemática. Dirección de Desarrollo Curricular.
- Mushipe, M., y Ogonnaya, U. I. (2019). Geogebra and Grade 9 learners' achievement in linear functions. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(8), 206–219. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i08.9581>
- Runisah. (2019). The effect of 5E learning cycle with metacognitive techniques and mathematical prior ability on mathematical creative thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1315(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1315/1/012082>
- Wijaya, T. T., Zhou, Y., Ware, A., y Hermita, N. (2021). Improving the Creative Thinking Skills of the Next Generation of Mathematics Teachers Using Dynamic Mathematics Software. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 16(13), pp. 212–226. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i13.21535>

Diseño e Implementación de una Práctica de Laboratorio para la Medición del Poder Calorífico de Biodiésel Producido por Estudiantes en el Marco de un Curso de Biocombustibles

Braulio Arce Vargas

Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología, Costa Rica
barcev122@ulacit.ed.cr

Fabián Chaverri Miranda

Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología, Costa Rica
fchaverrim282@ulacit.ed.cr

Gian Franco Segura Sánchez

Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología, Costa Rica
gseguras461@ulacit.ed.cr

Carla Gómez Quirós

Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología, Costa Rica
carla.gomezquiros@outlook.com

Resumen: Este artículo presenta el diseño e implementación de una práctica de laboratorio para medir el poder calorífico de biodiésel obtenido a partir de biomásas vegetales, desarrollada como parte de un curso sobre Biocombustibles en la Escuela de Ingeniería Química Industrial de la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología. La práctica propone dos metodologías utilizando equipos accesibles de laboratorio. Los resultados indicaron que el método de las placas Petri es más eficiente para esta medición; no obstante, se identificó la necesidad de optimizarlo para minimizar las pérdidas de calor y obtener valores más cercanos a los teóricos.

Palabras Clave: Biodiesel, Poder calorífico, Lámparas de alcohol, Placas Petri, Calorimetría.

1. Introducción

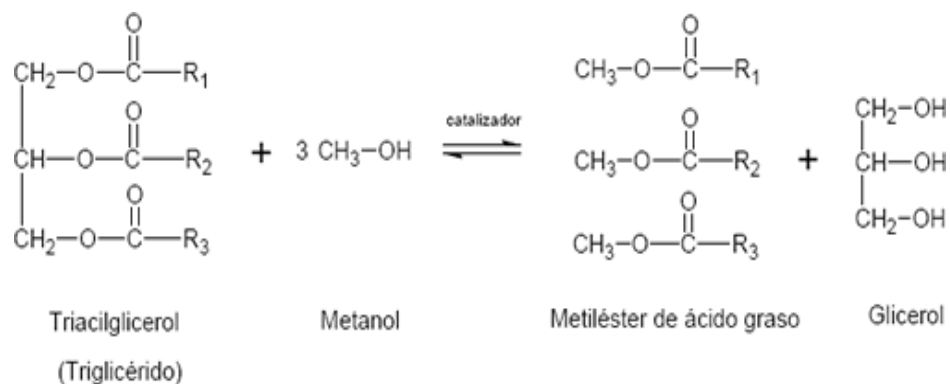
La energía, en términos de abastecimiento y sostenibilidad, es fundamental para el desarrollo económico, ambiental y social. En el caso de Costa Rica, el VII Plan Nacional de Energía (PNE) establece dentro de sus objetivos promover la incorporación de fuentes renovables de energía en la matriz eléctrica nacional, con el propósito de ofrecer precios de electricidad competitivos a nivel internacional. En el contexto global, los biocombustibles se destacan como una de las principales alternativas para atender la creciente demanda energética, ofreciendo una solución

sostenible frente al impacto ambiental de los combustibles fósiles. Esto ha incentivado la investigación y difusión del conocimiento en torno a tecnologías sostenibles, en particular, aquellos procesos enfocados en la revalorización de biomasa para la producción de biocombustibles son cada vez más el centro de atención (Salas, 2018). Su uso busca la reducción de emisiones contaminantes, contribuyendo a mitigar problemáticas medioambientales y sociales urgentes (Gebremariam y Marchetti, 2018).

Uno de los biocombustibles más estudiados y utilizados es el biodiésel, cuya producción se fundamenta en procesos químicos accesibles y sostenibles, lo cual lo convierte en un recurso ideal para abordar tanto desafíos ambientales como educativos. Además, dado que existen diversas fuentes de materia prima para la elaboración de biodiésel, es de gran interés evaluar las mismas para estimar la viabilidad de su producción, procesamiento y generación energética. Producir biodiésel implica una reacción química particular llamada la transesterificación, que se basa en la combinación de los triglicéridos que se encuentran en grasas animales o vegetales con un alcohol los cuales al reaccionar forman ésteres, siendo estos los principales componentes del biodiésel (Sarín, 2012). En la figura 1 se muestra como los triglicéridos presentes en los aceites vegetales o animales se hacen reaccionar en este caso con metanol y bajo la presencia de un catalizador, esto debido a que la reacción es realmente lenta usualmente se utilizan catalizadores básicos como hidróxido de sodio o de potasio. El tipo de éster obtenido depende del alcohol utilizado por lo que al usar metanol se obtiene éster metílico que será la base para el biodiésel. Es posible observar que se obtiene glicerol como subproducto, el cual, si bien es cierto que se elimina luego por medio de una separación posterior, tiene importantes usos a nivel industrial por lo que es posible rentabilizarlo para empresas de productos químicos o de alimentación (Win y Trabold, 2018).

Figura 1

Reacción de transesterificación clásica (Prasertsit et al., 2013)



Una propiedad para evaluar el potencial de una sustancia como combustible se conoce como el poder calorífico. Para estimar este parámetro, se quema una masa determinada del producto y se mide el calor que desprende. Éste se cuantifica registrando cambios en la temperatura de una sustancia, usualmente agua. Junto a la masa y capacidad calorífica del líquido se logra establecer una relación entre esos valores y el poder calorífico. Así, el poder calorífico se puede definir como la cantidad de energía por unidad de masa que produce un combustible (Zelaya, 2016). El poder calorífico se relaciona con la cantidad de energía que tiene una especie almacenada en sus moléculas (energía química), siendo el valor del diésel un buen punto de referencia, el cual corresponde a unos 43 856 J/g (Álvarez, 2013). Rivera (2016) señala que actualmente no hay biodiésel que supere al diésel de petróleo en lo que se refiere a poder calorífico; sin embargo, esto no implica que no existan alternativas a los combustibles fósiles. De Lima et al. (s.f.), por ejemplo, concluye que el biodiésel es una buena opción a partir del análisis fisicoquímico de diferentes muestras, destacando el beneficio medioambiental ya que genera menos óxidos de carbono. En particular, aceites procedentes de biomasa vegetal de origen secundario, por ejemplo, residuos agroindustriales, son de gran interés para ser estudiados, ya que, justamente por su origen vegetal, se puede considerar que se está aprovechando la energía solar y otorgando valor a material que normalmente sería considerado desecho (Zelaya, 2016).

En este marco, resulta esencial incorporar estos conceptos dentro de los procesos educativos, especialmente en niveles preuniversitarios y universitarios, donde los estudiantes pueden vincularse directamente con prácticas experimentales que les permitan comprender y aplicar los principios de sostenibilidad energética. Este artículo presenta el diseño e implementación de una práctica de laboratorio que aborda la medición del poder calorífico del biodiésel producido por los propios estudiantes, como parte del curso de Biocombustibles de la Escuela de Ingeniería Química Industrial de la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología (ULACIT). Esta iniciativa no solo refuerza el aprendizaje técnico, sino que fomenta una comprensión integral del papel de las energías renovables en el contexto actual, promoviendo una formación más consciente y comprometida con los retos globales, alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

2. Metodología

A continuación, se presenta una descripción general de los insumos y procedimientos utilizados para la determinación del poder calorífico del biodiésel. En este estudio, se optó por metodologías accesibles que aprovechan materiales de laboratorio sencillos y, en algunos casos, menos utilizados en la actualidad, como las lámparas de alcohol, que han sido reemplazadas en gran medida por los mecheros Bunsen. Esto permite fomentar el aprendizaje práctico en contextos donde los recursos pueden ser limitados. Se evaluó la aplicabilidad de dos métodos: el primero, utilizando lámparas de alcohol, y el segundo, encendiendo una mecha en placas Petri. Cabe destacar que, bajo el marco del curso de Biocombustibles, los estudiantes del curso, en sesiones previas de laboratorio, fabrican muestras de biodiésel a partir de distintas materias primas. Estas muestras son las que se utilizaron como insumo en este caso para validar la reproducibilidad de los procedimientos.

2.1. Insumos

Para el desarrollo del experimento, se requieren materiales y equipos de cristalería sencilla, a saber: 3 lámparas de alcohol, agua destilada, 1 beaker de 25

mL, 3 balones de destilación, vidrio reloj, muestras de biodiésel comercial y biodiésel fabricado en laboratorio, termómetro, balanza analítica, soportes universales con anillo y un cronómetro. El vidrio de reloj se puede sustituir por una placa petri para evitar que se derrame el combustible en estudio. Asimismo, es importante mencionar que se realizó una cobertura adicional de manguera de hule sobre las prensas sujetadoras con el fin de minimizar la transferencia de calor a las mismas.

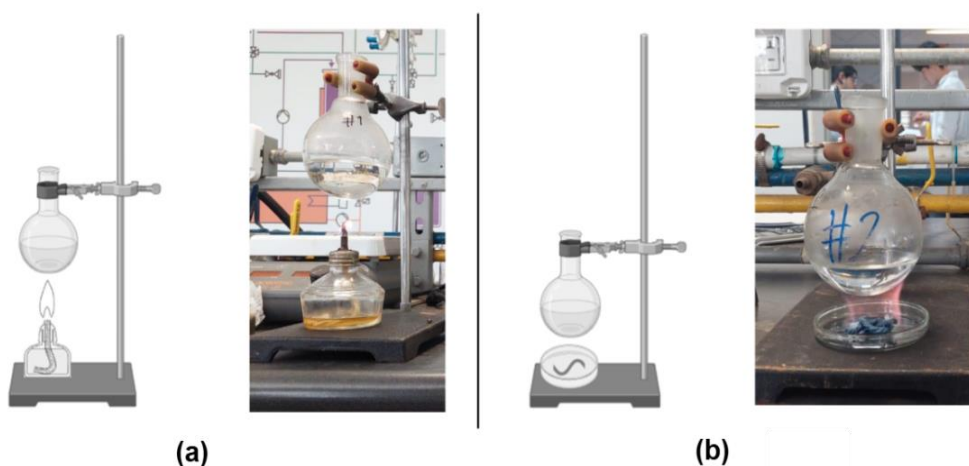
2.2. Procedimiento

2.2.1. Método 1: Lámparas de alcohol

Primero, se lavan y secan cuidadosamente las lámparas de alcohol, asegurándose de que queden completamente limpias. Luego, se identifican rotulándolas con los números 1, 2 y 3. A continuación, se pesan 50 ml de agua por triplicado utilizando la balanza, y se depositan en balones debidamente rotulados con los mismos números (1, 2 y 3). Posteriormente, se separan tres muestras de biodiésel, asegurándose de que cada muestra contenga al menos 10 ml. Cada muestra se deposita en su lámpara correspondiente y se pesa nuevamente la lámpara con el combustible incluido. Se impregna la mecha con unas gotas de biodiésel para garantizar el correcto funcionamiento de la lámpara. Finalmente, se ensambla el equipo según lo indicado en la figura 2(a).

Figura 2

Ensamblaje y fotografías del equipo empleado para el Método 1 (a) y Método 2 (b).



Se introduce el termómetro en el agua para registrar la temperatura inicial del sistema. Posteriormente, se enciende la lámpara y, utilizando un cronómetro, se miden 15 minutos. Al finalizar este tiempo, se apaga la mecha y se mide la temperatura final del agua. Finalmente, se determina la masa final de la lámpara con el combustible remanente después de la combustión. Para determinar el poder calorífico del combustible (PC) se aplican las siguientes ecuaciones:

$$Q_{combustible} = Q_{agua} \quad (1)$$

$$PC * m_{CC} = m_{H_2O} * c_{H_2O} * \Delta T \quad (2)$$

donde se debe buscar el valor PC, la masa del combustible consumido (m_{CC}) se calcula restando la masa inicial del combustible menos la masa final después de los 15 minutos. La masa del agua (m_{H_2O}) se determina al inicio del experimento, y se utiliza el calor específico del agua (c_{H_2O}), equivalente a 4,186 kJ/kg°C. El cambio de temperatura (ΔT) se obtiene de la diferencia entre la temperatura final y la inicial. Finalmente, se calcula el promedio del poder calorífico del biodiésel a partir de las tres muestras analizadas.

2.2.2. Método 2: Placas Petri

Se pesan 50 ml de agua por triplicado y se depositan en tres balones debidamente rotulados del 1 al 3. Se preparan los soportes con los balones y se dispone el termómetro para registrar la temperatura inicial del agua. Se obtienen tres hilos de mecha y se recortan para que midan entre 8 y 10 cm. Se rotulan tres placas Petri con los números 1, 2 y 3. Posteriormente, se pesan las mechas de manera individual (m_{MS}). En un beaker de 25 ml se deposita la cantidad necesaria de combustible para sumergir completamente las mechas. Cada mecha se sumerge, una a la vez, durante 30 segundos en el combustible. Transcurrido este tiempo, se coloca la mecha húmeda en la placa Petri correspondiente y se pesa la placa con la mecha húmeda (m_{PMH}). Este procedimiento se repite para las tres mechas. A continuación, se colocan las tres placas Petri debajo de los balones, como se muestra en la figura 2(b), y se mide la temperatura inicial del agua. Se encienden las tres mechas y se dejan arder hasta que la llama se apague por sí

sola, lo cual generalmente no toma más de 5 minutos. Una vez extinguidas las llamas, se mide la temperatura final del agua. Finalmente, se pesan las placas Petri con las cenizas restantes (m_{PC}) de las mechas después de la combustión. La masa del combustible consumido se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$m_{CC} = m_{PMH} - m_{PC} - m_{MS} \quad (3)$$

Con la masa obtenida, se utiliza la ecuación 2 para calcular el poder calorífico del combustible mediante este método. Se determina el promedio del poder calorífico a partir de las tres muestras analizadas. Posteriormente, se discute el porcentaje de error asociado a cada método y se realiza una comparación con los valores teóricos reportados en la literatura.

2.3. Conceptos clave para implementación de la práctica en laboratorio

En el marco de la investigación del experimento a realizar, es importante considerar aspectos clave que faciliten una mejor comprensión de la práctica. El poder calorífico de un biodiésel puede variar dependiendo de la composición del biocombustible, así como su proceso de fabricación, tipo de materia prima utilizada, tecnología empleada y otros factores relacionados a su producción y almacenamiento. A nivel general, el poder calorífico del biodiésel es ligeramente menor que el del combustible diésel convencional. El poder calorífico del biodiésel para muestras derivadas de aceites vegetales de palma, soja, girasol y colza suele estar en el rango de 36-38 MJ/kg, de acuerdo con Rodríguez et al. (2016) y Toscano (2009), mientras que el poder calorífico del diésel convencional es de alrededor de 42-44 MJ/kg. según Recope (2021), Rodríguez et al. (2016) y Toscano (2009). Sin embargo, el biodiésel tiene una densidad ligeramente mayor que el diésel convencional, es decir que, en términos de energía por volumen, el poder calorífico del biodiésel es similar al del diésel convencional. Cabe resaltar que los valores son aproximaciones, por lo que pueden variar dependiendo de factores en su proceso de producción y calidad de la materia prima utilizada.

2.4. Cálculos asociados

Para la obtención de poder calorífico en la experimentación a realizar, se debe primero hallar la cantidad de calor transferida al agua, para esto se debe utilizar la fórmula:

$$Q = mc\Delta T \quad (4)$$

donde Q es la cantidad de energía que se transfiere al agua, m es la masa del agua, c es la capacidad calorífica del agua (4,186 kJ/kg°C) y ΔT es la diferencia de temperatura inicial y final. La capacidad calorífica se refiere a la cantidad de energía térmica que se necesita para aumentar la temperatura de una sustancia, en este caso el agua, en una unidad de temperatura (Jiménez-Carballo, 2018). Posterior a esto se calcula el poder calorífico del biodiésel utilizando la siguiente fórmula:

$$PC = \frac{Q}{m} \quad (5)$$

donde PC es el poder calorífico (en kJ/kg) y m es la masa del biodiésel seleccionado.

3. Resultados

En esta sección se presentan los resultados experimentales de la determinación del poder calorífico de muestras de diésel y biodiésel, así como los resultados de la implementación de la práctica en posteriores períodos lectivos del curso, con diferentes grupos de estudiantes.

3.1. Determinación del poder calorífico de muestras de diésel y biodiésel

En la tabla 1 se presentan los resultados de las mediciones del poder calorífico de muestras de diésel comercial y biodiésel fabricado en el laboratorio por estudiantes del curso a partir de distintas materias primas, a saber: aceite vegetal, dos muestras de aceite de oliva (identificadas como A y B), aceite de soja, y aceite de cocina usado, procedente de la soda de la universidad.

Tabla 1

Resultados de las mediciones del poder calorífico promedio para muestras de diésel comercial y biodiésel fabricado a partir de distintas materias primas.

Combustible	Método	Poder Calorífico Promedio (MJ/kg)
Diésel comercial	1	2.32
Diésel comercial	2	10.64
Biodiésel de aceite vegetal	1	3.57
Biodiésel de aceite de oliva A	2	7.57
Biodiésel de aceite de oliva B	2	7.44
Biodiésel de aceite de cocina usado	2	5.33
Biodiésel de aceite de soja	2	4.75

Es importante mencionar que, debido a una limitación metodológica que se explicará con mayor detalle en la sección de Discusión de Resultados, no se pudieron realizar todas las pruebas originalmente planeadas. Como se observa en la tabla 1, de las muestras evaluadas, únicamente se completaron los ensayos con el Método 1 (lámparas de alcohol) para dos muestras, mientras que las demás muestras fueron evaluadas utilizando el Método 2 (placa Petri con mecha). Aunque esta limitación restringe la posibilidad de una comparación exhaustiva entre ambos métodos, la validez del presente estudio radica en ofrecer una propuesta didáctica de rápida implementación, además de proporcionar información sobre las percepciones de los estudiantes a través del uso de un instrumento de evaluación, lo que aporta datos relevantes y oportunidades de mejora.

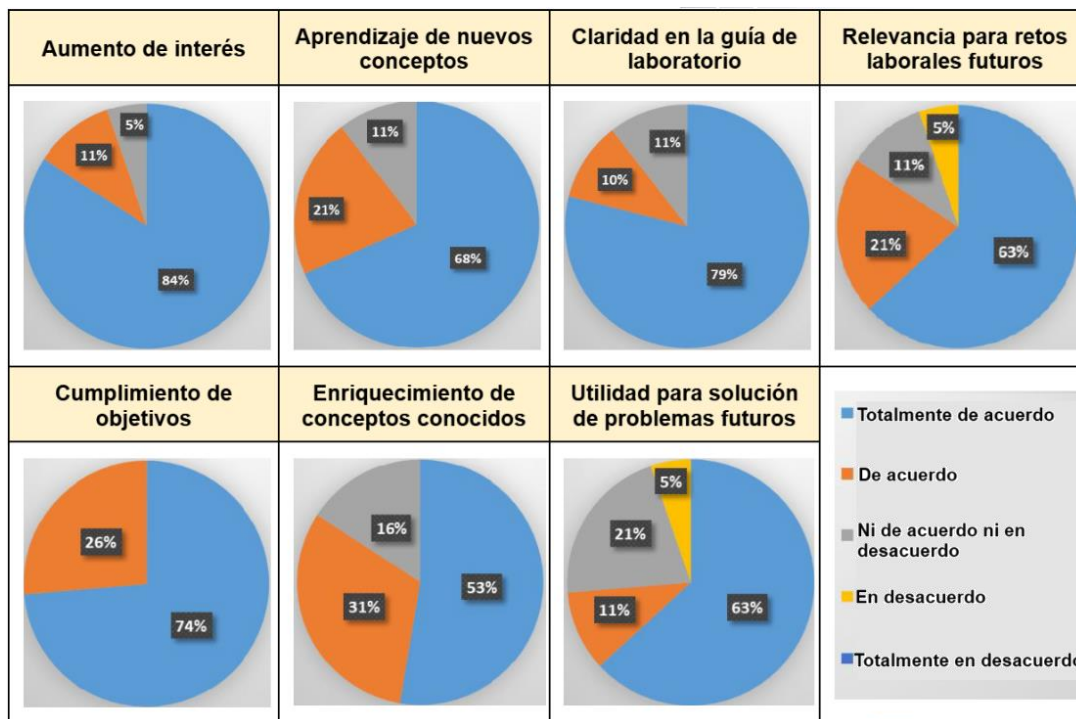
3.2. Aplicación del instrumento de evaluación

Para determinar el impacto de la implementación de la práctica de laboratorio propuesta, se diseñó una encuesta compuesta por 10 ítems de tipo escala de Likert (de 1 a 5) y preguntas de respuesta abierta, la cual se aplicó a los estudiantes en tres períodos lectivos posteriores. El objetivo de este instrumento de evaluación fue analizar la satisfacción, la claridad y el nivel de aprendizaje alcanzado por los

estudiantes durante la práctica. En la figura 3 se muestran los resultados agrupados para cada ítem de la Escala de Likert.

Figura 3

Resultados de la aplicación de encuesta para determinar el grado de satisfacción, la claridad y el nivel de aprendizaje alcanzado por los estudiantes



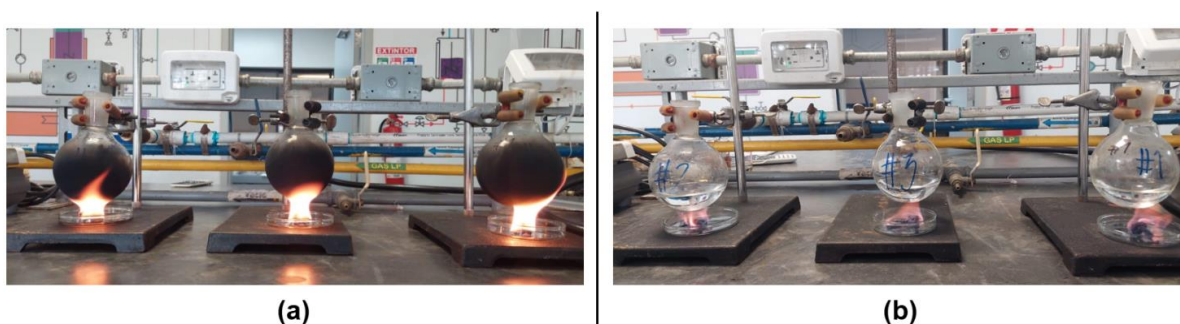
4. Discusión de resultados

Con respecto a la sección experimental, cabe destacar que las dos diferencias más evidentes a la hora de quemar el diésel comercial con respecto a las diferentes muestras de biodiésel fueron la presencia de hollín y la coloración de la llama. Como se aprecia en la figura 4(a), el diésel generó una gran cantidad de hollín, cubriendo el balón por completo e incluso la prensa. En cuanto a la llama del diésel comercial, la misma fue muy brillante, duradera y de color amarillo-naranja intenso, que se asocia a un proceso de combustión incompleta con presencia de emisiones de partículas contaminantes. Por otro lado, las llamas generadas por la combustión de las muestras de biodiésel fabricadas por los estudiantes en el laboratorio se aprecian con tonalidades azuladas y algo translúcidas, como se muestra en la figura 4(b). Este contraste es particularmente significativo a nivel de

los objetivos del curso ya que, se evidencia que el biodiésel demuestra ser una alternativa más limpia y sostenible, con menores niveles de partículas contaminantes y una combustión más eficiente. Esto subraya el potencial ambientalmente favorable del biodiésel como sustituto del diésel convencional.

Figura 4

Comparación del comportamiento de combustión de diésel tradicional (a) frente a biodiésel fabricado en laboratorio a partir de aceites vegetales (b).



Las magnitudes del poder calorífico obtenidas experimentalmente se incluyen en la tabla 1. Como se mencionó en la sección de Resultados, se observó una importante limitación metodológica con el Método 1. Esta consistió en que, cuando se utilizaban las lámparas de alcohol, la llama era muy inestable y se solía apagar, producto de la dificultad que representaba colocar la mecha y mantenerla en su sitio. Por tanto, cabe resaltar que el Método 2 fue una mejora metodológica. A pesar de que la combustión se desarrollaba por un menor periodo de tiempo, el consumo del combustible se consideró total. No obstante, es importante mencionar que, con respecto a los rangos de los valores teóricos reportados en la sección 2.3 de este documento, los porcentajes de error se consideran altos. En relación con esto, se debe de tener presente que para este experimento no se están tomando en cuenta factores como las pérdidas de energía que pueden ocurrir y que puedan afectar la precisión de los valores obtenidos. Por ejemplo, es evidente que hubo una importante pérdida de energía térmica hacia el vidrio (tanto en la lámpara de alcohol como con las placas petri), y en especial a la superficie metálica del soporte universal. Sin embargo, aún con las pérdidas de energía, la temperatura del agua siempre aumentó considerablemente, con diferencias entre las temperaturas inicial

y final mayores a 20 °C, lo cual fue inesperado, ya que en el método 2 la combustión fue de apenas unos segundos.

Cabe señalar que de acuerdo con la tabla 1, trabajar con el método 1 es más efectivo para evaluar biodiésel ya que presenta un menor porcentaje de error (90.48% en comparación a un 94.54% del diésel). Ahora bien, con respecto al método 2, se observó que el diésel comercial obtuvo el mayor valor (10.64 MJ/kg), seguido por las muestras de biodiésel a base de aceite de oliva (7.57 y 7.44 MJ/kg). Dicho valor extremo, a su vez, está asociado al menor porcentaje de error (cercano al 75%). A pesar de todo, con base en esta primera fase exploratoria de este estudio se establece que el método 2 es el recomendado tanto por su facilidad de ejecución, mínima cantidad de muestra requerida, que brinda la posibilidad de incrementar la cantidad de repeticiones, y disminución en porcentajes de error, con respecto al método 1. En lo que respecta a los resultados de la aplicación de las encuestas, en general se observa una buena recepción de la propuesta entre los estudiantes, que han expresado su satisfacción a través de comentarios orientados a destacar que la práctica ejemplifica de manera muy real el proceso de combustión y que permite realizar la comprobación de conceptos teóricos vistos en el curso a través de la experimentación directa con sus propios productos.

5. Conclusiones

Se determinó que el método 2, utilizando placas Petri, es más eficiente para cuantificar el poder calorífico del biodiésel, dado su menor porcentaje de error comparado con el método 1. Las muestras de biodiésel evaluadas demostraron ser más puras y menos contaminantes que el diésel convencional, evidenciado por factores como la ausencia de hollín, tonalidades de llama, olor y temperatura alcanzada en el agua. El biodiésel con mayor poder calorífico, elaborado a partir de aceite de oliva, alcanzó 7.57 MJ/kg. La realización del experimento por triplicado permitió un análisis más preciso y confiable de los resultados obtenidos.

6. Recomendaciones

Para mejorar la obtención de datos, se recomienda realizar el experimento en un espacio controlado, evitando pérdidas de energía o interferencias externas

como corrientes de aire. Es importante mantener suficiente distancia entre las pruebas para evitar la transferencia de calor, y considerar el uso de equipos no metálicos para reducir errores. Además, se sugiere investigar normativas sobre pruebas de calidad para diésel y biodiésel, identificando condiciones óptimas que puedan mejorar los métodos evaluados.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los estudiantes del curso de teoría y laboratorio de Biocombustibles del 1CO-2023 por facilitar sus muestras de biodiésel como insumo para este estudio, así como a los estudiantes de ciclos lectivos posteriores que han realizado la práctica y brindado su retroalimentación a través de la encuesta. Un agradecimiento adicional a la B.Sc. Carolina Chaves Hidalgo (coordinadora del Laboratorio de Química de ULACIT) por sus valiosas recomendaciones durante la realización de las pruebas experimentales.

Bibliografía

Álvarez, J. A. A. (2013). *Obtención de biodiésel a partir de aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio* [Tesis de grado]. Centro de Investigación en Materiales Avanzados. <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/349/1/Tesis%20Juan%20Antonio%20Alfonso%20Alvarez.pdf>

De Lima, N., Benedito, C., Maciel, R., y Wolf. M. R. (s.f.). *Investigation of Biofuels Properties. State University of Campinas*. <https://folk.ntnu.no/skoge/prost/proceedings/pres2011-and-icheap10/PRES11/21DaSilva.pdf>

Gebremariam, S. N., y Marchetti, J. M. (2018). Economics of biodiesel production. *Energy Conversion and Management*, 168, 74-84.

Jiménez-Carballo, C. A. (2018). *Calor y calorimetría*. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10196>

Prasertsit, K., Mueanmas, C., y Tongurai, C. (2013). Transesterification of palm oil with methanol in a reactive distillation column. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 70, 21-26.

Recope. (2021). *Poderes caloríficos*. <https://www.recope.go.cr/productos/calidad-y-seguridad-de-productos/poder-calorico/>

Rodríguez, D. A. R., Avila, J. M. R., y Romero, D. H. M. (2016). Obtención de biodiésel a partir de mezclas de aceite de cocina usado y aceite de higuera por transesterificación. *Jóvenes en la Ciencia*, 2(1), 1850-1854.

Salas, O. (2018). *Proyecto de producción de biodiésel muestra prometedores resultados*. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2018/02/28/proyecto-de-produccion-de-biodiesel-muestraprometedores-resultados.html>

Sarin, A. (2012). *Biodiesel: production and properties*. Royal Society of Chemistry.

Toscano, L. A. (2009). *Análisis de los parámetros y selección de hornos para la combustión de biomasa”(aplicación a biomasa locales típicas)* (Bachelor 's thesis).

Win, S. S., y Trabold, T. A. (2018). *Sustainable waste-to-energy technologies: Transesterification*. In *Sustainable Food Waste-To-energy Systems* (pp. 89-109). Academic Press.

Zelaya, E. O. (2016). *Producción de biodiésel a partir de aceite de coco* [Tesis de grado]. Universidad de Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/8756/1/39713.pdf>

Entre la tecnología y lo tradicional: EL CUBIX RDF

Sigurd Ramos Marín

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
s.ramos@itcr.ac.cr

Marcial Cordero Quirós

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
macordero@itcr.ac.cr

Resumen. Se describe la experiencia didáctica producto de la creación y puesta en práctica de un minicurso de autoaprendizaje sobre el tema de métodos de factorización diseñado para las personas estudiantes de primer ingreso del Instituto Tecnológico de Costa Rica, el cual incluye la construcción de una caja cúbica personalizada, material didáctico con explicaciones y vídeos, y un reto diario para desarrollar habilidades matemáticas. La experiencia promueve el aprendizaje activo y el desarrollo de habilidades blandas, integrando el b-learning para mejorar la educación superior. Además, se destaca la importancia de adaptar la enseñanza a las realidades actuales combinando estrategias didácticas tradicionales y tecnológicas.

Palabras clave: Estrategia de enseñanza, Educación superior, Enseñanza multimedia

1. Introducción

Al enseñar matemática hoy, es necesario tener claridad no solo de lo que se desea lograr sino del público meta al que va dirigido y la realidad en la que se desenvuelve. Sin duda, los roles de los diferentes actores del proceso educativo han variado significativamente, de ahí que Basilotta Gómez-Pablos y García-Barrera (2023) afirman que el docente ya no debe ser un mero transmisor de conocimientos, ni situarse como principal fuente de acceso a la información, ni como el poseedor de una verdad única o absoluta que debe ser transferida. De igual forma, la actitud y el rol de la persona estudiante no debe limitarse a ser un simple observador.

Tal y como indica López Noguero (2016), la educación en general, y la Universidad en particular, se ven obligadas actualmente, en la sociedad que nos ha tocado vivir, a proporcionar las pautas para transitar en un mundo complejo y en

perpetua agitación y, al mismo tiempo, la brújula necesaria para poder orientarse en él.

De ahí que una de las mayores preocupaciones de quienes se dedican a la docencia en general debe radicar en como asegurar el logro de los objetivos, habilidades o competencias que se plantean dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje que lideran.

Ante esta responsabilidad y dados los resultados que obtienen los estudiantes de primer ingreso a las universidades como el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), en los cursos introductorios de matemática, los profesores Marcial Cordero y Sígurd Ramos decidieron unir sus esfuerzos y crear un minicurso de autoaprendizaje del tema de métodos de factorización. Ya que se parte de la premisa que estos temas deben desarrollarse a nivel de la educación secundaria, pero en la práctica el nivel de manejo resulta más bien limitante para poder alcanzar los nuevos conocimientos matemáticos sobre los cuales se cimienta la ingeniería.

2. Diseño del curso

Este curso se diseñó en varias etapas de trabajo colaborativo. La mediación pedagógica inició con la construcción en clase de una caja cúbica (aproximadamente 8 cm de arista) en cartulina o cartón que cada persona estudiante podía personalizar (figura 1).

Figura 1

Cajas cúbicas construidas por las personas estudiantes



Como segunda etapa del proceso, a cada persona estudiante se le entregaron dos páginas, cada una con cuatro columnas, las cuales contenían la información del curso para que las recortaran y pegaran de forma que, pudieran hacer un rollo y lo colocaran dentro de la caja (figura 2). Este material contiene una secuencia didáctica para el aprendizaje del tema de factorización, la cual consta de una explicación por escrito de cada método de factorización, ejemplos resueltos, un vídeo explicativo al cual se podría acceder mediante un código QR y una práctica sugerida, así como una frase de motivación personal (figura 3).

Figura 2

Parte del material didáctico entregado a las persona estudiantes




<p>MATE FACTORIZACIÓN Por Prof. Sigurd Marín Prof. Marcel Cordero 2020</p> <p>I ♥ MATH</p> <p>Hola, estimado amigo, el proceso de factorización consiste en descomponer un polinomio como el producto de sus factores, es el proceso inverso de la multiplicación. Hay que ser metódico y cumplir la meta diaria, para obtener excelentes resultados. NO te saltes pasos, por favor ¡¡¡¡¡ todas las practicas en el cuaderno de clase. ¡¡¡¡¡ ¡¡¡¡¡</p> <p>¡¡¡¡¡</p>	<p>Día 2 MÉTODO 2 Agrupación</p> <p>Consiste en agrupar por medio de paréntesis los términos de un polinomio, con la intención de poder determinar un factor común en cada grupo que nos permita obtener dos o más paréntesis exactamente iguales.</p> <p>Ejemplo: $18ax - 4ay + 55bx - 4by$ $= (18ax - 4ay) + (55bx - 4by)$ $= 2a(9x - 2y) + b(11x - 2y)$ $= (9x - 2y)(2a + b)$</p> <p>Escanea el código QR para conocer más del método de factorización por Agrupación</p> 	<p>Escanea el código QR para conocer más del método de factorización de Trinomio Cuadrado Perfecto</p>  <p>Ejercicios Propuestos Factoriza los siguientes binomios Cuadrados Perfectos</p> <p>a. $25x^2y^2 + 30x^2y + 9x^2$ b. $t^2 - 3t + \frac{1}{4}$ c. $y^2ky^2 + 12y + 40$ d. $4 + 12x^2 - 4x^4$</p>	<p>Escanea el código QR para conocer más del método de factorización por Fórmula General</p>  <p>Ejercicios Propuestos Factoriza los siguientes binomios</p> <p>a. $5x^2 - 7x - 2$ b. $3y^2 - 7y + 2$ c. $4z^2 - 4z - 3$ d. $3x^2 + 17x - 12$</p>
<p>Día 1 MÉTODO 1 Factor Común</p> <p>Consiste en determinar el MCD de los coeficientes y del factor literal de mayor exponente que se repita en todos los términos del polinomio.</p> <p>Ejemplo: $6x^3y^2 - 18x^2y^2 + 9x^2y^2$ $= 3x^2y^2(2x - 6 + 3y^2)$</p> <p>Factor: Factor</p>	<p>Ejercicios Propuestos Factoriza los siguientes polinomios por Agrupación</p> <p>a. $7x + y - xy - 7 - y^2 + x^2$ b. $18xy^2 + 8xy - 4xy - 5x^2y$ $= 12xy - 2y^2 + 3x^2 - 4xy^2 + 5y^2$ d. $2x^2b - 3ab^2 + 4ab - ab^2$</p>	<p>DISFRUTA DE LAS PEQUEÑAS COSAS</p>	<p>Si puedes soñarlo puedes hacerlo</p>
<p>Escanea el código QR para conocer más del método de factorización por Factor Común</p> 	<p>Toda la SALDRÁ Bien!</p>	<p>Día 4 MÉTODO 4 Fórmula General</p> <p>Un trinomio de segundo grado se puede expresar en su forma general como $ax^2 + bx + c$, $a \neq 0$ dando a, b y c con valores reales, utilizando la FÓRMULA GENERAL $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ podemos representarlo como el producto de sus factores mediante las soluciones, se escribe así $a(x - x_1)(x - x_2)$</p> <p>Ejemplo: Factorizar $5x^2 + 11x + 2$ Calculamos el $\Delta = 91$</p> $x = \frac{-11 \pm \sqrt{91}}{2 \cdot 5} \quad x_1 = -2 \quad x_2 = -\frac{1}{5}$ <p>Atento: $5(x - -2)(x - -\frac{1}{5})$ $= 5(x + 2)(x + \frac{1}{5})$</p>	<p>Día 5 MÉTODO 5 Inspección e Intento</p> <p>Un trinomio de segundo grado de la forma $x^2 + px + q$ se puede escribir como $(x + a)(x + b)$ dando $r = -a$, $p = -a + b$ en $r = -ab$. Se debe buscarlos dos números que multiplicados nos den el coeficiente de x^2, luego dos números que multiplicados nos den el coeficiente de x, además multiplicados en cruz y sumados obtenemos p.</p> <p>Ejemplo: $3x^2 + 5x + 2$</p> <p>Los factores de los subterminos son: $3 = 3 \cdot 1$ y $2 = 2 \cdot 1$</p> $\begin{array}{r} 3x^2 + 5x + 2 \\ 3x \quad \times \quad 1 \\ 2x \quad \times \quad 2 \\ \hline 3x^2 + 5x + 2 \end{array}$ <p>Así obtenemos: $3x^2 + 5x + 2$ $= (3x + 2)(x + 1)$</p>
<p>Ejercicios Propuestos Factoriza los siguientes polinomios por Factor Común</p> <p>a. $24x^3y^3 + 18x^2y^3 + 30x^3y^3$ b. $15x^2y + 6xy^2 - 3x^2y - 75xy$ c. $2(x + 2y)(x - 3) + 4(x + 2)(x - 3y)$ d. $x(y - 3) + (4 - 2y)$</p> <p>Cree en ti y todo será posible</p> 	<p>Día 3 MÉTODO 3 Trinomio Cuadrado Perfecto</p> <p>Se lo llama trinomio cuadrado perfecto atendiendo al que dice de sus términos son cuadrados perfectos y el otro término es el doble producto de los bases de esos cuadrados.</p> <p>Ejemplo: $25x^2 + 10x + 1$ Cuadrado doble Cuadrado perfecto producto perfecto $(5x)^2 \quad 2 \cdot 5x \cdot 1 \quad (1)^2$ $= (5x + 1)(5x + 1)$ $= (5x + 1)^2$</p> 		

Figura 3

Imágenes de los trabajos realizados por las personas estudiantes



Superada esta parte, inició lo que se denominó el reto del día, ya que, durante diez días, la persona estudiante debía ir extrayendo el rollo de la caja y resolver lo que correspondía al reto uno y así sucesivamente.

De esta forma, cada persona estudiante logró desarrollar los ocho métodos de factorización y las últimas dos sesiones contenían ejercicios donde se aplicaban varios métodos los cuales permiten que se determine su máxima factorización.

Con el fin de evaluar el minicurso, cada persona estudiante hizo entrega del producto de la resolución de ejercicios por diversos medios tales como entrega física o bien entrega digital por la plataforma del tecdigital y recibió la correspondiente retroalimentación y calificación.

Se decidió trabajar con vídeos ya que hay una tendencia marcada de las personas estudiantes de estos cursos a buscar estos elementos en diversas plataformas digitales y utilizarlos como un método de estudio, ya que en muy poco tiempo logran obtener la información necesaria para aprender del tema.

Como parte del desarrollo de habilidades blandas, la construcción de la caja y el rollo generaba identidad sobre el conocimiento matemático ya que la persona estudiante elabora el proceso de forma creativa al personalizar el cubo para luego iniciar con el reto.

También se manejó como un reto diario con el fin de crear el hábito de estudio constante, ya que muchas de estas personas están acostumbradas a un efecto de

inmediatez que no les ayuda a la hora de estudiar un tema que conlleva un proceso didáctico continuo y estructurado.

3. Conclusiones

En general, la experiencia tiene valores agregados al combinar diferentes estrategias didácticas para la presentación de los contenidos, además reafirma el hecho de que lo tradicional puede unirse con la tecnología para crear muy buenos efectos en educación.

Parte de esto se enmarca en la corriente denominada b-learning que como indican Zumba et al. (2021), en términos generales, el b-learning integra la enseñanza presencial tradicional con el aprendizaje digital en línea.

Sin embargo, cabe mencionar que la persona docente de vocación trabaja con lo que tiene a mano y de forma incansable busca que sus estudiantes logren los objetivos deseados. De ahí que se les motiva a que, como generadores de pensamiento, experimenten una mediación pedagógica con ingenio y excelencia, la cual puede utilizar entre otras cosas, recursos de bajo costo. En la figura 4 se pueden observar los productos obtenidos por las personas estudiantes del mini curso de factorización.

Figura 4

Productos obtenidos por las personas estudiantes del mini curso de factorización



Bibliografía

Basilotta Gómez-Pablos, V. y García-Barrera, A. (2023). *Metodologías activas aplicando tecnologías digitales: (1 ed.)*. Narcea Ediciones. <https://elibro.net/es/lc/itcr/titulos/249539>

López Noguero, F. (2016). *Metodología participativa en la enseñanza universitaria*. Narcea Ediciones. <https://elibro.net/es/lc/itcr/titulos/46142>

Zumba, G. R. Mora Aristega, A. M. y Sánchez Soto, M. A. (2021). *Estrategias y metodologías de enseñanza para el aprendizaje activo en la Educación Superior*. Editorial Tecnocientífica Americana. <https://elibro.net/es/lc/itcr/titulos/190038>

Explosión de colores y números: un vistazo a fenómenos naturales

Dylana Freer Paniagua

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
dfreer@itcr.ac.cr

Danilo Porras Cajina

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
daporras@itcr.ac.cr

Resumen: Este trabajo presenta una guía para desarrollar un taller de experimentación durante las lecciones de química o matemática, o en coordinación con ambas asignaturas. Se pretende que el alumnado pueda asociar diferentes colores con sus longitudes de onda y con fenómenos tales como los fuegos artificiales y la coloración que emiten los meteoritos. De esta forma se generará a través de una experiencia activa, datos que permiten describir de modo matemático el comportamiento energético con las longitudes de onda de los colores. En este escrito podrá encontrar recomendaciones acerca de la implementación del taller y los resultados que pueden obtenerse.

Palabras clave: Enseñanza de la química, Enseñanza de la matemática, Ciencias naturales.

1. Introducción

Se presenta en este escrito una guía para trabajo en clase, la cual corresponde a un taller en el que se trabajará la longitud de onda y su relación con la matemática y fenómenos del color. Para la elaboración de este taller se requieren conceptos matemáticos y químicos, por lo cual, antes de iniciar con la guía, se incluyen algunas secciones con la descripción de estos, posteriormente se plantearán algunas recomendaciones, y finalmente se discutirá los resultados obtenidos al aplicar el taller, brindando conclusiones al respecto.

2. Definición de conceptos

A continuación, se describirán los conceptos teóricos más importantes que son abordados por la temática del taller.

2.1. Conceptos químicos

La radiación electromagnética existe en el Universo desde sus comienzos y nos llega constantemente desde el espacio, ofreciéndonos información muy valiosa sobre los cuerpos celestes que lo componen y también sobre las primeras etapas de su formación (Andreu, 2013).

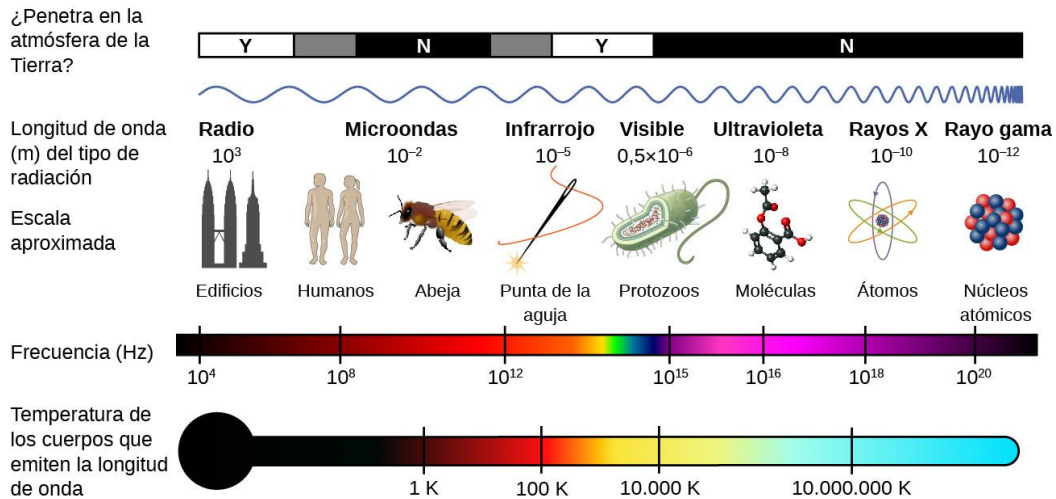
Considerando las diferentes formas de energía, ninguna puede ser tan esencial para la vida ni tan mortífera al mismo tiempo, como la radiación electromagnética. Además, en el último siglo, el ser humano ha aprendido a producirla y/o utilizarla en aplicaciones tan diversas como las radiografías, las comunicaciones de radio y televisión, la telefonía móvil, las redes Wi-Fi, los hornos microondas y un sinfín más (Andreu, 2013).

La radiación electromagnética es un tipo de onda que se puede propagar en el vacío y transporta energía de un lugar a otro en todo el universo, otros tipos, como el sonido, necesitan de un medio para propagarse. Esta presenta características específicas según la banda de frecuencias (o longitud de onda) en que se halle inscrita (Brown et al., 2014).

Las ondas electromagnéticas cubren una amplia gama de frecuencias y longitudes de onda. La clasificación no tiene límites precisos ya que fuentes diferentes pueden producir ondas en intervalos de frecuencia parcialmente superpuestos (Moebs et al., 2021). La figura 1 muestra las diferentes regiones del espectro electromagnético.

Figura 1

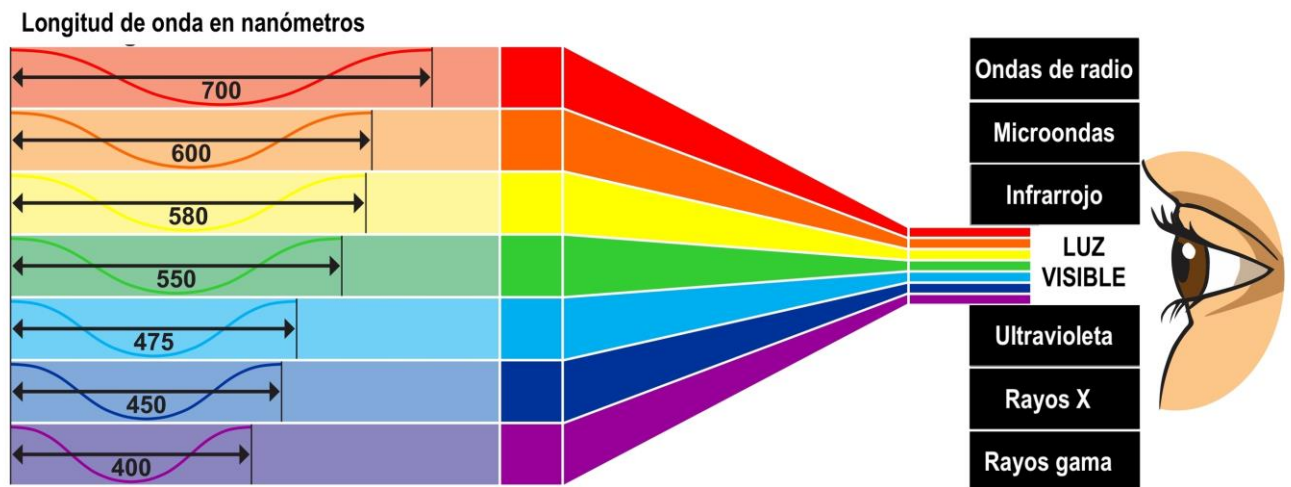
Espectro electromagnético (Moebs et al., 2021)



Una pequeña parte del espectro visible es la que logramos apreciar con nuestra vista, los fotones de energía que pueden ser detectados por los conos y bastones de la retina, se clasifican en seis ámbitos de colores, a los cuales se les asocia una longitud de onda específica que se mide usualmente en nanómetros (nm), lo cual se muestra en la figura 2 (Villalobos, 2024).

Figura 2

Espectro visible (Villalobos, 2023)



Cuando los electrones de los átomos se someten a fuentes de energía, como una llama, los electrones son capaces de absorber parte de esa energía y alcanzar un nivel energético superior al de su estado natural. Sin embargo, este estado excitado del electrón no es estable, por lo que debe perder la energía que ha absorbido, y la manera más sencilla de hacerlo es por medio de un destello luminoso, muchas veces en forma de color, este mecanismo es posible observarlo en la figura 3 (Ballestero et al., 2019).

Figura 3.

Esquema de la emisión de energía de un electrón (Ballestero et al., 2019)



Estos colores tienen asociada una energía, la cual podemos calcular con la siguiente ecuación (Brown et al., 2014).

$$E = \frac{h * c}{\lambda}$$

donde

E : es la energía de la radiación electromagnética en Jules (J)

h : es la constante de Planck, $6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

c : es la velocidad de la luz en el vacío, $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

λ : es la longitud de onda en metros

2.2. Conceptos matemáticos

Resulta importante definir algunos conceptos matemáticos. Entre ellos destaca el concepto de ecuación y el de función. Se hará una referencia rápida a ambos conceptos, iniciando con el de ecuación.

Una ecuación es una proposición que indica que dos expresiones algebraicas son iguales. En las ecuaciones se pueden involucrar una o más variables. En diversos casos se involucran expresiones algebraicas que corresponden a modelos con los cuales se desea explicar los fenómenos naturales como el comportamiento de las mareas, la composición de la materia, el movimiento de los objetos, la conducción del calor, el comportamiento de los mercados, la relación de la energía electromagnética con la longitud de onda, entre otras situaciones que a diario es posible encontrar a nuestro alrededor. (Haeussler et al., 2008)

Encontrar la solución de una ecuación es hallar el o los valores para cada incógnita, que al ser sustituidos en la igualdad ésta resulte verdadera. El conjunto de todos estos valores se llama el conjunto solución de la ecuación. Por ejemplo, considere la ecuación $x - 3 = 5x + 2$ en la que sólo se involucra una incógnita, la x . Para resolver la ecuación deben usarse propiedades de las igualdades que permitan despejar la variable. Algunas de esas propiedades para la igualdad $a = b$ son:

- A) Propiedad suma: $a = b \Rightarrow a + c = b + c$
- B) Propiedad resta: $a = b \Rightarrow a - c = b - c$
- C) Propiedad producto: $a = b \Rightarrow a * c = b * c$
- D) Propiedad cociente: $a = b \Rightarrow a \div c = b \div c$

Utilizando una secuencia adecuada de las propiedades enunciadas se puede obtener que $x = \frac{-5}{4}$ es la solución de la ecuación $x - 3 = 5x + 2$ y por ende su conjunto solución se expresa como $S = \left\{ \frac{-5}{4} \right\}$. (Stewart et al., 2012)

Existen diversas maneras de clasificar las ecuaciones según la expresión algebraica que se vea involucrada en ella, lo cual permite que se pueda hallar desde ecuaciones de grado 1, grado 2, hasta grado n y ecuaciones que involucran expresiones racionales, exponenciales o otras que no son de interés en este escrito.

Para el caso que se aborda en este artículo interesan ecuaciones con expresiones racionales, como por ejemplo $2 = \frac{10}{x}$ las cuales es posible resolver de forma sencilla con el uso de las propiedades enunciadas anteriormente.

Ahora bien, en el presente trabajo se podrá requerir el manejo básico del concepto de función con el propósito de abordar la relación que se dé entre variables que se relacionan para describir el fenómeno de interés, a saber, la longitud de onda respecto de la energía de la radiación electromagnética.

Una función es una regla que, a cada elemento de un conjunto, llamado conjunto de partida o dominio, se le asocia un único elemento del conjunto de llegada. A los elementos del dominio se les llama preimágenes y a los elementos que están asociados con alguna preimagen se les llama imágenes. (Astorga et al., 2018)

Una función puede representarse con un criterio o fórmula. Por ejemplo, $f(x) = \frac{20}{x}$ es el criterio de una función que a cada elemento del dominio (al cual no puede pertenecer el 0) le asocia con veinte veces su inverso multiplicativo. Así, por ejemplo, la imagen de 10 es 2 porque al realizar la evaluación de $x = 10$ resulta $f(10) = \frac{20}{10} = 2$. Este proceso de evaluar valores es reemplazar o sustituir la variable por un número específico para hallar el elemento con el cual se relaciona en la función. (Stewart et al., 2012).

Puede ser de interés, por el contrario, encontrar el valor de la imagen, es decir el valor a evaluar para obtener un número específico. Por ejemplo, si se desea hallar la preimagen de 40 en la función $f(x) = \frac{20}{x}$ debe sustituirse el 40 en $f(x)$, y despejar x . De modo que se obtiene $40 = \frac{20}{x} \Rightarrow 40x = 20 \Rightarrow x = \frac{20}{40}$, finalmente $x = \frac{1}{2}$. Lo cual puede expresarse como que 40 es la imagen de $\frac{1}{2}$.

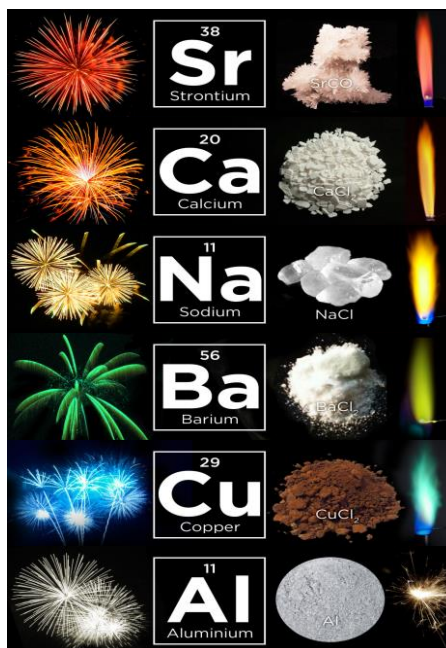
Así se ha nombrado de forma muy general los conceptos de ecuación y función, que serán relevantes para el estudio de la ecuación de onda. Cabe mencionar que al realizar la evaluación de expresiones como las funciones también se está haciendo el cálculo del valor numérico de una expresión algebraica. Lo cual es una idea importante que se debe manejar.

2.3. Conceptos relacionados con fenómenos naturales

Existen diversos fenómenos donde es posible observar estas emisiones de colores de los electrones. Los colores de los fuegos artificiales provienen de una amplia variedad de sales metálicas. Es importante aclarar que, cuando decimos 'sal', no nos referimos a la sal de mesa común que es conocida en química como cloruro de sodio (NaCl), sino a aquellos compuestos que contienen átomos metálicos y no metálicos. Estas sales se introducen en la carcasa de los fuegos artificiales que contienen pólvora y cuando esta explota los átomos del compuesto absorben la energía en forma de calor producida por la explosión de la pólvora, aumentando su velocidad. Los electrones, que se mueven ahora mucho más rápidamente por la energía recibida, intentan recuperar su estado energético original, que recibe el nombre de estado fundamental o de mínima energía, por lo cual deben liberar la energía absorbida durante la explosión y lo hacen en longitudes de onda del espectro visible, es decir, emiten los hermosos colores que apreciamos en los fuegos artificiales, algunos elementos y sus colores se pueden observar en la ver figura 4 (Cámara, 2022).

Figura 4

Colores emitidos por algunos elementos químicos durante los fuegos artificiales
(Cole, 2014).



Estas emisiones de energía se observan también en cuerpos celestes que ingresan a la atmósfera de la Tierra, como los meteoros, meteoritos y meteoroides, ya que la fricción con la atmósfera de la Tierra genera la energía necesaria que absorben los electrones de los diferentes elementos químicos que son parte de los cuerpos celestes. Es importante reconocer cada uno de ellos.

Los meteoroides son partes de un cuerpo celeste mayor, ya sea un asteroide o un cometa. Es decir, cuando un asteroide o cometa se va acercando al Sol, se desintegra y forma estos cuerpos. Un meteoroides tiene un tamaño menor a 50 metros. La gravedad terrestre atrae a esos meteoroides, que atraviesan nuestra atmósfera. En la mayoría de los casos, se desintegran dejando un rastro de luz que conocemos popularmente como “estrella fugaz”, a eso es a lo que llamamos meteorito. Los meteoritos son los meteoroides que consiguen sobrepasar la atmósfera sin desintegrarse del todo. Reciben el nombre de meteoritos cuando llegan al suelo (Artigado, 2022).

3. Propuesta del taller

El taller experimental proporcionará una experiencia vivencial de los colores emitidos por los electrones de algunos átomos de elementos químicos, así como la relación matemática existente entre la longitud de onda de los colores y su energía.

Los objetivos son:

1. Determinar cualitativamente el color de la llama que presenta diversos cationes.
2. Calcular matemáticamente mediante la aplicación de ecuaciones la energía asociada a cada uno de los colores de la llama que presentan los distintos cationes.
3. Evaluar el valor de una función dada en forma algebraica, en distintos puntos de su dominio.
4. Analizar una función a partir de sus representaciones.

3.1. Materiales

Lámpara de alcohol, encendedor o fósforos, 5 tubos de ensayo, gradilla para tubos de ensayo o recipiente para colocar los tubos, palitos de madera de 15 cm, son los que se utilizan como agitadores de bebidas, disoluciones de sales de diferentes elementos, se recomiendan sales de potasio (K), estroncio (Sr), calcio (Ca), bario (Ba) y cobre II (Cu^{2+}).

3.2. Procedimiento

3.2.1. Primera parte: Introducción y lluvia de ideas

Inicialmente se muestra un video de un meteoro en el cual se observe la estela luminosa que emiten al desintegrarse en la atmósfera.

Posteriormente se realizan preguntas generadoras tales como: ¿Qué observan?, ¿Por qué los meteoros emiten luz? ¿A qué se debe el color de la luz emitida?

Con las respuestas dadas por los participantes se realiza una introducción a la parte experimental del taller, motivándolos a que este les ayudará a explicar el fenómeno lumínico observado en el video.

3.2.2. Segunda parte: experimentación

Se recomienda realizar esta parte en grupos de 3 o 4 personas.

Observación de los colores de las diferentes disoluciones

1. Usted dispone de 5 tubos de ensayo con 5 disoluciones diferentes, contienen potasio, estroncio, calcio, bario y cobre.

¡Cuidado! Las disoluciones son inflamables, manténgalas alejadas de la llama o de cualquier fuente de calor.

2. Encienda cuidadosamente la lámpara de alcohol y observe el color de la llama.

3. Tome uno de palitos de madera e introdúzcalo en el tubo de ensayo de una de las disoluciones.

4. Muy cuidadosamente coloque la punta humedecida en la llama de la lámpara, anote el color que observa en el siguiente cuadro.

DISOLUCIÓN DE:	COLOR DE LA LLAMA	LONGITUD DE ONDA (nm)	ENERGÍA (J)
POTASIO			
ESTRONCIO			
CALCIO			
BARIO			
COBRE(II)			

5. Repita los pasos 3 y 4 para cada una de las disoluciones, anote los colores observados en el cuadro.

6. Utilice el siguiente cuadro que muestra los colores y sus longitudes de onda para obtener el dato correspondiente para cada color.

COLOR	LONGITUD DE ONDA λ (nm*)
VIOLETA	410
AZUL	470
VERDE	520
AMARILLO	580
ANARANJADO	600
ROJO	650

* 1 nm = 1 x10⁻⁹ m

7. Con la siguiente ecuación calcule la energía para cada color que observó en la llama y anótelo en el cuadro que se muestra en el paso 4.

$$E = \frac{h * c}{\lambda}$$

donde

E : es la energía de la radiación electromagnética en Jules (J)

h : es la constante de Planck, $6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

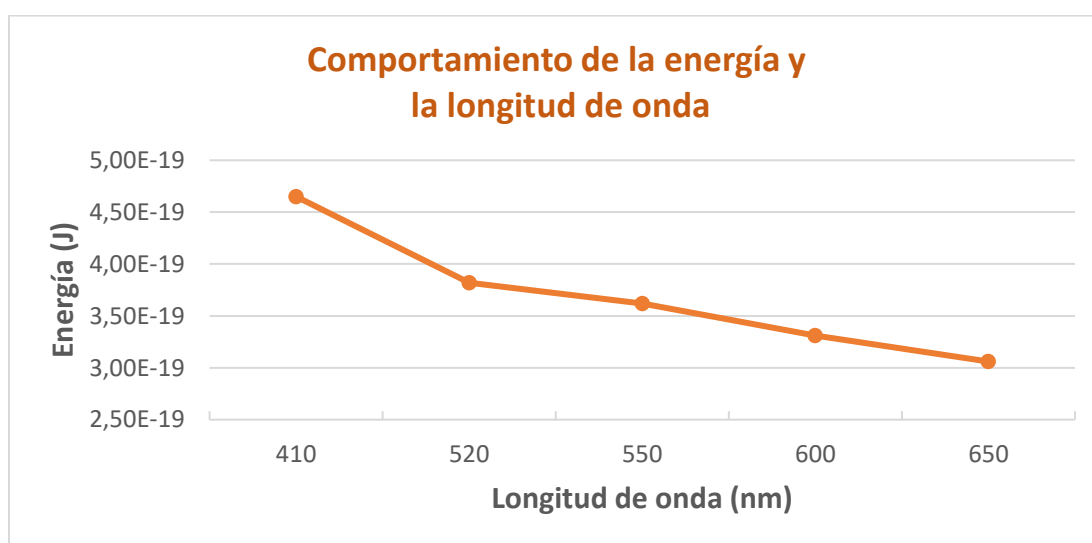
c : es la velocidad de la luz en el vacío, $3 \times 10^8 \text{ m/s}$

λ : es la longitud de onda en metros

Este comportamiento entre la longitud de onda de cada color y su energía se puede observar en la figura 5.

Figura 5

Comportamiento de la energía y la longitud de onda.



8. Con la ayuda de esta gráfica identifique cuál disolución representa la radiación más energética y cuál la menos energética.

3.2.3. Tercera parte: conclusiones y cierre

Se muestran videos de meteoros para que los participantes traten de identificar algún elemento químico en ellos de acuerdo con los observados en el taller.

Además, utilizar imágenes de fuegos artificiales para tratar de identificar los posibles elementos químicos que colocaron en ellos para crear ese hermoso espectáculo.

Con base en las respuestas, explicar a qué se deben esos colores y enfatizar la cantidad de energía que representa cada uno de ellos.

Resaltar la relación matemática existente entre la longitud de onda del color y su contenido energético.

3.3. Recomendaciones para aplicación de la guía

A continuación, se presentan algunas recomendaciones que pueden ser útiles al preparar la guía para la clase.

3.3.1. Recomendaciones generales

Coordinar entre departamentos de ciencias y matemáticas para hacer el experimento en la clase de ciencias y utilizar los datos en la clase de matemática.

Si no se tienen los recursos se puede recurrir a vídeos o materiales ya existentes y mostrar las aplicaciones a los estudiantes.

La enseñanza de las ciencias es motivante para el estudiantado si se presentan aplicaciones reales y del entorno.

3.3.2. Recomendaciones para la guía en la clase de matemática

Esta guía puede utilizarse para mostrar una aplicación de diversos conceptos matemáticos durante las lecciones con el fin de motivar el estudio de la matemática. Algunas ideas se indican a continuación:

Valor numérico: Para usar la ecuación de onda ($E = \frac{h*c}{\lambda}$) como un ejercicio de valor numérico al estudiante se le puede indicar el valor de las constantes asociadas a una longitud de onda específica, por ejemplo $\lambda = 5$, y con ello debe averiguar el valor numérico de la expresión $\frac{h*c}{\lambda}$ (y con ello el valor para E).

Ecuaciones: conociendo los valores de las constantes se puede dar un valor para la longitud de onda (λ) o el valor de la energía de radiación electromagnética (E) y solicitar a los estudiantes que encuentren la incógnita. Así se puede practicar distintos despejes de variables.

Funciones: se puede utilizar para encontrar imágenes y preimágenes, de valores dados y que estén asociados a algún color o elemento.

También se puede utilizar la gráfica de la longitud de onda para ejemplificar la monotonía y el signo de las funciones.

3.3.3. Recomendaciones específicas para la experimentación

Las sales se pueden conseguir en las ferreterías, agro veterinarias o inclusive supermercados. Lo que se debe verificar es que tengan algún compuesto del elemento que buscamos en una alta concentración. Por ejemplo, el Cu^{2+} se puede obtener del sulfato de cobre, el cual se empaca como un polvo celeste, que venden en las agro veterinarias y se usa para combatir hongos en las plantas. Si se desea hacer el sodio, que es de color amarillo, ese se obtiene de la sal de mesa. Es recomendable probar el color de la llama de las disoluciones antes de usarlas en el taller.

La lámpara de alcohol se puede construir con recipiente pequeño de vidrio que sea desecho de algún producto alimenticio, como la comida para bebé, mayonesa, entre otros. Se le hace un agujero a la tapa y por ahí se introduce la mecha, la cual se puede obtener de las que se usan para limpieza. Se puede utilizar alcohol etílico de 70 grados que se consigue en cualquier farmacia. Se debe tener el cuidado de no llenar por completo el recipiente de vidrio con el alcohol para evitar accidentes, se recomienda ocupar $\frac{3}{4}$ del recipiente.

4. Discusión de resultados

Con respecto a la experiencia en este taller, se puede destacar lo siguiente:

Las personas participantes se muestran muy curiosas durante la etapa introductoria, participan activamente de la lluvia de ideas, colaborando con la construcción de conocimiento mientras brindan posibles explicaciones a lo que ven el video. Tal entusiasmo se debe probablemente a que, al tratarse de un fenómeno natural, les atrae buscar posibles respuestas.

En la etapa inicial de la experimentación, es evidente la admiración que muestran los participantes por los cambios de coloración de la llama de la lámpara conforme prueban las diferentes disoluciones. En esta etapa es posible destacar que este fenómeno óptico tiene una explicación científica y matemática, por lo tanto,

se resalta el hecho que cada color tiene asociado una longitud de onda específica, lo cual permite obtener, por medio de una ecuación, la energía asociada a este.

Durante el análisis del comportamiento matemático de la longitud de onda con respecto a su energía, los participantes razonan sobre la energía de cada color, y se debate por el color que presenta la mayor energía y el que presenta la menor energía, se destaca que se muestran sorprendidos por el hecho que el color rojo está asociado a una baja energía. Se evidencia el comportamiento de que a mayor longitud de onda menor energía y viceversa.

En el punto anterior se está analizando la monotonía de la función, dado que se evidencia que un aumento en la longitud de onda corresponde a una disminución de la energía, por lo que se ejemplifica una función decreciente.

Al realizar el cierre de la actividad, los participantes se entusiasman al observar videos y fotografías de fuegos artificiales e intentar determinar a cuál elemento corresponde cada color, lo cual conlleva a un intercambio de ideas interesantes dentro del grupo.

Se evidencia que, la metodología usada en el taller influye en los participantes invitándolos a indagar sobre las posibles explicaciones de los fenómenos de color mostrados en los fuegos artificiales y al observar meteoros. Lo cual comprueban y demuestran posteriormente con la experimentación. Esta metodología también permite evidenciar la relación de la matemática con fenómenos cotidianos, algo que muchas veces es difícil demostrarles a los estudiantes. Observando así, de una forma práctica y didáctica, que la matemática provee explicaciones a los fenómenos por medio de la relación de las variables involucradas expresada por medio de ecuaciones.

5. Conclusiones

Los talleres proporcionan una metodología práctica, dinámica y entretenida para desarrollar conceptos que permitan indagar explicaciones a ciertos fenómenos cotidianos.

La experimentación proporciona una experiencia única, al permitir que los participantes realicen con sus propias manos procedimientos sencillos que demuestran y brindan explicación a fenómenos cotidianos.

Mostrar la utilidad y las aplicaciones que la teoría tienen ayuda a despertar el interés, la curiosidad y el pensamiento creativo durante las lecciones. Específicamente en matemática es un aporte para la pregunta frecuente de ¿para qué me sirve esto?

El aprendizaje interdisciplinario es una herramienta para potenciar el aprendizaje duradero pues genera una experiencia que va más allá de memorizar o leer. Es una oportunidad para crear conocimiento e interrelacionar ideas.

Llevar esta experiencia al aula no supone un esfuerzo o inversión demasiado elevado en contraste con los beneficios que para el alumnado supone.

Bibliografía

Andreu, M. (4 de abril de 2013). *Radiación electromagnética: energía con doble personalidad*.

<https://naturalmenteciencias.wordpress.com/2013/04/04/radiacion-electromagnetica-energia-con-doble-personalidad/#:~:text=La%20radiaci%C3%B3n%20electromagn%C3%A9tica%20inunda%20el,primeras%20etapas%20de%20su%20formaci%C3%B3n>

Artigado, E. (12 de abril de 2022). *¿Qué es un meteorode, un meteoro y un meteorito?* <https://astroaficion.com/diferencia-meteroide-meteoro-meteorito/>

Astorga, A., Rodríguez, J., y Guzmán, J. (2018). *Apuntes de Matemática General*. Costa Rica: Revista digital: Matemática, educación e internet. <https://tecdigital.tec.ac.cr/servicios/revistamatematica/cursos-linea>

Ballesteros, E., Freer, D., Juárez, M., y Porras, D. (2019). *Pruebas a la llama (módulo 3)*. Costa Rica.

Brown, T., LeMay, H., Bursten, B., Murphy, C., y Woodward, P. (2014). *Química la ciencia central*. México D.F.: Pearson.

Cámara, O. (19 de mayo de 2022). *La química de los colores de los fuegos artificiales*. <https://plazacielotierra.org/la-quimica-de-los-colores-de-los-fuegos-artificiales/>

- Cole, A. (3 de julio de 2014). *Happy fourth*.
<https://skunkbear.tumblr.com/post/90696652324/boom-awww>
- Haeussler, E. J., Wood, R., y Richard, P. (2008). *Matemáticas para administración y economía*. (doceava ed.). Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- Moebis, W., Ling, S., y Sanny, J. (2021). *Física Universitaria Volumen 2*. Houston, Texas: OpenStax.
- Stewart, J., Watson, S., y Redlin, L. (2012). *Precálculo: matemáticas para el* (sexta ed.). Mexico: Cengage Learning.
- Villalobos, J. (25 de junio de 2023). *Radiaciones electromagnéticas*.
<https://www.cientec.or.cr/articulos/radiaciones-electromagneticas>

Fomentando el Pensamiento Crítico y la Resolución de Problemas en el Aula

Juan Carlos Lobo Zamora

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
juancarlos.lobo@itcr.ac.cr

Resumen: El presente trabajo explora estrategias didácticas para fomentar el pensamiento crítico y la resolución de problemas en el aula de ciencias en secundaria. Se analizan metodologías que incluyen el uso de preguntas abiertas, proyectos auténticos y debates, diseñadas para inspirar a los estudiantes a enfrentar los desafíos del mundo real. Esta ponencia propone una estructura pedagógica que busca desarrollar en los estudiantes las competencias necesarias para el análisis y evaluación de información de forma lógica y objetiva, fundamentando sus decisiones y contribuyendo a su desarrollo integral como ciudadanos críticos y responsables.

Palabras clave: Pensamiento crítico, Resolución de problemas, Educación secundaria, competencias, Enseñanza de ciencias

1. Introducción

En un mundo donde la información es abundante y accesible, la capacidad de analizar, evaluar y sintetizar información se ha vuelto fundamental para los estudiantes. El pensamiento crítico, entendido como la habilidad para razonar de forma objetiva y lógica, es esencial para tomar decisiones bien fundamentadas. En la educación científica, fomentar esta capacidad implica dotar a los estudiantes no solo de conocimientos técnicos, sino también de herramientas y actitudes que los impulsen a cuestionar, investigar y comprender de manera profunda y significativa.

2. ¿Qué es el pensamiento crítico?

El pensamiento crítico ha sido definido de diversas maneras, pero en general, se considera como la capacidad de analizar y evaluar la información de manera lógica y objetiva, con el fin de tomar decisiones fundamentadas. Según el Informe de la Comisión Delphi (1990), "el pensador crítico ideal es una persona inquisitiva, bien informada, que confía en la razón y es honesta al confrontar sus propios

sesgos, siendo prudente al emitir juicios" (Asociación Filosófica Americana, 1990). Por otro lado, Siegel (1990) plantea que un pensador crítico debe "conformar su juicio y acción con principios, basar sus juicios en razones, y rechazar la parcialidad y arbitrariedad".

En esta ponencia, se promueve una visión del pensamiento crítico que incluye no solo habilidades cognitivas, sino también actitudes y disposiciones necesarias para el desarrollo integral del estudiante.

3. Dimensiones del Pensamiento Crítico

Para una comprensión completa del pensamiento crítico en el contexto educativo, es necesario desglosarlo en sus diferentes dimensiones. A continuación, se presenta la tabla 1 que resume los aspectos del saber (conocimiento), saber hacer (habilidades) y saber ser (actitudes y disposiciones) en cada dimensión relevante del pensamiento crítico.

Tabla 1

Dimensiones y habilidades del pensamiento crítico

Pensamiento Crítico	Saber (Conocimiento)	Saber Hacer (Habilidades)	Saber Ser (Actitudes y disposiciones)
Dimensión Cognitiva	•Epistemología y Filosofía de la Ciencia. •Lógica. •Estadística. • Metodología de la investigación y alfabetización informacional.	•Análisis de la información. •Testeo de hipótesis. •Tipos y esquemas de razonamiento e inferencia (deductivo, inductivo, analógico, probabilístico, etc).	•Objetividad. •Creatividad. •Aprendizaje autónomo. •Rigurosidad intelectual.

Dimensión Intrapersonal	<ul style="list-style-type: none"> • Psicología cognitiva • Razonamiento algorítmico y heurístico. • Sesgos cognitivos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Toma de decisiones en contextos de incertidumbre. • Autoevaluación de procesos de razonamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Autorregulación • Prudencia • Flexibilidad y adaptabilidad • Autonomía e iniciativa personal
Dimensión Interpersonal	<ul style="list-style-type: none"> • Teoría de la argumentación. • Sociología. • Lingüística y teoría de la comunicación. • Teoría del aprendizaje 	<ul style="list-style-type: none"> • Liderazgo y proactividad. • Resolución colaborativa de problemas • Interpretación, construcción y comunicación argumentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Apertura y pluralismo intelectual. • Inteligencia social y emocional • Imparcialidad • Ética de trabajo colaborativo.

4. Metodologías para fomentar el pensamiento crítico

El pensamiento crítico puede ser promovido en el aula mediante la implementación de metodologías activas, que permiten a los estudiantes involucrarse de manera práctica y reflexiva en el proceso de aprendizaje. A continuación, se describen algunas de las metodologías más efectivas para desarrollar estas habilidades, acompañadas de ejemplos aplicables en el aula de ciencias.

4.1. Uso de preguntas abiertas

Las preguntas abiertas son aquellas que no tienen una única respuesta correcta. Estas preguntas fomentan la exploración y el análisis profundo, alentando a los estudiantes a considerar diversas perspectivas y a desarrollar su capacidad de argumentación.

Ejemplo: En una clase de biología, se podría plantear la pregunta: “¿Qué crees que sucedería en un ecosistema si una especie clave desaparece?” Los estudiantes deberán analizar las interacciones entre las especies, el flujo de energía y los posibles efectos en la cadena alimentaria. Esta pregunta les permite explorar diferentes respuestas y construir sus argumentos sobre la base de conocimientos ecológicos, promoviendo la comprensión y la reflexión sobre la interdependencia en los ecosistemas.

4.2. Proyectos auténticos

Los proyectos auténticos son aquellos que reflejan situaciones reales y permiten a los estudiantes aplicar sus conocimientos en contextos relevantes. En estos proyectos, los estudiantes deben investigar, resolver problemas y trabajar en equipo, desarrollando así competencias de pensamiento crítico y habilidades interpersonales.

Ejemplo: Un proyecto de física podría involucrar el diseño de un dispositivo de ahorro de energía para uso doméstico, como un calentador solar casero. Los estudiantes deben investigar principios de transferencia de calor, materiales aislantes y energías renovables. Luego, presentan sus dispositivos junto con una explicación científica de su funcionamiento y su impacto ambiental. Este tipo de proyecto les permite conectar la teoría con la práctica y comprender el impacto de la ciencia en la vida cotidiana.

4.3. Debates estructurados

Los debates estructurados son herramientas poderosas para desarrollar el pensamiento crítico, ya que permiten a los estudiantes practicar la argumentación y el análisis crítico en un ambiente controlado.

Ejemplo: En una clase de química, se puede organizar un debate sobre el uso de organismos genéticamente modificados (OGM) en la agricultura. Los estudiantes se dividen en dos grupos: unos a favor y otros en contra de los OGM.

Cada grupo debe investigar la evidencia científica, ética y económica sobre el tema y presentar sus argumentos de manera estructurada. Este ejercicio ayuda a los estudiantes a desarrollar la habilidad de defender su postura de manera racional y a entender que los temas científicos a menudo tienen implicaciones sociales y éticas.

4.4. Resolución de problemas colaborativa

La resolución colaborativa de problemas es otra metodología efectiva para fomentar el pensamiento crítico en el aula. En esta actividad, los estudiantes trabajan en grupos para resolver problemas complejos, lo que les permite practicar la toma de decisiones y el análisis en equipo.

Ejemplo: En un curso de matemáticas aplicadas, se puede proponer un problema de optimización: *“Diseña la forma más eficiente de distribuir agua potable en una comunidad rural utilizando un presupuesto limitado”*. Los estudiantes deben analizar los costos, explorar diferentes alternativas de distribución y tomar decisiones basadas en criterios de eficiencia y sostenibilidad. Esta actividad fomenta la colaboración, la toma de decisiones informada y la aplicación de conceptos matemáticos en un contexto social.

4.5. Análisis de casos

El análisis de casos es una técnica en la que los estudiantes examinan situaciones concretas y aplican sus conocimientos y habilidades de pensamiento crítico para resolver problemas o tomar decisiones.

Ejemplo: En una clase de ciencias de la salud, se puede presentar un caso clínico de un paciente con síntomas ambiguos. Los estudiantes deben analizar los síntomas, identificar posibles diagnósticos y proponer un plan de acción para el tratamiento. Esta actividad permite a los estudiantes conectar la teoría con la práctica y desarrollar habilidades de diagnóstico y toma de decisiones, simulando un entorno clínico real.

4.6. Reflexión metacognitiva

La reflexión metacognitiva implica que los estudiantes analicen su propio proceso de pensamiento y evalúen sus estrategias de razonamiento.

Ejemplo: Después de completar un proyecto de investigación en ciencias, los estudiantes pueden escribir una reflexión sobre su proceso de investigación. Pueden responder preguntas como: “¿Qué estrategias fueron más efectivas para encontrar información?”, “¿Qué dificultades encontré al formular hipótesis?”, y “¿Qué haría diferente en una próxima investigación?”. Esta reflexión ayuda a los estudiantes a identificar sus fortalezas y áreas de mejora, promoviendo el aprendizaje autorregulado y una comprensión más profunda de su propio proceso de pensamiento.

5. Qué no es el pensamiento crítico

Es importante también señalar lo que el pensamiento crítico no es. Este proceso no debe confundirse con:

- Algo que se puede aprender en un curso o taller sobre pensamiento crítico.
- Una panacea que permita fácilmente mejorar el rendimiento académico.
- Una herramienta para ahorrar tiempo o esfuerzo.
- La habilidad de detectar y denunciar falacias argumentativas o sesgos cognitivos.
- Un arte marcial para destruir al oponente con lógica y argumentos.

La verdadera práctica del pensamiento crítico requiere un proceso continuo de reflexión y autoconocimiento, combinado con un compromiso ético hacia la búsqueda de la verdad.

6. Conclusiones

Fomentar el pensamiento crítico y la resolución de problemas en el aula de ciencias no es solo un objetivo educativo, sino una necesidad en el contexto de una

sociedad compleja y en constante cambio. La enseñanza del pensamiento crítico permite que los estudiantes desarrollen habilidades esenciales para analizar, evaluar y utilizar la información de manera eficaz y ética. Esto no solo fortalece su capacidad para resolver problemas científicos, sino también para enfrentarse a desafíos en diferentes áreas de sus vidas, promoviendo una ciudadanía más consciente y participativa.

La implementación de metodologías activas como el uso de preguntas abiertas, proyectos auténticos y debates estructurados ayuda a los estudiantes a ejercitar estas competencias en un entorno seguro y controlado. Estas estrategias no solo fortalecen la comprensión conceptual, sino que también promueven habilidades interpersonales y actitudes críticas como la flexibilidad, la creatividad y la apertura a nuevas ideas. Así, el pensamiento crítico se convierte en una competencia interdisciplinaria, que debe cultivarse a lo largo de la educación secundaria y más allá.

Como señala Davies (2013), el pensamiento crítico es una habilidad transversal a todas las disciplinas, lo que implica que no debe restringirse a una sola área, sino que debe integrarse en todos los ámbitos del currículo escolar. Esta integración proporciona a los estudiantes un marco de referencia común para el análisis y la toma de decisiones. A su vez, el Informe Delphi (Asociación Filosófica Americana, 1990) enfatiza que el pensamiento crítico abarca no solo habilidades cognitivas, sino también disposiciones y valores éticos, tales como la honestidad, la empatía y el compromiso con la búsqueda de la verdad.

Por último, Facione (2007) destaca la importancia del pensamiento crítico como fundamento para la autonomía y el aprendizaje autodirigido. Esto sugiere que los docentes tienen un rol clave al guiar y motivar a los estudiantes en el desarrollo de estas habilidades, promoviendo una enseñanza que no solo informe, sino que transforme, preparando a los estudiantes para enfrentar con éxito los desafíos del siglo XXI.

Bibliografía

Asociación Filosófica Americana. (1990). *Pensamiento crítico: Una declaración de consenso de expertos con fines de evaluación e instrucción educativa. "El Informe Delphi"* (ERIC Doc. No. ED 315 423).

Davies, M. (2013). Critical thinking and the disciplines reconsidered. *Higher Education Research & Development*, 32(4), 529-544.
<https://doi.org/10.1080/07294360.2012.697878>

Facione, P. (2007). *Pensamiento crítico: ¿Qué es y por qué es importante?* Insight Assessment. <http://www.insightassessment.com>

Fortalecimiento de la imagen conceptual de figuras geométricas para docentes de educación primaria

Ana Marlene Jiménez Solís
CTP Braulio Odio Herrera,
Costa Rica
ajimenez2505@gmail.com

Prissilla Mora Serrano
CTP Agustiniano, Costa
Rica
prissilla9708@gmail.com

**Luis Fernando Ramírez
Oviedo**
Universidad Estatal a Distancia,
Costa Rica
lramirez@uned.ac.cr

Resumen: El presente artículo corresponde a una investigación sobre la formación continua de docentes de primaria en Costa Rica, enfocada en mejorar la enseñanza de la geometría. Dado el limitado desarrollo de habilidades en la formación inicial de los docentes, se diseñó un taller pedagógico para fortalecer la "imagen conceptual" de los objetos geométricos. Esta iniciativa buscó fomentar la visualización espacial mediante múltiples representaciones y ejemplos prácticos. Tras validarlo con expertos en didáctica de la matemática y aplicarlo en un grupo de 13 docentes, se concluyó que el taller era pertinente y efectivo. Los participantes destacaron su impacto positivo en la percepción y enseñanza de la geometría, indicando un cambio en su enfoque y una mejora en su formación continua.

Palabras clave: Enseñanza de las matemáticas, Enseñanza primaria, Aprendizaje a lo largo de la vida.

1. Introducción

Si se preguntara a un matemático sobre el concepto de geometría, diría que es una rama de las matemáticas, sin embargo, va a pedir ser más específicos, porque existe la geometría euclidiana que nació en el antiguo Egipto y Grecia (Albornoz-Acosta et al., 2020) así como las geometrías no euclidianas (elíptica, hiperbólica) que nacen en Europa cerca de los siglos XVIII y XIX con los aportes de los matemáticos Gerolamo Saccheri y Nikolai Lobachevsky (Morones Ibarra, 2023; Ruiz, 2021) además de áreas del conocimiento matemático como la Geometría Diferencial que “se encarga de generalizar el estudio de las curvas y superficies” (Izquierdo García, 2022, p.5) basándose en el análisis y el álgebra lineal. Sin

embargo, antes de avanzar en la rama de la geometría y sus variantes, es necesario pensar en la forma en que estos constructos, se desarrollan a través de la intuición y experimentación de niños y adolescentes desde los primeros años (a través de la estimulación temprana) hasta edades escolares (primaria y secundaria) donde los estudiantes empiezan a reconocer y experimentar con los primeros conceptos geométricos como el triángulo o el cuadrado y sobre los cuales se definen elementos, características y medidas tales como la base, la altura, el área, la congruencia, entre otras.

En Costa Rica los conceptos geométricos que se estudian a nivel escolar actualmente buscan alcanzar una alfabetización matemática que converge en los Programas de Estudio de Matemáticas del Ministerio de Educación Pública (MEP) aprobados en 2012, los cuales promueven la construcción de los aprendizajes geométricos en fases crecientes que van desde lo intuitivo, manipulable, pictórico y visual hacia las representaciones más generales y abstractas. Con el objetivo de darle mayor presencia al “sentido espacial”, es decir, la identificación, visualización y manipulación de las formas en el espacio (Ministerio de Educación Pública, 2012). Este enfoque ha sido influenciado desde diferentes corrientes: por un lado, desde el contenido de espacio y forma establecido por PISA en 2003, “El estudio de las formas y construcciones requiere buscar similitudes y diferencias cuando se analizan los componentes de las formas y se reconocen según distintas representaciones y diferentes dimensiones.” (Rico, 2007, p. 55), y por otro el estándar de contenido geométrico de la NCTM (Marín y Lupiañez, 2005).

A pesar del creciente interés en desarrollar el sentido espacial en los procesos de enseñanza y aprendizaje, en los últimos seis años, la capacitación de los docentes en ejercicio ha sido insuficiente y se ha convertido en un gran desafío para la educación primaria. Dado que los programas actuales están diseñados de forma integral para cubrir la enseñanza de las matemáticas desde el primer año de primaria hasta el último de secundaria, la formación continua de los docentes es fundamental para garantizar la correcta implementación de los elementos de la didáctica matemática. Sin embargo, la formación inicial de los docentes de primaria

sigue siendo “generalista”. La mayoría de las carreras que preparan a los maestros de primer y segundo ciclo incluyen apenas uno o dos cursos de matemáticas y su didáctica como máximo (Alfaro et al., 2013; Alpízar-Vargas y Alfaro-Arce, 2019), lo que limita considerablemente el desarrollo de habilidades en este ámbito. Esta situación se ve agravada por las dificultades que enfrentan los docentes, como señala el investigador J. Barrantes: “el contenido matemático no es bien comprendido o manejado por las docentes, lo que provoca apatía, desmotivación y falta de creatividad” (Comunicación personal, 10 de octubre de 2024).

Esta situación influye en la calidad de la enseñanza. Por ejemplo, se ha observado que, al preguntarle a un estudiante sobre la base de un triángulo, suele asumir que solo existe una y que debe estar en posición horizontal. Esta idea puede estar arraigada en una imagen conceptual débil y en una definición vaga del concepto, la cual puede incluso ser creada a partir de percepciones propias del docente. Según Tall y Vinner (1981, citados por Chaves y Ramírez, 2022):

El término imagen conceptual se refiere a la estructura cognitiva total que está asociada con el concepto, incluye todas las imágenes mentales, propiedades y procesos asociados. Se construye a lo largo de los años a través de experiencias de todo tipo, cambiando a medida que el individuo se encuentra con nuevos estímulos y madura (p. 15).

De este modo la persona docente es sin duda un agente crucial en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, teniendo en cuenta que las definiciones matemáticas siempre son las mismas, la forma en que se explican o los ejemplos y ejercicios que se usan crean en los estudiantes concepciones distintas de un mismo objeto matemático. La falta de capacitación y actualización limita tanto el conocimiento como la creatividad que el docente lleva al aula. Como parte de sus múltiples funciones está la de guiar al estudiantado en la construcción de su conocimiento, con todo lo que esto conlleva, pero además el acto de enseñar implica el dominar en profundidad el contenido disciplinar.

Dado las dificultades percibidas por asesores regionales de matemáticas, en docentes de primaria, acerca del manejo de conceptos y representación de los objetos matemáticos y su didáctica (Castillo y Briceño, comunicación personal, 1 de abril de 2024), la importancia del aprendizaje a lo largo de la vida y su pertinencia para atender necesidades de los docentes (Alpízar-Vargas et al., 2019) “los programas de capacitación y actualización deben mejorarse, si no es posible abarcar muchos detalles en la formación universitaria inicial, deberían poder solventarse por medio de capacitaciones y actualizaciones impartidas por el MEP o por las universidades” (p. 52). Se plantea el objetivo de esta investigación: “Diseñar un taller pedagógico para el fortalecimiento de la imagen conceptual sobre figuras geométricas en docentes de educación primaria en pro del aumento de representaciones que fomenten la visualización espacial” como una forma de abordar el problema ¿Cómo mediar pedagógicamente un taller sobre geometría y su didáctica con docentes de primaria para el fortalecimiento de su imagen conceptual?, y de este modo contribuir al mejoramiento de los procesos educativos de la matemática.

2. Desarrollo

2.1. Aspectos teóricos

En este apartado se describen los elementos teóricos que se utilizaron para el desarrollo de la investigación, los cuales se encuentran organizados en tres aristas: el constructo “imagen conceptual” propuesto por David Tall y Vinner en la década de los 80, luego las habilidades matemáticas consideradas en los Programas de Estudio de Matemáticas y el taller pedagógico como estrategia de aprendizaje.

Como se destacó anteriormente, se entiende por *imagen conceptual* “a la estructura cognitiva total que está asociada con el concepto, incluye todas las imágenes mentales, propiedades y procesos asociados” Tall y Vinner (1981, citados por Chaves y Ramírez, 2022, p. 15). Este constructo debe diferenciarse de la *definición del concepto*, para (Tall y Vinner, 1981, p. 152) “consideraremos la definición del concepto como una forma de palabras utilizadas para especificar ese

concepto” sin embargo, Bingolbali y Monaghan (2008) amplían esta definición de la siguiente manera, “que es la forma de las palabras utilizadas por el tutor/notas del curso/libro de texto para definir un concepto matemático” y se distinguen dos tipos de conceptos: el personal y el formal, donde el primero se refiere a aquellos conceptos que se construyen o definen por el estudiante cuando lo requiere y por concepto formal se comprende aquellos conceptos que son aceptados por la comunidad matemática.

Para Tall y Vinner (1981, citados por Chaves y Ramírez, 2022, p. 15) “la imagen conceptual se construye a lo largo de los años, a través de experiencias de todo tipo, cambiando a medida que el individuo se encuentra con nuevos estímulos y madura” de manera que, a través de capacitaciones, se puede ampliar la imagen conceptual de docentes de primaria sobre algunos conceptos geométricos. Una de las estrategias destacadas por Chaves y Ramírez, 2022 para ampliar la imagen conceptual es “utilizar ejemplos variados y con diferentes representaciones para que el estudiante se enfrente a situaciones menos cómodas y que lo obliguen a acudir a la teoría y a ejemplos más simples” (p. 24).

En los Programas de Estudio de Matemáticas (Ministerio de Educación Pública, 2012) para el primer ciclo, los docentes deben promover el desarrollo de habilidades geométricas fundamentales en los estudiantes, tales como: "reconocer y trazar triángulos y cuadriláteros", "identificar si un cuadrilátero es un rectángulo" y "determinar si un rectángulo es un cuadrado". El desarrollo de estas competencias desde temprana edad establece las bases para el pensamiento espacial y lógico, lo que contribuye a una comprensión sólida de la geometría.

En el segundo ciclo, se busca que los estudiantes profundicen en estos conocimientos, aprendiendo a “identificar elementos de los triángulos, como los lados, la base y la altura”, y a “clasificar los cuadriláteros en paralelogramos y no paralelogramos” (Ministerio de Educación Pública, 2012). Estas habilidades no solo refuerzan la comprensión geométrica, sino que también fomentan el pensamiento analítico y ayudan a los estudiantes a crear una imagen conceptual clara de cada uno de los elementos estudiados. Además, estas imágenes están íntimamente

relacionadas con la visión que los estudiantes tienen de los conceptos, influenciada por la propia imagen que el docente transmite en su enseñanza.

En la educación secundaria, estas competencias se profundizan a través de la geometría analítica y la trigonometría (Ministerio de Educación Pública, 2012). Las habilidades adquiridas en primaria sirven como base para el estudio de áreas, perímetros y el teorema de Pitágoras, y son fundamentales para comprender la geometría en el plano cartesiano. Además, el desarrollo del pensamiento analítico se complementa con la resolución de problemas más complejos que requieren el uso de coordenadas, ecuaciones y transformaciones geométricas. Este enfoque no solo permite que los estudiantes consoliden su comprensión de los conceptos geométricos, sino que también favorece el desarrollo de habilidades de razonamiento abstracto y la creación de imágenes conceptuales más claras y adecuadas.

El taller pedagógico “es una estrategia de gestión de la docencia mediante la cual se organiza la secuencia de aprendizaje de acuerdo con los espacios temporales dedicados al desarrollo de determinadas competencias” (López-Rodríguez et al., 2013, p.5) y además, como estrategia metodológica en el aula, es validado como un instrumento efectivo para estimular la investigación educativa, integrando teoría y práctica, y promoviendo la interacción entre estudiantes y docentes para mejorar la comprensión y aplicación del conocimiento (Aponte Penso, 2015). Para el diseño de un taller pedagógico, (Rodríguez-Luna, 2012) destaca seis características fundamentales: 1- dialógico, 2- participativo, 3- funcional y significativo, 4- lúdico, 5- integrador y 6- sistémico.

3. Materiales y métodos

El taller se implementó con docentes de I y II ciclo de Educación General Básica de la Dirección Regional de Educación Cañas, Guanacaste. Esta población fue seleccionada debido a las dificultades observadas por asesores regionales de matemáticas en docentes de primaria, sobre el manejo de conceptos y representación de los objetos matemáticos, así como su didáctica (Castillo y Briceño, comunicación personal, 1 de abril de 2024). Es importante destacar que

fue la asesora regional de matemáticas de Cañas quien facilitó y convocó a los participantes de manera voluntaria, permitiendo la implementación del taller. El taller se estructuró considerando los siguientes elementos: 1- duración, 2- modalidad, 3- público meta, 4- número máximo de participantes, 5- recursos requeridos, 6- objetivos, 7- habilidades específicas, 8- contenidos, 9- conocimientos previos y 10- actividades. La tabla 1, destaca las actividades por etapa del taller.

Tabla 1

Etapas y actividades del taller.

Etapa	Actividades
Motivacional	1. Problema de razonamiento matemático motivacional
Introducción	2. Definición del concepto personal sobre triángulo, base y altura. (Ficha 1). 3. Identificación de bases y alturas, basados en la definición personal (Ficha 2). 4. Formalización de los conceptos. 5. Discusión de los conceptos formales en contraste con sus definiciones personales.
Aplicación del conocimiento	6. Identificar alturas trazadas correctamente (ficha 3). 7. Ronda de preguntas de evaluación de los aprendizajes (ficha 4). 8. Discusión grupal de sus resultados.
Ampliación de la imagen conceptual de cuadriláteros	9. Identificación de cuadriláteros, paralelogramos y no paralelogramos (ficha 5). 10. Formalización de los conceptos. 11. Falso y verdadero sobre paralelogramos, una aplicación sobre su definición personal de los conceptos (ficha 6). 12. Formalización de los conceptos sobre paralelogramos. 13. Falso y verdadero sobre paralelogramos, una aplicación sobre la definición formal de los conceptos (ficha 7). 14. Discusión grupal de sus resultados.
Cierre	15. Reflexiones finales de los participantes sobre el taller.

Etapa	Actividades
	16. Aplicación de cuestionario en línea, anónimo, sobre las percepciones del taller.

Para el proceso de validación se construyó y aplicó un instrumento que contempla algunos principios de la idoneidad didáctica, sometiéndose a validación por parte de dos expertos en: Enseñanza de la matemática, psicopedagogía, y con investigaciones activas sobre la imagen conceptual. Tras considerar las observaciones y valoraciones de los expertos, se mejoró el taller y se aplicó a un grupo de 13 docentes de primaria. Se diseñó y aplicó un cuestionario sobre las percepciones de los docentes acerca del taller, su pertinencia, e impacto en su formación continua como docentes de primaria.

Una vez recolectada la información, se analizaron tres aspectos: la validación del taller con base en los indicadores y las marcas asignadas en la matriz, las percepciones de los docentes con base en los indicadores del cuestionario y algunos resultados obtenidos por los docentes en la aplicación.

4. Resultados y discusión de resultados

En los resultados obtenidos en la validación de expertos (ver tabla 2), puede observarse que solamente uno de los indicadores obtuvo un 1 por parte de uno de los expertos, que se traduce en “*no cumple o no se ajusta al taller y sus objetivos*”, sin embargo, se consideraron las observaciones del experto para ajustar dicho elemento. Algunos de los indicadores (11 marcas de 24 posibles) recibieron calificación 2, lo que se traduce en que “el rubro está acorde al estudio, pero requiere una mejora” y varios indicadores recibieron un 3, 12 marcas de 24 posibles, donde 3 significa que el rubro es completamente adecuado.

Tabla 2*Resultado de validación del taller*

Criterio	1	2	3	
Los objetivos del taller están claramente definidos		X	X	
El contenido del taller está alineado con los objetivos establecidos	X	X		
Las etapas del taller contribuyen al logro de los objetivos		X	X	
Las definiciones y actividades se presentan de forma clara y correcta		X	X	
El contenido y lenguaje utilizado en el taller está adaptado al nivel de las docentes de primaria		X	X	
El contenido del taller es relevante para las docentes de primaria			X	X
El taller se adecua a las necesidades de los docentes de primaria			X	X
Las actividades del taller permiten el alcance de los objetivos		X	X	
Las actividades permiten la participación activa de los docentes			X	X
Se proporcionan oportunidades para la práctica y aplicación de los conceptos		X	X	
El tiempo asignado a los contenidos es adecuado		X	X	
El taller presenta un enfoque innovador y creativo		X	X	

Nota: las marcas en color gris representan al especialista uno y las marcas en color negro al especialista dos.

Respecto del indicador que recibió la calificación de 1, uno de los expertos señaló: “los objetivos específicos no están presentados de forma explícita”, a partir

de lo cual se indicó los objetivos del taller, así como los contenidos y habilidades matemáticas en una subsección. Los indicadores que presentaban las dos marcas en 3 se mantuvieron, mientras que los indicadores que poseían al menos una marca en 2, fueron abordados siguiendo las indicaciones de los especialistas y el análisis de los investigadores. Entre otros ajustes se realizaron los siguientes:

- En la actividad diagnóstica se solicitó la definición de triángulo y su base.
- Se incluyó una actividad inicial para motivar a los participantes.
- Se revisó y mejoró la definición de base y altura del triángulo acorde a la población meta.
- Se crearon espacios de discusión durante las actividades.

Las percepciones de los docentes respecto del taller (tabla 3), fueron muy positivas, destacándose como el taller, transformó sus conocimientos y su forma de visualizar la geometría, además, desde su experiencia como docentes se destaca que la mayoría consideraron estar muy de acuerdo en que el taller era pertinente y novedoso.

Tabla 3

Resultados del cuestionario de percepción docente

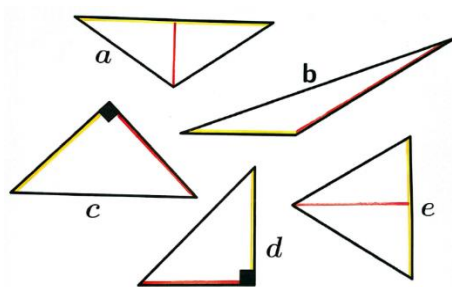
Percepciones de los docentes	1	2	3	4	5
El tema del taller es novedoso				3	9
El taller es pertinente para mi formación continua					12
Las actividades del taller se ajustan a las actividades de docencia en primaria				1	11
El taller transformó mi forma de visualizar la geometría					12
El taller amplió mis conocimientos sobre triángulos y cuadriláteros					12
Qué puntaje le asignaría al taller en general				1	11

Nota: 1 es el valor mínimo “muy en desacuerdo” mientras que 5 es el valor máximo “muy de acuerdo”.

Algunos resultados generales de la aplicación del taller, la recopilación de las fichas de trabajo permitió observar algunos datos importantes sobre el conocimiento de los docentes y cómo fueron mejorando en algunas habilidades. Por ejemplo, en la actividad 2, se solicitó a los docentes identificar las bases y alturas de cada uno de los triángulos. La mayoría solamente identificó una base para cada triángulo y una altura. En el caso de las bases, eran correctas; sin embargo, muchos identificaron mal las alturas. En la figura 1 se puede observar como un docente, destaca en amarillo las bases y en rojo las alturas. En el triángulo “b”, el docente confunde la altura con un lado y en los triángulos “a” y “e”, el docente, si bien ubica correctamente la altura, no indica la perpendicularidad.

Figura 1

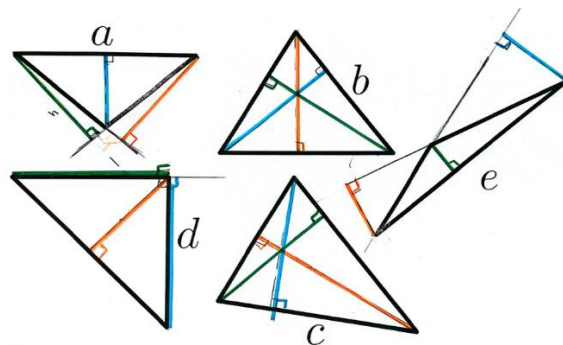
Registro de un participante: “Identificación de bases y alturas” antes.



Los resultados observados en la figura 1, son esperables, ya que se llevó a cabo previo a la discusión de la definición formal y los ejemplos que ampliaban. En la figura 2, ya se puede observar el resultado del mismo docente posterior a la discusión. Es importante resaltar, que pasa de dibujar una altura en cada triángulo a dibujar las tres alturas. También señala los ángulos rectos que deben formarse entre cada altura y su respectiva base. Incluso dibuja alturas que se encuentran en el exterior del triángulo, algo que en la figura 1 (triángulo “b”) aparentemente le confundió y dibujó una altura sobre un lado.

Figura 2

Registro de un participante: "Identificación de bases y alturas" después.



5. Conclusiones y recomendaciones

A través de los resultados obtenidos en la validación del taller así como de las percepciones de docentes, se concluye que el taller constituye un insumo pertinente para la formación continua de docentes de primero y segundo ciclo en el área de matemáticas, destacando no solamente el aumento de conocimiento en el área de geometría, sino que aporta elementos propios de la Didáctica de la Matemática como el constructo de la imagen conceptual para el desarrollo de la competencia de visualización espacial.

A través de la aplicación del taller se logró determinar que las personas docentes logran mejorar su imagen conceptual de figuras geométricas básicas como triángulos y cuadriláteros y que a partir de sus reflexiones se destaca la importancia de la definición del concepto formal para un adecuado proceso de enseñanza y aprendizaje.

Por otra parte, se recomienda continuar desarrollando espacios de formación para docentes de primaria, con el fin de ampliar sus conocimientos del área disciplinar y al mismo tiempo su conocimiento en la didáctica de la matemática. Además, se recomienda que los espacios sean talleres presenciales, para promover el rol participativo y activo de los docentes en su proceso de aprendizaje.

Bibliografía

- Albornoz-Acosta, J. A., Maldonado-Cid, J. G., Vidal-Silva, C. L., y Madariaga, E. (2020). Impacto y recomendaciones de clase invertida en el proceso de enseñanza-aprendizaje de geometría. *Formación Universitaria*, 13(3), 3-10. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062020000300003>
- Alfaro, A., Alpízar, M., Morales, Y., Ramírez, M., y Salas, O. (2013). La formación inicial y continua de docentes de matemáticas en Costa Rica. *Cuadernos de Investigación y formación en Educación Matemática*, 131-173.
- Alpízar-Vargas, M., y Alfaro-Arce, A. L. (2019). La formación universitaria de docentes de educación primaria: El caso de matemáticas. *Uniciencia*, 33(2), 110-154. <https://doi.org/10.15359/ru.33-2.8>
- Aponte Penso, R. (2015). El taller como estrategia metodológica para estimular la investigación en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior. *Boletín Redipe*, 4(10), 49-55. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6232367>
- Bingolbali, E., y Monaghan, J. (2008). Concept image revisited. *Educational studies in Mathematics*, 68, 19-35.
- Chaves, E., y Ramírez, L. (2022). *Estrategias docentes para ampliar la imagen conceptual en estudiantes de secundaria*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20591.00162>
- Izquierdo García, R. (2022). *Geometría diferencial en fibrados y aplicaciones a la Física [Tesis de grado, Universidad de Oviedo]*. <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/64365>
- López-Rodríguez, N., y García-Fraile, J. (2013). *La planeación didáctica del taller pedagógico* [Curso: Planeación de la docencia para la formación de competencias en Educación Superior desde la perspectiva del Enfoque Socio Formativo.].
- Marín, A., y Lupiañez, J. (2005). Los nuevos Principios y Estándares del NTSC en castellano. *Revista Suma*, 48, 105-112.
- Ministerio de Educación Pública. (2012). *Programas de Estudio de Matemáticas*.

- Morones Ibarra, J. R. (2023). Las geometrías no-euclidianas. *Ingenierías*, 26(94), 42-58.
- 2005, L. (2007). La competencia matemática en PISA. *PNA. Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.30827/pna.v1i2.6215>
- Rico, L. (2007). La competencia matemática en PISA. *PNA. Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.30827/pna.v1i2.6215>
- Rodríguez-Luna, M. (2012). El taller: Una estrategia para aprender, enseñar e investigar. En S. Soler-Castillo (Ed.), *Lenguaje y Educación: Perspectivas metodológicas y teóricas para su estudio* (pp. 13-43). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Ruiz, A. (2021). *Geometrías no euclidianas. Breve historia de una gran revolución intelectual*. Editorial UCR.
- Tall, D., y Vinner, S. (1981). Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity. *Educational studies in mathematics*, 12(2), 151-169.

Hagamos jabón: Ciencia en tus manos, desentrañando la química del jabón, su impacto social y ambiental

Marianela Navarro Camacho

Universidad de Costa Rica, Costa Rica
marianela.navarrocamacho@ucr.ac.cr

Rachel Korach Cascante

Universidad de Costa Rica, Costa Rica
rachel.korach@ucr.ac.cr

Wendy Alfaro Zamora

Universidad de Costa Rica, Costa Rica
wendy.alfarozamora@ucr.ac.cr

Cristel Montero

Universidad de Costa Rica, Costa Rica
cristel.montero@ucr.ac.cr

Resumen. Este artículo describe un taller didáctico fundamentado en teorías que emergen de la didáctica de las ciencias, el socioconstructivismo transformativo y el enfoque STEAM. Está diseñado para modelar una propuesta pedagógica acorde con los nuevos estándares curriculares que pueda ser replicable en diversos contextos y niveles educativos. El taller estudia el proceso de fabricación de jabón desde un abordaje interdisciplinario que promueve la contextualización de la ciencia. La metodología de investigación-acción permitió evaluar su aplicabilidad y relevancia obteniendo una valoración positiva por parte del profesorado participante en el taller. El limitado acceso a recursos didácticos en instituciones públicas se señaló como un obstáculo, sin embargo, el taller evidenció que puede ser reproducido con algunas variaciones y demostró ser una estrategia eficaz para el desarrollo de habilidades científicas, conciencia crítica e integración curricular STEAM. Además, subraya la necesidad de una educación científica de calidad, orientada a promover la justicia social.

Palabras clave: Enseñanza de las ciencias, Habilidades, Justicia social, STEAM

1. Introducción

La didáctica de las ciencias naturales se ha constituido como disciplina autónoma a nivel mundial, sus investigaciones se enfocan en mejorar la enseñanza de las ciencias naturales y de esta forma lograr la alfabetización científica de todas las personas y promover las vocaciones científicas. A partir de este objetivo han surgido diversos enfoques y posicionamientos teóricos en relación con la enseñanza y el aprendizaje de esta área de conocimiento. Es así como el

taller que presentamos en esta memoria se nutre teóricamente de áreas de la didáctica de las ciencias naturales como son: la historia, la sociología y la filosofía de la ciencia. También tomamos como base el constructivismo sociotransformativo (Rodríguez, 1998/2011) y el enfoque educativo STEAM.

A partir de los fundamentos teóricos el taller propone un viaje a través del mundo del jabón: historia, importancia para la prevención de enfermedades infectocontagiosas e impacto ambiental según los costos de producción.

El objetivo es proporcionar una estrategia didáctica potente para el entendimiento de conceptos científicos, la promoción de habilidades como la argumentación, resolución de problemas, conciencia crítica, trabajo en equipo, liderazgo y asunción de roles. Lo anterior desde principios de equidad y justicia social, los cuales estarán explícitos en la estrategia desarrollada.

El artículo se organiza en un apartado teórico que sustenta el diseño didáctico, seguido por una metodología de investigación-acción. En la discusión se analizan los resultados de su implementación, evaluando la viabilidad y el potencial didáctico según el criterio experto de docentes en servicio. Concluye con los resultados y un anexo que presenta la propuesta didáctica completa, disponible para que personas docentes puedan utilizarla según sus intereses pedagógicos.

2. Teorías que impulsan nuestra estrategia didáctica transformadora

2.1. Aportes desde la historia, sociología y filosofía de la ciencia

Con el surgimiento de la didáctica de las ciencias naturales, se incorporan los aportes de la historia, sociología y filosofía de la ciencia en su enseñanza, los cuales son aspectos constitutivos de la ciencia, que, sin la incorporación intencionada en el curriculum, estarían invisibilizados en la representación pedagógica.

Es así como desde la historia se cuestiona cómo se genera el conocimiento científico y tecnológico, para ello usamos como ejemplo la creación del jabón. Este tipo de abordajes pedagógicos facilitan la identificación de las acciones humanas,

su deseo de conocer y comunicar, y pone en valor el carácter colectivo de la generación de conocimiento, así como el papel de los instrumentos y el contexto en la resolución de problemas. Además, destaca los valores que guiaron e influyeron en dicho desarrollo, los juegos de poder, y las estructuras implícitas en todo este proceso (Izquierdo, 2016). Lo anterior permite pensar en otras formas de enseñar los contenidos de la ciencia, lo que necesariamente implica rupturas con los modelos pedagógicos tradicionales, así como la estructuración de los currículos y la evaluación.

2.2. Aportes del socioconstructivismo transformativo

El constructivismo sociotransformativo tiene importantes vínculos con los aspectos de la didáctica de las ciencias naturales señalados en el subapartado anterior, porque plantea la necesidad de enseñar ciencias de forma contextualizada de modo que el aprendizaje sea relevante a nivel social y cultural para quien aprende (Rodríguez, 1998/2011). Un aspecto clave y sobresaliente de esta teoría es el énfasis que hace en incorporar de manera explícita aspectos de equidad de género y diversidad cultural desde una perspectiva de justicia social, de ahí que se haya considerado como una teoría relevante para fundamentar el taller que presentamos.

Para la elaboración de este taller se tomó en cuenta los cuatro elementos clave que propone Rodríguez (1998/2011) para la planificación didáctica los cuales son: la conversación dialógica, que fomenta el pensamiento crítico; actividades auténticas o transformativas, que preparan para la interacción en un mundo complejo; la metacognición, que promueve la autorregulación del aprendizaje; y la reflexividad, que conecta el aprendizaje con la vida cotidiana y cuestiones de equidad. Se utiliza el método y parte de la propuesta didáctica empleada por Rodríguez (2021), para la elaboración de jabón líquido.

2.3. Aportes del enfoque educativo STEAM

En coherencia con las teorías anteriores el enfoque educativo STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas) es un enfoque

interdisciplinario que enseña estos campos mediante actividades inmersivas aplicadas al mundo real. Este enfoque permite a los estudiantes conectar conceptos científicos rigurosos con contextos que vinculan la escuela, la comunidad, el mundo laboral y la industria (Zamorano et al., 2018).

Más allá de un enfoque centrado en la adquisición de competencias para el mundo laboral, las investigadoras vemos el potencial que posee STEAM en términos de interdisciplinariedad. Especialmente valoramos la incorporación explícita de la matemática y el diseño de ingeniería para promover la creatividad en la solución de problemas reales. Consideramos muy importante fomentar el gusto y valor del conocimiento matemático, pues en investigaciones anteriores se detectó un rechazo hacia el aprendizaje de la matemática (Navarro- Camacho y Rodríguez, 2021).

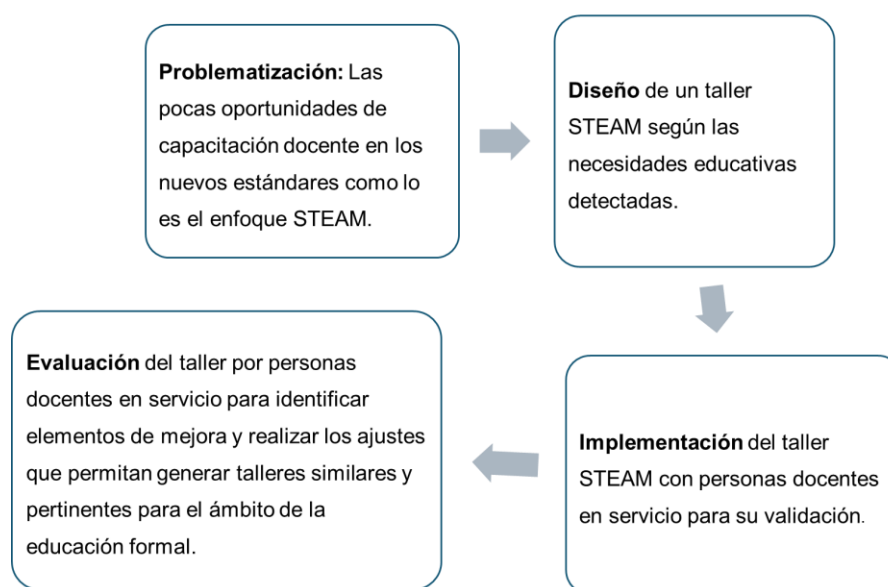
3. Metodología

El taller se diseñó a partir de los marcos teóricos anteriormente descritos, lo que permitió explorar, desde la historia y la filosofía de la ciencia, cómo distintas culturas contribuyeron al conocimiento científico y analizar el impacto social y ambiental del producto. Desde la filosofía de la ciencia y STEAM se estudió cómo se llega al conocimiento desde la lógica interna de la ciencia, esto refiere a los métodos y a la interconexión entre diferentes disciplinas científicas (Ver apéndice I).

El taller se validó con 25 docentes de primaria, preescolar, religión y educación especial en una escuela en Tres Ríos de Cartago, donde vivenciaron las etapas del taller mediante aprendizaje activo y trabajo en equipo. Se aplicó un cuestionario anónimo para evaluar la experiencia, abarcando aspectos sociodemográficos y valoraciones didácticas y pedagógicas. La investigación sigue el enfoque de investigación-acción, cuyas fases se presentan en la figura 1.

Figura 1

Fases de la investigación - acción



Fuente: Elaboración propia con base en Elliot (2005)

4. Resultados y discusión

Talleres como el presentado en este artículo han sido desarrollados en la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Universidad de Costa Rica, bajo el concepto de "experiencias auténticas." Estos buscan deconstruir concepciones "naive" de la ciencia, frecuentemente presentadas en medios de comunicación o en la educación formal, donde la ciencia aparece desconectada de lo humano y el contexto (Navarro-Camacho, 2019). Además, modelan el enfoque STEAM y otros marcos teóricos como el socioconstructivismo transformativo (Rodríguez, 1998/2011), y promueven una conciencia crítica en línea con Freire (1970) y Hooks (1994, 2003, 2009).

Por tanto, la intención fue validar el taller "Hagamos jabón" con poblaciones de docentes que se encuentran dentro del sistema formal. De esta forma se evalúa, a partir del criterio experto, la viabilidad y potencial didáctico de la propuesta pedagógica - didáctica en contextos escolarizados.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, la evaluación fue realizada por 17 sujetos de los 25 que participaron: 17 mujeres (94,4%) y 1 hombre (5,6%). La mediana de años de servicio fue de 17 años, por lo que se tuvo un grupo de sujetos con mucha experiencia en la docencia y con grados académicos altos pues el 77.78% posee nivel de licenciatura y el 22.22% nivel de maestría.

Cuando se les preguntó si el taller permitió entender mejor el enfoque educativo STEAM el 88,8% estuvo totalmente de acuerdo y el resto indicaron estar de acuerdo (11.2%). Los participantes destacaron la integración disciplinar lograda, superando una dificultad común en la educación STEAM (Navarro y Rodríguez, 2021). Al respecto una participante manifestó que el taller *“Nos mostró como integrar todas las disciplinas para que una actividad sea STEAM realmente.”*

Se consultó si el taller fue relevante para sus intereses y necesidades como docentes, a lo que el 94% indicó estar totalmente de acuerdo. Además, más del 95% de los participantes consideró que el taller forma en actitudes y valores e incorpora elementos de derechos humanos.

Un aspecto que se indica como dificultad es el acceso a los materiales que se emplean. Ciertamente el acceso a recursos didácticos propios de las ciencias naturales constituye una problemática generalizada. En este taller utilizamos algunos materiales de muy fácil acceso y otros que se deben conseguir con ciertos proveedores, no obstante, ofrecemos alternativas y posibilidades de sustituir algunos materiales por otros más accesibles. Sobre este tema creemos importante cuestionar la carencia que tienen la mayoría de las instituciones educativas públicas para acceder a recursos didácticos básicos para la enseñanza de las ciencias naturales. Esta área de conocimiento requiere ciertos espacios pedagógicos e instrumentación para poder enseñar su naturaleza empírica (Alfaro y Villegas, 2010). Si queremos lograr una educación científica de calidad y reducir desigualdades, es fundamental identificar y mitigar las diferencias que se convierten en obstáculos sistémicos, limitando el acceso a áreas del conocimiento como las carreras STEM.

Lo anterior, requiere políticas públicas que prioricen una educación inclusiva y de alta calidad, accesible a todas las personas, sin importar su nivel socioeconómico. Desde una perspectiva de justicia social, la educación debe garantizar una distribución equitativa de recursos y oportunidades, promoviendo la plena inclusión de todas las personas en la vida social y política (Rawls, 1995).

En conclusión, el taller fue bien recibido, destacando su relevancia en temas actuales como el uso del jabón en la prevención de enfermedades como el COVID-19. Este tipo de propuestas pedagógicas muestran cómo la ciencia puede conectarse con la vida cotidiana y las necesidades humanas, logrando una praxis pedagógica que promueve la conciencia crítica, pues no piensa sólo en las ideas, sino piensa en la propia existencia (Freire, 1997).

5. Conclusiones

Los nuevos estándares curriculares en Costa Rica representan un cambio de paradigma al priorizar el desarrollo de habilidades sobre el dominio de contenidos, lo cual requiere de un proceso de adaptación importante para lograr su implementación efectiva en la práctica educativa.

La validación del taller con docentes en servicio demostró que los procesos formativos vivenciales permiten una comprensión pedagógica más profunda y crítica de lo que plantean los nuevos currículos.

En la educación científica, es crucial evitar un enfoque puramente tecnocrático o cientificista, las investigaciones en Socioconstructivismo transformativo evidencian que enseñar desde una perspectiva que responda a las necesidades humanas de cada contexto socio-cultural logra mejores resultados de aprendizaje. En ese sentido, el taller desarrollado presenta un modelo de enseñanza orientado hacia la justicia social y el desarrollo de conciencia crítica.

La inmersión en el contexto de instituciones educativas públicas revela limitaciones en recursos didácticos, existe una carencia de espacios pedagógicos y materiales didácticos propios de la enseñanza de las ciencias naturales que afectan

el desarrollo de habilidades científicas, lo cual podría aumentar la desigualdad en el acceso a carreras STEM.

Se demostró que la estrategia permite una mejor comprensión de la integración curricular STEAM, y muestra el valor del abordaje de aspectos que refieren a derechos humanos, mediante estrategias con relevancia social y cultural orientadas a promover la justicia social y el bien común.

Apéndice I

Taller: Hagamos jabón

Ciencia en tus manos, desentrañando la química del jabón, su impacto social y ambiental

Pregunta generadora:

¿Qué conocemos acerca del jabón? Anote al menos cuatro ideas

Historia del jabón en diferentes culturas:

A continuación, te presentamos fragmentos de posibles invenciones del jabón en diferentes culturas antiguas:

- Mesopotamia (2800 a.C.): Se encontraron tablillas de arcilla, que mencionaba una mezcla que se obtenía de hervir aceites con potasio, resinas y sal, dando a los mesopotámicos el título de la primera civilización en fabricar jabón. Este jabón se utilizaba tanto para la higiene personal como con fines medicinales y ceremoniales, ayudando a limpiar el cuerpo, eliminar impurezas, y prevenir infecciones.
- Egipcios (1550 a.C.): Los egipcios utilizaban una mezcla de natrón, grasas, aceites y sustancias alcalinas, a menudo con hierbas aromáticas, para el uso personal y ritual. El jabón era un bien de lujo, especialmente valorado por las clases altas, y el Papiro de Ebers, un texto médico de 1550 a.C., menciona su uso para tratar diversas enfermedades, destacando su importancia en la salud y la higiene de la época.

- Fenicios (1200 a.C.): Los fenicios los fabricaban con aceite de oliva y soda cáustica (o hidróxido de sodio) obtenida a partir de las cenizas de la combustión de plantas halófitas que viven en las salinas.
- Celtas, Germanos y Galos (900 a.C.): Los celtas y germanos elaboraban jabón utilizando grasa de cabra y cenizas de abedul, mientras que los galos empleaban cenizas de haya y grasa de jabalí para fabricar sus jabones. Además, los galos utilizaban el jabón para teñir sus largas melenas, dándoles tonos rubios o pelirrojos.

Saponificación

En realidad, no está claro quién inventó el jabón por primera vez. Sin embargo, una historia interesante sobre cómo los romanos aprendieron a hacer jabón involucra la tradición de sacrificar animales en el monte Sapo. Partes de los animales sacrificados se quemaban como ofrendas a los dioses. Las grasas de la carne de animal quemada se mezclaban con la ceniza del fuego. Luego, llovía y los romanos notaban que se formaba una sustancia en los charcos de agua que brotaba de las cenizas que se habían mezclado con las grasas. Tras la experimentación, descubrieron que esta nueva sustancia, más tarde llamada jabón, tenía propiedades útiles, incluida la capacidad de limpiar superficies. Los químicos ahora se refieren a la reacción química para hacer jabón como **saponificación**, en honor al descubrimiento en el Monte Sapo. El jabón se forma mezclando grasas o aceites con bases fuertes, como el hidróxido de sodio. El hidróxido de sodio también se llama lejía. La forma tradicional de hacer lejía es lixiviar las cenizas con agua. Las cenizas contienen cantidades sustanciales de hidróxido de sodio, que se disuelve en el agua y forma una solución de hidróxido de sodio. Antes de que el jabón estuviera disponible en las grandes empresas, la gente lo hacía artesanalmente mezclando grasas animales con lejía en una olla e hirviéndolas. Se hacía una prueba para saber si el jabón estaba listo, tomando una pequeña cantidad de la mezcla y agregándola a un poco de agua limpia. Si se formaban gotas de grasa en la superficie del agua, la reacción era incompleta (en ese caso se agregaba más lejía). Más tarde se descubrió que el jabón se podía purificar agregándole sal. La

adición de sal hizo que el jabón formara un sólido que excluía las impurezas, como el hidróxido de sodio en exceso. Este jabón era más suave y adecuado no solo para lavar ropa y ollas, sino también para usar en la piel. La figura 1 muestra la reacción química que es la base de la síntesis de jabón.

¿Cómo funciona el jabón?

Las grasas mezcladas con bases fuertes se hidrolizan en ácidos grasos. Los ácidos grasos tienen una naturaleza dual: por un lado, posee una cabeza hidrofílica, que es polar y tiene afinidad por el agua. Esta cabeza se disuelve fácilmente en agua porque está compuesta por un grupo iónico, típicamente una sal de sodio o potasio, que interactúa favorablemente con las moléculas de agua. Por otro lado, la molécula también tiene una cola hidrofóbica, que es una larga cadena de ácidos grasos no polares. Esta cola rechaza el agua, pero se adhiere bien a las grasas y aceites, que también son no polares.

Cuando el jabón entra en contacto con una superficie sucia, su cola hidrofóbica se une a las partículas de grasa o aceite, mientras que la cabeza hidrofílica permanece en contacto con el agua. Esto permite que las moléculas de jabón formen estructuras llamadas micelas, en las que las colas hidrofóbicas se agrupan en el centro, rodeando la grasa, y las cabezas hidrofílicas apuntan hacia afuera, hacia el agua. De esta forma, el jabón atrapa las partículas de grasa en el interior de las micelas y permite que sean arrastradas por el agua, eliminando la suciedad y limpiando la superficie.

Este comportamiento dual, con una parte que atrae el agua y otra que atrae la grasa, es lo que hace que el jabón sea tan efectivo para limpiar tanto en medios acuosos como grasos (figura 2).

Figura 2

Comportamiento de moléculas de jabón en medio acuoso

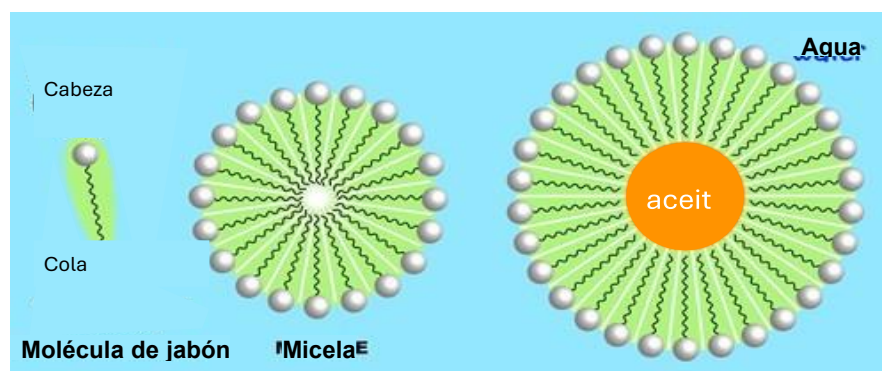


Imagen recuperada de https://www.shutterstock.com/es/image-illustration/detergents-forming-micelles-oil-droplet-339037580ideas/Chem_p096/chemistry/how-to-make-soap

Jabón de castilla

El jabón de Castilla es un tipo de jabón tradicional que tiene su origen en la región de Castilla, España, y se caracteriza por estar elaborado principalmente con aceite de oliva (Girgis,2003) en lugar de grasas animales u otros aceites. Esta distinción le otorga propiedades únicas, como ser un jabón muy suave y adecuado para personas con piel sensible, ya que no contiene aditivos ni productos químicos agresivos. Además de su pureza, el jabón de Castilla es completamente biodegradable, lo que lo convierte en una opción ecológica.

Aunque originalmente el jabón de Castilla se hacía solo con aceite de oliva, hoy en día algunas variantes incluyen otros aceites vegetales (Mishra,2013) como el de coco o almendra, para mejorar su espuma o su consistencia. A nivel de fabricación, la saponificación de estos aceites con una base alcalina como el hidróxido de sodio (NaOH) da como resultado un jabón sólido, mientras que si se usa hidróxido de potasio (KOH), el resultado es un jabón líquido.

Procedimiento para preparar jabón líquido orgánico

(los materiales y equipos se enumeran en la tabla 1)

Instrucciones: Utilice los valores siguientes para estimar los volúmenes y costos aproximados para su prueba. Tenga en cuenta que el frasco de prueba solo puede contener 1/5 de los volúmenes que se muestran en la columna B por debajo o hasta 2 oz (59 ml).

- a. Utilice los valores de la columna B para calcular 1/5 de esos volúmenes y, a continuación, introduzca sus respuestas en la columna D.
- b. Utilice los valores de la columna C para calcular 1/5 de esos costes para el frasco de prueba. Introduzca sus respuestas en la Columna E.

c. Si utiliza ingredientes adicionales, agregue el volumen que utilizó en la Columna D y el costo en la Columna E.

d. Agregue todos los costos de la Columna E para estimar el costo total de su frasco de prueba

Tabla 1

Materiales y costo aproximado de la formulación

Receta regular	Volumen	Costo aproximado (colones)	Frasco de prueba Volumen (mL)	Costo aproximado (colones)
Jabón de Castilla	1/2 taza (125 ml)	4000	1/5=	1/5=
Agua destilada	1/2 taza (125 ml)	1700	1/5=	1/5=
Aceite nutritivo (Aceite de Aloe Vera, aceite de cacao con vitamina E, aceite de aguacate)	1 cucharada (14.8 ml)	1150	1/5= Escriba el tipo de aceite nutritivo:	1/5=
Aceite esencial (fragancia)	25 gotas (1,25 ml)	2000	1/5= Escriba el tipo de aceite esencial _____	1/5=
Ingredientes adicionales (por ejemplo, aceites nutritivos adicionales)			Escriba el tipo de aceite nutritivo: _____	

Costo total:

Fuente: Rodríguez (2021)

Razonamiento: Haga sus cálculos y adjúntelos a su informe.

Instrucciones:

a. Antes de lavarse las manos, realice una prueba con el glogerm y la lámpara UV. Después de lavarse las manos, realice de nuevo la prueba del glo germ y la lámpara UV. El equipo necesita completar la tabla 2 después de lavarse las manos. Escriba sus comentarios.

b. Después de completar la tabla 2, escriba sus recomendaciones a continuación.

NOTA: La prueba con Glo Germ permite observar la efectividad del lavado de manos. Antes de lavarse, el Glo Germ se aplica en la piel y, bajo la lámpara UV, simula la apariencia de gérmenes. Al lavarse las manos correctamente, debería desaparecer gran parte del brillo visible bajo la lámpara UV. Cualquier residuo de Glo Germ indica las áreas que no se lavaron completamente, ayudando a mejorar la técnica de higiene.

Tabla 2

Rúbrica de hidratación, fragancia y evaluación de costos

	1 (Bajo) No cumple o apenas cumple con las expectativas	2 (Bueno) Cumple con las expectativas	3 (Excelente) Por encima de las expectativas
Hidratación (¿Cómo se sienten sus manos? ¿Menos secas? ¿Más secas? ¿No hay diferencia?)			
Fragancia (¿Cómo huele su jabón? ¿Mejor? ¿Peor? ¿Sin fragancia?)			
Costo (¿Cuánto costó hacer su jabón? Véase la Tabla 1. ¿Es caro? ¿Barato? ¿Promedio?)			
Efectividad (¿Cómo se ven sus manos después de la prueba con el glogerm y la lámpara UV? ¿Menos suciedad? ¿Más sucio? ¿No hay diferencia?)			

Fuente: Rodríguez (2021)

Hallazgos y recomendaciones:

Teniendo en cuenta que la fragancia está influenciada por la preferencia personal, analicen sus hallazgos y lleguen a un acuerdo para las puntuaciones finales y sus recomendaciones.

Puntuación de hidratación (introduzca el valor de la Tabla 2): _____

Puntuación de fragancia (introduzca el valor de la Tabla 2): _____

Puntuación de costo (introduzca el valor de la Tabla 2): _____

Describa sus recomendaciones y asegúrese de abordar cualquier impacto social/ambiental

Preguntas

1. Investiga por qué se usa hidróxido de potasio en lugar de hidróxido de sodio para fabricar ciertos tipos de jabones. ¿Por qué en nuestra práctica usamos jabón de castilla?
2. ¿Cómo puede la "personalidad dividida" de una molécula de jabón convertirla en un buen agente limpiador?
3. Investiga qué hace que algunos jabones sean antibacteriales.
4. ¿Cómo ayuda el lavado de manos a evitar el contagio de enfermedades infectocontagiosas? ¿Cómo se diferencia de la aplicación de alcohol en gel?

Observe la siguiente figura y responda las preguntas a continuación



1. ¿Cuáles países de Latinoamérica tienen problemas de acceso a instalaciones para el lavado de manos? ¿En cuáles otros continentes se presenta este problema y cuál es el continente con más problemas?
2. ¿Investiga que dificultades se presentan en esos lugares para no proveer a su población de instalaciones básicas para su higiene? ¿Qué implicaciones tiene este problema en la calidad de vida de sus habitantes?

3. ¿De qué forma la educación científica puede aportar a mejorar la calidad de vida de las personas que tienen este tipo de circunstancias adversas?

Agradecimientos Le agradecemos a Alberto J. Rodríguez de la Universidad de Houston, Estados Unidos, por las discusiones y aprendizajes teóricos y prácticos que tuvimos con él, informando nuestra formulación de la teoría presentada en este artículo.

Lista de materiales

- GloGerm (8 oz) \$15.99 (<https://rb.gy/iyzm7v>)
- Jabón de castilla (1kg) ₡6200 (<https://rb.gy/b47741>)
- Agua destilada (3.79 L) ₡2373 (<https://rb.gy/6r5t1e>)
- Goteros, probetas y beaker (<https://diprolabcostarica.com/insumos-para-laboratorio/>)
- Aceite nutritivo (65 mL) ₡990 (<https://rb.gy/1ojcy2>)
- Aceites esenciales ₡13000 (<https://nano.cr/producto/combo%20nano%20esencial%2010ml/Catalog/catalog/0>)
- Adicionales – manteca de karité (1kg) ₡13500 (<https://www.bessartesanal.com/producto/manteca-de-karite-refinada-1kg/?srsltid=AfmBOor799b3STVfbolKw9i7-1jdNqwOmVlkvq8K2h-3doelJpi0uB0F>)
- Lámpara UV \$14.95 (<https://rb.gy/1cvp5j>)

Bibliografía

- Freire, P. (1970). *Pedagogy of the Oppressed*. Penguin Random House UK.
- Girgis, A. Y. (2003). Production of high quality castile soap from high rancid olive oil. *Grasas Y Aceites*, 54(3), 226–233. <https://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/235>
- Hooks, B. (1994). *Teaching to Transgress—Education as the Practice of Freedom*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203700280>

- Hooks, B. (2003). *Teaching Community—A Pedagogy of Hope*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203957769>
- Hooks, B. (2009). *Teaching Critical Thinking—Practical Wisdom*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203869192>
- Izquierdo-Aymerich, M., García, Martínez, A., Quintanilla Gatica, M., y Adúriz-Bravo A., (2016). *Historia, filosofía y didáctica de las ciencias: aportes para la formación del profesorado de ciencias*. http://laboratoriogrecia.cl/wp-content/uploads/2016/09/historia_filosofia_y_didactica_de_las_ciencias_aportes_para_la_formacion_del_profesorado_de_ciencias.pdf
- Mishra, D. (2013). *Preparation of Soap Using Different Types of Oils and Exploring its Properties*. [Tesis, National Institute of Technology Rourkela].
<http://ethesis.nitrkl.ac.in/5371/>
- Navarro-Camacho, M. y Rodríguez, A. (2021). *Impacto del constructivismo sociotransformativo en las prácticas educativas del profesorado en la enseñanza de las ciencias naturales de la Universidad de Costa Rica*. INIE.
<http://repositorio.inie.ucr.ac.cr/handle/123456789/593>
- Rodríguez, J. A. (2021). Engineering Your Own Liquid Soap. *Science and Children*. 58 (4) pp. 92-97 Published By: Taylor & Francis, Ltd.
- Rawls, John. (1995) *Teoría de la justicia*. The Belknap Press of Harvard University Press.
https://etikhe.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/08/john_rawls_-_teoria_de_la_justicia.pdf
- Zamorano, T., García, Y. y Reyes, D. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. *Proyecto de Innovación Pedagógica para el Acompañamiento al Aprendizaje. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación (UMCE)*.
<http://revistas.umce.cl/index.php/contextos/article/download/1395/1428/>

Herramientas de ciencia ciudadana para temas ambientales y de biodiversidad

Héctor Perdomo Velázquez
Universidad de Costa Rica, Costa Rica
hector.perdomo@ucr.ac.cr

Diana Jiménez Robles
Universidad de Costa Rica, Costa Rica
diana.jimenezrobles@ucr.ac.cr

Resumen. La ciencia ciudadana, definida como la participación del público general en la investigación científica, ha experimentado un auge en las últimas décadas gracias a la tecnología digital. Esta democratización del conocimiento científico ha permitido la creación de proyectos como iNaturalist, eBird y Mosquito Alert, que involucran a ciudadanos en la recolección de datos sobre biodiversidad y temas ambientales. La ciencia ciudadana no solo beneficia a la investigación científica al proporcionar conjuntos de datos más grandes y diversos, sino que también tiene un impacto positivo en la educación científica. Al participar en proyectos de ciencia ciudadana, el estudiantado y la comunidad en general pueden desarrollar habilidades como la observación, el pensamiento crítico y la resolución de problemas. La ciencia ciudadana empodera a los ciudadanos al convertirlos en agentes de cambio y promover la toma de decisiones informadas sobre temas importantes para el estado presente y futuro del ambiente.

Palabras clave: Biodiversidad, Ciencia ciudadana, Educación ambiental, Habilidades, Herramientas digitales

1. Introducción

La ciencia es una actividad que involucra una serie de pasos cuyo objetivo es generar conocimientos verificables sobre los fenómenos que nos rodean (CONABIO, 2024). Es decir, la ciencia busca explicar cómo funciona el mundo natural a través de la observación, la experimentación y el análisis riguroso de datos. Realizando el proceso científico podemos identificar patrones o relaciones que nos permiten establecer conexiones o relaciones entre diferentes fenómenos, como comprender la emisión de gases de efecto invernadero y el cambio climático (Bonfil, 2005). Con ciencia podemos realizar predicciones para anticipar posibles consecuencias de un huracán y minimizar sus daños. También podemos generar

soluciones a problemas desarrollando tecnologías para afrontar desafíos ambientales como energías renovables. Esta nos permite comprender, predecir y transformar el mundo natural. Realizando procesos de ciencia podemos generar conocimientos que nos permitan tomar decisiones informadas y desarrollar soluciones para tener una mejor relación con el ambiente en nuestra vida diaria.

La ciencia ciudadana es un enfoque de investigación participativa que permite que cualquier persona, sin importar su formación académica participe en un proceso científico. Esta participación no se limita a la observación y recolección de datos, si no que puede incluir diferentes etapas del proceso de investigación, desde la elaboración de preguntas e hipótesis hasta la socialización de los resultados (Fundación Ciencia Ciudadana y Universidad Autónoma de Chile, 2017 y CONABIO, 2024).

A diferencia de la ciencia formal que tradicionalmente se percibe como un campo exclusivo para las personas expertas, la ciencia ciudadana busca democratizar el conocimiento científico y hacerlo accesible a toda la sociedad (Perelló, 2014). Se ha definido a la ciencia ciudadana como un trabajo científico realizado voluntariamente por personas del público en general, a menudo en colaboración con o bajo la dirección de científicos profesionales e instituciones científicas (Eitzel et al., 2017). Esta manera peculiar de hacer ciencia, tiene las siguientes características: cualquier persona puede participar ya que no se necesita tener una formación científica formal y puede tener cualquier edad; se basa en la colaboración entre científicos y ciudadanos, no se limitan a actividades educativas o de divulgación, sino que buscan generar datos e información relevante para la toma de decisiones; puede usar herramientas digitales para recopilar, compartir y analizar datos de forma eficiente; no solo genera conocimientos científicos, sino que fomenta la conciencia ambiental; y promueve la educación científica y fortalece la relación entre la ciencia y la sociedad (Co_Lab – PNUD, 2022 y la Fundación Ciencia Ciudadana y Universidad Autónoma de Chile, 2017).

2. Origen y evolución de la Ciencia Ciudadana

La colaboración ciudadana en investigaciones científicas no es nueva, sin embargo, el término ciencia ciudadana, surgió a finales de la década los ochenta y ganó reconocimiento durante los noventa (Co_Lab – PNUD, 2022). A pesar de considerarse una disciplina formal, los orígenes se pueden rastrear más atrás. Un ejemplo de esto es la contribución de naturalistas aficionados que colaboraron para comprobar la teoría de la evolución de Darwin. Durante el siglo XIX, Darwin se basó en observaciones y datos recopilados por una gran red de ciudadanos que le enviaban muestras para sustentar su teoría (Fundación Ciencia Ciudadana y Universidad Autónoma de Chile, 2017). Este tipo de iniciativas sentaron las bases para la colaboración entre científicos y ciudadanos.

Otro campo donde la participación ciudadana ha sido fundamental es en campos como la astronomía y la botánica, especialmente durante los siglos XVIII y XIX. La recolección de muestras y la observación de fenómenos durante expediciones científicas fueron actividades comunes para una ciudadanía interesada en la ciencia (Fundación Ciencia Ciudadana y Universidad Autónoma de Chile, 2017). Durante el siglo XX la ciencia se profesionalizó y se especializó, pero eso no evitó que desapareciera la participación de la ciudadanía. Un ejemplo de esto son los conteos de aves en Estados Unidos que desde 1900 se realizan o el monitoreo de agua que personas comunes realizan desde 1970 (CONABIO, 2024).

El auge de la ciencia ciudadana como la conocemos hoy está muy relacionado con la llegada del internet y la democratización de la tecnología a finales del siglo XX (Fundación Ciencia Ciudadana y Universidad Autónoma de Chile, 2017). La masificación de estas tecnologías y la preocupación por el medio ambiente han impulsado un movimiento global de ciencia ciudadana. Los proyectos digitales como iNaturalist y eBird han democratizado la participación ciudadana en la ciencia, permitiendo que cualquier persona con un teléfono inteligente o computadora, pueda contribuir en proyectos de investigación de diversas disciplinas (CONABIO, 2024). Este acceso a herramientas digitales y aplicaciones ha dado lugar a una explosión de proyectos de ciencia ciudadana en temas ambientales y

de diversidad, involucrando a ciudadanos en la recolección de datos sobre la calidad del aire y del agua, el monitoreo de especies o la identificación de patrones de cambio climático, entre otros (Fundación Ciencia Ciudadana y Universidad Autónoma de Chile, 2017). De esta manera, la ciencia ciudadana, aunque ha sido formalizada recientemente, tiene raíces que podemos encontrar muy atrás en la historia y se ha convertido en una herramienta que sin duda impulsará iniciativas importantes en los próximos años.

3. Herramientas de ciencia ciudadana

Las herramientas de ciencia ciudadana son diversas y se han transformado a lo largo de la historia. Si pensamos en el ejemplo de la colaboración de los naturalistas aficionados en la época de Darwin, posiblemente sus herramientas eran tan sencillas como lápiz y papel. Las herramientas tradicionales, siguen siendo muy importantes y entre ellas encontramos binoculares y lupas para la observación de fauna y flora, guías de campo y libros para la identificación de especies, cámaras fotográficas para documentar las observaciones y conductas, y recientemente el uso de GPS para registrar la ubicación de las observaciones.

Con el auge de la tecnología, durante las dos primeras décadas del siglo XXI, las herramientas de ciencia ciudadana han evolucionado, utilizando herramientas potentes y accesibles para la recolección y análisis de datos como: aplicaciones móviles que permiten registrar observaciones en el campo por medio de fotografías, grabaciones, coordenadas; plataformas web que facilitan la gestión de proyectos, visualización de datos y mapas, comunicación entre participantes y colaboración; y sensores de bajo costo que permiten medir variables ambientales como la calidad del agua, temperatura, ph, ruido, radiación solar, etc. (Fundación Ciencia Ciudadana y Universidad Autónoma de Chile, 2017).

La elección de herramientas de ciencia ciudadana depende de los objetivos y el tipo de investigación, así como de las habilidades de los participantes y de los recursos disponibles. Se debe destacar que, si bien la tecnología facilita la ciencia ciudadana, no es indispensable. Para fines educativos, la ciencia ciudadana puede realizarse con herramientas tradicionales y tener un impacto significativo en el

conocimiento científico y en el proceso de enseñanza-aprendizaje de quienes lo realicen.

4. Proyectos de ciencia ciudadana en temas ambientales y de biodiversidad

Existen actualmente una gran diversidad de proyectos e iniciativas de ciencia ciudadana, que de acuerdo con nuestro enfoque las agrupamos en las categorías de biodiversidad y temas ambientales. Los primeros son posiblemente los más populares debido a que han permitido a muchos aficionados a la naturaleza, observar y aprender de la fauna y flora que los rodea.

iNaturalist: Esta plataforma que se originó en la Universidad de Berkeley y que ahora tiene alcance internacional, permite a la ciudadanía registrar observaciones de flora y fauna a través de fotografías y sonidos (ver figura 1). Los datos recopilados contribuyen al conocimiento de la biodiversidad mundial y ayudan a los científicos a rastrear distribución de especies, identificar especies en peligro y comprender patrones ecológicos como migración y fenología (iNaturalist, 2024).

eBird y Merlin: Estas plataformas de la Universidad de Cornell, se enfocan en el monitoreo de aves. Las personas registran sus observaciones de aves, incluyendo la especie, la ubicación, la fecha y la hora. Las aplicaciones permiten identificar fácilmente un ave con sus características, por su canto o por medio de fotografías, además de conocer información de la especie y su hábitat. Esta información es utilizada por profesionales en aves para estudiar patrones de migración, tamaño de poblaciones y salud de los ecosistemas (Cornell Lab of Ornithology, 2024).

Fauna atropellada en carreteras de Costa Rica: Este proyecto utiliza la plataforma iNaturalist para registrar los casos de animales silvestres atropellados en las carreteras del país. La información recopilada ayuda a identificar zonas de mayor riesgo para la fauna y permite tomar medidas para la construcción de pasos de fauna que reduzcan los atropellamientos (iNaturalist, 2024b).

Biodiversidad de la Facultad de Educación UCR: Este proyecto desarrollado en la Universidad de Costa Rica, utiliza iNaturalist para involucrar a estudiantes y docentes en el registro y monitoreo de flora y fauna presente en la facultad con fines educativos principalmente (Universidad de Costa Rica, 2024).

El segundo grupo de proyectos e iniciativas de ciencia ciudadana, están relacionados con temas ambientales que incluyen monitoreo de factores ambientales, geológicos y problemas de origen antropogénico.

Noise capture: Esta iniciativa europea, permite a los ciudadanos medir y registrar los niveles de ruido en su entorno. Los datos recopilados se utilizan para crear mapas de ruido y comprender mejor el impacto de la contaminación acústica en la salud humana y el ambiente (Noise-Planet, 2024).

Bio Sonidos: Este proyecto de la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica, permite que cualquier persona pueda registrar y documentar sonidos de la naturaleza y paisajes sonoros, para crear una colección para visibilizar y resguardar el patrimonio sonoro del país (Biosonidos, 2024).

Mosquito Alert: Esta iniciativa de instituciones en España, permite registrar la presencia de mosquitos y sus criaderos, contribuyendo al monitoreo de enfermedades tropicales transmitidas por estos insectos, que expanden sus hábitats por consecuencia del cambio climático (Mosquito Alert, 2024).

Red Sismológica Nacional: Esta plataforma de la Universidad de Costa Rica, permite a los ciudadanos reportar la percepción de los sismos, complementando los datos de las estaciones sísmicas y creando mapas elaborados de colaboración ciudadana (RSN, 2024).

IGNIS Costa Rica: Es una iniciativa que usa una aplicación, para facilitar el reporte y registro de incendios forestales o en pastizales de la provincia de Guanacaste. Cualquier persona puede registrar un incendio con una fotografía, una descripción y la ubicación geográfica. Esta información permite atender la emergencia y tomar decisiones sobre prevención de incendios forestales (IGNIS, 2024).

La página web del Observatorio de la Ciencia Ciudadana de España (2024) provee una lista de iniciativas locales e internacionales. Estos son solo algunos ejemplos de muchos proyectos e iniciativas de ciencia ciudadana que existen y que cada día son propuestos por instituciones educativas, organizaciones no gubernamentales, instituciones gubernamentales o por los propios ciudadanos que desean aportar y aprender sobre un tema científico particular.

Figura 1

Jóvenes observando e identificando flora y fauna silvestre en un jardín en Costa Rica



5. Impacto de la ciencia ciudadana en la educación científica

De acuerdo a la Guía para conocer la Ciencia Ciudadana, publicada por la Fundación Ciencia Ciudadana y Universidad Autónoma de Chile en 2017, la ciencia ciudadana ha tenido un impacto positivo en la educación científica como resultado de: fomentar una comprensión más profunda de la ciencia y una mayor conciencia ambiental; proveer a los ciudadanos una oportunidad de participar activamente en la investigación científica; fomentar la comprensión de problemas complejos e introducir ideas y soluciones innovadoras; y al permitir a la sociedad asumir la

responsabilidad de la investigación y presentar nuevas perspectivas a los participantes (Perelló, 2014). Todo esto permite a las personas adquirir nuevos conocimientos y habilidades científicas, sin tener una formación académica formal.

La ciencia ciudadana ha tenido un impacto también en temas de biodiversidad y educación ambiental, ya que empodera a la ciudadanía al involucrarla en la generación de conocimiento y la toma de decisiones informadas sobre temas ambientales, decisivos para el presente y futuro del planeta (CONABIO, 2024).

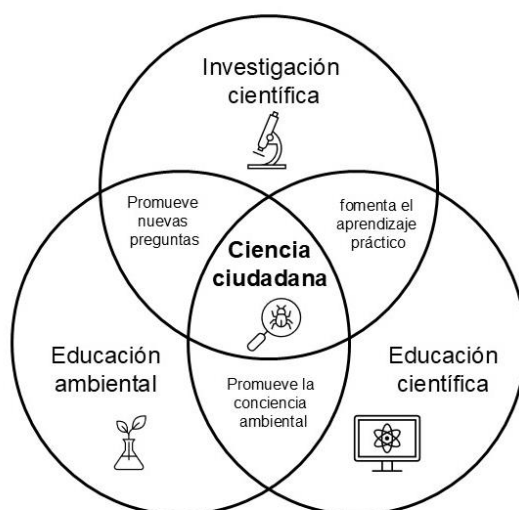
Además de lo anterior, la ciencia ciudadana posee un gran potencial como herramienta educativa. Ya que permite a personas de cualquier edad y nivel académico, participar en la construcción del conocimiento científico. Estas iniciativas pueden ser utilizadas como actividades complementarias o paralelas a los cursos, involucrando al estudiantado, docentes y la comunidad en general. Además, permite indagar y aprender sobre diferentes temas científicos de una manera práctica y atractiva (Fundación Ciencia Ciudadana y Universidad Autónoma de Chile, 2017). Estas iniciativas pueden inspirar al estudiantado a seguir carreras STEAM, o cuando menos a comprender la ciencia e impactar positivamente en el interés por estas disciplinas. La ciencia ciudadana promueve diversas habilidades en quienes la practican como: observación e identificación, recopilación y análisis de datos, pensamiento crítico, comunicación oral y escrita, trabajo en equipo y resolución de problemas (Co_Lab – PNUD, 2022 y Fundación Ciencia Ciudadana y Universidad Autónoma de Chile, 2017).

Para la ciencia formal, la ciencia ciudadana se ha convertido además, en una herramienta invaluable que presenta los siguientes beneficios: la participación masiva de voluntarios que permite recopilar conjuntos de datos más grandes y diversos, tanto espacial como temporalmente; la reducción significativa de costos asociados a la investigación científica, lo que permite la realización de proyectos que de otra manera serían inviables; la detección temprana de problemas ambientales en el entorno de los observadores; conocimiento local que permite una comprensión más completa de las problemáticas ambientales; y fomento de la

conciencia y educación ambiental al conectar a los participantes directamente con la naturaleza y promover nuevas preguntas para la ciencia (Co_Lab – PNUD, 2022 y Fundación Ciencia Ciudadana y Universidad Autónoma de Chile, 2017).

Figura 2

La ciencia ciudadana impacta positivamente la investigación, la educación y las acciones ambientales, creando un círculo virtuoso para un futuro sostenible



6. Conclusiones

El auge de las tecnologías digitales ha facilitado la expansión de la ciencia ciudadana, previendo herramientas accesibles para la recolección y análisis de datos. Aplicaciones móviles como las presentadas aquí, permiten a los ciudadanos registrar observaciones de biodiversidad y factores ambientales. Estas aplicaciones y plataformas conectan a la comunidad con científicos y proyectos de investigación, creando redes globales de colaboración. La ciencia ciudadana no solo genera datos valiosos para la investigación, sino que también tiene un impacto positivo en la educación científica, promoviendo la participación de estudiantes, docentes y la comunidad en general en el aprendizaje de diferentes temas científicos de manera práctica y atractiva, motivando el interés por la ciencia y la tecnología.

Proponemos a la ciencia ciudadana como una herramienta importante para abordar problemáticas ambientales y de biodiversidad, aprovechando el poder de la

participación colectiva y las tecnologías digitales. Al involucrar a la comunidad en la investigación científica, la ciencia ciudadana no solo amplía el conocimiento, sino que empodera a los ciudadanos para convertirse en agentes de cambio. Desde el enfoque educativo, la ciencia ciudadana puede transformar la experiencia educativa, impulsando el aprendizaje significativo basado en observaciones y experiencias en sus contextos ambientales. Fomentar la participación en proyectos de ciencia ciudadana puede ser valioso para construir un futuro más sostenible y proteger la biodiversidad de nuestro planeta.

Bibliografía

Biosonidos. (2024). BioSonidos – Colección de Sonidos de la Naturaleza. UNED.
<https://biosonidos.uned.ac.cr/>

Bonfil, O.M. (2005). *¿Para qué sirve la ciencia?* Revista *¿Cómo ves?* Divulgación de la ciencia UNAM. Recuperado el 11 de octubre de 2024, de <https://www.comoves.unam.mx/numeros/ojodemosca/76>

Co_Lab – PNUD. (2022). *Ciencia ciudadana: una exploración sobre sus tendencias y su rol en el desarrollo sostenible*. Laboratorio de Aceleración y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) Argentina (2022). <https://www.undp.org/es/argentina/publicaciones/ciencia-ciudadana-una-exploracion-sobre-sus-tendencias-y-su-rol-en-el-desarrollo-sostenible>

CONABIO. (2024). *¿Qué es la ciencia ciudadana?* Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Recuperado el 11 de octubre de 2024, de <https://www.biodiversidad.gob.mx/cienciaciudadana/que-es>

Cornell Lab Of Ornithology. (2024). Birds, Cornell Lab of Ornithology. <https://www.birds.cornell.edu/home>

Eitzel, M. V., Cappadonna, J. L., Santos-Lang, C., Duerr, R. E., Virapongse, A., West, S. E., Kyba, C. C. M., Bowser, A., Cooper, C. B., Sforzi, A., Metcalfe, A. N., Harris, E. S., Thiel, M., Haklay, M., Ponciano, L., Roche, J., Ceccaroni, L., Shilling, F. M., Dörler, D., ... Jiang, Q. (2017). Citizen science terminology

- matters: Exploring key terms. *Citizen Science Theory and Practice*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.5334/cstp.96>
- Fundación Ciencia Ciudadana y Universidad Autónoma de Chile. (2017). *Guía para conocer la Ciencia Ciudadana*. Recuperado el 11 de octubre de 2024, de <https://ciencia-ciudadana.es/wp-content/uploads/2019/01/guia-para-conocer-la-ciencia-ciudadana.pdf>
- IGNIS. (2024). Recuperado el 11 de octubre de 2024, de <https://www.incendiosignis.com/>
- iNaturalist. (2024). *iNaturalist*. Recuperado el 11 de octubre de 2024, de <https://www.inaturalist.org/>
- iNaturalist. (2024b). *Fauna atropellada en carreteras de Costa Rica*. Recuperado el 11 de octubre de 2024, de <https://costarica.inaturalist.org/projects/fauna-atropellada-en-carreteras-de-costa-rica>
- Mosquito Alert. (2024). *Ciencia ciudadana para investigar y controlar mosquitos transmisores de enfermedades*. Recuperado el 11 de octubre de 2024, de <https://www.mosquitoalert.com/>
- Noise-Planet. (2024). *Scientific tools for environmental noise assessment*. Recuperado el 11 de octubre de 2024, de <https://noise-planet.org/>
- Observatorio de la Ciencia Ciudadana en España. (2024). *Observatorio de la ciencia ciudadana en España*. <https://ciencia-ciudadana.es/>
- Perelló, J. (2014). *Ciencia Ciudadana: Conocimiento al Poder*. Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona. Recuperado el 11 de octubre de 2024, de <http://lab.cccb.org/es/ciencia-ciudadana-conocimiento-al-poder/>
- RSN. (2024). *Red Sismológica Nacional*. Recuperado el 11 de octubre de 2024, de <https://rsn.ucr.ac.cr/>

Universidad de Costa Rica. (2024). *Un proyecto innovador de ciencia ciudadana es impulsado por la Facultad de Educación*. Recuperado el 11 de octubre de 2024, de <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2024/7/03/un-proyecto-innovador-de-ciencia-ciudadana-es-impulsado-por-la-facultad-de-educacion.html>

Incorporación de la lógica matemática en el currículo costarricense de III ciclo y Educación Diversificada: experiencia en el Colegio María Inmaculada

Jennifer Aragón Monge
Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica
jaragon@uned.ac.cr

Resumen: En el 2020, el Departamento de Matemáticas del Colegio María Inmaculada de Moravia decidió cambiar el currículo para incorporar la lógica matemática. Se percibía en las clases la falta de esta habilidad a la hora de resolver ejercicios y problemas. En el 2022, se inicia con la asignación de trabajos extractase con preguntas de contenido de lógica. Debido a las dudas en la validez y confiabilidad de estos trabajos, en el 2023, se decide eliminar esta modalidad y, en su lugar, se asigna este porcentaje para realizar pruebas escritas de lógica. Además, en ese mismo año se incorporan las prácticas de lógica en el aula. Esta ponencia pretende relatar en detalle esa incorporación, así como contar los desafíos que enfrentaron los docentes y la percepción de los estudiantes con respecto al cambio, después de 3 años de su implementación.

Palabra clave: Educación, Lógica matemática, Matemáticas

1. Introducción

El Colegio María Inmaculada, de Moravia, es una institución privada que se caracteriza por ser un colegio de corte preuniversitario que busca más que cumplir un programa oficial de Ministerio de Educación Pública, promover el desarrollo de habilidades matemáticas en sus estudiantes; y para lograr cumplir con este perfil, la coordinación académica permite a los docentes realizar cambios curriculares en pro de mejorar la educación matemática que se imparte (Colegio María Inmaculada, 2022).

En el curso lectivo 2021, los estudiantes de undécimo nivel manifiestan no sentirse preparados para realizar una prueba de admisión a las universidades estatales. Entre sus argumentos señalaron su incapacidad para resolver ejercicios de lógica matemática básica.

Aunque la lógica formal no es un contenido propio de los programas de Matemática, del sistema educativo costarricense, algunos educadores han explorado incluir experiencias de enseñanza y aprendizaje de la lógica matemática como preparación para una nueva etapa del estudiantado en su formación universitaria (Ortegón, 2020; Medina Hidalgo, 2018; Gualdrón-Ortiz et al., 2020). Al mismo tiempo, la lógica informal que nace con los trabajos de Stephen Toulmin en la década de los 50 refuerzan la importancia de la lógica para la argumentación en general y en la clase de matemáticas (Ramírez-Oviedo, 2024), proceso fundamental del Programa de Matemáticas que se debe bordar transversalmente en la educación secundaria.

En el 2022, los estudiantes de noveno año, se enfrentan a las pruebas PISA (*Programme for International Student Assessment*, en inglés), las cuales tienen como fin, evaluar en qué medida se han adquirido los conocimientos y habilidades claves para una participación plena en la sociedad (OECD, 2024). Al realizar prácticas de preguntas de pruebas anteriores de ellos, los alumnos comenzaron a expresar no sentirse capacitados para resolverlas, pese a que recibían un currículum más robusto que el del Ministerio de Educación Pública.

Debido a esta situación, se decidió comenzar a plantear trabajos extraclase con preguntas de ese estilo; medida que se mantuvo durante el 2022. Para el 2023, se decide cambiar a pruebas escritas, pero evaluadas por medio de una rúbrica. Después de dos años de haberse implementarse este cambio, este trabajo viene a mostrar el proceso y sus avances, así como resultados obtenidos.

2. Marco Teórico

El Colegio María Inmaculada, de Moravia, es una institución semiprivada de corte religioso, que pretende una educación académica preuniversitaria, la cual abarca una población de secundaria desde materno hasta undécimo año. Los estudiantes que ingresan a la institución provienen de entornos familiares con un nivel socioeconómico de medio a alto. La educación impartida en el centro educativo se basa en valores como la disciplina, la responsabilidad, el respeto y la solidaridad.

Su currículum está basado en el del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica (MEP), pero se realizan los cambios que se consideran necesarios para mejorar la formación de estos estudiantes, de cara a los requerimientos para ingresar a las universidades públicas. La administración está comprometida con la mejora continua y permite a los docentes implementar cambios en el currículum y la evaluación de la institución en pro de una mejor educación, similar a otras instituciones privadas que han desarrollado de forma exitosa proyectos innovadores para fortalecer la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática (Acosta-Baltodano y Ramírez-Oviedo, 2018).

En el 2021, durante la experiencia en el aula con undécimo año, se notó la preocupación de los estudiantes por el examen de admisión; considerado por Hidalgo (2008) como una prueba de selección de alto impacto; ellos indicaban no sentirse preparados para realizarlo. Fue cuando vino un proceso de metacognición de la labor docente, pues después de tantos años de formación de los alumnos en el área de Matemática, que ellos expresaran no sentirse seguros para realizarlo, era alarmante.

Aunado a esto, el en 2022, cuando la investigadora impartía noveno año, nota en ese momento la misma preocupación de los estudiantes, pero ahora por las pruebas PISA. Se implementaron entonces los trabajos extraclase que contuvieran ítems de pruebas anteriores de este programa, siguiendo el mismo formato, el cual permitía que justificaran de forma escrita cómo obtuvieron la respuesta. Para lograr subsanar un poco la problemática presenta, se realiza el cambio para ese nivel,

como una prueba piloto. No obstante, solo duró 2 trimestres, al notar poca confiabilidad en los trabajos que se realizaban afuera del contexto del aula.

A finales del 2022, en reunión de departamento, se toma el acuerdo para el 2023, de eliminar los trabajos extraclase e incorporar pruebas de lógica, las cuales tenían por objetivo el desarrollar en los estudiantes la argumentación, el razonamiento y la búsqueda de diferentes estrategias para la resolución de problemas. Se acuerda incluir una por trimestre con un valor de un 15% para III ciclo y un 10% en IV ciclo. No fue posible equiparar los porcentajes en los dos ciclos, pues en el último la evaluación contempla, además, rubros para proyectos de investigación, por tanto, el porcentaje de evaluación de cada aspecto es menor.

Adicionalmente, se acuerda que se evaluará por medio de una rúbrica, la cual valore no solo en términos de “correcta” o “incorrecta”, sino que también se contemplen aspectos como la argumentación, la búsqueda de la estrategia, la resolución; así como criterios de estética como en orden y la actitud positiva para que, sin frustrarse, traten de encontrar la respuesta correcta. El objetivo era realizar una evaluación con la que el estudiante priorizara el proceso de analizar y pensar por encima de la calificación.

El primer reto que se enfrentó fue la creación de ítems para estas pruebas. Las tres docentes del Departamento de Matemáticas de la institución no se sentían capacitadas para crear desde cero preguntas de este corte o al menos, no tenían la experiencia para diseñarlas. Se decidió recurrir a preguntas de pruebas PISA anteriores, pruebas de olimpiadas matemáticas nivel básico, tanto nacional como internacionales, preguntas de exámenes de admisión de las universidades públicas, así como material impreso o digital que se encontrara al respecto, respetando que al inicio todos los estudiantes iban a comenzar con el nivel de dificultad básico.

Una vez superado el primer obstáculo, surgió el segundo desafío, no se podía implementar las pruebas sin trabajar en el aula este tipo de ejercicios, donde se compartieran diferentes estrategias de resolución. Se acordó que cada 15 días se destinaran 2 lecciones para realizar práctica. Cabe mencionar que a pesar de la

calendarización establecida, dada la dinámica propia de la educación y por las distintas actividades que se realizan, a veces se debe realizar 1 vez por mes.

Por otro lado, el tipo de ítems que se iban a plantear eran de selección única o respuesta corta, las cuales debían acompañarse, cada una, de una justificación de la respuesta. Esta decisión se tomó siguiendo el formato de los ítems de pruebas PISA. Se valoró la importancia de que los estudiantes argumenten y comuniquen por escrito sus ideas, tal y como se solicitaba en pruebas internacionales y por las habilidades que el mismo MEP solicitaba desarrollar en el aula.

En los programas de estudio de Matemáticas vigentes desde el 2012, se habla de los 5 procesos matemáticos que se deben desarrollar en las aulas:

1. Razonar y argumentar;
2. Conectar;
3. Plantear y resolver problemas;
4. Comunicar;
5. Conectar. (MEP; 2012)

Si se analiza cada uno se puede apreciar cómo, en ciertas medidas, estos se ven desarrollados con las pruebas de lógica que se implementaron en la institución. Por ejemplo, para el MEP, el razonar implica “plantear una conjetura y buscar los medios para justificarla” (MEP, 2012, p. 56), y en la propuesta curricular implementada por el colegio los estudiantes deben buscar estrategias de solución y justificarlas.

Con respecto al proceso de conectar, los estudiantes, igualmente, deben establecer asociaciones de conceptos para resolver preguntas, como combinar diferentes áreas de la matemática para llegar a su solución.

La habilidad de resolver problemas es uno de los procesos más presentes en este cambio. “La modelización es una acción que se desarrolla de una manera natural y privilegiada cuando se inscribe en un marco educativo donde es central la organización de las lecciones por medio de problemas.” (MEP, 2012, p. 56). Al

promover lecciones de práctica y realizar pruebas, se lograr que ese proceso matemático propuesto se cumpla con este cambio.

Uno de los procesos más importantes que se solicita desarrollar con los programas de estudio actuales es la comunicación, esta permite “ensanchar la criticidad a través del natural cuestionamiento racional de las afirmaciones y argumentaciones expresadas” (MEP, 2012, p.57). Llama mucho la atención que durante estos dos años que lleva el cambio curricular con las pruebas de lógica los alumnos muestren dificultad para expresar cómo llegaron a la respuesta de un problema, y en algunos casos, cuando acuden al docente a informar de su debilidad para escribirlo, pueden expresarlo oralmente, pero se les dificulta plasmar por escrito sus ideas. De ahí la importancia de este proceso.

Por último, el representar es una habilidad necesaria para resolver problemas. Muchas veces el dibujar la situación y elaborar diagramas permite aclarar ideas, y llegar a la resolución de problemas. Además, esta “exigen acciones de enseñanza y aprendizaje” (MEP, 2012, p.58).

Por otro lado, estas pruebas de lógica que se implementaron permiten el desarrollo de la competencia matemática, tal y como la define la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), esta no es más que las capacidades de los estudiantes para analizar, razonar y comunicar eficazmente cuando resuelven o enuncian problemas matemáticos en una variedad de situaciones y dominios. (Rico, 2007), todos estos procesos que se mencionan se desarrollan por medio de estas pruebas.

3. Marco Metodológico

Para medir el agrado de los estudiantes ante la incorporación de la lógica en el currículum se aplicaron 44 encuestas que corresponden a la totalidad de estudiantes de undécimo año del curso lectivo 2024. Se escogió esta generación por ser la que comenzó con el cambio en el 2022, cuando cursaban noveno año.

Dentro de las preguntas planteadas se les consultó cuál era su nivel de lógica antes del cambio y después del cambio, en una escala de 1 a 5, donde 1 era el valor

más bajo y 5, el más alto. El 90% de la población contestó que igual o menor a 3 antes de comenzar y que después del cambio, el 88 % estima su capacidad lógica en 4 o más. Ahora bien, la capacidad lógica aumenta, también, por varios factores como la madurez que van adquiriendo, así como estímulos externos que la promueven. Sin embargo, se puede visualizar que la percepción del estudiantado ante el aumento de su nivel de razonamiento creció considerablemente en estos dos años.

Además, se les consultó acerca de qué tan beneficioso ha sido el cambio, a lo que la mayoría de las respuestas mencionan que este ha sido muy bueno pues los prepara para la universidad, a la vez que logran con este, ir adquiriendo esa habilidad paulatinamente.

Cuando se les consulta si están de acuerdo con el cambio, el 100% de los estudiantes contestaron afirmativamente; así mismo, señalaron que dentro de los cambios que plantearían para mejorar esta incorporación de la lógica al currículum, se encuentra aumentar la cantidad de lecciones invertidas para este fin, así como incorporar también la lógica verbal.

4. Conclusiones

La lógica matemática es un área sumamente importante para la resolución de problemas y es una necesidad del currículum el implementar cambios en pro de desarrollarla. Al trabajar esta habilidad, el estudiante razona, argumenta, comunica, representa y conecta ideas, procesos necesarios que no solo va a necesitar en el área de las matemáticas en sus años de colegio, sino en todas las facetas de su vida.

A raíz de esta experiencia, se concluye que el cambio realizado en la institución responde a una falencia de los alumnos, la cual no es sustentada por el programa de estudio actual. Además, se evidencia la gran aceptación del cambio entre la comunidad educativa, incluso la misma población solicita aumentar el tiempo que se invierte para el desarrollo de esta habilidad.

También, se concluye que esta modificación en el currículum responde a los procesos matemáticos mencionados en el programa de estudio actual, además de que permite al estudiante sentirse más capacitado para enfrentarse a pruebas de ingreso a universidades, a pruebas internacionales como las de PISA o simplemente, capacitado con más herramientas para resolver ejercicios que impliquen su lógica.

Otra conclusión importante es que al realizar estas prácticas en el aula y pruebas que impliquen lógica, se logra desarrollar, también, la competencia matemática que mencionan tanto la OCDE como el MEP en su programa de estudio.

Por último, es importante reflexionar que cuando se está atento a escuchar las necesidades del estudiantado, y se realizan los ajustes en la dirección correcta, se logran avances significativos como el que se ha presentado en el Colegio María Inmaculada, de Moravia. Por tanto, es deber del docente y de la administración estar anuentes a escuchar estas demandas estudiantiles en pos de soluciones para mejorar la educación.

Bibliografía

- Acosta-Baltodano, J. M., y Ramírez-Oviedo, L. F. (2018). *Proyectos matemáticos en secundaria: Compartiendo experiencias* [Contribución a Actas de Congreso]. Fundación CIENTEC. <http://www.cientec.or.cr/matematica/memoriaVIII.htm>
- Colegio María Inmaculada. (2022). *Historia Colegio María Inmaculada*. Colegio María Inmaculada. <http://www.mariainmaculada.ed.cr/moravia/historiacmi/>
- Gualdrón-Ortiz, D. P., Cudris-Torres, L., Barrios-Núñez, Á., Olivella-López, G., Bermúdez-Cuello, J. C., y Gutiérrez-García, R. (2020). Los AVA como estrategia didáctica en la enseñanza del pensamiento lógico-matemático. *AVFT–Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 39(3).
- Hidalgo, A. M. M. (2008). Reseña histórica de la prueba de aptitud académica (PAA-UCR). *Diálogos. Revista Electrónica de Historia*, 9, 828-851.

- Medina Hidalgo, M. I. (2018). Estrategias metodológicas para el desarrollo del pensamiento lógico-matemático. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 9(1 (Enero-Marzo)), 125-132.
- Ministerio de Educación Pública [MEP] (2012). *Programas de Estudio de Matemáticas. I, II y III Ciclos de la Educación General Básica y Ciclo Diversificado*. San José, Costa Rica. <https://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/matematica.pdf>
- OECD (27 June 2024) Results (Volume IV) - Factsheets: Costa Rica. https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-iv-factsheets_34d60137-en/costa-rica_2a81b07b-en.html
- Ortegón, H. I. G. (2020). Diseño y utilización de estrategias didácticas para la enseñanza y el aprendizaje de la lógica matemática en estudiantes de ingeniería Alexandra María Silva Monsalve. *Revolución en la Formación y la Capacitación para el Siglo XXI*, 168.
- Ramírez-Oviedo, L. (2024). Prácticas argumentativas en la educación matemática costarricense. *Revista Innovaciones Educativas*, 26(41), 7-17.
- Rico Romero, L. (2007) *PNA: Revista de investigación en didáctica de la matemática*, Vol.1, N°2, 2007. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2238336>

Inteligencia Artificial en el salón de clases: Un enfoque Innovador para mejorar la experiencia de aprendizaje

Carlos Luis Chanto Espinoza
Universidad Nacional de Costa
Rica, Costa Rica
carlos.chanto.espinoza@una.ac.cr

Jorge Luis Loáiciga Gutiérrez
Universidad Nacional de Costa
Rica, Costa Rica
jorge.loaiciga.gutierrez@una.ac.cr

Cristian Chaves Jaén
Universidad Nacional de
Costa Rica, Costa Rica
cristian.chaves.jaen@una.cr

Resumen: La inteligencia artificial presenta excelentes oportunidades para la transformación educativa. Este artículo tiene como objetivo describir la experiencia de uso de la inteligencia artificial en el salón de clases como enfoque innovador para la mejora del aprendizaje por parte de estudiantes de primer ingreso de la Universidad Nacional de Costa Rica, Campus Liberia. A partir de un alcance de tipo descriptivo y un método cuantitativo, considerando una muestra de 274 educandos universitarios. Los resultados muestran que el estudiantado cuando usa IA desea recibir feedback constantemente, subrayando que la inteligencia artificial tiene una influencia positiva en su motivación y su compromiso con su aprendizaje. Asimismo, el 50% del estudiantado piensa que la IA debería formar regularmente de sus clases, mostrando una elevada apertura hacia la personalización de los aprendizajes y la utilización de tecnologías emergentes en los espacios áulicos.

Palabras clave: Aprendizaje, Enseñanza, Inteligencia artificial, Innovación, Salón de clases

1. Introducción

Existe una rápida evolución en las tecnologías a nivel global, un hecho que ha impactado en la colectividad de los espacios de la vida de las personas, incluyendo el trabajo, la salud, la economía y la educación. Recientemente, la transformación de los centros educativos (escuela, colegio, universidad), ha sido significativa respecto a la adopción de plataformas tecnológicas para la enseñanza. Como indican Latorre, C. et al., (2021), a fin de lograr perfiles de aprendizaje individuales y a la vez se puede predecir el desempeño académico de cada alumno o alumna, en este aspecto crucial la incorporación de tecnologías como la

inteligencia artificial. La inteligencia artificial (IA), permite procesar eficientemente grandes cantidades de datos, suficientes para crear los modelos que permitirán personalizar y apoyar la educación.

De acuerdo con Osetskyi et al. (2019) la inteligencia artificial (IA), se entiende como una herramienta tecnológica muy fuerte, donde se presenta la oportunidad de extenderse sobre todos los profesionales niveles del conocimiento, haciendo lo que genera una gran revolución en el ámbito educativo. Asimismo, establece que el aprendizaje automático incluye; algoritmos y modelos predictivos, entrenados para aprender por sí mismos. Siendo un subconjunto de la inteligencia artificial, que cada vez más está insertado en programas de software estándar. De hecho, a la IA se la considera una herramienta tecnológica poderosa que bien puede influir en todos los niveles profesionales y educativos.

Por otro lado, Bonami, et al. (2020) la define como; una rama de la computación que se ocupa de edificar máquinas inteligentes aptas para ejecutar actividades que requerirían talento arduo humano. Además, describe que la IA; es la ciencia de la computación que se encauza en el perfeccionamiento de máquinas inteligentes diseñadas para llevar a cabo tareas que requerirían inteligencia humana. Así, la IA puede funcionar más rápido y también puede realizar tareas que los humanos no pueden.

En este contexto, la integración de la inteligencia artificial en el sistema pedagógico asegurará que la atención presencial proporcionada al estudiante sea personal. Mejorando así, la calidad del aprendizaje, y el involucramiento del estudiante en su proceso de vida estudiantil. Por lo tanto, de acuerdo con García-Peñalvo (2023) la autorización de IA, puede ser una solución milagrosa tanto para los estudiantes como para los profesores. En fin, no solo brinda unas posibilidades extra de recursos en la implementación del currículo, tales como materiales pedagógicos creados para cualquier caso o circunstancias, sino que también proporciona un excelente soporte personalizado y entrenamientos tutoriales.

En este contexto, es crítico que todas las instituciones terciarias actuales enfrenten los problemas de la actual era de la información, revolucionando los viejos

y tradicionales métodos de enseñanza. Por lo tanto, los adelantos recientes en el contexto de la IA deben revolucionar el estilo de aprendizaje, así como de calidad en todos los estratos. Entre estos, es fundamental reconsiderar la metodología de enseñanza en el nivel terciario, con la reorientación de los programas de aprendizaje para incluir la alfabetización digital de todos los parámetros.

En su defecto, Zárate-Valverde (2021), manifiesta que, en la ejecución de aplicaciones de inteligencia Artificial en la docencia, se ha demostrado su potencial para leer varios datos y analizar la información vital; esto ha dado como resultado un uso totalmente nuevo de las ideas en la forma en que se aplican al estudio, y la atención educativa por parte de las personas. En consecuencia, es una herramienta indispensable para los tutores universitarios de aprendizaje en línea y para los profesores universitarios.

En esta misma perspectiva, Tinoco-Plasencia (2033) describe que la IA es un área de la computación que estudia el diseño y creación de agentes racionales con el objetivo de desarrollar sistemas informáticos que piensen como humanos o que actúen de forma racional. Así mismo, Moreno (2019) añade que es un área de la computación que se consagra en el estudio de la inteligencia humana y a la implementación de tales condiciones sobre máquinas y robots con base en un el análisis y desarrollo de sistemas de cualquier índole que sean competentes de llevar a cabo labores propias de la inteligencia humana, como la percepción, el aprendizaje, el razonamiento natural y la toma de decisiones, entre otras.

El crédito por el desarrollo de la IA se le otorga a Alan Turing, quien anunció su artículo "Computing Machinery and Intelligence" en 1950. En donde se describe la visión de la IA y se introduce la conocida prueba de Turing para verificar la inteligencia de una máquina. Ahora bien, Parra-Taboada et al. (2023) señala que en los años noventa también se presentaron avances relevantes que hicieron surgir lo que en la actualidad se llama IA, como lo fue la supercomputadora Deep Blue de IBM, la cual logró superar al campeón de ajedrez, Gary Kaspárov, en mayo de 1997.

Quintana et al. (2024) establece que la inteligencia artificial permite actualmente contar con entornos educativos virtuales que se adaptan al proceso de

aprendizaje específico de cada estudiante. La plataforma analiza la información y el progreso del estudiante para determinar la ruta óptima de aprendizaje. En este sentido, Lozada et al. (2023), “La inteligencia artificial tiene el potencial de mejorar de manera significativa la calidad de vida de los miembros de la comunidad educativa” (p.16).

Es importante mencionar que la inteligencia artificial se ha entendido en dos niveles: la creación de dispositivos inteligentes tecnológicos para que funcionen como una herramienta para los profesionales en las distintas ramas de las ciencias aplicadas y como una expresión experimental que ha reformado el sumario de enseñanza y aprendizaje por parte del estudiantado y profesorado en la educación de nivel superior. No obstante, plantea como propósito identificar las tendencias de la inteligencia artificial en la educación superior y su contribución al proceso de aprendizaje significativo, pertinente y contextualizado.

2. Marco teórico

Es innegable que las plataformas de inteligencia artificial tendrán un impacto revolucionario en la educación. De hecho, estas aplicaciones digitales no solo son versátiles, sino que también son poderosas. Las funciones de las plataformas de IA incluyen, pero no se limitan a: la generación de texto, matriz, texto o video, resumen de texto o video, imagen generada por texto, video generado por texto, rúbrica generada, plan de clases complementario.

Como lo mencionó Segovia (2023) las tareas que solían ocupar varias horas de trabajo, ahora las puede realizar en tiempo mucho menor. De hecho, gracias a algoritmos predictivos avanzados y actualizaciones de mejor resolución. Una vez más, estas son las plataformas a través de las cuales la IA acelera las tareas redefinir el panorama educativo, al acercar las tareas complejas a los docentes, siendo estas un camino de la herramienta integral que potencia la creatividad docente eleva la calidad educativa y redefine la percepción de planificar con mayores conocimientos.

Dicha tendencia de la vida moderna ha llevado a varias discusiones sobre el impacto de la inteligencia artificial en el escenario de la educación. Además del temor a la integridad de los trabajos académicos, esta preocupación también da lugar al uso compulsivo de herramientas de AI que reducirá la habilidad de los estudiantes para analizar y componer textos. En cambio, Rivera (2023) afirma que, en el ambiente de aprendizaje, las plataformas de la IA son excesivamente significativas a la luz de sus posibilidades efectivas para brindar a los estudiantes gran cantidad de información y la capacidad de procesar increíbles volúmenes de dicha información.

Según, Gallent et al. (2023) este recurso en particular se enfoca en reformar el proceso de aprendizaje y desencadenar un mayor conjunto de oportunidades para percibir el conocimiento, para que los estudiantes presenten la congruencia de observar, evaluar y seleccionar la información relevante de manera diferente. A pesar de todo esto, sin embargo, sería correcto notar que ambos entornos hacen que los profesores y los alumnos presenten estrategias más completas y novedosas para utilizar el recurso. Esto proporciona una gama atractiva de herramientas de evaluación distribuida con licencia, que otorgan a los profesores un margen de responsabilidad con respecto a los ajustes y procedimientos personalizados de la experiencia académica en clase.

Martín-Marchante (2022) señala que la inteligencia artificial es un dispositivo tecnológico que permite a los educandos expresarse y colaborar en línea, lo que fomenta la interacción, atraer más ideas y opiniones, realizando un aprendizaje activo. Por esta razón, cada estudiante puede utilizar la inteligencia artificial para producir contenido digital, como pódcast, videos, imágenes, presentaciones en línea y más. Por lo que es un beneficio que los estudiantes expresen sus opiniones de forma creativa, al mismo tiempo que mejora sus habilidades digitales y de pensamiento crítico.

Raza y Zimic (2024) afirman que la naturaleza destructiva definitivamente establece la IA como uno de los aspectos más omnipresentes en el portafolio de Internet. En el contexto educativo, no debería considerarse una desventaja, sino

una oportunidad. Así también, en el ámbito educativo y en la promoción de las competencias digitales del siglo XXI, se debe fomentar la adquisición de habilidades, siempre que no se propicie un uso irresponsable de la información. Ayala-Hernández y Haro-Esquivel (2024) mencionan que estamos en el inicio de transformaciones profundas, la mayoría de ellas producidas por los avances tecnológicos y la adaptación de un movimiento curricular enriquecido por la innovación, sobre todo, en el ámbito educativo.

La aplicación de nuevas tecnologías de IA en el ámbito educativo tiene un enorme potencial para acrecentar la disposición de vida de la humanidad, pero solo es posible si se implementa cuidadosamente para garantizar que todas las nuevas tecnologías de IA estén alineadas con los enfoques centrados en la humanidad para la enseñanza y en relación con protección de los principios éticos. Según Rodríguez-González et al. (2021) el propósito central de la IA, en el proceso de enseñanza – aprendizaje, es profundizar la usanza de aprendizaje en los alumnos de todo el mundo, y a la vez enriquecer a los educadores y potenciar la eficacia de los sistemas de LMS.

Los avances rápidos y la facilidad de acceso ante un clic de las plataformas de IA están siendo sentidos. Este espíritu de simplicidad no solo está llevando a un crecimiento acelerado de la tecnología en todas las facetas, sino también a la innovación educativa que ahora está cambiando radicalmente el panorama mundial.

3. Metodología

Se trató de una investigación con enfoque cuantitativo, la cual tuvo su profundidad descriptiva y en un estudio no experimental transversal. Se trabajó con la estadística descriptiva, mostrando las cantidades tanto absolutas como relativas a lo largo de la misma.

De acuerdo con lo mencionado, las técnicas utilizadas para la recolección de datos fueron la revisión de literatura y la encuesta, siendo esta última la que más considera el componente descriptivo del estudio. Asimismo, la muestra se estructuró a través de la plataforma tecnológica *Google Forms*, permitiendo alcances en los datos presentados extendidos y de comparabilidad en los resultados.

3.1. Muestra y procedimiento

El muestreo fue probabilístico aleatorio simple con un nivel de confianza del 95% y un error máximo aceptable del 5 %, lo cual da como resultado una muestra probabilística de 274 estudiantes inscritos en el I Ciclo del año 2024 en la Universidad Nacional de Costa Rica, Campus Liberia. El 55,8 % eran mujeres y el 44,1 % hombres con edades entre los 17 y 21 años.

4. Resultados

Los hallazgos obtenidos a partir de estas encuestas proporcionan valiosos insights sobre cómo los estudiantes ven y perciben estas tecnologías emergentes para ser utilizadas en este contexto. Con un total de 274 respuestas proporcionadas, la encuesta abordó cuatro preguntas importantes en términos de confort con la IA, el tipo de herramientas que ofrecen mayor ventaja, con qué frecuencia deberían utilizarse en clase, sobre qué aspectos hay expectativas y cuál es la principal ventaja que se esperan del uso de soporte AI. Estos resultados y el análisis correspondiente no solo permiten concluir esta encuesta en términos de lo que a los estudiantes les gustaría para su proceso de aprendizaje en el aula.

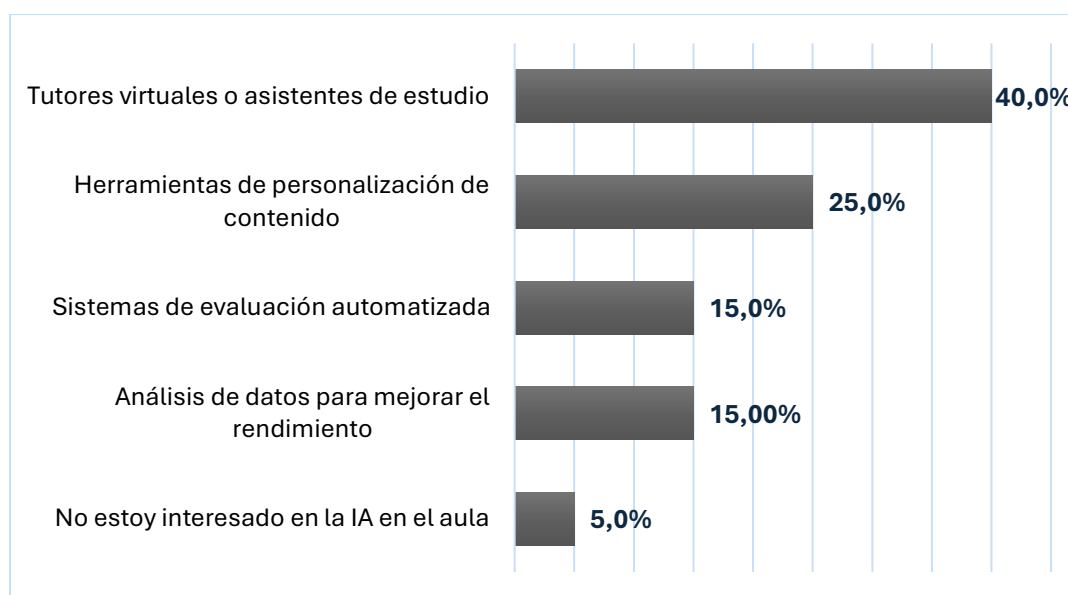
Lo que se refiere a las respuestas de la pregunta formulada para medir la comodidad de los estudiantes al utilizar la inteligencia artificial para apoyar su aprendizaje en el aula, se observa una tendencia positiva a la adopción (figura 1). Un total combinado del 65% de los encuestados se siente “Muy cómodo” y “Cómodo” el 25% y el 35%, respectivamente, lo que sugiere que un segmento relativamente grande de los estudiantes no tiene ningún problema con el uso de herramientas de IA, y, además, ve las aplicaciones de dicha tecnología como relevantes y útiles para su proceso educativo. Esto puede estar relacionado con la popularidad de la tecnología en el aula y la mayor cantidad de interacción que los estudiantes tienen con ella, lo que les permite comprender mejor las ventajas de la IA, como la personalización y el acceso rápido a los recursos.

No obstante, el otro 25% de los participantes, que clasificó la declaración como “Neutral”, “Incómodo” o “Muy incómodo”, todavía representa una valiosa oportunidad para investigar y responder a sus preocupaciones. Entre estos

participantes, puede haber muchas personas que no han tenido una exposición positiva ni informativa a las IA, sin embargo, están abiertas a la idea. Eso significa que no han experimentado la alegría de ver los beneficios de la IA y los desafíos, lo que la convierte en desafíos desconocidos, temidos y claramente indeseables. Todas estas cosas también se aplican a las preocupaciones sobre la eficacia, sobre la interacción humana y sobre la privacidad y la ética. Por lo tanto, es importante que los sistemas educativos desarrollen y utilicen estrategias para informar, capacitar y ofrecer apoyo a estudiantes de todas las categorías mientras abordan los miedos y fortalecen la confianza.

Figura 1

Experiencia de aprendizaje de inteligencia artificial



Nota: elaboración propia, 2024.

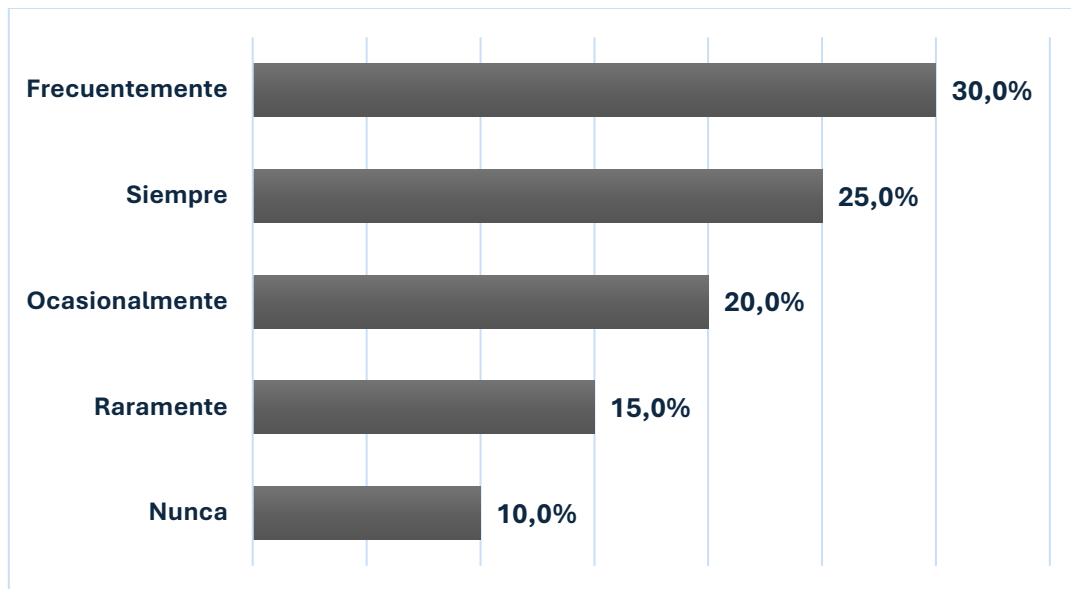
Es importante hacer referencia a los resultados de la encuesta sobre las respuestas de los estudiantes a la frecuencia con la que creen que deben integrarse herramientas basadas en IA en sus clases. El análisis de los datos sugiere un alto interés de los estudiantes por la implementación de estas tecnologías en su proceso de aprendizaje.

Sobre la base de las opciones de respuesta con más puntuaciones, se puede inferir que el 50% de sus encuestados indicaron que la IA debería ser parte de sus clases “siempre” (figura 2). Los hallazgos anteriores pueden entenderse como la disposición de las mentes jóvenes a incorporar varias formas de IA en su experiencia de aprendizaje. Más específicamente, se puede considerar que muchos estudiantes ven las posibilidades en que la IA mejora su educación a través de la personalización del contenido, la retroalimentación instantánea y el apoyo adicional a lo largo del proceso de aprendizaje. Sin embargo, al mismo tiempo, también es significativo observar que el 25% del estudiantado encuestado veía cómo las tecnologías anteriores “deberían ser revisadas ‘ocasionalmente’ y ‘raramente’”. Quizás, 15% aluden a las expresadas “raramente” y 10% a las clases que “no deberían” intentar usar IA.

Este grupo también podría reflejar preocupaciones sobre el equilibrio entre la interacción humana y el uso de la tecnología y obras, y las restricciones de IA en comparación con los cursos normales. Además, la incertidumbre sobre la efectividad y la moral de la IA en el aula, lo que para dudar del impacto de las obras en el aprendizaje. Por lo tanto, es vital que los profesores consideren y resuelvan el tema de los beneficios mentales para garantizar que la depuración de los algoritmos IA sea efectiva y proporcione un diseño claro y dirección sobre cómo y cuándo usar obras para obtener el máximo provecho y mantener la humanidad de aprendizaje.

Figura 2

Frecuencia de integración de inteligencia artificial, en salón de clases



Nota: elaboración propia, 2024.

Los estudiantes que completaron la encuesta sobre los beneficios esperados del uso de la IA para el aprendizaje tuvieron una idea clara de las oportunidades que estas tecnologías ofrecen (ver figura 3). El 50% respondió que “una experiencia de aprendizaje más personalizado” era el beneficio clave. Por lo tanto, muchos miembros de la generación joven consideran la IA como el medio que les permite a ellos mismos adaptar el proceso educativo a su propio en línea proceso y estilo de aprendizaje. Tal enfoque puede ser beneficioso, ya que abriría la posibilidad para que los estudiantes aprendan a su propio ritmo y reciban la información más relevante para sus intereses y habilidades.

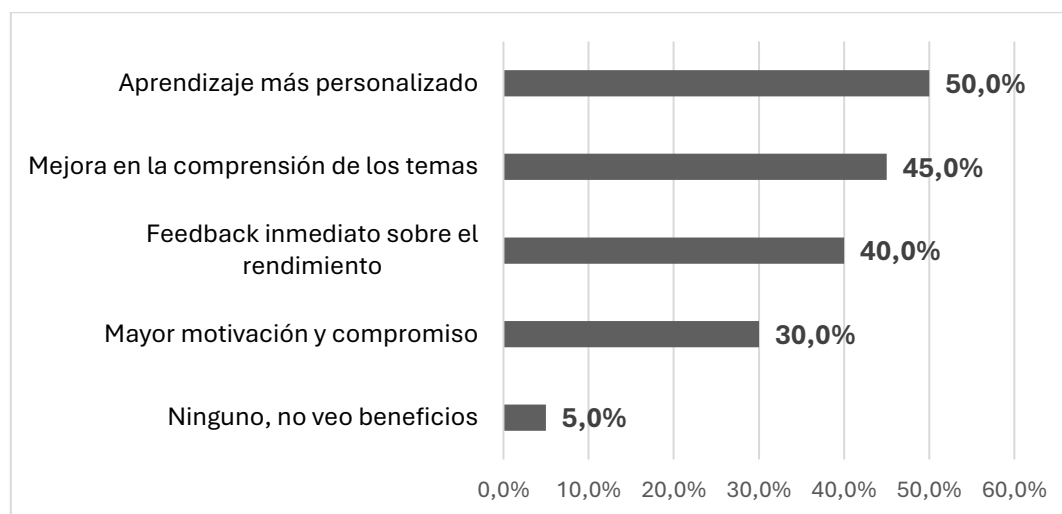
Además, un 45 % de los encuestados señalaron “Mejora en la comprensión de los temas” como una ventaja esperada, mientras que un 40 % notaron la importancia del “Feedback inmediato sobre el rendimiento”. Estos resultados enfatizan el deseo de los estudiantes de recibir retroalimentación más regular y fácilmente accesible para identificar áreas de mejora y consolidar la comprensión del tema; al mismo tiempo, es notable, los estudiantes mencionan “Motivación y

compromiso” – 30 % en el ajuste, que sugiere que los estudiantes perciben la IA no como un tutor que les dicta el contenido de un curso, pero como un factor de influencia en su interés en el compromiso con el proceso educativo.

Solo el 5 % de las respuestas del nivel “Sin beneficios” puede indicar que una proporción considerable de los estudiantes no tienen expectativas del todo positivas sobre la acometida de la IA. Los educadores beneficiarían de este conocimiento al implementar la IA para asegurarse de que realmente cumplen y apoyan las necesidades del estudiantado.

Figura 3

Beneficios de inteligencia artificial



Nota: elaboración propia, 2024.

Los resultados de la encuesta proporcionan una imagen positiva en el sentido de que los estudiantes se sienten cómodos con la IA en la educación. Dado el número abrumador de participantes que ha usado herramientas de IA, tiene una disposición positiva a la integración de la IA en las clases, e incluso tiene sus beneficios específicos en mente, es evidente que la IA podría revolucionar completamente el proceso de aprendizaje. No obstante, también queda claro que hay desafíos y problemas que necesitan ser resueltos para que la IA sea maximizada. Al considerar cómo satisfacer los deseos y al mismo tiempo abordar

las preocupaciones de las personas estudiantes, las instituciones educativas pueden crear una estrategia que no solo contribuya a los beneficios esperados del aprendizaje más personalizado y un feedback más rápido, sino que también incite a los estudiantes a tener más confianza y confort al utilizar estas herramientas.

5. Conclusiones

La inteligencia artificial puede incorporarse para simular las funciones del cerebro humano. Al hacerlo, los programas o software pueden interactuar con los discentes y mejorar en la evolución del aprendizaje, como; el amparo de la IA en el ambiente universitario transformaría por completo el modelo de enseñanza y aprendizaje.

Con esta innovación tecnológica, se espera que se amplíe la capacidad de personalización de dicho proceso educativo, alineando sus metodologías mediante herramientas adaptativas que se adapten individualmente a cada estudiante en función de su comportamiento y sus necesidades condicionales. Sin embargo, es necesario recordar que, más allá de esta aparente “comodidad” artificial, el propósito final siempre será asegurar que el estudiante termine adquiriendo un conocimiento autónomo y significativo.

En esta perspectiva, es necesario que países menos aventajados en la utilización de esta tecnología establezcan objetivos y retos a través de políticas específicas que fomenten la inserción de la inteligencia artificial en la educación, siguiendo los principios éticos para resguardar los datos de los educandos y evitar el calco semántico. Especialmente en el ámbito educativo, debe fomentarse la formación, que abarque desde la integridad de la incorporación de las herramientas y plataformas de inteligencia artificial a la adquisición de conocimiento, hasta la interpretación e instrumentación de los datos generados por las mismas, para mejorar la ratificación docente. Con lo cual, existen dificultades en la formación de estrategias para el aprendizaje que puedan llevarse adelante; colocando al usuario o usuario en riesgo, en su utilización.

El sistema educativo actual se adhiere a la era tecnológica, en la que la IA está entre los principales habilitadores de dicha revolución. Sullcahuamán et al. (2022) establece que la IA; como es un fenómeno que trae cambios significativos, plantea desafíos y oportunidades para el desarrollo de la enseñanza. Como tal, los educadores, los alumnos, los administradores y las familias deben comprender la existencia de la herramienta en el sumario de enseñanza y aprendizaje.

Dado lo anterior, la docencia debe estar preparada para incorporar herramientas tecnológicas a sus metodologías de enseñanza y propender a la digitalización de las aulas; esto no solo equivale a una comprensión básica, sino a un nivel avanzado de conocimiento. Este aspecto se vuelve un desafío constante en el ámbito de la enseñanza, puesto que las casas de estudio deben mantenerse vigentes profesionalmente y a la par de la tecnología.

Así, los desafíos de la inteligencia artificial en el encuadre de la educación son grandes, pero implican grandes oportunidades. Por tanto, es importante determinar de qué manera la inteligencia artificial puede ser implementada en la vida de la comunidad de educación, y cómo las ventajas pueden ser aprovechadas y los riesgos minimizados. Los defensores de la inteligencia artificial argumentan de manera convincente que la disposición de optimizar la calidad de vida, hacer que la economía sea más eficiente en múltiples aspectos, ayudar a las personas a tomar decisiones informadas, y sobre todo a innovar y progresar tecnológicamente.

Cabe señalar que el aprendizaje es mucho más efectivo cuando un estudiante recibe material y actividades diseñadas que se ajustan tanto a su nivel de habilidad, su estilo de aprendizaje y, en general, sus áreas de interés; los padres también deben estar informados sobre cómo una IA les proporciona a los educadores información precisa sobre el progreso y el desempeño académico de sus estudiantes. A través de diversas plataformas y herramientas educativas, los padres pueden monitorear y controlar el desempeño de sus hijos, recibir actualizaciones regulares sobre la progresión de sus tareas y proyectos, y colaborar de cerca con los profesores para que se conviertan en socios en la labor de ayudar a sus hijos a aprender.

En pocas palabras, más allá de los desafíos, la inteligencia artificial presenta excelentes oportunidades para la transformación educativa. Personalizar el aprendizaje, la enseñanza, identificar patrones de rendimiento estudiantil, emitir retroalimentación inmediata y aumentar la eficiencia de la administración, de convertir en un tema funcional con la ayuda de la tecnología. Un enfoque para enfrentar de manera proactiva, unida y colaborativa a estos desafíos permitiría a las partes interesadas aprovechar el poder transformador global de la IA para hacer que el sector sea más efectivo y accesible.

Bibliografía

Ayala Hernández, P., y Haro Esquivel, G. (2024). Mejorando la Comunicación en el Aula: Modelo de Educación Basado con Inteligencia Artificial. *Estudios Y Perspectivas Revista Científica Y Académica*, 4(2), 1135–1172. <https://doi.org/10.61384/r.c.a.v4i2.279>

Bonami, B., Piazzentini, L., y Dala-Possa, A. (2020). Education, Big Data and Artificial Intelligence: Mixed methods in digital platforms. [Educación, Big Data e Inteligencia Artificial: Metodologías mixtas en plataformas digitales]. *Comunicar*, 65, 43-52. <https://doi.org/10.3916/C65-2020-04>

Dávalos Sullcahuamán, E. F., Paca Pantigoso, F. R., Soria Aguilar, E., y Dávalos Sullcahuamán, J. (2022). Inteligencia artificial y gobierno digital durante la covid 19 en una institución prestadora de salud, 2021-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 3897-3931. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2896

Gallent Torres, C., Zapata González, A., y Ortego Hernando, J. L. (2023). El impacto de la inteligencia artificial generativa en educación superior: una mirada desde la ética y la integridad académica. *RELIEVE - Revista Electrónica De Investigación Y Evaluación Educativa*, 29(2). <https://doi.org/10.30827/relieve.v29i2.29134>

García-Peñalvo, F. J. (2023). La percepción de la Inteligencia Artificial en contextos educativos tras el lanzamiento de ChatGPT: disrupción o pánico. *Education*

in the Knowledge Society (EKS), 24, e31279.
<https://doi.org/10.14201/eks.31279>

Latorre, C., Sierra, V., y Lozano, R. (2021). El docente del siglo XXI. Enfoques y metodologías para la transformación educativa. Prensas de la Universidad de Zaragoza. <https://bit.ly/3aQZEdD>

Lozada Lozada , R. F., Lopez Aguayo, E. M., Espinoza Suquilanda, M. de J., Arias Pico, N. de J., y Quille Vélez, G. E. (2023). Los Riesgos de la Inteligencia Artificial en la Educación. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 7219-7234. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8301

Martín Marchante, B. (2022). The use of ICTs and artificial intelligence in the revision of the writing process in Valencian public universities. *Research in Education and Learning Innovation Archives*, (28), 16–31. <https://doi.org/10.7203/realia.28.20622>

Mendoza Vega, A. J., Guadamud Muñoz, J. D., Santana Castro, E. K., Chiriboga Palacios, I. A., y Vera Arias, M. J. (2024). Uso De Las Plataformas de Inteligencia Artificial en el Contexto Educativo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 10996-11009. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10412

Mogro, M. C. A. (2023). Inteligencia Artificial y el sujeto: ¿Menos o más lugar a la falta?. *Revista Kipus Cientificus*, 3(3), 111-126. <https://revistas.umss.edu.bo/index.php/kipus-cientificas/article/view/1089>

Moreno Padilla, R. D. (2019). La llegada de la inteligencia artificial a la educación. *Revista De Investigación En Tecnologías De La Información*, 7(14), 260–270. <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.022>

Osetskyi, V., Vitrenko, A., Tatomyr, I., Bilan, S., y Hirnyk, Y. (2019). Artificial intelligence application in education: *Financial implications and prospects. Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 2, 574-584. <https://fkd.net.ua/index.php/fkd/article/view/3019>

- Parra-Taboada, M. E., Trujillo-Arteaga, J. C., Álvarez-Abad, D. R., Arias-Domínguez, A. S., y Santillán-Gordón, E. (2024). El impacto de la inteligencia artificial en la educación. *Revista Científica Retos De La Ciencia*, 1(4), 169–181. <https://doi.org/10.53877/rc.8.19e.202409.14>
- Quintana, E. Y. B., Ramos, M. M. P., Loor, A. I. C., y Zambrano, S. V. B. (2024). Tendencia de la inteligencia artificial en la Educación Superior en América Latina (Revisión). Roca. *Revista científico-Educacional De La Provincia Granma*, 20(4), 672-694. <https://revistas.udg.co.cu/index.php/roca/article/view/4676>
- Raza , M., & Zimic, M. (2024). Inteligencia artificial: transformando nuestra vida diaria. *Acta Herediana*, 67(1), 43–47. <https://doi.org/10.20453/ah.v67i1.5564>
- Rodríguez-González, A., García-Peñalvo, F. J., y Paderewski-Rodríguez, P. (2021). Artificial Intelligence in Learning Environments: *A Review of the Last Decade (2010–2020)*. *Education Sciences*, 11(4), 144. <https://doi.org/10.3390/educsci11040144>
- Segovia García, N. (2023). Percepción y uso de los chatbots entre estudiantes de posgrado online: Un estudio exploratorio. *Revista de Investigación En Educación*, 21(3), 335-349. <https://doi.org/10.35869/reined.v21i3.4974>
- Tinoco-Plasencia, C. J. . (2023). Empleo de la inteligencia artificial en la educación universitaria: una revisión sistemática. *Paideia XXI*, 13(2), 359–375. <https://doi.org/10.31381/paideiaxxi.v13i2.6002>
- Zárate Valverde, R. (2022). Una vista a las oportunidades y amenazas de la inteligencia artificial en la educación superior. *Revista Académica Institucional*, 3(2), 49–61. <https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/57>

Laboratorio de ciencias: Experimentos para concientizar sobre el cambio climático

Diana Jiménez Robles

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

diana.jimenezrobles@ucr.ac.cr

Resumen: Este artículo describe la importancia de implementar laboratorios de ciencias con un enfoque educativo para el cambio climático. Entre las estrategias implementadas, destaca el uso de tecnología como sensores de presión, temperatura, oxígeno y dióxido de carbono; el Aprendizaje Basado en el Fenómeno y la inclusión de una estrategia denominada “conversaciones climáticas”, para promover la reflexión y socialización entre las personas participantes. A su vez se propició la reflexión sobre los efectos sociales y económicos del cambio climático, conectando el aprendizaje con situaciones reales. Como parte de los aprendizajes de este pilotaje, donde participaron docentes de distintas disciplinas, fue mostrar cómo los experimentos científicos pueden ser aplicados en áreas como estudios sociales, tanto en primaria como en secundaria, para abordar temas como desastres naturales. La propuesta de estos experimentos buscó propiciar espacios de enseñanza a aprendizaje de la ciencia como una experiencia dinámica y significativa.

Palabras clave: Tecnología educativa, Laboratorio escolar, Cambio climático, Habilidades, Aprendizaje activo.

1. Introducción

Cuando se trabaja con temas asociados a las condiciones climáticas y como estas delimitan las características de una zona, el territorio costarricense se convierte en un espacio valioso por su diversidad en microclimas. Esto gracias a su topografía y su ubicación geográfica; lo que le convierte en un recurso importante para formar a una ciudadanía joven con conciencia ambiental local y global. Es por ello que se considera fundamental que el cuerpo docente comprenda la relevancia de un enfoque educativo vinculado al cambio climático. No sólo como una tendencia actual, sino como un elemento educativo versátil.

Tal y como lo exponen Cruz y Páramo (2020), es necesario aprovechar el potencial educativo asociado al cambio climático desde un enfoque multidisciplinario, que incorpore estrategias educativas donde se analice tanto la componente científica (atmosféricos, hidrológicos, entre otros), así como la percepción del desastre natural y las percepciones sociales sobre el cambio climático, y cómo este conocimiento pueda generar cambios importantes en las comunidades.

La principal razón que motivó la realización de esta propuesta de taller que se llevó a cabo durante este congreso, fue el de generar espacios educativos o formativos desde la interdisciplinariedad. Donde se promoviera una formación integral de la ciudadanía, a partir de una visión más amplia de la propuesta didáctica apoyada en la realización de experimentos y diálogos, en espacios de aprendizaje donde pudieran converger diferentes realidades educativas.

2. Aprendizaje basado en el fenómeno

En el caso de nuestra educación científica en secundaria, similar a otras propuestas educativas, suele ser algo rígida con relación a los contenidos y el orden en que se estudian. Donde cada área de la ciencia se estudia en momentos distintos. Y, además, cada disciplina (matemáticas, estudios sociales, español, etc) posee pocas o nulas oportunidades para realizar trabajo colaborativo. A pesar de esto, es necesario no perder de vista las posibilidades y ventajas que la incorporación de estrategias como el aprendizaje basado en la indagación, el aprendizaje basado en problemas o el aprendizaje basado en el fenómeno, fundamentadas en el constructivismo, puedan aportar en el diseño didáctico. Es importante señalar que en el contexto costarricense nos enfocamos en la indagación, mientras que en otros escenarios se ha incorporado el Aprendizaje Basado en el Fenómeno. Por el potencial que se tiene de ampliar los temas en estudio acorde con los intereses del estudiantado, sin perder el eje central de la propuesta curricular oficial.

El Aprendizaje Basado en el Fenómeno, tal y como lo describen Schaffar y Wolff (2024, p. 11) es “a way of learning that is situated in the students’ realities

(lifeworlds), involves embodiment and emotions intertwined with cognitive knowledge” [una forma de aprendizaje que se sitúa en la realidad o cotidianidad del estudiantado, que incluye su forma de ver las cosas y las emociones se entrelazan con el conocimiento cognitivo]. Que a su vez constituye un “... dialogue with the world, reflecting on what the world asks for, what the world has to say, and what the world tries to teach about [... diálogo con el mundo, reflejado en las interrogantes del mundo, lo que el mundo tiene para decir, y lo que el mundo trata de enseñar]. A partir de esta definición, ubicándonos en la enseñanza de las ciencias, el fenómeno científico debe verse no de forma aislada, sino que su estudio debe incorporar el impacto que este tiene con el desarrollo del ser humano y su estilo de vida.

Y muy importante, sin encasillar el término fenómeno como un evento natural. Sino que ese “fenómeno” en estudio puede concretarse a partir de una imagen, un suceso, un experimento, etc. Y que puede desarrollarse a partir de una guía detallada del docente, de una lluvia de ideas del estudiantado, o de una investigación abierta. Por ejemplo, para iniciar un proceso de estudio, se puede tomar la imagen de un anfibio y convertir a esta representación en mi “fenómeno” de estudio. Y empezar a generar líneas de indagación a partir de ella, según la curiosidad e intereses del estudiantado (Hansson, 2019).

3. ¿Por qué es importante enseñar sobre el cambio climático en el contexto educativo actual desde la propuesta de Enseñanza Basada en el Fenómeno?

La educación para el cambio climático es un enfoque educativo que busca la implementación de actividades donde se desarrollen habilidades y las actitudes necesarias para comprender y enfrentar los desafíos del cambio climático. Uno de los argumentos que propone McCowan (2022) para justificar la incorporación del tema climático en las aulas, es que brinda una oportunidad de exploración epistemológica. Es decir, a través del estudio de la problemática del cambio climático con el estudiantado, se puede a su vez explorar de dónde viene el conocimiento que se tiene sobre los fenómenos climáticos. Cómo esta problemática ha cobrado validez por medio de la evidencia científica derivada de las

investigaciones y cómo esto ha representado el fundamento para las acciones que se han tomado a nivel social y político.

Además, los efectos del desbalance que las prácticas humanas traen en el medio ambiente son una realidad, y es a través de la educación que se logra comprender el entorno, y la necesidad de tomar conciencia de que papel jugamos en este sistema y en sus cambios. Cambios acompañados de evidencia científica, que debe ser comprendida para poder tomar acciones, tanto para estas generaciones como para las futuras generaciones.

Hay que recordar que la educación para el cambio climático y el aprendizaje basado en el fenómeno, son recursos versátiles en los procesos de formación, que se pueden convertir en una herramienta de uso de la persona educadora para generar espacios disruptivos, alejados del enfoque tradicional de ver a los fenómenos naturales y facilitar procesos de enseñanza aprendizaje desde un enfoque más integral (McCowan, 2022).

4. Experimentación: uso de la demostración y el equipo de Labquest y sensores de presión, temperatura, oxígeno y dióxido de carbono

Para captar la atención del estudiantado de manera más efectiva es importante incorporar a las dinámicas de aula la experimentación, la inclusión de recursos tecnológicos, la simulación de situaciones o retos a los que nos podríamos enfrentar en la cotidianidad, e incluso las redes sociales (McCowan, 2022). Y para que esta incorporación de recursos sea efectiva es necesario que la persona docente tenga la confianza y el conocimiento para su mejor uso. En la figura 1 se puede apreciar a las personas participantes utilizando el equipo durante del taller, con su montaje y la toma de los datos y la generación de gráficos para su análisis.

Figura 1

Los participantes del taller realizaron experimentos donde utilizaban el LabQuest y los sensores de presión, temperatura, CO₂ y O₂



Estos equipos, según lo describe Caamaño (2011), permiten la captación automática de datos mientras el fenómeno está ocurriendo, mediante diversos sensores acoplados a una interfaz o a una computadora. Los principales beneficios de trabajar con este tipo de recursos tecnológicos, es que se puede realizar un análisis de las variables en ese mismo momento, por medio de sus datos. Y observar a través de gráficas como el comportamiento de una de ellas incide en otra. Volviendo más dinámica la interacción entre el fenómeno y los datos observados por el estudiantado, ya que es posible dedicar parte “del tiempo de laboratorio a analizar y discutir los resultados de las mediciones y a discutir sobre los conceptos asociados, en lugar de dedicarlo a la toma de datos como en los trabajos de laboratorio tradicionales (p. 183)” que se hacen de forma manual. En esta propuesta se trabajó con sensores de presión, temperatura, oxígeno y dióxido de carbono.

Otro ejemplo en donde se ha incorporado este tipo de equipo es en la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Universidad de Costa Rica. Donde el fortalecimiento de la componente tecnológica en la formación científica fue uno de los pilares clave de su proceso de reestructuración. Dando paso a la realización de

este tipo de talleres impartido en congresos, con población de docentes en ejercicio. O bien, actividades como las celebraciones en la Semana Ambiental del 2021 denominado “Taller con LabQuest-Ciencias Naturales”, donde se implementaron herramientas STEM como una estrategia para mejorar la comprensión de fenómenos naturales. En dicha actividad participaron docentes nacionales e internacionales, y el estudiantado de dicha carrera, quienes se encargaron de recolectar datos de luminosidad y temperatura en los alrededores de la Facultad de Educación (Facultad de Educación, 2021).

5. Experiencias de los experimentos propuestos para el taller

A continuación, se describen los experimentos propuestos como laboratorio de ciencias para concientizar sobre el cambio climático.

5.1. Experimento: Fotosíntesis y respiración

El propósito de este experimento es medir la cantidad de oxígeno consumido por las plantas, así como la cantidad de dióxido de carbono generado durante el proceso de fotosíntesis. Los recursos utilizados para el experimento fueron sensores de gases que permiten recolectar datos en tiempo real de las concentraciones de CO₂ y O₂ por medio de un LabQuest. Para mantener el gas confinado, debe colocarse a las plantas y a los sensores dentro de un recipiente especial llamado BioChamber. Durante el experimento, las plantas pueden exponerse a diferentes condiciones de luz y oscuridad, como una variable más del experimento, para observar cómo varía la tasa de fotosíntesis.

A partir de esta experiencia, se pueden asociar los datos recopilados del fenómeno con procesos del medio ambiente relacionados con el equilibrio climático, ya que las plantas actúan como sumideros de carbono, absorbiendo CO₂. Todo asociado al calentamiento global y al desbalance en los ciclos naturales, provocado por actividades humanas como la deforestación y el uso excesivo de combustibles fósiles, por mencionar algunos.

5.2. Experimento: Variación de la presión de un gas en función de la temperatura

El propósito de este experimento es medir la relación entre la presión y la temperatura de un gas en un sistema cerrado, utilizando un Erlenmeyer, un sensor de temperatura y un sensor de presión de gas. El volumen y la cantidad de gas permanecen constantes durante el experimento. Para las mediciones se deben preparar 3 recipientes, donde pueda colocarse el Erlenmeyer, con tres condiciones diferentes: uno con agua con hielo, otro con agua a temperatura ambiente y otro con agua caliente. Mientras se cambia el Erlenmeyer de recipientes por espacios de al menos 1 minuto entre recipientes, se puede observar cómo los cambios en la temperatura afectan la presión del gas. Esto permite identificar la relación entre ambas variables, a través del análisis de un gráfico y del ajuste de curva para relacionar los datos con su modelo matemático. En el escenario que engloba el cambio climático, este experimento puede convertirse en un recurso para explicar cómo el aumento de la temperatura global influye en los patrones de alta y baja presión atmosférica, lo que a su vez impacta en la formación de tormentas y otros fenómenos meteorológicos.

5.3. Demostración: Alta y baja presión en un fluido

El objetivo de esta demostración es observar el comportamiento de un fluido cuando se expone a diferentes temperaturas. El concepto de Alta y baja presión en un fluido se explica en esta demostración por medio de las diferencias de temperatura del entorno, y cómo esto afecta la presión y el movimiento de fluidos, simulando lo que ocurre en la atmósfera terrestre. La presión atmosférica varía según la altitud y la temperatura, influyendo en fenómenos meteorológicos como la formación de nubes, vientos y tormentas. Para llevar a cabo esta demostración, se utilizó un recipiente de vidrio (similar a una pecera), con unas dimensiones de aproximadamente 35cmx45cmx55cm. En una esquina superior se coloca una muestra de hielo (se puede usar una malla) y en la otra esquina pero inferior, se coloca una roca caliente. Luego, se utilizan colorantes (de colores que contrastan, como rojo y azul) que permiten visualizar cómo el agua fría y densa desciende

alrededor del hielo, mientras que el agua caliente y menos densa se eleva alrededor de la roca caliente. Estas diferencias de temperaturas simulan lo que ocurre en la atmósfera: el aire caliente tiende a subir, creando zonas de baja presión, mientras que el aire frío desciende, generando zonas de alta presión. En la naturaleza, este tipo de diferencias de presión generan sistemas meteorológicos como frentes fríos, vientos y tormentas. El aire caliente, por ejemplo, al ascender provoca bajas presiones que favorecen la formación de nubes y precipitaciones.

6. Importancia de la socialización de experiencias y percepciones durante los experimentos

Durante las actividades se incluyó un espacio de conversaciones sobre temáticas climáticas paralelo a la realización de los experimentos en torno a los fenómenos naturales. Tomando como base un material sobre Conversaciones Climáticas, como propuesta metodológica que se puede aplicar con distintas poblaciones, y que propicia espacios para exponer las emociones y percepciones sobre el tema (Dirección Cambio Climático Costa Rica, 2021). Para que la población participante pudiera asociar las condiciones características de las variables en un experimento controlado y su relación con los fenómenos atmosféricos ligados al cambio climático. Como estrategia de contextualización, se utilizó un breve documental donde se expuso sobre los cambios de temperatura de una zona de bosque lluvioso en la zona pacífica del país. Con la intención de que esto pudiera luego ubicarlos en la descripción de sus contextos, y compartir sobre los cambios ambientales en la zona en que habitaban.

Es relevante resaltar la importancia que tiene este tipo de dinámicas, al considerar las concepciones previas del estudiantado, en especial cuando se habla de una propuesta educativa basada en el constructivismo, donde cada individuo construye su propio conocimiento a partir de estas bases. De ahí que esto se relacione con lo que conocemos en términos educativos como aprendizaje auténtico, un aprendizaje ligado a situaciones de la vida real. Que debemos de entender no como conceptos científicos independientes según sus áreas de estudio, sino desde la transdisciplinariedad, donde cada enfoque permite una comprensión

integral de la situación en estudio (Keller, Stötter, Oberrauch, Kuthe, Körfgen, & Hufner, 2019). Además, de relacionar estos fenómenos con las afectaciones a nivel social, económico e incluso emocional, de las poblaciones ubicadas en los espacios donde se podrían presentar los eventos naturales y reflexionar sobre aspectos como la organización territorial y la importancia del criterio experto en la toma de decisiones.

7. Conclusiones

Contextualizar la ciencia, y darle relevancia a lo aprendido es esencial para que se den espacios de aprendizaje con sentido de utilidad en la cotidianidad. Parte de lo aprendido en este primer pilotaje del taller, es lo enriquecedor que se vuelve el aprendizaje cuando se tiene la oportunidad de compartir experiencias.

La interacción entre las conversaciones sobre el cambio climático mientras se realizaban los experimentos permitió desarrollar una atmósfera de más confianza y tranquilidad mientras se montaba y usaba el equipo. Considerando que las personas participantes nunca habían interactuado con este tipo de recurso tecnológico, y al final pudieron ensamblar y medir los datos requeridos sin mayor complicación. Lo que mostró que es un equipo de captura de datos intuitivo y de manejo sencillo. Lo que sí requirió de más apoyo fue la interpretación de los datos, son moderando que el perfil de la población docente participante era de primaria y de estudios sociales.

Con respecto a los sensores, se conversó con las personas participantes sobre los costos y las posibilidades que tienen las instituciones educativas de adquirir este tipo de recursos tecnológicos. Pero se expuso la posibilidad de utilizar los sensores incorporados a los celulares, como una alternativa en ocasiones más accesible, ya que con ayuda de aplicaciones descargables (en su mayoría gratuitas o, en algunos casos, de uso limitado) se permite la inclusión de esta parte experimental y la toma de datos sencilla en las actividades de clase. Para luego realizar un análisis gráfico y numérico del fenómeno estudiado (González, Díaz, Merino, Bautista, y Sánchez, ,2023, p. 3360).

Para finalizar, lo más interesante del taller fue escuchar de estas personas docentes, que enseñan temáticas que no se relacionan directamente con las ciencias naturales, ver el potencial del experimento para captar la atención del estudiantado en temas de estudios sociales por ejemplo. Donde la temática del manejo de la atención y consecuencias de los desastres naturales está presente, y que a partir de una demostración como actividad de focalización podría ser un elemento innovador.

Bibliografía

Caamaño, A. (Ed.). (2011). *Didáctica de la Física y la Química*. Barcelona, España: GRAÓ

Cruz, N., y Páramo, P. (2020). Educación para la mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina. *Educación y Educadores*, 23(3), 469-489. <https://doi.org/10.5294/edu.2020.23.3.6>

Dirección Cambio Climático Costa Rica. (2021, 11 de febrero). *Conversaciones climáticas: Una guía para conversar sobre cambio climático*. [Video] YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=hKOvJLNh_3c

Facultad de Educación. (21 de Julio de 2021). *Taller innovador de Carrera de Enseñanza de las Ciencias usó herramientas STEM para recolectar datos en los alrededores de la Facultad*. Universidad de Costa Rica. Recopilado de: <https://facultadededucacion.ucr.ac.cr/noticias/447-taller-innovador-de-carrera-de-ensenanza-de-las-ciencias-uso-herramientas-stem-para-recolectar-datos-en-los-alrededores-de-la-facultad>

González, J. L. H., Díaz, N. M. R., Merino, M. Ángel D., Bautista, E. A., & Sánchez, A. E. H. (2023). Alternativas didácticas para la recolección de datos y su análisis en física,

matemáticas e ingeniería. *South Florida Journal of Development*, 4(8), 3359–3368.

<https://doi.org/10.46932/sfjdv4n8-030>

Hansson, T. (2019, 17 de abril). *Phenomenon Based learning in Finland*. [Video] YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=u2VZCV3tUQo>

Keller, L., Stötter, J., Oberrauch, A., Kuthe, A., Körfgen, A., y Hüfner, K. (2019) Changing Climate Change Education. Exploring moderate constructivist and transdisciplinary approaches through the research-education co-operation k.i.d.Z.21. *GAIA* 28(1): 35 – 43. <https://doi.org/10.14512/gaia.28.1.10>

McCowan, T. (2022). Teaching Climate Change in the University. Climate-U, Transforming Universities for a Changing Climate. *Working Paper Series, No. 8*. ISBN: 2754-0308
Recopilado de: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10167309/1/WP8,%20final.pdf>

Schaffar, B., y Wolff, L. (2024) *Phenomenon-based learning in Finland: a critical overview of its historical and philosophical roots*, *Cogent Education*, 11:1, 2309733.
<https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2309733>

LaTeX: Una herramienta para crear animaciones para la enseñanza de Física

Carlos Jiménez Carballo
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
carjimenez@itcr.ac.cr

Resumen: En este trabajo se presenta el uso de LaTeX como herramienta para generar animaciones que apoyen la enseñanza de la Física. Específicamente, se describen los paquetes Tikz y Animate los cuales se utilizan en LaTeX para crear gráficos vectoriales y generar animaciones dentro de un archivo pdf, lo que permite visualizar fenómenos físicos. Adicionalmente, se incluyen dos ejemplos prácticos de conceptos de Física General, en este caso movimiento de proyectiles y ondas estacionarias, los cuales se utilizan para mostrar brevemente como se puede generar el código de una animación en LaTeX. Finalmente, se muestra que, para poder generar dichas animaciones, es muy importante de aplicar los fundamentos físicos en las animaciones, lo cual podría utilizarse como ejemplo de aplicación de dichos conceptos.

Palabras clave: LaTeX, Animate, Tikz, Animaciones, Enseñanza de la física.

1. Introducción

En la enseñanza de la física las propuestas didácticas diseñadas o seleccionadas deben corresponder para que la observación, la medición y la teoría no se separen del aula (Concari et al., 2006). En este contexto, las animaciones se han convertido en un recurso valioso para ilustrar fenómenos físicos y captar la atención de los estudiantes. Una animación se puede definir como una simulación computarizada de procesos que utilizan imágenes para estructurar una película sintética y añadir texto impreso, gráficos, mapas, gráficas estáticas y gráficos automatizados, las cuales tienen como objetivo facilitar el aprendizaje descriptivo y procedimental con una garantía de mejor rendimiento cuando se aplica para la instrucción sobre los medios contemporáneos (Ugwuanyi et al., 2020).

Por otro lado, LaTeX es un sistema de composición de textos orientado a la creación de documentos escritos que presenten una calidad tipográfica profesional por lo que generalmente se utiliza para escribir documentos científicos, técnicos y

matemáticos, pero también se puede usar para crear libros, artículos, informes, etc. (Aji, 2023); además, es un sistema muy flexible que permite personalizar el diseño de los documentos de muchas maneras y es un software gratuito y de código abierto (Kopka y Daly, 2005).

Debido a lo anterior, el objetivo principal de este trabajo es describir cómo se pueden crear presentaciones en formato PDF que contengan animaciones usando LaTeX. Específicamente, se desea presentar los paquetes de LaTeX que se utilizan para crear animaciones, en este Tikz y Animate. Finalmente, se presentarán al menos dos ejemplos concretos de animaciones físicas creadas con LaTeX, esto con el propósito de ilustrar la potencia y la flexibilidad de esta herramienta en la enseñanza de la física, así como de poder visualizar un poco el código detrás de la programación de dichas animaciones.

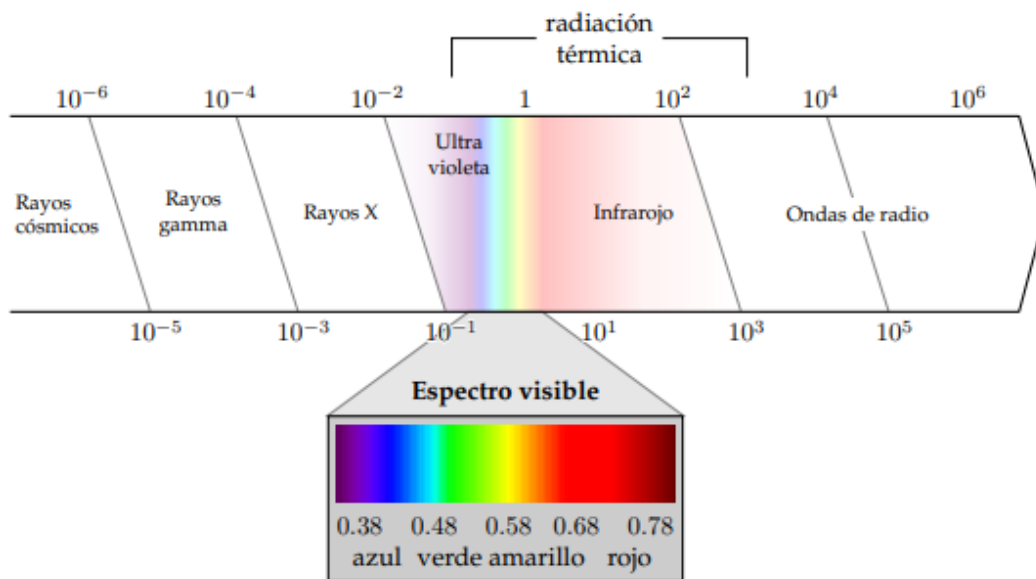
2. Tikz y Animate

2.1. Tikz: una herramienta poderosa para gráficos vectoriales

Tikz es un paquete de LaTeX el cual se utiliza para generar que dibujos y gráficos vectoriales de alta calidad, donde dichos gráficos se programan de manera semejante a programar un documento cuando se usa TEX (Tanatu, 2008). Tikz es una herramienta potente y flexible donde se pueden generar desde simples diagramas hasta complejas ilustraciones científicas. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran un ejemplo de las ilustraciones que se pueden generar usando el paquete Tikz.

Figura 1

Espectro de luz creado con los paquetes Tikz y Pgf de LATEX (Povel, 2019)



Algunos de los tipos de gráficos que se pueden crear con TikZ son:

- Diagramas: es una herramienta ideal para crear diagramas de flujo, diagramas de bloques, diagramas de Venn, entre otros.
- Gráficos matemáticos: se pueden crear gráficos de funciones, ecuaciones, gráficas de barras, etc.
- Ilustraciones científicas: se puede usar para crear ilustraciones científicas de alta calidad, como diagramas de anatomía, mapas geológicos, etc.

A pesar de que inicialmente pueda parecer compleja, su sintaxis se rige por una lógica notablemente intuitiva una vez se han asimilado los conceptos fundamentales, entre ellos:

- Entorno *tikzpicture*:

Todo gráfico o ilustración TikZ se encierra dentro de este entorno:

```
\begin{tikzpicture}
%tus comandos de dibujo
\end{tikzpicture}
```

- Comandos fundamentales:

`\draw`: Dibuja líneas, curvas y formas. Por ejemplo, para dibujar una línea se utiliza la sintaxis:

```
\draw (x1,y1) -- (x2,y2);
```

donde $(x1, y1)$ y $(x2, y2)$ son dos puntos cualesquiera de un sistema de coordenadas.

`\fill`: Rellena formas cerradas. Por ejemplo, para dibujar un rectángulo, la sintaxis es:

```
\fill (x1,y1) rectangle (x2,y2);
```

donde $(x1, y1)$ y $(x2, y2)$ son los puntos inicial y final del rectángulo de un sistema de coordenadas.

`\node`: Inserta nodos, los cuales pueden ser puntos con texto o sin él. La sintaxis básica para insertar un nodo con texto es:

```
\node at (x,y) {texto};
```

- Coordenadas: se pueden escribir como

Cartesianas: (x, y) ;

Polares: $(\text{angulo}:\text{radio})$;

Relativas: (x, y) desplaza el punto actual en x unidades en el eje x e y unidades en el eje y .

- Opciones:

Estilo de línea: *thick, thin, dashed, dotted*.

Color: *red, blue, green*, etc.

Grosor de línea: *line width = 2pt*.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra un ejemplo de código básico para crear un círculo, un triángulo y un nodo con un texto donde se utilizan algunos de los comandos anteriores.

Figura 1

Código *\LaTeX* de algunas figuras básicas

```
\begin{tikzpicture}
  \draw[red, thick] (0,0) -- (2,2) -- (4,0) -- cycle;
  % Un triangulo rojo
  \draw[blue, dashed] (1,3) circle (1cm);
  % Un circulo azul punteado
  \node at (2,1) {Mi nodo};
\end{tikzpicture}
```



En resumen, Tikz es una herramienta extremadamente flexible que permite crear gráficos de alta calidad de forma relativamente sencilla. La clave está en comprender los conceptos básicos y en explorar las numerosas opciones y librerías disponibles.

2.1. Animate: Da vida a tus presentaciones LaTeX

Este paquete brinda una interfaz que permite la creación de archivos PDF y SVG¹ con contenido animado a partir de conjuntos de gráficos o archivos de imágenes, de los gráficos en línea, como LATEX-picture, PSTricks o pgf/TikZ imágenes generadas, o simplemente de texto tipo. A diferencia de los formatos

¹ Es un formato para describir gráficos 2D mediante XML. Este formato puede contener formas de vectores gráficos, imágenes y textos. Los objetos gráficos pueden ser agrupados y transformados en objetos previamente renderizados (Ortiz et al., 2020).

estándar de película/vídeo, el paquete Animate permite la animación de gráficos vectoriales. El resultado es aproximadamente similar al formato SWF (Flash), aunque no tan eficiente en términos de espacio (Grahn, 2007)

El paquete Animate permite crear:

- Animación de secuencias de imágenes, lo cual consiste en la presentación de una serie de imágenes predefinidas.
- Animación de secuencias de imágenes, lo cual consiste en la presentación de una serie de imágenes predefinidas.
- Animación de gráficos generados dinámicamente creados con paquetes como pgfplots o gráficos hechos con TikZ.
- Animación de gráficos 3D donde se pueden mostrar rotaciones o transformaciones de objetos 3D.
- Animaciones que pueden reproducirse automáticamente o controlarse con botones interactivos.

Algunos de los comandos básicos del paquete animate son:

- `\animategraphics{fps}{prefix}{start}{end}`: Este comando se utiliza para animar una secuencia de imágenes, donde fps son la cantidad de cuadros por segundo o velocidad de la animación, prefix representa el nombre común de las imágenes, start es el número del primer archivo de imagen y end es el número del último archivo de imagen.
- `\animateinline[opciones]{número de cuadros}{\framecontent}`: Sirve para generar cuadros de animación en línea, donde número de cuadros es el número de cuadros a generar y `\framecontent` define el contenido de cada cuadro.
- `\multiframe{n}{variable}{contenido}` Este comando Permite definir una secuencia de cuadros donde `\textbf{n}` es el número de cuadros, variable es el parámetro que cambia en cada cuadro y contenido es el código por ejecutar.

Finalmente, las opciones más comunes que se utilizan en dicho paquete son:

- loop: Hace que la animación se repita en bucle.
- controls: Agrega una barra de controles para que la persona pueda manualmente pausar, adelantar, atrasar, reproducir, entre otras, la animación.
 - autoplay: Permite que la animación inicie automáticamente cuando se abre el archivo PDF.
 - poster y first: Permite establecer la imagen inicial de la animación.

3. Ejemplos de animaciones con ejemplos de Física General

En esta sección se presentan una muestra básica del código LaTeX para generar animaciones usando el paquete Animate de dos ejemplos de conceptos fundamentales que se abordan en los cursos introductorios de Física, con la finalidad de mejorar el aprendizaje en dichos cursos. Específicamente se presenta un ejemplo proyectiles y otro de ondas estacionarias.

3.1 Animación de un proyectil usando LaTeX

Para poder realizar una animación de un concepto físico utilizando código LaTeX se deben tener claras las ecuaciones y la teoría física que se quiere animar. De acuerdo con Young y Zemansky (2018) un proyectil es cualquier cuerpo que recibe una velocidad inicial y luego sigue una trayectoria determinada totalmente por los efectos de la gravedad y la resistencia del aire. El movimiento en el eje x es *MRU* (velocidad constante), mientras que el movimiento en el eje y es *MRUA* (caída libre). El movimiento de un proyectil está determinado por sus condiciones iniciales, posición inicial x_0 y y_0 , velocidad inicial (v_0), e inclinación inicial (α_0).

Las posiciones horizontales (x) y verticales (y) del proyectil para un instante t se determinan:

$$(MRU) \Rightarrow x = x_0 + v_{0x} t = x_0 + v_0 \cos \alpha_0 t \quad (1)$$

$$(MRUA) \Rightarrow y = y_0 + v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2 = y_0 + v_0 \sin \alpha_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2)$$

donde x_0 , y_0 , v_0 y α_0 son las condiciones iniciales del movimiento del proyectil, y g es la magnitud de la aceleración gravitacional, la cual cerca de la superficie de la Tierra tiene un valor promedio de $9,8 \text{ m/s}^2$.

Finalmente, la trayectoria de un proyectil es descrita por la ecuación:

$$y = y_0 + \tan \alpha_0 x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha_0} x^2 \quad (3)$$

Considere el caso de un proyectil cuyas condiciones iniciales son $x_0 = y_0 = 0$, $v_0 = 10 \text{ m/s}$ y $\alpha_0 = 45^\circ$. En la Figura 2 se muestra el código básico para realizar la animación de dicho proyectil, así como una imagen del resultado final generado a partir de dicho código. Cabe señalar que la imagen muestra solamente la animación en un estado avanzado.

Figura 2

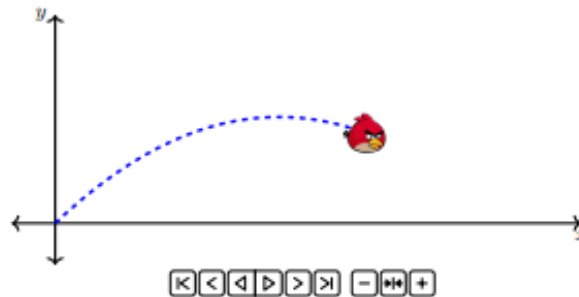
Código para la animación de un proyectil usando el paquete Animate y su resultado final

```
\begin{animateinline}[controls]{2}
\multiframe{15}{i=0+1}{
\begin{tikzpicture}[scale=0.8]
\draw[very thick, <->] (-1,0)--(12,0) node[below]{$x$};
\draw[very thick, <->] (0,-1)--(0,5) node[left]{$y$};

%variables
\pgfmathsetmacro\t{0.1*i} %
\pgfmathsetmacro\x0{0} %posicion horizontal inicial
\pgfmathsetmacro\y0{0} %posicion vertical inicial
\pgfmathsetmacro\g{9.8} %aceleracion gravitacional
\pgfmathsetmacro\vo{10} %velocidad_inicial
\pgfmathsetmacro\alphi{45} %angulo_inicial
\pgfmathsetmacro\X{\vo*cos(\alphi)*\t} %posicion horizontal
\pgfmathsetmacro\Y{\y0+\vo*\t*sin(\alphi)-\g*\t*\t/2}
%posicion vertical
\pgfmathsetmacro\tan{tan(\alphi)} %tangente del angulo
\pgfmathsetmacro\A{\g/(2*\vo^2*cos(\alphi)*cos(\alphi))}
%constantede la ecuacion de la trayectoria

%Trayectoria del proyectil
\draw [blue, dashed, ultra thick] (0,0) plot [domain=0:\X]
(\x,\y0+\tan*\x-\A*\x^2);
%pajaro que vuela
\node[inner sep=0pt] at {(\X),(\Y)}
{\includegraphics[width=0.05\textwidth]{bird.png}};

\end{tikzpicture}
}
\end{animateinline}.
```



En dicho código, la animación se inicia con `\begin{animateinline}[controls]{5}` y se termina con la instrucción `\end{animateinline}`. Se utiliza la opción `controls` para incluir en la animación los controles que permiten pausarla o iniciarla. El número `{5}` indica la velocidad de animación, en este caso serían 5 cuadros por segundo. La instrucción `\multiframe{15}{i = 0 + 1}{...}` crea la cantidad total de cuadros, en este caso 15 y en donde `{i = 0 + 1}`, crea un contador `i` que va desde 0 hasta 14, uno por cada cuadro.

Por otro lado, la instrucción `\begin{tikzpicture}[scale = 0.8]` inicia la figura y `\end{tikzpicture}` la termina, mientras que `scale = 0.8` define un tamaño del 80 % de la imagen con respecto a su tamaño original. Dentro del entorno `tikzpicture` las instrucciones que contienen `\draw` dibujan los ejes x y y así como la trayectoria azul del pájaro.

Para hacer que el pájaro se mueva y se describa la trayectoria parabólica primero se definen las variables:

- Tiempo: usando la instrucción `\pgfmathsetmacro\t{0.1 * \i}` se define la variable `\t` a la cual se le asigna un valor proporcional al contador i .
- Posiciones iniciales: en este caso se establece un valor de 0 a ambas y se definen con las instrucciones `\pgfmathsetmacro\yO{0}` y `\pgfmathsetmacro\xO{0}`.
- Aceleración gravitacional: el valor que se asigna es de $9,8 \text{ m/s}^2$ y se utiliza la instrucción `\pgfmathsetmacro\g{9.8}`.
- Velocidad inicial: usando el código `\pgfmathsetmacro\vO{10}` se establece un valor de 10 m/s.
- Ángulo de lanzamiento inicial: en este caso se asignó un valor de 45° usando el código `\pgfmathsetmacro\alphi{45}`.

Para definir la variación de las coordenadas horizontal x y vertical y del proyectil en función del tiempo t se definen las variables `\X` y `\Y` usando las instrucciones:

```
\pgfmathsetmacro{\X}{\vO*cos(\alphi)*\t} y
\pgfmathsetmacro{\Y}{\yO+\vO*\t*sin(\alphi)-\g*\t*\t/2}
```

donde se puede ver claramente que se utilizan las ecuaciones del movimiento parabólico, o sea las ecuaciones (1) y (2).

La trayectoria del proyectil se dibuja y se anima usando las instrucciones:

- `\pgfmathsetmacro{\tan}{tan(\alphi)}` para la tangente del ángulo,

- $\pgfmathsetmacro{a}{g/(2 * v0^2 * cos(\alpha) * cos(\alpha))}$ es una constante que se usa para la ecuación de la trayectoria parabólica,

- $\draw[blue, dashed, ultra thick] (0,0) plot [domain = 0:\X] (\x, \y0 + \tan * \x - a * \x^2);$, con la cual se dibuja la trayectoria del proyectil como una parábola en color azul y con líneas discontinuas, y en donde se puede ver que se utiliza la ecuación (3), la cual de acuerdo con la teoría describe dicha trayectoria.

- $\node[inner sep = 0pt] at ({\X},{\Y}) | {\includegraphics[width = 0.05\textwidth]{bird.png}};$ coloca una imagen del pájaro (bird.png) en las coordenadas (\X, \Y), representando al proyectil que está volando.

En conclusión, se tiene que para poder realizar la animación del proyectil usando código LaTeX no solo se necesita conocer cómo funcionan los paquetes TikZ y Animate, sino que también se debe conocer la física detrás de este problema.

3.2 Animación sobre ondas Estacionarias

De acuerdo con Young y Zemansky (2018) las ondas estacionarias se producen por la interferencia de dos ondas de la misma naturaleza con iguales características físicas pero que viajan en direcciones opuestas. Asimismo, las ondas estacionarias son aquellas ondas en las cuales, ciertos puntos de la onda llamados nodos, permanecen inmóviles (Wilson & Buffa, 2011).

El desplazamiento $y(x, t)$ de una onda estacionaria con amplitud $2A$, frecuencia angular ω y número de onda k , es descrita matemáticamente por la expresión:

$$y(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t) = 2A \sin(kx + \phi) \sin(\omega t). \quad (4)$$

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el código básico de la animación de una onda estacionaria. En dicho código se tiene:

Figura 4

Código para la animación de una onda estacionaria usando el paquete animate y su resultado final

```

\begin{animateinline}[loop,controls]{40}
\multiframe{30}{i=0+1}{ % Usamos i como el indice de los cuadros

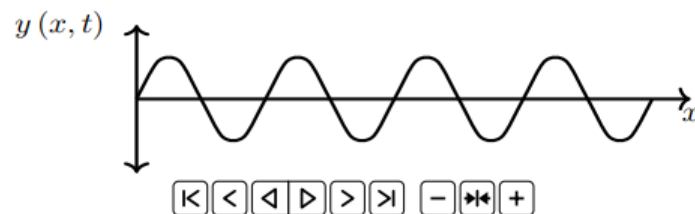
\pgfmathsetmacro\t{\i} %variable
\begin{tikzpicture}[scale=0.5]

\draw[<->, very thick] (0,-2)--(0,2); %eje y
\node at (-0.5,2) [left]{$y\left(x,t\right)$};

\draw[->, very thick] (0,0)--(13.5,0); %eje x
\node at (13.5,0) [below]{$x$};

%onda estacionaria
\draw[very thick, black] plot[smooth,domain=0:720]
(pi/180*\x,{2*sin(2*\x)*sin(12*\t)});
\end{tikzpicture}
}
\end{animateinline}

```



- El entorno `\animateinline` que se usa para crear la animación. En este caso, dicha animación tiene una velocidad de 40 cuadros por segundo, gracias al argumento `{40}` que aparece después de `\begin{animateinline}`.
- La animación incluye dos controles, el primero de ellos es *loop*, el cual hace que la animación se reproduzca una y otra vez de forma automática. El segundo es
 - *controls*, con el que se agregan botones para controlar la reproducción de la animación.
 - Dentro del entorno *animateinline*:
 - La instrucción `\multiframe{30}{i = 0 + 1}`, hace que la animación conste de 30 cuadros, y en cada uno de ellos, el valor de la variable *i* aumentará en 1, empezando desde 0.

- Se define la variable de tiempo usando la instrucción `\pgfmathsetmacro\t{i}` para hacer la onda estacionaria evolucione en el tiempo.

- A continuación, se utiliza TikZ para:

- Dibujar el sistema de coordenadas, donde el eje vertical y , va desde -2 hasta 2, y el eje horizontal x , se extiende desde 0 hasta 13,5.

- Dibujar la onda, esto usando la instrucción.

```
\draw[very thick, black] plot[smooth, domain=0:720]
(pi/180*\x, {2*sin(2*\x)*sin(12*\t)});
```

donde se puede ver claramente que se utiliza la ecuación (5), o sea la expresión matemática que describe a una onda estacionaria. De acuerdo con dicho código la onda es de color negro y la función espacial varía de 0° a 720° .

Al igual que en el caso de la sección 3.1, se puede ver que para construir una animación de una onda estacionaria es necesario entender con claridad los conceptos físicos y matemáticos que la describen.

4. Conclusiones

Con ayuda de este trabajo se pudo mostrar que LaTeX es una herramienta que permite generar animaciones que se pueden utilizar en la enseñanza de la física y así tratar de mejorar el aprendizaje. Sin embargo, es importante tener presente que para poder visualizar las animaciones los archivos pdf que se generen deben ser abiertos en una versión de Adobe Reader o semejante, y no en un visor de pdfs como los navegadores de internet.

Por otro lado, los paquetes Tikz y Animate, son herramientas que permiten construir presentaciones (y otros documentos) dinámicas para ilustrar conceptos físicos de manera más interactiva y accesible.

Finalmente, a través de este trabajo se pudo conocer de manera sencilla el código básico de programación para generar animaciones en presentaciones u

otros documentos, donde se evidenció que para eso se deben aplicar los conceptos físicos que se enseñan.

Agradecimientos

Se agradece a la Escuela de Física del Instituto Tecnológico de Costa Rica por el apoyo brindado para la realización de este trabajo

Bibliografía

Aji, K. (2023). *Create Documents with LaTeX*.

Concari, S., Giorgi, S., Cámara, C., y Giacosa, N. (2006). *Didactic strategies using simulations for Physics teaching*. In *Current Developments in Technology-Assisted Education*, Vol. 3

Ortiz, C., Javier, D., Alquedan, H., y Javier, A. (2020). *Desarrollo de una aplicación móvil para la plataforma Android que despliegue mapas accesibles para personas con discapacidad visual usando el formato SVG*.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20792>

Kopka, H., y Daly, P. W. (2005). *Guide to LATEX: Tools and Techniques for Computer Typesetting*. In *Addison-Wesley series on tools and techniques for computer typesetting*.

Povel, A. (2019, July 5). *How to create a electromagnetic spectrum using pgfplots package (together with colormaps)*.

Tanatu, T. (2008). *TikZ y PGF: Manual for Version 2.00*.

Ugwuanyi, C. S., Okeke, C. I. O., Nnamani, P. A., Obochi, E. C., y Obasi, C. C. (2020). Relative effect of animated and non-animated powerpoint presentations on physics students' achievement. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 15(2).
<https://doi.org/10.18844/cjes.v15i2.4647>

Wilson, J. D., y Buffa, A. J. (2011). *Física* (6th ed.). Pearson Educación.

Young, H. D., y Zemansky, M. W. (2018). *Física Universitaria con Física Moderna* (14th ed.). Pearson

Los ecosistemas como espacios naturales para el bienestar humano a partir del arte y la educación ambiental

Irene Artavia Villar

Sistema Nacional de Áreas de Conservación
Costa Rica
irene.artavia@sinac.go.cr

Resumen: El taller participativo e interactivo denominado "Los ecosistemas como espacios naturales para el bienestar humano a partir del arte y la educación ambiental", explora la profunda conexión entre los seres humanos y la naturaleza, destacando cómo este vínculo promueve el aprendizaje y el bienestar integral que brindan los ecosistemas naturales. A través de dinámicas sensoriales y reflexivas, se fomenta una educación ambiental que no solo transmite conocimientos teóricos, sino que también cultiva habilidades para la vida como la resiliencia, la empatía y el respeto. El contacto directo con la naturaleza enseña de manera orgánica, fortaleciendo tanto el cuerpo como la mente, y promoviendo un equilibrio entre el corazón y la razón. Las metodologías lúdicas y sensoriales, como el "Teatro de los Animales" o la "Cámara Fotográfica Humana", invitan a los participantes a redescubrir el entorno natural desde una perspectiva creativa y emocional. Se destaca la importancia del bienestar humano vinculado y entrelazado profundamente con el entorno natural, promoviendo un estilo de vida más sencillo, consciente y en armonía con la naturaleza.

Palabras clave: Espacio natural, Educación ambiental, Bienestar, Ecosistemas, Aprendizaje, Juego, Interacción, Soluciones basadas en la naturaleza, Ciencia comunitaria, Silencio

1. Introducción

El taller "Los ecosistemas como espacios naturales para el bienestar humano a partir del arte y la educación ambiental", explora la relación fundamental entre los seres humanos y la naturaleza, destacando cómo este vínculo puede ser una herramienta poderosa para el aprendizaje y el bienestar. A través de diversas dinámicas y metodologías, se busca fomentar un mayor entendimiento de la naturaleza, no solo como un recurso físico, sino también como una fuente de inspiración y crecimiento personal.

Uno de los puntos centrales del taller, es que el estar en contacto con la naturaleza enseña sin necesidad de lecciones tradicionales. Desarrolla habilidades para la vida que no se pueden adquirir solo a través de la teoría. Las experiencias

directas en la naturaleza permiten que las personas descubran talentos especiales y que se fortalezcan en aspectos como la resiliencia y la bondad.

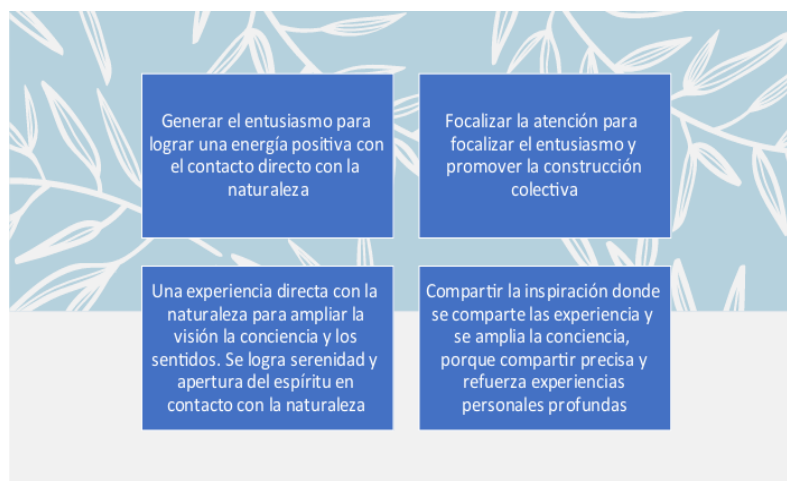
La naturaleza invita a una vida más sencilla, donde el equilibrio entre el corazón y la razón guía las decisiones cotidianas. Se alienta a las personas a identificar dentro de sí un elemento de la naturaleza que les haga sentir bien, vinculándolo con emociones positivas como la paz, la armonía y la honestidad.

Es importante que la educación ambiental fomente individuos agradecidos, respetuosos y capaces de convivir en comunidad. Este tipo de educación busca que las personas aprendan a intercambiar conocimientos y experiencias, respetando todas las formas de vida. Al hacerlo, se cultiva una mente educada y un cuerpo sano, promoviendo un bienestar integral.

Esta interacción con la naturaleza no es solo un ejercicio físico, sino un proceso emocional y espiritual. El uso de los sentidos como medio para redescubrir el entorno es clave. La metodología propuesta, denominada: "Animación Natural: Amar para Conocer; y Conocer para Proteger" Regourd (2005), se basa en la interacción sensorial y creativa con la naturaleza para generar conciencia sobre su valor (figura 1).

Figura 1

Animación Natural: Amar para Conocer; y Conocer para Proteger



Para fortalecer este vínculo entre el ser humano y la naturaleza, se sugieren actividades sensoriales y sensibles. A través de ejercicios simples, como escuchar los sonidos del entorno o escribir poemas inspirados en la naturaleza, los participantes pueden redescubrir la vida natural y reflexionar sobre su conexión con ella. Un ejemplo de estas actividades es el "Teatro de los Animales", donde los participantes deben representar físicamente a un animal, fomentando la imaginación colectiva.

En esta misma línea, el taller destacó la importancia de las actividades lúdicas como medio para despertar la curiosidad y generar experiencias significativas. Estas experiencias ayudan a las personas a conectarse de manera más profunda con su entorno, creando un sentido de reciprocidad con la naturaleza. A través de juegos y dinámicas, se busca que los participantes no solo exploren el mundo natural, sino que también desarrollen respeto y empatía hacia él (figura 2).

Figura 2

Juegos y dinámicas durante el taller



Durante el taller se abordó la necesidad de reconciliarnos con la naturaleza; un proceso que implica valores como el respeto, el amor y la reciprocidad. Este proceso no solo es importante para la salud emocional, sino también para el bienestar físico. Las actividades propuestas permiten a los individuos experimentar la naturaleza desde una perspectiva de cuidado y conexión espiritual. La meditación

en la naturaleza, por ejemplo, estimula los sentidos y refuerza la sensación de estar en armonía con el entorno.

Finalmente, se destaca el papel de los espacios naturales, particularmente en las áreas urbanas, como lugares donde se puede reforzar la educación ambiental y el bienestar. Los espacios verdes no solo ofrecen oportunidades para la recreación, sino que también actúan como puentes para que las personas se conecten con la naturaleza desde su mundo interno. Las experiencias personales, así como las inclusivas e intergeneracionales, son esenciales para el aprendizaje y el desarrollo de valores de cooperación y conservación ambiental.

En fin, se subraya que el bienestar y la educación ambiental están profundamente entrelazados. A través de dinámicas sensoriales, actividades lúdicas y experiencias de reflexión, las personas pueden fortalecer su conexión con la naturaleza, lo que a su vez contribuye a su bienestar físico, emocional y espiritual. La naturaleza no solo es un recurso para el aprendizaje, sino también una fuente de inspiración que nos invita a vivir de manera más simple y consciente.

2. Desarrollo

Un espacio natural comunitario es un área natural gestionada, protegida o restaurada con la participación activa de las comunidades locales. En estos espacios, los residentes y organizaciones comunitarias desempeñan un papel clave en la toma de decisiones sobre el uso, manejo y conservación del entorno, basándose en un enfoque colaborativo. Estos espacios pueden incluir bosques, áreas de cultivo, humedales, parques, ríos, o cualquier ecosistema cercano a las comunidades (figura 3).

Figura 3

Espacio natural comunitario



El objetivo principal de los espacios naturales comunitarios es integrar las necesidades y conocimientos locales con la conservación de los recursos naturales, creando una sinergia entre el bienestar de la comunidad y la sostenibilidad del ecosistema. Estos espacios suelen promover la educación ambiental, la ciencia comunitaria, y el fortalecimiento de la identidad cultural, además de ofrecer servicios ecosistémicos como la purificación del agua, la biodiversidad, y la mitigación del cambio climático.

La gestión de estos espacios fomenta el sentido de pertenencia y permite la participación ciudadana en la conservación, a la vez que genera beneficios económicos, sociales y ambientales para la comunidad.

Los espacios naturales comunitarios son esenciales para el aprendizaje porque promueven una educación ambiental activa, participativa y contextualizada. Estos espacios permiten que las personas, especialmente los jóvenes, aprendan sobre la naturaleza no solo desde el conocimiento teórico, sino también desde la experiencia directa, observando de primera mano los procesos ecológicos y los desafíos ambientales en su entorno inmediato.

Al estar gestionados por la comunidad, estos espacios integran el saber local y las necesidades sociales, fomentando una educación basada en la realidad de cada lugar. Los participantes no solo adquieren conocimientos sobre biodiversidad, ciclos ecológicos o servicios ecosistémicos, sino que también aprenden sobre la

importancia del trabajo colaborativo y la responsabilidad compartida en la conservación. Además, estos espacios fortalecen el sentido de pertenencia y la conexión emocional con la naturaleza, factores clave para la construcción de una cultura ambiental consciente.

Desde un enfoque interdisciplinario y práctico, los espacios naturales comunitarios permiten desarrollar habilidades como la resolución de problemas, el pensamiento crítico, y la creatividad, mediante actividades como la ciencia comunitaria y la planificación de soluciones basadas en la naturaleza. Además, al estar vinculados a los contextos locales, estos espacios refuerzan la identidad cultural, destacando las relaciones históricas entre la comunidad y su entorno. Esto hace que el aprendizaje sea más significativo y relevante, y fomenta una ciudadanía ambiental activa, dispuesta a tomar medidas para enfrentar los desafíos ambientales y sociales actuales (figura 4).

Figura 4

Aprendizaje significativo y relevante



Los espacios naturales comunitarios rescatan la convivencia y el bienestar humano al fomentar la colaboración entre personas para la conservación del entorno natural. Al participar activamente en su gestión, las comunidades refuerzan el sentido de pertenencia, promueven la solidaridad y fortalecen sus lazos sociales. Estos espacios ofrecen lugares para la interacción social y el contacto directo con la naturaleza, lo que mejora la salud mental y física, reduce el estrés y potencia el bienestar. Al integrar la educación ambiental, también ayudan a generar un

compromiso colectivo para cuidar el entorno, creando comunidades más unidas y resilientes.

Los espacios naturales son ecosistemas diversos que ofrecen un valioso servicio ecosistémico educativo, al proporcionar entornos ideales para el aprendizaje sobre la naturaleza y la sostenibilidad. Estos espacios permiten que las personas, especialmente los estudiantes, se conecten directamente con los procesos ecológicos y la biodiversidad, ofreciendo una experiencia de aprendizaje vivencial. A través de la observación y la participación activa, se pueden comprender mejores conceptos como los ciclos de vida, los servicios ecosistémicos, la interdependencia entre especies y el impacto de las actividades humanas en el ambiente.

Como servicio ecosistémico educativo, los espacios naturales son esenciales para formar ciudadanos más conscientes y comprometidos con el cuidado del planeta, y para integrar el conocimiento ambiental en diferentes disciplinas, fortaleciendo así la educación para la sostenibilidad y la resiliencia ambiental.

Los juegos y la interacción con la naturaleza son fundamentales para el desarrollo integral de las personas, especialmente en la niñez. A través de los juegos en entornos naturales, se estimulan la creatividad, la imaginación, y el aprendizaje práctico, permitiendo una comprensión más profunda de los ecosistemas y el entorno natural (figura 4).

Figura 4

Juegos e interacción con la naturaleza



La naturaleza ofrece un escenario cambiante y lleno de estímulos, que fomenta el descubrimiento y la curiosidad. Los juegos al aire libre ayudan a desarrollar habilidades motoras, cognitivas y sociales, ya que promueven la exploración, el trabajo en equipo y la toma de decisiones. Además, el contacto directo con el medio ambiente fortalece el vínculo emocional con la naturaleza, lo que incrementa la conciencia ecológica y el respeto hacia los seres vivos.

Desde el punto de vista emocional y de la salud, los juegos en la naturaleza contribuyen a reducir el estrés, mejorar la concentración, y potenciar el bienestar general, tanto físico como mental. En contextos educativos, integrar juegos en entornos naturales facilita un aprendizaje activo y más atractivo, conectando los conocimientos teóricos con experiencias reales.

Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) son enfoques que utilizan los procesos y elementos naturales para enfrentar desafíos sociales y ambientales. Para crear espacios naturales comunitarios para el aprendizaje, las SbN integran la restauración y conservación de ecosistemas con el objetivo de mejorar la educación y la convivencia comunitaria.

Estos espacios se diseñan o restauran en colaboración con las comunidades, promoviendo la participación activa en su planificación y manejo. Las (SbN) buscan crear entornos donde la naturaleza actúe como un aula viva, permitiendo a las personas aprender sobre biodiversidad, sostenibilidad y servicios ecosistémicos mediante experiencias directas. Además, fomentan el trabajo colectivo, la ciencia comunitaria, y el desarrollo de habilidades prácticas que contribuyen tanto a la conservación del entorno como al bienestar social (figura 5).

Figura 5

Desarrollo de habilidades prácticas que contribuyen tanto a la conservación del entorno como al bienestar social



Al involucrarse en actividades como el monitoreo de especies, la reforestación o la gestión de recursos hídricos, los participantes adquieren habilidades científicas y prácticas, al mismo tiempo que contribuyen al conocimiento colectivo. La ciencia comunitaria también democratiza el proceso de toma de decisiones, ya que la comunidad se basa en datos obtenidos localmente para definir acciones y soluciones específicas para la protección y gestión de los espacios naturales.

Este enfoque fomenta un sentido de pertenencia y promueve la resiliencia socioambiental, ya que las decisiones se ajustan mejor a las realidades locales, combinando el conocimiento científico con las necesidades y saberes tradicionales de la comunidad. En resumen, la ciencia comunitaria facilita una educación más rica y participativa, al tiempo que fortalece la capacidad de la comunidad para gestionar de forma sostenible sus recursos naturales

La meditación en espacios naturales comunitarios ofrece una conexión profunda con el entorno a través del silencio y la presencia consciente en la naturaleza. Estos espacios proporcionan un ambiente ideal para reducir el estrés y mejorar el bienestar emocional, al estar rodeados de elementos naturales que favorecen la relajación y la claridad mental. Meditar en la naturaleza permite a las

personas sincronizarse con los ritmos naturales, lo que promueve un estado de calma y aumenta la conciencia plena. El silencio en estos entornos ofrece una oportunidad para desconectarse del ruido cotidiano, reconectando con uno mismo y con el entorno natural (figura 6).

Figura 6

Personas participando en dinámica



3. Actividades realizadas en el taller

En el taller se realizaron varias actividades que permitieron fortalecer el vínculo entre el ser humano y la naturaleza, utilizando enfoques lúdicos, sensoriales y reflexivos.

3.1. Identificar un elemento de la naturaleza y sus emociones; esta dinámica se denomina “El espejo de la naturaleza”

Los participantes pensaron en un elemento de la naturaleza que les haga sentir bien (por ejemplo, un árbol, el agua, etc.) y asociarlo con una emoción positiva, como paz, tranquilidad o armonía. Luego, escribieron este elemento y la emoción en una palabra o frase corta. Al final lo que ellos sienten es lo que verdaderamente son...Ejemplo generosidad, paz, equilibrio etc.

3.2. Teatro de los Animales

El grupo eligió un animal, y cada participante representó una parte del cuerpo del animal (por ejemplo, la cabeza, las patas, etc.). Juntos, recrearon los movimientos, la forma de nutrirse y desplazarse de ese animal, fomentando la imaginación y el trabajo en equipo. Ejemplo una danta.

3.3. Sonidos Naturales

En esta actividad, los participantes se sentaron cómodamente con los ojos cerrados. En el momento que escuchaban un nuevo sonido de la naturaleza, levantaban un dedo. Al final, cada uno describió los sonidos que escuchó. Esta actividad desarrolla la capacidad de escucha y calma después de juegos más activos. Como no estábamos en la naturaleza se puso una grabación de sonidos naturales variados como el agua, las aves, el aire, etc.

3.4. Cámara Fotográfica Humana

Los participantes se dividen en parejas. Uno hace el papel de "cámara" con los ojos cerrados, mientras el otro guía al "fotógrafo". Cuando encuentran una "foto" interesante, la cámara abre los ojos durante 3-5 segundos para "capturarla". Luego, cambian roles. Posteriormente, dibujan las imágenes capturadas o escriben un texto sobre ellas. Esta actividad fomenta la confianza, la creatividad y la observación. A pesar de que no se pudo realizar, se explicó el juego y una anécdota reflexiva.

3.5. Meditación sobre la naturaleza

Se entregan frases inspiradoras en pequeñas fichas. Cada participante toma una ficha y encuentra un lugar tranquilo en la naturaleza. Deben escuchar los sonidos, sentir el viento y estar presentes en el entorno natural. Si se distraen, releen la frase. Al final, se reúnen en círculo para compartir sus experiencias. Esta actividad fomenta la conexión espiritual y el bienestar. Igualmente, durante el taller se realizó un ejercicio de meditación en el que se sintió la paz que da la naturaleza y que beneficia la mente y el cuerpo.

3.6. El cuenta cuentos

El cuenta cuentos realizado se tituló "El río que fue y volverá a ser"; es una herramienta educativa y lúdica para sensibilizar sobre el cuidado de la naturaleza, especialmente los cuerpos de agua. **El resumen del cuento es el siguiente:**

“Había una vez un río cristalino que serpenteaba por el bosque, susurrando dulces melodías mientras acariciaba las piedras y nutría a los animales y plantas. Los niños jugaban en sus orillas, riendo y chapoteando bajo el sol. Con el tiempo, el río se ensució, y su alegre susurro se convirtió en un triste murmullo. La basura cubrió sus aguas, y el río empezó a oler mal, enfermando a la comunidad.

Ante esta situación, la comunidad decidió unirse para limpiar el río con dedicación y amor. Se sembraron árboles en sus alrededores, y los niños volvieron a jugar en sus orillas. Poco a poco, el río recuperó su brillo y volvió a cantar su melodía pura. Ahora, todos celebran su belleza y se comprometen a cuidarlo siempre, reconociendo que la alegría del río está vinculada a su propia salud y bienestar”.

El cuento estuvo acompañado de sonidos y expresiones que los participantes interpretaron, como el susurro del río ("Shh, shh"), los chapoteos ("Plash, plash"), y los murmullos tristes del río contaminado ("Mmm..."). La historia finaliza con una celebración comunitaria que destaca el esfuerzo compartido por restaurar el río y mantener su alegría (figura 7).

Figura 7

Niños con el cuenta cuentos



En un espacio natural, estas actividades están diseñadas para fomentar la creatividad, la reflexión y el fortalecimiento del vínculo entre los participantes y la naturaleza, creando un espacio para el aprendizaje y el bienestar.

4. Conclusión

El contacto directo con estos ecosistemas permite un aprendizaje más profundo y significativo, ya que los estudiantes no solo reciben información teórica, sino que también interactúan con el entorno. Esto fomenta una mayor conciencia ambiental y un sentido de responsabilidad hacia la protección de la naturaleza. Además, estos espacios promueven el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo, al enfrentar retos ecológicos y sociales reales.

La ciencia comunitaria en espacios naturales comunales es clave para el aprendizaje y la toma de decisiones, porque permite la participación activa de las personas en la recolección de datos y la investigación sobre su entorno. A través de esta colaboración, los miembros de la comunidad desarrollan una comprensión más profunda de los ecosistemas locales, lo que fortalece su educación ambiental y genera un mayor compromiso con la conservación.

Por otra parte, los juegos en la naturaleza combinan el aprendizaje y el bienestar, promoviendo el desarrollo personal y la educación ambiental, generando una relación más profunda y responsable con el entorno natural. De este modo, las soluciones basadas en la naturaleza (SbN), para crear espacios naturales comunitarios no solo promueven la educación ambiental, sino también la resiliencia socioambiental y el fortalecimiento de los lazos comunitarios.

Los espacios naturales comunitarios son esenciales para fomentar el aprendizaje y la convivencia, ya que ofrecen entornos ricos en oportunidades educativas y experiencias colaborativas. A través de la participación activa en la gestión y el cuidado de estos espacios, las comunidades desarrollan un profundo sentido de pertenencia y conexión con su entorno, lo que a su vez potencia su bienestar emocional y social.

La integración de actividades lúdicas, artísticas y creativas en estos espacios promueve la conciliación del ser humano con la naturaleza. Mediante el juego, las personas pueden explorar, descubrir y experimentar la naturaleza de una manera divertida y significativa, mientras que el arte permite expresar sentimientos y reflexiones sobre el entorno natural, fortaleciendo el vínculo emocional con él.

La creatividad, por su parte, estimula el pensamiento crítico y la innovación, herramientas fundamentales para abordar los desafíos ambientales y sociales actuales. Así, los espacios naturales comunitarios no solo sirven como aulas al aire libre, sino también como catalizadores de un cambio cultural hacia un estilo de vida más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. En definitiva, estos espacios son vitales para construir comunidades resilientes que valoren y protejan su patrimonio natural, promoviendo un futuro más armonioso entre el ser humano y la naturaleza.

Los beneficios de la meditación y el silencio incluyen una mayor sensación de equilibrio emocional, mejora en la concentración, y el fomento de una relación más profunda con la naturaleza, generando respeto y aprecio por los ecosistemas. Además, la meditación en espacios comunitarios fortalece los lazos sociales, promoviendo la convivencia pacífica y el bienestar colectivo en armonía con la naturaleza.

Bibliografía

- Artavia, I. (2022). *Metodología Participativa comunitaria para la Creación del Espacio Natural de Educación Ambiental con Enfoque Ecosistémico en el Distrito de Paraíso, Provincia de Cartago, Costa Rica*. Universidad La Salle. San José.
- Baird, J., y Glover, T. D. (2018). Educación ambiental basada en la comunidad: El papel del lugar en el aprendizaje. En D. J. Stokes (Ed.), *Aprendizaje en el entorno natural* (pp. 129-145). Routledge.
- Chawla, L. (2015). La importancia de la naturaleza para el desarrollo infantil. En M. A. B. T. Kuipers y H. M. O. H. De Vries (Eds.), *La naturaleza y la infancia: Una perspectiva contemporánea* (pp. 37-54). Springer.
- Regourd, B. (2005). *Animación Natural: amar para conocer y conocer para proteger*. Cartago.
- Kaplan, R., y Kaplan, S. (2011). Bienestar, salud y el entorno natural. En S. Kaplan y R. Kaplan (Eds.), *La experiencia de la naturaleza: Una perspectiva psicológica* (pp. 119-134). Cambridge University Press.

Wells, N. M., y Lekies, K. S. (2012). La naturaleza y el desarrollo infantil: El papel de los entornos naturales en la promoción del bienestar infantil. *Children, Youth and Environments*, 22(1), 1-12.
<https://doi.org/10.7721/chilyoutenvi.22.1.0001>

Mediación pedagógica en la enseñanza de módulos de matemática de primaria de las personas jóvenes y adultas: caso de la DRE Cañas

Laura Patricia Briceño Cabezas
Ministerio de Educación Pública, Costa Rica
laura.briceno.cabezas@mep.go.cr

Luis Fernando Ramírez Oviedo
Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica
lramirez@uned.ac.cr

Resumen: En la presente investigación se abordó el objetivo de diseñar un taller pedagógico sobre el contenido de fracciones para docentes de educación primaria en pro de la construcción de ambientes áulicos propicios para el logro y fomento del éxito académico y aprendizajes significativos acordes a lo que las personas jóvenes y adultas, con el propósito de generar un recurso didáctico acorde a las características y necesidades de la población y las modalidades de Educación para Personas Jóvenes y Adultas (EPJA) del sistema educativo costarricense. Mediante la metodología de investigación proyectiva, se diseñó, validó y aplicó el taller, obteniéndose como principal conclusión que el taller representa un insumo válido, pertinente, novedoso y acorde a las necesidades de capacitación o formación continua de docentes de primaria, quienes por su formación inicial generalista carecen de suficientes estrategias didácticas para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática.

Palabras clave: Enseñanza de las matemáticas, Educación para adultos, Educación recurrente

1. Introducción

En 1993 mediante acuerdo del Consejo Superior de Educación (CSE) 33-93, se crea la modalidad CINDEA (Centro Integrado de Educación de Adultos) la cual está a cargo del Departamento de Educación de Personas Jóvenes y Adultas (DEPJA) del Ministerio de Educación Pública (MEP) dirigida a atender necesidades y particularidades de la población adulta, incluso en zonas del país de difícil acceso o bien, que no disponen de otro servicio educativo y actualizado en 2014 según las modificaciones a los programas de estudio, en consonancia con el Acuerdo 10-23

del 7 de noviembre del 2013, del Consejo Superior de Educación. (MEP, 2023, p. 10).

El CINDEA se encuentra organizado por una sede central y un máximo de cinco satélites en donde se labora de manera semestral con horarios que van desde las 7:00 am hasta las 10:00 pm, con un plan de estudios que flexibiliza la construcción del aprendizaje con respecto a las personas adultas y toma en cuenta los diferentes intereses, ritmos de aprendizaje y las posibilidades para participar en el proceso educativo de manera integral, respondiendo a tres áreas del desarrollo humano: académica, socio-productiva y de desarrollo personal, conformado por módulos y estos a su vez, por un determinado número de créditos. El módulo corresponde a la unidad de organización curricular autónoma y flexible que orienta situaciones de aprendizaje activas y participativas originadas desde la experiencia o vivencia cotidiana de la persona joven y adulta. Estos se organizan en periodos y se aprueban en forma independiente.

Los CINDEA cuentan con dos programas educativos (ver figura 1), uno denominado como *Educación Convencional* y el otro, *Educación Emergente*. La Educación Convencional es el programa principal y está organizada en tres niveles: I nivel que es equivalente a Primer y Segundo Ciclo de la Educación General Básica (EGB), II nivel el cual es equivalente a Tercer Ciclo de la EGB y, por último, el III nivel, equivalente a Educación Diversificada, mientras que, la Educación Emergente viene a ser un programa complementario que ofrece a la comunidad cursos libres de acuerdo con las necesidades divisadas por el MEP (2023).

Figura 1

Estructura del Plan de Estudios de Educación de Adultos



Fuente: Elaboración propia (2024)

Según el Programa del Estado de la Nación (PEN), para el segundo semestre del 2022, cerca del 22 % de la población no tenía estudios de secundaria completos, mientras que casi un 11 % carecía de estudios de primaria completos (PEN, 2023). Dicha problemática social agrava y desmejora la calidad de vida de las personas, considerando la poca posibilidad de acceso a empleos dignos (donde al menos reciban el salario mínimo), servicios de salud, por mencionar algunos aspectos. Es importante destacar que los espacios educativos deben ayudar a reducir la población con estudios incompletos, incentivando su permanencia en el aula. La mediación que se realiza en espacios que son comprendidos por personas jóvenes y adultas, no debe ser la misma que se realiza en aulas en las que se brinda atención a niños y adolescentes, aun considerando una malla curricular o contenidos similares, como lo mencionan Ortiz y López (2020):

El aprendizaje y la apropiación de habilidades matemáticas en personas jóvenes y adultas requiere, en gran medida, que sea abordado desde las experiencias previas y de las necesidades de esta población, con el objetivo de propiciar aprendizajes significativos y el desarrollo de habilidades que pueden ser utilizadas para resolver diversas problemáticas a lo largo de la vida. (p. 85)

Debe existir una adaptación a las bases de la metodología empleadas tanto en la práctica de aula como en la planificación de las estrategias desde el planeamiento didáctico, evidenciando y valorando los intereses de las personas estudiantes, su entorno, los aspectos socioculturales e incluso los psicosociales que de una u otra manera influyen en su rendimiento académico, permanencia y continuidad en el centro educativo.

Existe gran variedad de actividades en materia de aprendizaje y educación de adultos, la cual ofrece muchas oportunidades que permiten dotarles de alfabetización y competencias básicas; oportunidades para la formación permanente, el desarrollo profesional y para la ciudadanía activa. El Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) es una de las instituciones que ha estado a la vanguardia de esta línea de procesos y en lo que respecta a educación de adultos, maneja una normativa acorde a la materia laboral y educativa vigente que propicia igualdad de oportunidades tanto en la formación profesional como la garantía en la inserción laboral (INA, 2024). El aprendizaje y la educación de adultos brinda una amplia variedad de vías de aprendizaje y oportunidades flexibles para la formación, en los que se puede recuperar la ausencia de escolarización inicial, e incluso en el caso de personas jóvenes y adultas que, por razones de contexto familiar, económico o social no hayan asistido nunca a la escuela o la hayan abandonado prematuramente puedan tener la oportunidad de iniciar o retomar procesos de alfabetización con todas las garantías que la Política Educativa vigente establece en cuanto a las acciones dirigidas a potenciar el desarrollo integral de la persona estudiante sin distinción alguna y esto no excluye, por supuesto, la modalidad en la que se desarrolle el proceso educativo. (MEP, 2016).

La alfabetización de personas jóvenes y adultas es clave para desarrollar los conocimientos, habilidades y competencias necesarias para enfrentar los desafíos y complejidades de la vida moderna, la cultura, la economía y la sociedad. Morales (2024) señala que es esencial fortalecer las capacidades educativas y la empleabilidad de la población, propiciando el acceso a la educación formal de calidad y a capacitaciones para la adquisición de competencias para dotar a las

personas de las habilidades necesarias para ejercer sus derechos, hacerlos efectivos, y hacerse responsable de su propio destino.

A partir de la experiencia docente vivida desde la Asesoría de Matemática de la Dirección Regional de Cañas, Guanacaste, lo señalado por (Cerdas Chaves et al., 2021) “se vuelve necesaria una capacitación docente en torno a cómo trabajar con personas estudiantes adultas” (p.93) y por (Alpízar-Vargas et al., 2019) “los programas de capacitación y actualización deben mejorarse, si no es posible abarcar muchos detalles en la formación universitaria inicial, deberían poder solventarse por medio de capacitaciones y actualizaciones impartidas por el MEP o por las universidades” (p.52) surgió el interés por abordar el problema, ¿cómo mediar pedagógicamente un taller sobre fracciones y su didáctica con docentes de primaria para el éxito académico y aprendizajes significativos acordes a lo que las personas jóvenes y adultas? Para ello se definió como objetivo general diseñar un taller pedagógico sobre el contenido de fracciones para docentes de educación primaria en pro de la construcción de ambientes áulicos propicios para el logro y fomento del éxito académico y aprendizajes significativos acordes a lo que las personas jóvenes y adultas.

Además, para el alcance de dicho objetivo se establecieron los objetivos específicos: identificar estrategias didácticas para la enseñanza del tema de fracciones acordes a la población estudiantil EPJA, elaborar un taller pedagógico con una secuencia de actividades de enseñanza basada en las estrategias identificadas para la población EPJA, validar el taller pedagógico con especialistas y aplicar el taller con un grupo de docentes de primaria.

2. Aspectos teóricos

El DEPJA plantea los objetivos en atención a lo que expone de manera amplia la Política Educativa. La persona: centro del proceso educativo y sujeto transformador de la sociedad:

- Alfabetizar a la población joven y adulta sin instrucción.

- Promover aprendizajes, habilidades y competencias para una participación ciudadana real y efectiva, en población joven y adulta.
- Desarrollar, en las personas jóvenes y adultas, la capacidad de desenvolvimiento en entornos globales, para el mejoramiento de la calidad de vida y trabajo.
- Atender con calidad las necesidades y aspiraciones de la población joven y adulta, especialmente de aquellas en condición de vulnerabilidad.

Según los Programas de Estudio de Matemáticas el área de Números juega un papel fundamental en Primero y Segundo ciclo y uno de los propósitos centrales de esta área “es potenciar la representación múltiple de números como: $18 = 10 + 8 = 9 + 9$, o comprender por ejemplo que los racionales se pueden representar como fracciones, decimales, porcentajes: $1/2$, $0,50$ y 50% ” (MEP, 2012, p. 51). Particularmente, en el Segundo Ciclo se concentra el tratamiento de fracciones y decimales.

Tres de las 12 habilidades generales del área de Números en el Segundo Ciclo se encuentran directamente relacionadas con el concepto de fracción:

- Aplicar el concepto de fracción, sus tipos y representaciones en la resolución de problemas.
- Aplicar el concepto de números decimales en la resolución de problemas.
- Efectuar operaciones con números en sus diferentes representaciones. (MEP, 2012, p. 173).

El taller, desde la investigación cualitativa, es un escenario de aprendizaje que permite observar, registrar y analizar acciones e interacciones en el aula. Funciona como un medio de enseñanza y aprendizaje donde los participantes adquieren conocimientos y habilidades mediante actividades colaborativas. La idea central es que el taller promueve la autonomía y la responsabilidad de los aprendices. El filósofo y sociólogo Ezequiel Ander-Egg destaca que, siguiendo el enfoque constructivista, el estudiante es el principal responsable de su proceso de aprendizaje, ya que la adquisición de conocimientos es un proceso personal y único

(Rodríguez-Luna, 2012). En la figura 2 se destacan seis características que deben estar presentes en un taller pedagógico.

Figura 2

Características de un taller pedagógico



Nota: elaboración propia, basada en (Rodríguez-Luna, 2012).

3. Materiales y métodos

El taller se estructuró siguiendo como guía el modelo para la presentación de talleres del (Programa de Enseñanza de la Matemática, 2023) de la Universidad Estatal a Distancia (UNED). Siguió dos actividades principales, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1*Actividades del taller pedagógico*

Actividad	Materiales	Habilidades específicas
Bingo	Guía de trabajo Tómbola, cartones y fichas de Bingo Audiovisual Preguntas generadoras	Identificar las fracciones como parte de la unidad o parte de una colección de objetos
Conceptos de fracciones a través del Lego	Guía de trabajo Legos de diferentes tamaños Preguntas generadoras	Expresar una fracción impropia en notación mixta y viceversa Comparar fracciones utilizando los símbolos $<$, $>$ o $=$ Sumar y restar fracciones homogéneas y heterogéneas

Fuente: elaboración propia (2024).

Se diseñó un instrumento para validar el taller, adaptado de Jiménez-Alpízar et al., (2024) y validado. El taller fue sometido a validación por parte de dos expertos en Educación Matemática, con experiencia en: formación de docentes, investigación en educación primaria y asesoría de docentes de primaria. Posterior a la validación de los expertos, se mejoró el taller, siguiendo las observaciones brindadas.

Para la aplicación del taller se trabajó con 13 docentes activos de educación primaria, de la Dirección Regional de Educación Cañas, que atiende los cantones: Abangares, Tilarán y Cañas, todos en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. Los docentes fueron invitados a participar de un taller de capacitación continua en las instalaciones de la UNED, en Cañas y los participantes acudieron de forma voluntaria. Se diseñó un cuestionario, se validó por reconstrucción, y se aplicó para conocer las percepciones de los participantes del taller sobre su pertinencia, importancia y satisfacción.

4. Resultados y su discusión

En el tema de fracciones se desarrollan actividades que buscan relacionar de manera apropiada el entorno con situaciones específicas; ejemplificado a través de una ronda de bingo y además, haciendo uso de bloques de construcción de juguete como objetos concretos para la representación de conceptos y términos fraccionarios, así como, para la comprensión de procesos. Inicialmente, se desarrolla una actividad lúdica, y luego se proyecta una breve explicación de la técnica de suma y resta de fracciones utilizando bloques de construcción de juguete, para lo cual, se complementa con el conjunto de conocimientos previos que tienen los docentes. Asimismo, desde el abordaje de ambas técnicas se exploran aspectos asociados a las habilidades expresivas, representativas y de interpretación de la información de los participantes, puesto que, el dominio o no de ellas, impacta de forma directa y significativa en el proceso de la práctica pedagógica desarrollada en el aula. Seguidamente, se les solicita a los participantes completar las respectivas guías de trabajo impresas diseñadas para cada una de las tareas propuestas previo a la exposición de la técnica.

Para llevar a cabo el análisis de los resultados se contemplaron las siguientes categorías:

- Diseño del taller
- Percepciones de las docentes
- Resultados de la aplicación

Se abordó cada una de ellas de acuerdo con la experiencia y la información recopilada por medio de los diferentes instrumentos.

La validación del taller es un paso fundamental para asegurar la efectividad y pertinencia de las actividades propuestas. Expertos en la materia revisaron el instrumento, y sus evaluaciones indicaron que parte de las actividades propuestas no cubren de manera exhaustiva y adecuada los temas y habilidades que el taller pretende desarrollar por lo que fue necesario efectuar ajustes en algunas de ellas según las recomendaciones recibidas.

Fue conveniente considerar ajustes en aspectos puntuales, tales como, la definición de las actividades del taller, para ofrecer mayor vinculación con las habilidades específicas que se están desarrollando. Asimismo, con respecto a la primera actividad, se recomienda enfocarla de forma directa con el contenido de fracciones y es necesario identificar la población meta.

El propósito del cuestionario a participantes fue obtener una retroalimentación directa sobre la efectividad, relevancia y calidad del taller. Los resultados de esta evaluación permitieron identificar fortalezas y áreas de mejora, asegurando que en futuras aplicaciones del taller pueda ajustarse mejor a las necesidades y expectativas de los asistentes.

En cuanto a la pertinencia que tiene la temática tratada con lo que realiza diariamente, el 100 % de los participantes indica la temática como muy pertinente. Esto refleja que el material presentado fue percibido como útil y directamente relacionado con sus necesidades. Con respecto a la importancia que tiene la temática para el desempeño laboral, aproximadamente el 92 % califica como muy importante, mientras que casi un 8 % lo califica como importante. Este resultado sugiere que los objetivos de aprendizaje del taller fueron en gran medida alcanzados.

Sobre los recursos empleados para el desarrollo del taller, casi el 92 % señala que son muy aptos y 8 % lo califica como aptos. En cuanto a la metodología empleada por el facilitador y su interés en el taller, casi un 83 % de los asistentes evalúan encontrarse muy satisfechos con los aspectos, en tanto, el 17 % asegura hallarse satisfecho.

Un último aspecto, pero no menos importante, que se analiza desde la experiencia de los participantes, es el tiempo empleado por el facilitador para el desarrollo del taller. El aproximadamente 83 % de los asistentes, se encuentra muy conforme con el tiempo; sin embargo, un 17 % expresa estar conforme o algo conforme.

Cuando se les consulta a los docentes participantes sobre cuáles aspectos se podrían mejorar, se anotan elementos relacionados con la efectividad del taller, lo cual se evidencia en comentarios tales como:

- “Nada... el trabajo estuvo muy bueno”
- “Me encantó”
- “En realidad, ninguno, fue muy lúdico, divertido y de mucho aprendizaje”
- “Ninguno”
- “Abarcar otros aprendizajes esperados”

Además, se destacan puntos de mejora que se considerarán para eventuales ejecuciones y otros que realmente se escapan al dominio de los facilitadores, como lo son:

- “Más tiempo para brindar las respuestas de las actividades y las consultas”
- “Tiempo”

La percepción general de los asistentes con respecto al taller muestra un 83 % de total satisfacción lo que muestra la necesidad de contemplar estos espacios para que los docentes, en este caso, de I y II Ciclo, puedan explorar nuevas estrategias didácticas que sean aplicables en el contexto áulico y renovar o mejorar metodologías empleadas. Estos resultados sugieren un alto nivel de aceptación del taller por parte de los asistentes. Los participantes destacaron positivamente la pertinencia de los contenidos y la dinámica interactiva de las actividades en algunos casos, expresando que en otras oportunidades sean tomados en cuenta nuevamente, lo que refleja una percepción positiva del valor obtenido en esta experiencia.

La revisión de las guías de trabajo completadas por los participantes fue fundamental para evaluar la comprensión de los contenidos, la aplicación de los conocimientos adquiridos y la efectividad de las actividades propuestas en el taller. Este análisis buscaba identificar patrones en la calidad del trabajo, áreas donde los participantes tuvieron dificultades y aspectos que podrían mejorarse en futuras aplicaciones del taller.

El 92 % de los participantes completó todas las tareas incluidas en las guías de trabajo, lo que indica un alto nivel de compromiso y participación en el taller.

Se observó que aproximadamente un 42 % de los participantes logró responder correctamente a la mayoría de los ejercicios planteados en la actividad 1 propuesta en la guía de trabajo, reflejando una poca comprensión de los conceptos trabajados. Un 58 % presentó respuestas incorrectas o incompletas en ciertos ejercicios, lo que sugiere la necesidad de reforzar ciertos contenidos. Con respecto a la actividad 2, el 83 % logró contestar de manera correcta la mayoría de los ejercicios que se le plantearon, en tanto, 17 % mostró respuestas incorrectas o bien, incompletas por lo que es conveniente considerar el reforzamiento de contenidos en las áreas que se contemplaron en la actividad.

El 17 % de las guías revisadas mostró un buen nivel de profundidad en las respuestas, con argumentaciones claras y bien estructuradas. Sin embargo, un 83% de los participantes ofreció respuestas más superficiales, lo que puede indicar una comprensión parcial de algunos temas o una falta de tiempo para desarrollar respuestas más completas.

Se identificaron patrones de error en ciertos puntos específicos, como el reconocimiento de situaciones del contexto que pueden representarse por medio de fracciones, comprensión del concepto de fracción como parte de la unidad y propiamente la forma de representación de esta, donde el 50 % de los participantes mostró dificultades para aplicar correctamente los conceptos. Este hallazgo indica la necesidad de reforzar estos temas en futuras sesiones o proporcionar materiales de apoyo adicionales.

5. Conclusiones y recomendaciones

En general, los resultados indican que el instrumento es aceptable y válido para su uso en el contexto del taller, aunque se recomienda efectuar ajustes menores en algunos ítems para mejorar su precisión y claridad. La realimentación de los participantes fue en su mayoría positiva, lo que sugiere que el taller es bien recibido y que el instrumento cumple su propósito en la evaluación de los objetivos propuestos.

La evaluación por parte de los participantes revela un alto nivel de satisfacción general con el taller. Los contenidos fueron percibidos como relevantes y aplicables, y la facilitación fue valorada positivamente. Sin embargo, se identificaron algunas áreas de mejora, especialmente en la diversificación de metodologías y en la profundidad de ciertos temas. La retroalimentación propone que los asistentes se sintieron motivados a aplicar lo aprendido y a seguir participando en futuras oportunidades formativas.

La revisión de las guías de trabajo realizadas por los participantes demuestra que, en general, los objetivos de aprendizaje del taller fueron alcanzados, con la mayoría de los participantes, demostrando una buena comprensión de los conceptos clave. No obstante, se identificaron algunas áreas que requieren refuerzo, así como oportunidades para mejorar la claridad de las instrucciones y la variedad de las actividades.

Como recomendación, se deben reforzar los temas donde se identificaron mayores dificultades, posiblemente mediante el uso de ejemplos adicionales o explicaciones más detalladas. Revisar y mejorar la redacción de las instrucciones en las guías de trabajo para asegurar su claridad. Continuar promoviendo la creatividad y el pensamiento crítico en las actividades para mantener el interés y fomentar la innovación entre los participantes.

Entendiendo que este y otros temas forman parte del conjunto de descriptores que se desarrolla en los módulos de matemática de I Nivel de CINDEA, y que quienes asumen el rol docente en dicho nivel son los docentes de I y II Ciclo, se recomienda retomar contenidos que presentan mayor dificultad de comprensión, para posteriormente promover espacios en los que los docentes puedan explorar recursos metodológicos y estrategias didácticas que sean aplicables a la población que atienden o eventualmente podrían atender, personas jóvenes y adultas.

Ante este escenario y entendiendo que los docentes deben comprender las diferencias en la forma en que los adultos aprenden en comparación con los niños, puesto que los adultos traen experiencias previas, motivaciones específicas y expectativas que influyen su aprendizaje. Se recomienda que la enseñanza sea

práctica, relevante y conectada con la vida cotidiana de los adultos y los métodos deben ser flexibles y permitir la autodirección en el aprendizaje.

Bibliografía

- Alpízar-Vargas, M., y Alfaro-Arce, A. L. (2019). La formación universitaria de docentes de educación primaria: El caso de matemáticas. *Uniciencia*, 33(2), 110-154. <https://doi.org/10.15359/ru.33-2.8>
- Cerdas Chaves, C., Rodríguez Camacho, I., y Vargas Ureña, S. (2021). *Andragogía en los Estudios Sociales: Su incidencia en el desarrollo del aprendizaje significativo con poblaciones estudiantas adultas de décimo año en el CINDEA Alberto Manuel Brenes Mora, durante el 2020-2021*. <http://hdl.handle.net/11056/20907>
- Instituto Nacional de Aprendizaje. (2024). *¿Cuándo se creó el Instituto Nacional de Aprendizaje?* <https://www.ina.ac.cr/SitePages/Faq.aspx>
- Jiménez-Solís, A., Mora-Serrano, P., y Ramírez-Oviedo, L. (2024). *Fortalecimiento de la imagen conceptual de figuras geométricas para docentes de educación primaria*. Universidad Estatal a Distancia.
- Ministerio de Educación Pública. (2012). *Programas de Estudio de Matemáticas*
- Ministerio de Educación Pública. (2016). *Política Educativa La persona: centro del proceso educativo y sujeto transformador de la sociedad*.
- Ministerio de Educación Pública. (2023). *Directrices y Lineamientos para las Modalidades de Educación de Personas Jóvenes y Adultas: Centros Integrados de Educación de Adultos (CINDEA)*.
- Morales Aguilar, N. (2024). *¿Por qué es importante generar más y mejores oportunidades de trabajo en Costa Rica?*
- Ortiz, M. F. V., y López, M. S. H. (2020). Reflexión sobre la mediación pedagógica de la enseñanza de las Matemáticas con personas jóvenes y adultas. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 19, Article 19.
- Programa de Enseñanza de la Matemática. (2023). *Presentación de talleres*. Universidad Estatal a Distancia.
- Programa Estado de la Nación (2023). *Estado de la Nación: Oportunidades, estabilidad y solvencia económica*. San José, C.R.: CONARE-PEN.

Rodríguez-Luna, M. (2012). El taller: Una estrategia para aprender, enseñar e investigar. En S. Soler-Castillo (Ed.), *Lenguaje y Educación: Perspectivas metodológicas y teóricas para su estudio* (pp. 13-43). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Percepciones de docentes de la DRE Peninsular sobre el uso de herramientas digitales en la mediación pedagógica

Marco Vinicio López Gamboa
Ministerio de Educación Pública, Costa Rica
marco.lopez.gamboa@mep.go.cr

Resumen. La presente investigación, de enfoque cualitativo y de tipo descriptivo, tuvo como objetivo analizar las percepciones de los docentes de la Dirección Regional de Educación Peninsular (DREPE) respecto al uso de herramientas digitales en la mediación pedagógica. Para ello, se trabajó con un grupo de 80 docentes, seleccionando una muestra no probabilística. Los hallazgos indican un mayor interés de los estudiantes por las clases desarrolladas con herramientas digitales, así como el valor de los videos y simulaciones como apoyos audiovisuales. Entre las dificultades señaladas, destacan la falta de tiempo y la limitada conectividad a internet, lo que obstaculiza su implementación.

Palabras clave: Formación de docentes, Tecnología educativa, Educación

1. Introducción

Actualmente las herramientas digitales, como las apps, diferentes tipos de softwares, nubes, entre otras; revolucionan la manera en la que vivimos y trabajamos. En cuanto a la educación, esta no ha quedado exenta, de implementar este tipo herramientas, que ya se han convertido en protagonistas relevantes en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Ante todo, debe considerarse el contexto educativo y la planificación correspondiente previa a su implementación. Además, de un análisis de la mediación pedagógica que ya se realiza, puesto que no es hacer uso de recursos tecnológicos, por hacerlo; sino que, como plantea Castañeda – Morales (2017), solo revisando las prácticas pedagógicas se encontrarán las fortalezas, dificultades, cambios y continuidades que van a permitir las acciones de mejora precisas y contextualizadas.

De ahí que, el objetivo de esta investigación es el analizar las percepciones de los docentes de la Dirección Regional de Educación Peninsular (DREPE)

respecto al uso de herramientas digitales en la mediación pedagógica, plasmando así sus experiencias, como los posibles desafíos durante implementación en sus contextos educativos, de la cual derivan los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los criterios que utilizan los docentes de la DREPE para seleccionar herramientas digitales en su práctica pedagógica.
- Describir las estrategias empleadas por los docentes para implementar herramientas digitales en la mediación pedagógica.
- Describir las dificultades, limitaciones, beneficios y facilidades percibidas por los docentes durante el uso de herramientas digitales en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

2. Marco teórico

La implementación de herramientas digitales en la mediación pedagógica debe considerar, la planificación correspondiente y el dominio que cada docente tenga de la disciplina que enseña, así como en la manera en lo que hace. Es decir, el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC), definido por Gess - Newsome (2015) como la base de la planeación de un tópico particular y su correspondiente habilidad de desarrollarlo en la clase. Asimismo, esto se acopla con el Conocimiento Tecnológico Didáctico del Contenido (CTDC), comprendido como la forma de integrar los saberes de la didáctica y de la disciplina con la tecnología (Mishra y Koehler, 2006). Dando así cabida, a un análisis reflexivo y continuo, en el cual los docentes, no solo deben de adquirir habilidades técnicas, sino, desarrollar un pensamiento crítico, sobre cómo se deben utilizar las herramientas digitales de forma significativa en la mediación pedagógica. De ahí que, Morado (2017) resalta lo siguiente:

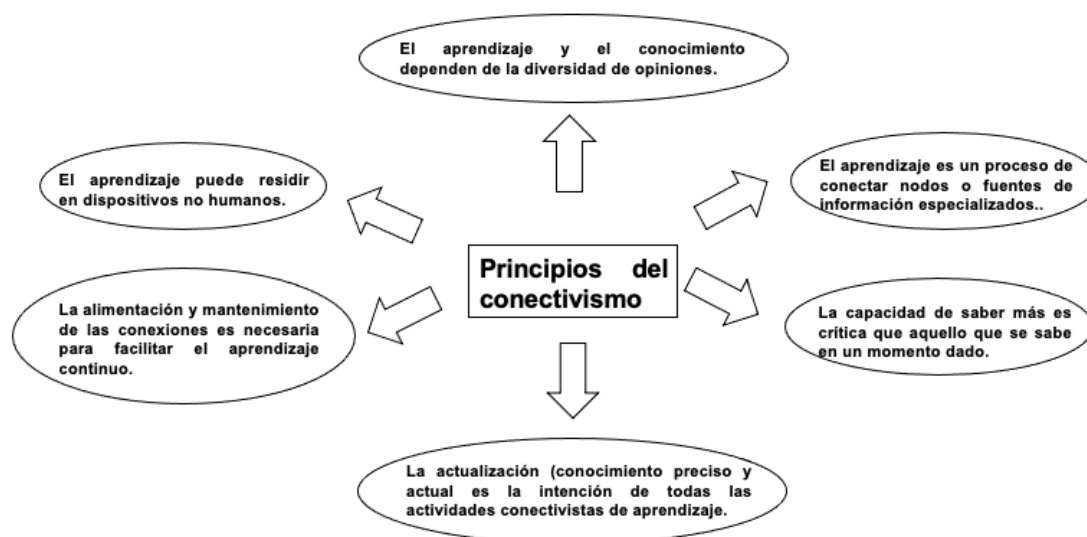
En el campo de la educación se propone un diálogo reflexivo entre la realidad y los participantes, así como la generación de autonomía en los y las aprendientes para que desarrollen capacidades de construir su propio conocimiento y se responsabilicen de él. (p.3)

Por otro lado, López et al. (2017) indican que tanto la sociedad y los centros educativos están más digitalizados, dando cabida a la utilización de las TIC y de herramientas digitales. Por consiguiente, los docentes han de desarrollar una cultura de aprendizaje continuo en temas de tecnología educativa, es decir estar alfabetizados digitalmente, entendida como “la construcción de la comprensión de la información a la que podemos acceder a través de los medios electrónicos y que nos hace parte de una sociedad globalizada” (George y Veytia, 2018).

Lo anterior en concordancia, con el conectivismo, planteado por Siemens (2005) como la integración entre conductismo, cognitvismo y constructivismo; del cual se destacan los siguientes principios en la figura 1:

Figura 1

Principios del conectivismo



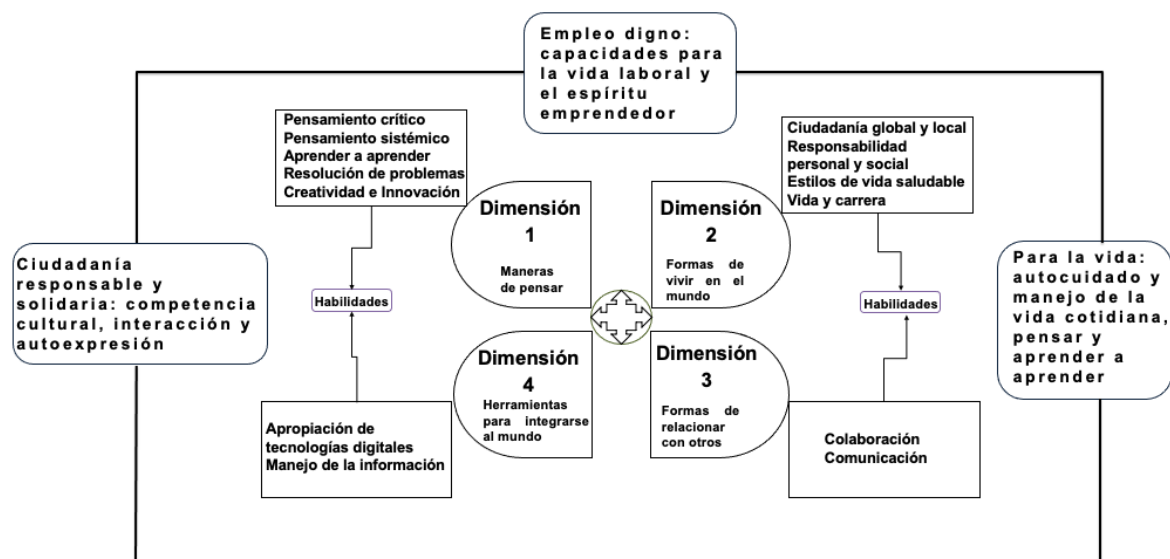
Nota: adaptado de los principios del conectivismo. Fuente: Siemens (2005).

Además, estos principios son afines a la política curricular del Ministerio de Educación Pública (MEP), cimentada en sus cuatro dimensiones y a las tres competencias generales: empleo digno, ciudadanía responsable y solidaria, y para la vida; las cuales se integran y son desarrolladas durante la mediación pedagógica.

La figura 2 muestra la integración de las cuatro dimensiones, junto con sus correspondientes habilidades, en torno a las tres competencias:

Figura 2

Dimensiones de la transformación curricular y competencias generales



Nota: adaptado de transformación curricular y guías de competencias.
Fuente: MEP (2015, 2024).

Al desarrollar estas competencias en el quehacer diario de las lecciones, está asegurando que el estudiantado no solo adquiera conocimientos académicos, sino, que a la vez va desarrollando otras habilidades necesarias para adaptarse a las realidades actuales, como lo son el pensamiento crítico, sistémico, pero sobre apropiación de tecnologías digitales y el manejo de la información. Por lo cual, es fundamental que los docentes, conozcan y potencien destrezas sobre el uso de herramientas digitales, para gestionar los procesos de enseñanza y aprendizaje, en coherencia con el MEP y los requerimientos de la sociedad actual.

3. Metodología

Este estudio es cualitativo, bajo una línea descriptiva, Hernández et al. (2014) resaltan que las investigaciones descriptivas especifican los aspectos más relevantes del objeto de estudio investigado. Asimismo, para recolectar la información, se utilizó un cuestionario en línea, dirigido a docentes de primaria de asignaturas básicas (matemáticas, español, ciencias y estudios sociales), y a profesores de ciencias de secundaria, por medio de *Microsoft Forms*, validado previamente por un grupo piloto; dirigido a 400 docentes aproximadamente, de los cuales respondieron 80, siendo esta muestra no probabilística, debido a la participación voluntaria y no aleatoria.

En cuanto al contexto educativo, la investigación se desarrolló con docentes de la Dirección Regional de Educación Peninsular (DREPE), ubicada en la provincia de Puntarenas, Costa Rica, la cual consta con cuatro circuitos escolares, el 01 en la comunidad de Paquera, el 02 en Cóbano, 03 en Lepanto y 04 en Jicaral. Las características de la población y la muestra, la mayoría fue de educación primaria, puesto que es la mayor cantidad de centros educativos bajo la jurisdicción de la DREPE son de primaria, 64 centros educativos en los que destacan en su mayoría escuelas unidocentes y EGB-1 y 10 instituciones educativas de secundarias, tales como colegios técnicos, liceos rurales, CINDEAs y colegios académicos.

En lo que corresponde al cuestionario en línea, su estructura consistió entre preguntas administrativas, donde se consultaba años de experiencias, grados académicos obtenidos, su condición laboral, interinos o propietarios, entre otras. Así como, en torno a obtener sus percepciones sobre el uso de herramientas digitales, a partir de una pregunta generadora, donde seleccionaban de una lista, las herramientas digitales que utiliza durante la mediación pedagógica, y entre las cuales estaban: APP educativas, laboratorios/simulaciones virtuales, YouTube, sitios web educativos, *Zoom*, *TEAMS*, *Telegram*, *Google Drive*, *OneDrive*, editores de video, editores de sonido, *Aprendo Pura Vida*, *Kahoot*, *Padlet*, *Schoology*, *Google Classroom*, *Canva*, *Geanilly*, *AprendizUp*, etc., así como las alternativas: otras y ninguna; importante mencionar que los docentes podían varias opciones a la vez.

A continuación, en la tabla 1 se muestran algunas de las preguntas utilizadas:

Tabla 1

Categorías y algunas preguntas utilizadas

Categorías	Preguntas
Selección de herramientas digitales (SHD)	<p>¿De las herramientas anteriores que marco, indique por qué decidió usarlas?</p> <p>Si marcó “APP educativas”, indique ¿cuáles y por qué?</p> <p>De las herramientas anteriores, ¿cuáles consideraría seguir utilizando y por qué?</p> <p>De las herramientas anteriores, ¿cuáles consideraría usar por primera vez y por qué?</p>
Implementación de herramientas digitales (IHD)	<p>¿Qué estrategias didácticas y/o prácticas ha implementado en la mediación pedagógica de su respectiva asignatura o asignaturas en las que las halla integrado? Describalo ampliamente, mencionando algún ejemplo concreto.</p>
Dificultades y facilidades (DF)	<p>De las estrategias y/o prácticas que mencionó en la pregunta anterior, ¿cuáles fueron las dificultades y facilidades con las que medio durante su planificación y ejecución?</p>
Limitaciones y beneficios (LB)	<p>¿Qué limitaciones y beneficios considera que pueda tener al implementar este tipo de herramientas, tanto en la actualidad como en el futuro?</p>

Las preguntas fueron estructuradas dentro de un sistema de categorías, en coherencia con los objetivos específicos de la investigación, para así organizar las diferentes percepciones de los docentes. Asimismo, el cuestionario completo se puede apreciar por medio del código QR que se muestra en la figura 3.

Figura 3

Código QR de cuestionario en línea en Microsoft Forms



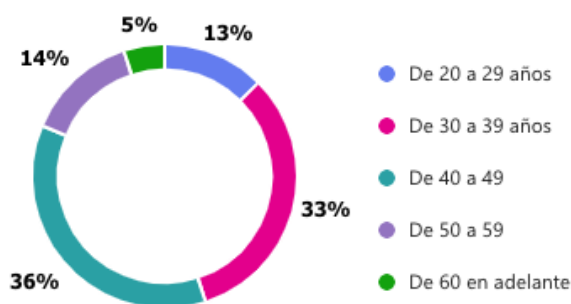
Nota: se puede acceder a través del enlace:
<https://forms.office.com/r/VAdBK37MNW>

4. Resultados y discusión

Los detalles administrativos obtenidos a partir del cuestionario, se determinó que la mayoría de los docentes pertenecen a la provincia de 74% de Puntarenas, luego 25% de Guanacaste y 1% a Alajuela. Mientras que la mayoría de la muestra son mujeres con 75% y hombres en un 25%. Referente a los grupos etarios, la mayoría ronda entre los 40 a 49 años, como se aprecia en la figura 4.

Figura 4

Distribución de edades de los docentes



En lo que respecta, al tiempo de experiencia laboral, es variada y va desde un par meses hasta los 30 años, además de que la mayoría cuenta con grados de licenciatura y maestría, tales como Licenciatura en I y II Ciclo de la Educación General Básica, Maestría en Administración Educativa, Licenciatura en Docencia,

Bachillerato y Licenciatura en la Enseñanza de las Ciencias. Finalmente, hay que mencionar que un 42% de los docentes están nombrados en propiedad y el restante 58% de forma interina. Referente a las percepciones obtenidas sobre el uso de herramientas digitales en la mediación pedagógica, a partir de la pregunta generadora, la más utilizada es YouTube, en la tabla 2 se destacan las cinco más utilizadas por los docentes de la muestra.

Tabla 2

Herramientas digitales que más utilizan los docentes de la muestra

	YouTube	Sitios web educativos	Canva	TEAMS
Cantidad de docentes que la utilizan	66	32	22	21

Nota: los docentes podían marcar más de una alternativa.

En función del sistema de categorías propuesto se analizaron las percepciones correspondientes sobre el uso de las herramientas indicadas en la tabla 2, así como de otras que los docentes de la DREPE han indicado utilizar.

4.1. Categoría: Selección de herramientas digitales (SHD)

A continuación, se presentan las preguntas y las algunas respuestas dadas por los docentes:

De las herramientas anteriores que marco, indique ¿por qué decidió usarlas?

- Porque son fundamentales en la educación de la persona estudiante, siendo estas a fines de provecho para la educación.
- Porque me di cuenta de que pueden ser útil para que los niñ@s se motiven y trabajen
- Para hacer más atractiva la clase.
- Inteligencia Artificial porque me ayuda en el área pedagógica en la resolución y planeación interactiva.

Si marcó “APP educativas”, indique ¿cuáles y por qué?

- Hay apps interactivas que funcionan para complementar las lecciones y los contenidos.
- LabHacks, periodicTableLite, Elementos, Map of Life, UnrealChemist.
- YouTube permite ver videos gratis, que nos ayudan a reforzar diferentes temas.
- Canva para hacer presentaciones para los niños dinámicas y divertidas- Fukosqui- para realizar juegos interactivos y planificar clase. Worwall- actividades practicas dinámicas juegos.

De las herramientas anteriores, ¿cuáles consideraría seguir utilizando y por qué?

- Canva, Inteligencia Artificial, son esenciales en la actualidad para innovar mi carrera profesional y transmitir los aprendizajes de ellas.
- Kahoot a los chicos les encanta.
- Kahoot, phet colorado, canva permite a los estudiantes con facilidad adquirir aprendizajes más significativos y vivenciales de forma interactiva.
- Inteligencia Artificial, me ayuda a conocer actividades divertidas para realizar con los estudiantes.

De las herramientas anteriores, ¿cuáles consideraría usar por primera vez y por qué?

- Las que se adapten al entorno educativo, y según las necesidades de los estudiantes y su nivel de conocimiento en el uso de las TICS.
- Tendré que indagar de las que no marqué para saber cuándo y donde las puede implementar
- CANVA, porque se puede utilizar para presentaciones animadas.

- Classroom, Kahoot, editores de video. Consideraría usarlas para implementar en la clase.

4.2. Categoría: Implementación de herramientas digitales (IHD)

¿Qué estrategias didácticas y/o prácticas ha implementado en la mediación pedagógica de su respectiva asignatura o asignaturas en las que las halla integrado? Descríbalo ampliamente, mencionando algún ejemplo concreto.

- Los videos siempre han sido una herramienta muy importante en la enseñanza, sobre todo porque gran parte de la población educativa necesita ayuda audiovisual, porque su forma de aprendizaje más fuerte es esta. Usar programas de simulación de las partes del cuerpo ayuda a la interacción, socialización e interiorización de los aprendizajes de forma más rápida.

- En español el uso de actividades para la lectoescritura, por ejemplo, realiza un fichero con las sílabas que se están aprendiendo en papel cartón, luego se dibuja una mano al centro del fichero, la persona estudiante debe de colocar su mano sobre la mano dibujada, posteriormente se le muestra una imagen que concuerde con las sílabas mostradas en el fichero y la persona estudiante debe de formar la palabra a la que se relaciona con la imagen, esta idea fue tomada de Facebook.

- Para visualizar videos en Ciencias sobre sistemas del cuerpo humano. En Matemáticas para repasar el algoritmo de las operaciones básicas y otros temas. Mientras que, en Estudios Sociales para conocer elementos de Geografía, Historia y en Español para reforzar uso de las reglas ortográficas, búsqueda de textos.

- YouTube me gusta porque siempre que necesito enseñarles un video de cierta materia en este medio siempre encuentro la explicación que necesito y que mis niños necesitan para entender el tema, y en los Editores de video igual por medio de un video les termino la explicación de dicho tema de tal forma que los chicos entiendan de que se trata dicho tema.

4.3. Categoría: Dificultades y facilidades (DF)

De las estrategias y/o prácticas que mencionó en la pregunta anterior, ¿cuáles fueron las dificultades y facilidades con las que medio durante su planificación y ejecución?

Dificultades:

- El internet no es tan estable, algunos estudiantes no saben usar herramientas tecnológicas.
- Toda práctica educativa tiene su complejidad, el factor primordial es el tiempo con que cuenta la persona docente para elaborar las actividades.
- Falta de equipo competente, falta de interés de parte de los niñ@s ya que cuando se le dificulta algo no quieren seguir intentándolo. Como que les encanta la tecnología, pero para cosas sin sentido
- Como dificultad se presentó el hecho de que el salón de clases no tiene pantalla ni video beam para presentar el video, pero la resolví utilizando mi computadora personal y las personas estudiantes se sentaron alrededor de manera que todos pudieran ver y escuchar.

Facilidades:

- La escuela cuenta con internet wifi permitiendo reproducir videos de YouTube de manera fluida.
- El estudiante presta atención a los videos, esto porque son imágenes coloridas y animadas de su agrado y facilita el transmitir un contenido y que el discente lo absorba.
- La facilidad que los niños pueden visualizar dichas etapas de los seres vivos y posteriormente puedan ilustrar las diferentes etapas.
- Facilidades es una lección diferente para la comunidad educativa, en ocasiones se les hace interesante.

4.4. Categoría: Limitaciones y beneficios (LB)

¿Qué limitaciones y beneficios considera que pueda tener al implementar este tipo de herramientas, tanto en la actualidad como en el futuro?

Limitaciones:

- No recibimos mucha capacitación de cómo saber utilizar mejor la tecnología.
- La falta de conectividad de los estudiantes y el mal uso que ellos le dan a la tecnología.
- El tiempo de las lecciones, y muchas veces algunos no participan.
- No tener un Internet de mejor calidad, la mayoría no cuentan con equipo tecnológico ni Internet en sus hogares.

Beneficios:

- Entre mejor tecnología y dispositivos tenga la institución, más actualizados los métodos y estrategias para impartir la lección.
- Beneficios muchos, ya que estamos en una era globalizada que si o si incluye el manejo de las TIC como herramienta para la vida.
- Acceso rápido a la información, facilita el aprendizaje, simplifica las tareas.
- Facilita el transmitir conocimientos además de reforzarlos, claro buscando y analizando la información antes de presentarla a los estudiantes.

5. Conclusiones

Como se aprecia en las diferentes percepciones de los docentes, existen aspectos positivos y negativos en la implementación de cualquier tipo de herramienta digital durante la mediación pedagógica. Por ejemplo, consideran que estas herramientas hacen las clases más atractivas (SHD), que el uso de simulaciones y videos proporciona un apoyo audiovisual y genera un ambiente más interactivo (IHD), y que contribuyen a que las clases salgan de la rutina (DF). Por

otra parte, destacan que no cuentan con tiempo suficiente para planificar e implementarlas, así como la falta de conectividad, que se convierte en un impedimento para su uso (LB).

Con todo lo anterior, se refuerza lo descrito por George y Veytia (2018), quienes argumentan que este tipo de herramientas no solucionan los problemas educativos, pero ofrecen una serie de posibilidades de colaboración, comunicación y flexibilidades educativas, que antes no se tenían.

Es importante señalar, dentro de las limitaciones de este estudio, que al tratarse de una muestra no probabilística, estas percepciones no se pueden generalizar para el resto de los docentes de la DREPE. Asimismo, existe la posibilidad de que las características o formas de pensar de quienes respondieron el cuestionario sean distintas de las de aquellos que no lo hicieron. Por lo tanto, cualquier análisis e interpretación no debe tomarse a la ligera.

Por otro lado, las percepciones recolectadas pertenecen a un subgrupo particular de docentes que están más interesados en todo lo relacionado con herramientas digitales. De ahí que surja la necesidad de realizar más estudios con muestras más grandes, para corroborar y buscar un diseño de instrumento que permita generalizar los resultados

Agradecimientos

Agradezco a la jefa del Departamento de Asesorías Pedagógicas, MSc. Marcenett Villegas Ovares, de la Dirección Regional de Educación Peninsular del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica, por fomentar la investigación educativa. También quiero agradecer al PhD. Rodolfo Ovares Elizondo, colega asesor regional, por su revisión y consejos en la redacción y metodología del estudio.

Bibliografía

Castañeda – Morales, A. (2017). El profesor y la máquina. Las Tic en las prácticas de los profesores de ciencias sociales de Educación Básica y Media de Buga

- (Colombia). *Revista Palobra, "palabra que obra"*, 17(17), 186-206
<https://doi.org/10.32997/2346-2884-vol.17-num.17-2017-1831>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). México D.F.: McGraw-Hill
- George, C., Veytia, M. (2018). La alfabetización digital como factor de integración de las TIC en educación. *Revista Psicología y Educación Integral A.C.* 7(14), 1-23.
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of thinking from the PCK Summit. En Berry, A., Friedrichsen, P., Loughran, J. (Eds), *Reexamining*
- López, V., Couso, D., Simarro, C., Garrido, A., Grimalt, C., Hernández, M., y Pinto, R. (2017). El papel de las TIC en la enseñanza de las Ciencias en secundaria desde la perspectiva de la práctica científica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, n.º Extra, 691-698.
- Ministerio de Educación Pública. (2015). Fundamentación Pedagógica de la Transformación Curricular. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Educación Pública. (2024). Guía de Competencias, conceptos generales y trabajo metodológico para el curso lectivo 2024. San José, Costa Rica.
- Mishra, P. & Koehler, M.J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teacher College Record*, 106(9), 1017-1054.
- Morado, F. (2017). El acompañamiento tecno-pedagógico como alternativa para la apropiación de tecnología en docentes universitarios. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*. 17(3), 1-24.
- Morales, A. F. C. (2017). El profesor y la máquina.: Las tic en las prácticas de los profesores de ciencias sociales de educación básica y media de Buga

(Colombia). *Revista Palabra: Palabra que obra*, (17), 186-207.
<https://doi.org/10.32997/2346-2884-vol.17-num.17-2017-1831>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014).
Metodología de la investigación (6.^a ed.). México D.F.: McGraw-Hill.

Siemens, G. (2005). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age.
International Journal of Instructional Technology & Distance Learning, 2.

Razonamiento algebraico en la población costarricense

Estrella León Jiménez
Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica
estrella.leon@uned.cr

Resumen: El concepto de pensamiento algebraico ha tenido mucho auge a nivel internacional por su predominancia en los programas de estudio de la matemática a nivel de primaria y secundaria. En este artículo en particular se hace una revisión actual de su conceptualización para tener una visión clara de que trata. Asimismo, se presentan los principales resultados obtenidos de una investigación de Trabajo Final de Graduación de la carrera de enseñanza de la matemática de la Universidad Estatal a Distancia que trato de identificar las principales características del pensamiento algebraico en una muestra de alumnos de un liceo nocturno en Costa Rica.

Palabras clave: Álgebra, Pensamiento, Educación, Enseñanza, Aprendizaje

1. Introducción

La noción de pensamiento algebraico ha atravesado diferentes conceptualizaciones que han tenido consecuencias curriculares importantes. Sin embargo, de acuerdo con investigadores sobre el tema, como Ureña (2021) no existe una conceptualización concisa sobre el mismo, a pesar de la mayoría de los programas de estudio de la matemática abordan contenidos algebraicos.

Dentro de esta nebulosa de conceptos e ideas relacionados con el pensamiento algebraico, se pueden destacar los trabajos de Kaput (2008) y Blanton et al. (2018) pues no solo demuestran una conceptualización consistente a través de los años, sino que además han sido los pilares de reformas curriculares en torno al álgebra en Estados Unidos.

Específicamente Blanton et al. (2018) conceptualizan el pensamiento algebraico a través de lo que denominan “actividades esenciales”, donde menciona que el razonamiento del álgebra se determina a partir de generalizar, representar, justificar y razonar la estructura de la matemática misma y las relaciones entre los objetos que esta estudia. Como se puede observar estas actividades esenciales coinciden con los procesos matemáticos (razonar y argumentar, plantear y resolver

problemas, comunicar, conectar, representar) establecidos en el programa de matemática por el Ministerio de Educación Pública (MEP).

El término pensamiento o razonamiento algebraico no aparece explícitamente en los programas de estudio del MEP, sin embargo, tal y como se ha mostrado previamente, existen conexiones que permiten establecer las intenciones del Ministerio por desarrollar esta forma de razonamiento entre los estudiantes costarricenses. Tal es el caso que el documento oficial afirma que el estudio del álgebra y las funciones “se convierte en el corazón de la educación secundaria” (MEP, 2012, p.54).

Debido a la relevancia que tiene el desarrollo del pensamiento algebraico para el MEP, es natural preguntar por el estado del mismo entre la población costarricense. Precisamente, a continuación, se presentan los resultados de una investigación que pretende contestar a esta interrogante, pero tomando en consideración una población vulnerable, como son los estudiantes de la Educación para Personas Jóvenes y Adultas (EPJA) en Costa Rica.

2. Marco teórico

Para comprender a profundidad la noción de pensamiento algebraico, es preciso mencionar los fundamentos teóricos que llevaron a Blanton et al. (2018) a su definición. Su conceptualización está basada en los trabajos de Kaput (2008), que define el álgebra escolar a través de dos aspectos básicos:

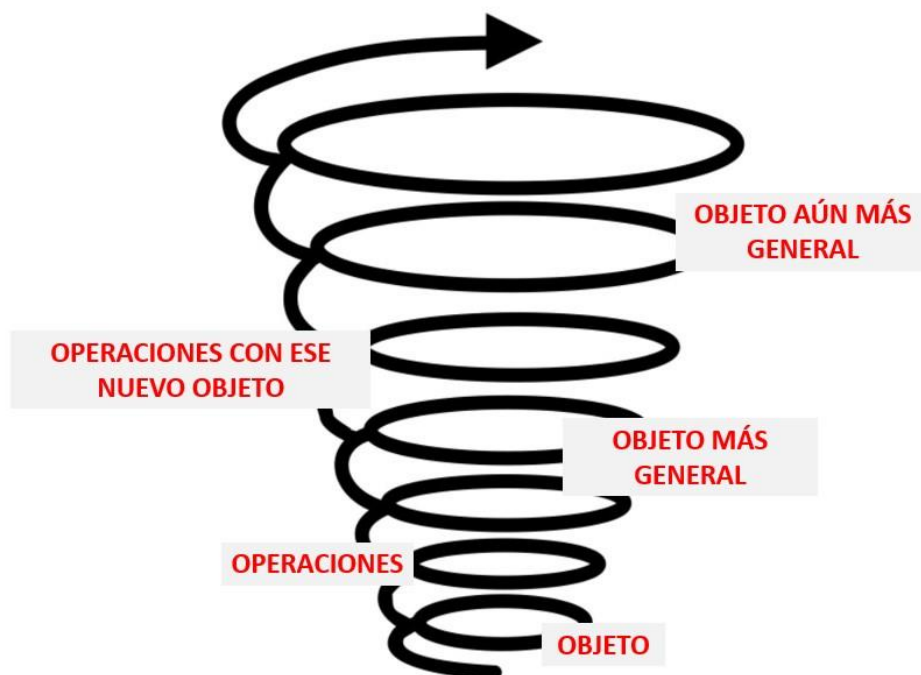
1. ASPECTO BÁSICO A: hace alusión a la generalización y a la expresión de dichas generalizaciones mediante sistemas de símbolos cada vez más convencionales
2. ASPECTO BÁSICO B: hace referencia a las acciones y procedimientos que se pueden realizar sobre los símbolos establecidos en el aspecto básico A.

En otras palabras, Kaput define como aspecto básico A a los objetos matemáticos y su representación, y como aspecto básico B a las operaciones que se pueden llevar a cabo con dichos objetos. Además, Kaput (2008) establece

conexiones entre estos dos aspectos básicos. Menciona que en la enseñanza del álgebra inicialmente se establece un objeto matemático (números naturales, enteros, etc.) que después se operacionaliza (suma, resta, multiplicación, etc.), y es el manejo adecuado de esta operacionalización nos introduce con objetos matemáticos con un mayor grado de generalidad. Lo que conduce a diversos niveles de abstracción o generalidad. La figura 1 funge como una representación visual del proceso que menciona Kaput, donde la relación entre objeto-operación es cíclica, pero al alcanzar nuevos niveles de abstracción crece en espiral.

Figura 1

Relación entre objeto y operalización del objeto matemático establecida por Kaput



Godino et al. (2015) relacionaron esta teoría de niveles de generalización con los programas de estudio de matemática para primaria y secundaria en el sistema educativo español. Lo hicieron al asignar a cada etapa una serie de objetos y actividades matemáticas específicas, que decidieron denominar niveles de algebrización. En la tabla 1, se presenta un resumen del trabajo de Godino et al. (2015):

Tabla 1*Niveles de algebrización*

Nivel	Rasgos característicos
0	No se incluyen características ni procesos algebraicos. Dentro de las actividades intervienen números, operaciones aritméticas y la igualdad como resultado de la operación.
1	Aparecen objetos particulares cuya generalidad se reconoce de manera explícita. Se pueden presentar símbolos que hagan referencia a los números, pero sin operar con estos objetos.
2	Se presentan expresiones representadas con lenguaje simbólico-literal, ligadas al contexto. Se resuelven ecuaciones de la forma $Ax + B = C$.
3	Se realizan operaciones con objetos simbólico-literales. Se trabaja con indeterminadas, incógnitas, variables y funciones particulares. Se resuelven ecuaciones de la forma $Ax + B = Cx + D$.
4	Surge a partir de un primer encuentro con parámetros y coeficientes variables.
5	Se hacen cálculos que involucran uno o más parámetros.
6	Se aborda la naturaleza específica de los conocimientos matemáticos. Se consideran actividades propias como el estudio de estructuras algebraicas y del álgebra de funciones.

Nota. Fuente: Godino et al. (2015)

Es importante recordar que estos niveles de algebrización están diseñados acorde a los contenidos del programa de matemática español. Si se consideran las habilidades propuestas por el MEP, en el caso de los estudiantes costarricenses se espera que posean un cuatro al finalizar el proceso de educación secundaria. A grandes rasgos en primaria se abordan los niveles 0,1 y 2, en tercer ciclo el nivel 3 y en educación diversificada se estudia el nivel 4.

3. Marco Metodológico

Esta investigación se enmarca en un paradigma interpretativo, con un enfoque cualitativo, tiene un alcance descriptivo y un diseño de teoría fundamentada. Como se ha mencionado previamente se desea conocer el estado

del pensamiento algebraico de estudiantes pertenecientes a la EPJA, por lo tanto, para esta investigación se tomó en consideración la población estudiantil del Colegio Nocturno La Unión, en específico la muestra es un grupo de décimo año de la institución. La muestra fue seleccionada por conveniencia, pues el equipo administrativo y docente demostró apertura en recibir a la investigadora en el centro educativo.

Para la recolección de información se aplicaron tres instrumentos: una bitácora de campo, una entrevista a la docente y un problema algebraico a la muestra. Este problema constaba de una serie de preguntas, que requerían en su resolución presentar respuestas de diversos niveles de algebrización.

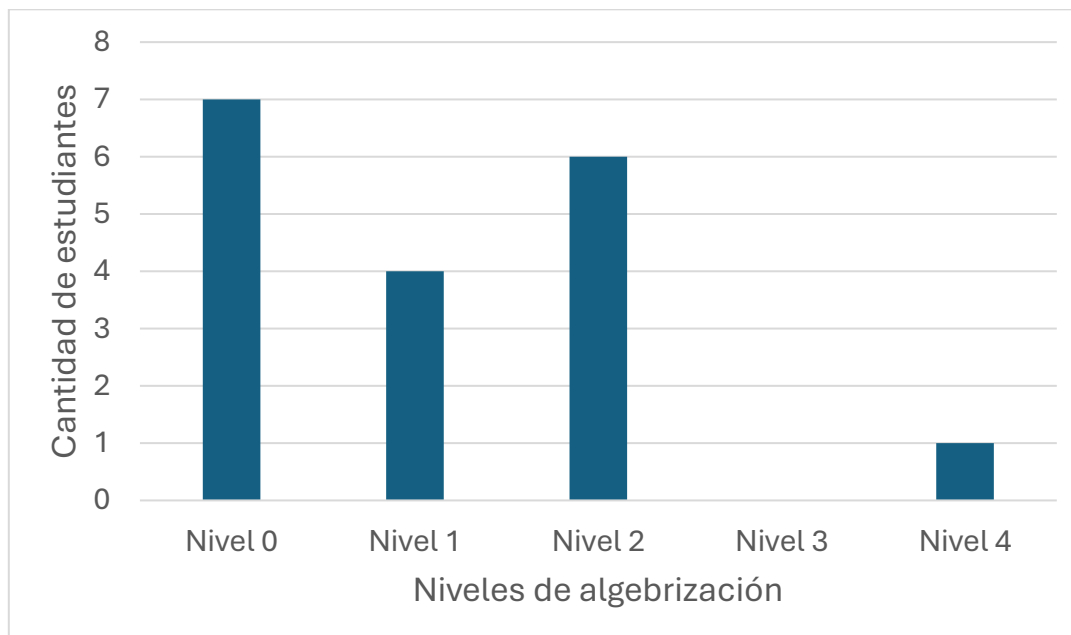
4. Resultados

A continuación, se presentarán los principales resultados de la investigación, sin embargo, es necesario realizar una serie de aclaraciones para comprender claramente la información obtenida. A raíz de las respuestas brindadas por el grupo de alumnos al problema algebraico, se clasificaron en alguno de los niveles de algebrización (0-4) propuestos por Godino et al. (2015). Si por ejemplo se dice que una persona estudiante se ubica en un nivel 2, es porque brindo respuestas acordes a ese nivel y además demostró dominio de los niveles anteriores. Esta aclaración se realiza porque de acuerdo con la teoría expuesta por Godino et al. (2015), un educando no puede alcanzar un nivel de algebrización sin antes dominar los niveles previos.

Sin más que agregar en la figura 2 se presentan los niveles de algebrización demostrados por una muestra de 18 alumnos de décimo año:

Figura 2

Niveles de algebrización de la muestra de estudiantes



Si se traducen estos valores absolutos a porcentajes se obtiene que el 6% de la muestra tiene un nivel 4 de algebrización, el 33% un nivel 2, el 22% tiene un nivel 1 y finalmente un 39% demuestra un nivel 0. Es interesante mencionar que no se encuentran estudiantes que se ubiquen en un nivel 3. Comparando estos resultados con las metas propuestas por el MEP, se evidencia que la realidad de las aulas dista de lo que plantean los programas de estudio. De acuerdo con estos resultados el 94% de la muestra se encuentra en un nivel 2 o inferior, lo que representan niveles de algebrización muy por debajo de lo que esperan las autoridades educativas del país.

5. Conclusiones

El 94% de los estudiantes de la muestra se encuentra en niveles incipientes del pensamiento algebraico, muy alejados de lo que pretende el MEP para alumnos de décimo año. A pesar de que estos resultados no son generalizables a toda la población costarricense, sí comienza a recopilar información del estado de la algebrización en el país. Es importante realizar este tipo de investigaciones con

otros sectores del sistema educativo, para tener una idea más clara del pensamiento algebraico de la población estudiantil.

Bibliografía

- Blanton, M., Brizuela, B., Stephens, A., Knuth, E., Isler, I., Gardiner, A., Stroud, R., Fonger, N., & Stylianou, D. (2018). Implementing a framework for early algebra. En C. Kieran (Ed.), *Teaching and learning algebraic thinking with 5- to 12-year-olds: The global evolution of an emerging field of research and practice*. (pp. 27-49). Hamburg, Germany: Springer International Publishing.
- Godino, J. D., Neto, T., Wilhelmi, M. R., Aké, L. P., Etchegaray, S., & Lasa, A. (2015). Niveles de algebrización de las prácticas matemáticas escolares. Articulación de las perspectivas ontosemiótica y antropológica. *Avances De Investigación En Educación Matemática*, 1(8), 117–142. <https://doi.org/10.35763/aiem.v1i8.105>
- Kaput, J. (2008) What is Algebra? What is Algebraic Reasoning? En Kaput, J., Carraher, D., y Blanton, M (Eds), *Algebra in the early grades*, 1(1), 5-19. Taylor y Francis Group
- Ministerio de Educación Pública. (2012). *Programas de estudio de matemáticas. I, II y III Ciclos de la Educación General Básica y Ciclo Diversificado*. <https://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/matematica.pdf>
- Ureña, J. (2021) *Representaciones de generalización y estrategias empleadas en la resolución de tareas que involucran relaciones funcionales. Una investigación con estudiantes de primaria y secundaria* [Tesis de doctorado] <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/87647/TESIS%20Doctoral%20Jason%20Ure%c3%b1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Talleres de historia local para promover competencias ciudadanas en jóvenes de Barrio San Vicente, Belén, Heredia

German Daniel Alvarado Luna
Ministerio de Educación Pública, Costa Rica
gdal5@hotmail.com

Raquel Soto Núñez
Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica
raque.cat96@gmail.com

Resumen: La presente investigación tiene como objetivo analizar las potencialidades que tienen los talleres de investigación y difusión en historia local para promover el desarrollo de competencias ciudadanas en un grupo de jóvenes de Barrio San Vicente, San Antonio de Belén, Heredia. A través de un análisis de contenido de los productos realizados en los talleres, así como la aplicación de una encuesta y un grupo focal a los jóvenes participantes. Se concluye que dichos talleres dieron a los jóvenes un bagaje de su historia local y un espacio de participación, que les permitió tener una mejor percepción sobre su contexto socioeconómico, comprender ampliamente la diversidad humana, valorar los esfuerzos colectivos para lograr objetivos y responder de manera comprometida, cooperativa, constructiva y conciliadora ante las problemáticas socio-históricas del barrio, es decir, los jóvenes adquirieron un conjunto de habilidades cognitivas, emocionales, comunicativas e integradoras, necesarias para la formación de ciudadanos más activos y con capacidad de actuar.

Palabras clave: Historia Local, Competencias Ciudadanas, Educación No Formal

1. Introducción

La globalización como proceso hegemónico y homogeneizante plantea retos a la reproducción sociocultural de las sociedades locales tales como la pérdida de identidad, el desarraigo territorial, el debilitamiento de la cohesión social, e inclusive el aumento de los escenarios de conflictividad (Rodríguez, 2018). Ante estos desafíos, las competencias ciudadanas han adquirido una gran relevancia como herramienta clave para potenciar las habilidades fundamentales de los individuos, favoreciendo su integración social y permitiéndoles interactuar de manera armoniosa y cooperativa en pro del bienestar común.

De acuerdo con Arce (2019) las competencias ciudadanas consisten en la “articulación de los conocimientos y las habilidades que permiten al ser humano

llevar a cabo acciones que faciliten el logro de objetivos individuales y colectivos; además, se constituyen como componentes de carácter funcional, que se desarrollan en espacios concretos” (p.7). Su fin es construir sujetos con la capacidad de actuar responsablemente dentro del colectivo y responder frente a las necesidades y problemáticas de su entorno, a través, principalmente, de la incorporación de diferentes saberes: saber ser, saber hacer, saber conocer, y saber convivir, cuya naturaleza es una unión indivisible entre el conocimiento y la práctica (Arce, 2019).

Las competencias ciudadanas se dividen en cuatro categorías: cognitivas, emocionales, comunicativas e integradoras. Las cognitivas abarcan habilidades mentales como la adquisición de conocimientos y la comprensión crítica, permitiendo a los individuos tomar decisiones responsables en su actuar social (Ruiz y Chau, 2005; Alvarado, 2023; Arce, 2019). Las emocionales se relacionan con la habilidad de expresar y gestionar emociones de manera adecuada, contribuyendo a una convivencia pacífica mediante la comprensión de los sentimientos propios y de los demás (Ruiz y Chau, 2005). Las competencias comunicativas comprenden destrezas que facilitan el flujo eficaz de información mediante una expresión clara, escucha activa y asertividad, promoviendo confianza y comprensión mutua (Ruiz y Chau, 2005; Alvarado, 2023).

Finalmente, las competencias integradoras permiten articular lo cognitivo, emocional y comunicativo, motivando acciones en pro del bien colectivo y fortaleciendo la democracia mediante la participación activa (Ruiz y Chau, 2005; Ferrajoli, 2003). En el ámbito educativo, estas competencias se consideran esenciales, pues fomentan la participación crítica en la vida social, política y económica, capacitando a los individuos para enfrentar los retos de un mundo globalizado de forma colaborativa y comprometida.

En el caso de Costa Rica, el Ministerio de Educación Pública ha incorporado las competencias ciudadanas como eje fundamental del programa de Educación Pública con el objetivo de construir una ciudadanía con capacidades para relacionarse constructivamente, desde la perspectiva de los valores democráticos y los derechos humanos, e intervenir en la toma de decisiones, a partir del

pensamiento crítico, la responsabilidad social, la comunicación deliberativa, y la gestión organizativa, a favor de una transformación de la realidad social que conlleve a la solución de problemas colectivos, la ampliación de derechos, y la profundización democrática (MEP, 2019).

Sin embargo, estos esfuerzos han sido limitados, no solamente porque las lecciones de Educación Cívica son insuficientes para lograr el aprendizaje de las competencias ciudadanas en el estudiantado, sino también porque las prácticas educativas de los docentes tienden al abordaje memorístico de contenidos teóricos, sin ningún sentido práctico ni conexión con la realidad inmediata (Arce 2019; Alfaro y Badilla, 2013). En ese sentido, es fundamental que desde otros espacios y bajo otros enfoques metodológicos se desarrollen iniciativas que conduzcan a los estudiantes a saberes y prácticas que les permitan fortalecer este tipo de competencias.

Por lo tanto, es importante considerar las potenciales de los espacios no formales tal como la educación comunitaria, donde nacen iniciativas que no son excluyentes de las instituciones oficiales, sino que son propuestas complementarias, que pueden proporcionar competencias ciudadanas, con potencial para ser aplicadas a nivel local. En el ámbito comunitario se pueden integrar conocimientos, vivencias y emociones en un espacio real asociado directamente con la condición de los sujetos, para facilitar las posibilidades de expresión y comunicación en el marco de necesidades e intereses compartidos, lo cual puede ayudar a sortear las restricciones que tienen los centros educativos a la hora de incorporar los distintos saberes, conectar con los contextos específicos, y vincular la teoría con la práctica (Alvarado 2023).

Es ante esto, que la Historia Local se posiciona como un ámbito privilegiado por permitir el encuentro personal y colectivo desde la comprensión del pasado cercano, con lo cual aflora el sentido identitario colectivo que conlleva a una recomposición de la ciudadanía asociada al desarrollo de conocimientos, sentimientos y competencias (Enríquez, 2004; Fredella y Zecca, 2020). Pero, sobre todo, por las posibilidades que brinda para ser construida de manera participativa y colectiva de forma tal que se vincule la reflexión y la acción para generar preguntas

y conocimientos sobre el entorno próximo, que ayude generar bagajes útiles para cuestionar estructuras, atender problemáticas, romper estigmas, y visibilizar la trayectoria comunitaria, y a la vez que involucra cuestiones como la toma de conciencia, la crítica, la empatía, la expresión de ideas, y la resolución de problemas, todo lo cual se relaciona fuertemente con el desarrollo de competencias ciudadanas (Fredella y Zecca, 2020; Rodríguez, 2018).

Desde esta perspectiva, los sujetos son los que tienen que formular las preguntas, hipótesis, interpretaciones y conclusiones. Son ellos quienes tienen que recopilar las fuentes, analizarlas críticamente, y organizarlas para identificar patrones (Rodríguez, 2018). Además, tienen el papel de diseñar y elaborar estrategias de comunicación que faciliten la transmisión de los saberes construidos y las reflexiones sobre la situación histórica local. Así, se vuelven agentes activos con capacidades para incidir en la realidad desde una historia apropiada, con sentido y utilidad (Rodríguez, 2018).

A partir de esos dos aspectos, se desarrolló una iniciativa llamada “Historia de Barrio San Vicente: con jóvenes y a colores” financiada por el Fondo Concursable para el Desarrollo Artístico del Cantón de Belén, liderada en el 2023 por la Asociación de Vecinos de Barrio San Vicente. Dicha iniciativa de índole comunal consistió en talleres de investigación y difusión de historia barrial donde un grupo de jóvenes de la comunidad de San Vicente fueron los protagonistas.

Por lo que el presente documento aborda la manera en que fue llevado dicho proceso, pero también da cuenta de las potencialidades que tuvo para desarrollar las distintas competencias ciudadanas en el grupo de jóvenes. Para ello, en primera instancia, se describe la estructura y desenvolvimiento de los talleres, y en segunda instancia, se analizan sus alcances para fomentar dichas competencias, a partir de los resultados obtenidos mediante la triangulación de un análisis de contenido de los productos generados en los talleres, una encuesta y un grupo focal. Tanto estos métodos como los que se utilizaron para estructurar e implementar los talleres son descritos en una sección previa.

La relevancia de este ejercicio no se limita únicamente en poner de manifiesto las múltiples posibilidades que ofrece la educación no formal y el estudio de la

historia local para fomentar el desarrollo de competencias ciudadanas. También se destaca como una herramienta versátil que puede ser adaptada y replicada en distintos contextos educativos, facilitando así su aplicación tanto en espacios formales como informales de enseñanza. Además, este ejercicio invita a una reflexión profunda entre el cuerpo docente, el personal administrativo y los responsables de la formulación de políticas públicas, sobre la urgente necesidad de transformar la Educación Cívica para enfrentar los retos y problemáticas actuales.

2. Métodos

Para estructurar y desarrollar los talleres de investigación y difusión en Historia Local, se adoptó el enfoque de Investigación-Acción Participativa (IAP), el cual consiste en que los miembros de una comunidad recopilen y analicen información sobre las condiciones de su entorno con el objetivo de generar soluciones prácticas y promover transformaciones sociopolíticas (Balcazar, 2003). En este modelo, los investigadores externos desempeñan el papel de facilitadores, brindando apoyo y recursos al proceso; sin embargo, la comunidad asume el protagonismo, liderando las decisiones y acciones. El propósito de la IAP, no sólo es generar información útil que posibilite la acción, sino también fortalecer capacidades que empoderen a las comunidades sobre su propia realidad y que facilite la agencia transformadora (Balcazar, 2003). En total, se hicieron 12 talleres donde participaron 12 personas entre 12 y 35 años de manera constante.

Para determinar el alcance de estos talleres en el desarrollo de las competencias ciudadanas, se utilizó un enfoque mixto, integrando métodos cualitativos y cuantitativos con el fin de obtener una visión más completa de lo estudiado (Batista et al., 2015). En primer lugar, se aplicó una encuesta con un cuestionario de preguntas cerradas, en el que los 12 jóvenes evaluaron su percepción sobre el impacto de los talleres en el desarrollo de sus competencias ciudadanas. Se les presentaron diversas afirmaciones relacionadas con este impacto, y utilizando una escala de Likert, indicaron su grado de acuerdo o desacuerdo con cada una de las preguntas.

A continuación, se analizó el contenido de los productos documentales elaborados por los 12 participantes durante los talleres, utilizando la técnica de análisis de contenido. Esta técnica permite examinar en profundidad las ideas expresadas en textos o materiales, identificando patrones, temas o significados relevantes (López, 2002). Entre los documentos evaluados se incluyeron entrevistas a adultos mayores, análisis de fuentes escritas, fotografías, líneas de tiempo, cartografía participativa y memorias de aprendizaje. Posteriormente, se realizó un grupo focal, una técnica cualitativa que facilita la discusión colectiva sobre temas específicos, guiada por un cuestionario abierto (Hamui y Varela, 2013). En este espacio, 8 de los 12 jóvenes participantes compartieron sus experiencias sobre cómo los talleres contribuyeron al desarrollo de sus competencias ciudadanas, centrándose en su aplicación práctica en la vida cotidiana. Las preguntas se orientaron al desarrollo de competencias y su impacto en el ejercicio de la ciudadanía en su entorno barrial.

Para concluir, la información obtenida mediante estas técnicas fue triangulada, lo que permitió una integración que favorece la complementación y validación de los datos. Mientras algunas técnicas proporcionan datos objetivos y cuantificables, otras aportan contenido y contexto (Carvajal et al., 2023). Una vez realizado este ejercicio, se procedió a las interpretaciones correspondientes a través de la síntesis, comparación, crítica y evaluación de la coherencia de los datos, de donde se extrajeron conclusiones basadas en la evidencia obtenida.

3. Resultados y Discusión

De los 12 talleres que se realizaron, 8 fueron de investigación y 4 de difusión. Los talleres de investigación se centraron en la recopilación, procesamiento, sistematización y análisis de fuentes primarias, con el objetivo de generar productos que sirvieran de base para escribir un libro sobre la historia del barrio. Estos talleres se dividieron en dos grupos: cinco se enfocaron en el procesamiento y análisis de fuentes, y tres en su sistematización y posterior análisis en profundidad. En cada taller hubo una actividad de motivación, una introducción para proporcionar conocimientos teóricos y dar instrucciones, una actividad de desarrollo basada en

las fuentes, y una actividad de cierre con exposición de productos y plenaria de preguntas y comentarios.

El primer taller consistió en la elaboración colectiva del cuestionario para entrevistar a adultos mayores. Se generó un listado de momentos, procesos y tradiciones significativas, y a partir de este se formularon preguntas abiertas que fueron clasificadas y estandarizadas para crear el cuestionario final, centrado en temas como el origen del barrio, migraciones, oficios y tradiciones. En el segundo taller, se aplicaron los cuestionarios a adultos mayores de la comunidad. Los jóvenes realizaron las entrevistas, que fueron grabadas y luego transcritas. En total se realizaron siete entrevistas, cuyos resultados se discutieron en una plenaria.

El tercer taller abordó el uso de fuentes escritas en la investigación histórica. Se ofrecieron pautas para procesar y evaluar estas fuentes, y cada participante analizó entre dos y tres documentos, creando fichas detalladas con información relevante. Finalmente, se realizó una plenaria para presentar y clasificar las fichas en una matriz temática. En el cuarto taller, se trabajó con fotografías familiares como fuente histórica. Los participantes clasificaron cronológicamente un conjunto de fotos, describiendo e interpretando aspectos del entorno, personajes y eventos representados (ver figura 1). Luego, crearon líneas de tiempo conectando las imágenes con eventos históricos y personales, y presentaron sus conclusiones en una plenaria.

El quinto taller consistió en un recorrido por puntos importantes del barrio San Vicente, con el objetivo de documentar lugares históricos. Los participantes dibujaron un croquis del barrio, marcaron la ubicación de estos sitios y tomaron notas sobre los cambios en nombres y características. En el trayecto, adultos del barrio compartieron relatos históricos, y se concluyó con una discusión colectiva. En el sexto taller, se elaboraron líneas de tiempo de la historia del barrio. Los participantes trabajaron en grupos para identificar momentos y personajes clave, y posteriormente integraron sus aportes en una línea de tiempo colectiva. Se discutieron los nodos y manchas de la memoria, es decir, los eventos que marcaron transformaciones y continuidades en la historia del barrio.

Figura 1

Análisis realizados por los jóvenes en función a las fotografías



El séptimo taller consistió en la elaboración de mapas históricos del barrio en diferentes épocas. En subgrupos, se creó un mapa del pasado, presente y futuro del barrio, representando lugares importantes y desarrollando simbologías y leyendas para su interpretación. Los mapas se presentaron en una plenaria, donde se discutieron las transformaciones y visiones del futuro del barrio. En el octavo taller, se definieron libro colaborativamente los temas para la elaboración del libro, organizando y clasificando cada sección. Se seleccionó el título del libro y se registraron los temas en fichas, que se organizaron en una pared. Al final, los participantes reflexionaron sobre la totalidad del proceso, compartiendo lo que aprendieron y lo que hubieran deseado explorar más.

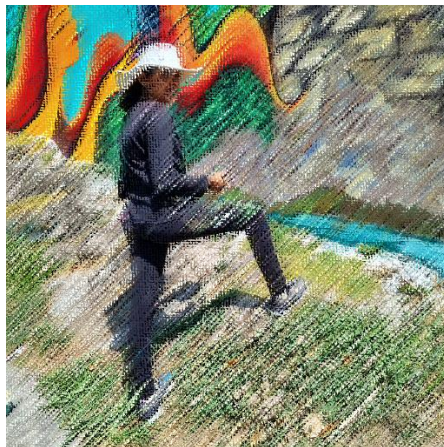
Los talleres de difusión se centraron en los principios básicos del muralismo para representar artísticamente los principales elementos históricos del barrio. Se eligió el mural como herramienta de divulgación por su capacidad para transmitir conocimientos históricos y resignificar el territorio desde la perspectiva de los habitantes. Además, estos talleres incluyeron 11 jornadas de muralismo, donde las ideas generadas se plasmaron en un paredón público. El proceso comenzó con una introducción y lluvia de ideas, seguida de la creación de bocetos inspirados en imágenes y el uso de la técnica acrílica.

A medida que avanzaba el proyecto, se discutieron diseños, se incorporaron sugerencias de los participantes y se realizaron intervenciones de color. Durante las

jornadas, se añadieron formas, detalles y acabados finales, como luces y sombras (ver figura 2). El proyecto concluyó con el Primer Festival de Historia y Cultura del Barrio San Vicente, donde se presentó un libro, se inauguró el mural, y se homenajeó a un miembro destacado.

Figura 2

Jornada de muralismo



Una vez finalizados los talleres, se evaluó su alcance en la promoción de competencias ciudadanas en los jóvenes participantes mediante la aplicación y triangulación de una encuesta, un análisis de contenido y un grupo focal. Los resultados obtenidos permiten identificar cómo los talleres influyen en el desarrollo de competencias cognitivas, emocionales, comunicativas e integradoras, proporcionando información sobre el impacto del proceso en cada una de estas áreas.

En términos de competencias cognitivas, la encuesta evidenció que el 100% de los jóvenes participantes estuvo de acuerdo/totalmente de acuerdo en que los talleres contribuyeron al desarrollo de esta competencia. En el grupo focal mencionaron que los talleres les permitieron aumentar su conciencia social y comprender mejor sus derechos como ciudadanos, tales como el derecho a la participación, la expresión y la cultura, lo que los impulsó a involucrarse activamente en la historia de su barrio. Además, se concientizaron sobre sus responsabilidades, mencionando la protección del legado comunitario y la promoción de futuros proyectos.

También en el grupo focal, se evidenció que los jóvenes identifican desafíos socioeconómicos, como la falta de vivienda adecuada para algunos pobladores y los conflictos derivados de los límites del barrio, que afectan el acceso a servicios públicos, evidenciando con ello una mayor comprensión sobre estos problemas. A través de las entrevistas a adultos mayores, fotografías, fuentes escritas, líneas de tiempo y el recorrido histórico los jóvenes aprendieron sobre las luchas históricas del barrio, lo que les permitió desarrollar una mirada crítica hacia las desigualdades sociales y reflexionar sobre posibles soluciones para mejorar su entorno. Así como también les permitió valorar las tradiciones y contextualizar eventos históricos y sociales, reconociendo cómo estos han influido en su realidad presente.

Con respecto a las competencias emocionales, la encuesta mostró que más del 90% de los jóvenes participantes estuvieron de acuerdo/totalmente de acuerdo en que los talleres contribuyeron al desarrollo de esta competencia. Los participantes, destacaron cómo los talleres les ayudaron a comprender y valorar la pluralidad cultural de su barrio, promoviendo una mayor cohesión social y respeto por las diferencias. A través de entrevistas a adultos mayores, fotografías y fuentes escritas los jóvenes conocieron historias que ilustraron cómo la diversidad ha sido una fortaleza para la comunidad. Esto les permitió reflexionar sobre la importancia de integrar y valorar a todas las personas para construir una sociedad más equitativa.

Asimismo, consideran que han comprendido mejor los problemas de sus vecinos, especialmente aquellos en situación de vulnerabilidad, como la falta de empleo y los problemas relacionados con las drogas. Pudieron visualizar las necesidades de la comunidad y reconocer la importancia de la solidaridad y el apoyo mutuo para garantizar el bienestar de todos. En cuanto a su actitud hacia los demás, los participantes señalaron que los talleres fomentaron en ellos una actitud más conciliadora y comprensiva, lo que contribuyó a una mayor integración en el barrio y a un sentido de pertenencia más fuerte.

En cuanto a las competencias comunicacionales, la encuesta reveló que más del 85% de los participantes están de acuerdo o totalmente de acuerdo en que pudieron desarrollar esta competencia, principalmente en las áreas de

comunicación y resolución de conflictos. En la primera, los participantes destacaron en el grupo focal cómo la realización de cuestionarios, organización del libro, entrevistas, así como el recorrido histórico les ayudaron a mejorar sus habilidades para expresarse de manera clara, asertiva y respetuosa, a escuchar y comprender mejor a los demás. Además, los jóvenes aprendieron a utilizar recursos gráficos, y símbolos en la creación de los mapas históricos, para comunicar ideas de forma más precisa, lo que les permitió ganar confianza y sentir que sus voces eran escuchadas en la comunidad.

Respecto a la resolución de conflictos, los jóvenes manifestaron que los talleres les brindaron herramientas para mediar y resolver disputas dentro del barrio. A través de discusiones grupales y entrevistas, los jóvenes comprendieron la importancia de evitar enfrentamientos y de dialogar para encontrar soluciones, mostrando una actitud de respeto y comprensión hacia las diferentes perspectivas. La habilidad de negociar y llegar a acuerdos también fue destacada, ya que les permitió abordar los problemas sin recurrir a confrontaciones, una habilidad clave para fortalecer la cohesión social en la comunidad. Los talleres también les ofrecieron la oportunidad de reflexionar sobre situaciones pasadas en el barrio y sobre cómo sus antepasados resolvieron conflictos de manera armoniosa. Esto les inspiró a seguir su ejemplo, buscando siempre el respeto mutuo y la justicia, lo que contribuyó a un mayor sentido de pertenencia y bienestar en la comunidad, promoviendo la colaboración y el desarrollo social.

Por último, en lo que respecta a las competencias integradoras, la encuesta evidenció que el 100% de los jóvenes participantes estuvo de acuerdo/totalmente de acuerdo en que los talleres contribuyeron al desarrollo de esta competencia. En relación con las iniciativas comunitarias, participantes valoraron positivamente los esfuerzos colectivos realizados en el barrio para alcanzar objetivos comunes. Esto se reflejó en el análisis de fotografías familiares y fuentes escritas, donde los jóvenes destacaron eventos significativos, como la inauguración de proyectos de vivienda, que evidencian cómo la presión comunal logró que los políticos respondieran a las demandas de la comunidad. Los jóvenes reconocieron la

importancia de continuar con estos esfuerzos y de involucrar a más jóvenes en proyectos enfocados en educación, cultura y deporte.

En cuanto a la participación ciudadana, los jóvenes se sintieron motivados para participar activamente en la mejora de su barrio. A través de la elaboración de un mapa histórico a futuro, los jóvenes propusieron proyectos que abarcan desde mejorar la infraestructura pública hasta crear economías comunitarias basadas en el turismo y huertos urbanos. En los grupos focales, se evidenció un fuerte empoderamiento, con los jóvenes mostrando un mayor sentido de pertenencia y compromiso hacia su comunidad, el libro forma un claro ejemplo el legado y su identidad colectiva. Asimismo, discutieron estrategias para llevar a cabo sus proyectos y mejorar su conocimiento sobre el funcionamiento del gobierno local, buscando crear un grupo de jóvenes dentro de la Asociación de Vecinos y colaborar con el Comité Cantonal de la Persona Joven. Que muestra capacidades entorno al sentido cívico, personal y social.

4. Conclusiones

Este estudio demostró que los talleres de investigación y difusión de la historia local tienen un gran potencial para fomentar el desarrollo de competencias en los jóvenes. En la experiencia llevada a cabo en el Barrio San Vicente, los participantes adquirieron competencias cognitivas al tomar mayor conciencia de la realidad sociohistórica de su entorno inmediato y su papel como ciudadanos. Asimismo, sus competencias emocionales se fortalecieron mediante una gestión orientada por la comprensión, la empatía, la conciliación, el respeto y la apertura.

Además, sus competencias comunicativas se vieron potenciadas, mejorando sus capacidades para expresarse, escuchar y manejar de manera asertiva situaciones conflictivas. Integradas, estas competencias impulsaron a los jóvenes participantes hacia la acción colectiva y la participación, motivándolos a involucrarse en proyectos de intervención comunitaria o desarrollarlos por su cuenta. De este modo, la contribución de estos talleres se dirige en dos vías: por un lado, al desarrollo integral de los jóvenes y, por otro, a la formación de agentes de cambio en el ámbito comunitario.

En este contexto, la historia local se destaca como una herramienta poderosa para fomentar las competencias ciudadanas de los jóvenes. Esto se debe a su capacidad para propiciar un encuentro tanto personal como colectivo mediante la comprensión del pasado cercano, así como a las oportunidades que brinda para ser construida de manera participativa y colaborativa. De este modo, impulsa a los individuos a unir la reflexión con la acción y a desarrollar y aplicar sus competencias de forma efectiva.

Ciertamente, estas potencialidades no son exclusivas de la historia local. Otras herramientas, como los diagnósticos comunitarios o las cartografías participativas, también pueden ser valiosas e, incluso, dependiendo de las circunstancias, pueden resultar más efectivas. En ese sentido, lo que realmente marca la diferencia es establecer una práctica educativa que vaya más allá de las aulas, que trascienda los aspectos teóricos, y se vincule directamente con las realidades comunitarias a través de un ejercicio simultáneo de reflexión y práctica.

En el marco de la educación formal, a través del programa de Educación Cívica, esto requiere una transformación integral en la que la barrera entre lo formal y lo informal se diluya. Una Educación Cívica que aspire a promover de manera genuina las competencias ciudadanas debe convertirse en un ejercicio comunitario, donde las instituciones educativas estén plenamente integradas y conectadas con las fuerzas vivas de la comunidad con el propósito de formar agentes de cambio capaces de transformar la realidad y promover el bienestar colectivo.

Finalmente, todas las competencias que los jóvenes de la comunidad de San Vicente pudieron poner en práctica y aprender han sido clave para su crecimiento personal y social, empoderándolos y permitiéndoles reconocer que sus voces y esfuerzos son valiosos. Han aprendido a utilizar estas competencias de manera integral, aplicando sus conocimientos y habilidades en función de sus necesidades y las de su comunidad, lo que les permite no solo adaptarse, sino también transformar su realidad local. En conjunto, se concluye que estas competencias contribuyen a la construcción de una ciudadanía activa, crítica y comprometida, capaz de enfrentar los desafíos sociales y promover el desarrollo en su comunidad.

Bibliografía

- Alvarado, B. (2023). *La formación en competencias ciudadanas en estudiantes de educación media de las instituciones educativas distritales José Antonio Galán y Francisco de Paula Santander de la localidad de Bosa*. [Tesis de maestría, Universidad de Bogotá Juan Tadeo Lozano] Exeditio Repositorio.
- Arce, H. (2019). Competencias ciudadanas: una reconstrucción conceptual en el marco de la Educación Cívica costarricense. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 19(2), 1-20. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/aie/article/view/36904/38574>
- Badilla, M., y Alfaro, A. (2013). La conceptualización de la Educación Cívica en Costa Rica: aportes de profesionales vinculados con esta disciplina. *Revista Electrónica Perspectivas*, 6, 44-66. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/perspectivas/article/view/5097>
- Balcazar, F. (2003). Aspectos conceptuales y dificultades de implementación. *Fundamentos en Humanidades*, 6(7-8), 59-77. <https://www.redalyc.org/pdf/184/18400804.pdf>
- Batista, P., Fernández, C. y Hernández, S. (2015). *Metodología de la Investigación*. McGraw Hill.
- Carvajal, B., Ibarra, L., y Marín, F. (2023). Triangulación de métodos en ciencias sociales como fundamento en la investigación universitaria en Latinoamérica. *Mayéutica Revista Científica de Humanidades y Artes*, 11 (2), 43-58.
- Enríquez, F. (2004). *Estrategias para estudiar la comunidad donde vivimos*. EUNED.
- Ferrajoli, L. (2003). Sobre la definición de "democracia": Una discusión con Michelangelo Bovero. *Isonomía*, (19), 227-241. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-02182003000200010
- Fredella, C., y Zecca, L. (2020). Local history and identity building: a case study in the field of active citizenship education. *Investigación en la Escuela*, 100, 88-102. <https://dx.doi.org/10.12795/IE.2020.i100.07>
- Hamui, A., y Varela, M. (2013). La técnica de grupos focales. *Investigación en educación médica*, 2(5), 55-60.

- López, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. *Revista de Educación*, 4, 167-179.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000100009&lng=es&tlng=es.
- Ministerio de Educación Pública de Costa Rica. (2009). *Programa de Estudio de Educación Cívica, Proyecto Ética, Estética y Ciudadanía*. MEP.
http://cse.go.cr/sites/default/files/acuerdos/educacion_civica_iii_ciclo_y_educacion_diversificada.pdf
- Rodríguez, Y. (2018). La cátedra local, como estrategia de aula, para formar identidad histórica y cultural. *Palabra*, 18, 174-193.
<https://doi.org/10.32997/2346-2884-vol.0-num.18-2018-2170>
- Ruiz, A., y Chau, E. (2005). *La Formación de Competencias Ciudadanas*. Asociación Colombiana de Facultades de Educación - Ascofade.

Uso de inteligencia artificial para desarrollar material didáctico

Gerardo Lacy Mora

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica
glacy@itcr.ac.cr

Resumen. Cada vez es más común el uso de herramientas de inteligencia artificial en el desarrollo de actividades cotidianas. El taller buscó promover el uso de herramientas de inteligencia artificial, como ChatGPT, en el proceso de diseño de materiales didácticos. Las personas participantes tuvieron la oportunidad de utilizar esta herramienta para plantear una actividad de aprendizaje acorde a sus intereses y realidades.

Palabras clave: Inteligencia artificial, Recursos educativos, Diseño

1. Introducción

La inteligencia artificial (IA) se ha integrado profundamente en nuestra vida cotidiana, transformando desde la forma en que nos comunicamos hasta cómo trabajamos, compramos o aprendemos. Su uso generalizado se debe a su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos, automatizar tareas repetitivas y ofrecer soluciones personalizadas en tiempo real. Gracias a estos avances, la IA está presente en muchas aplicaciones y herramientas que usamos a diario, simplificando actividades y mejorando la eficiencia de nuestras rutinas.

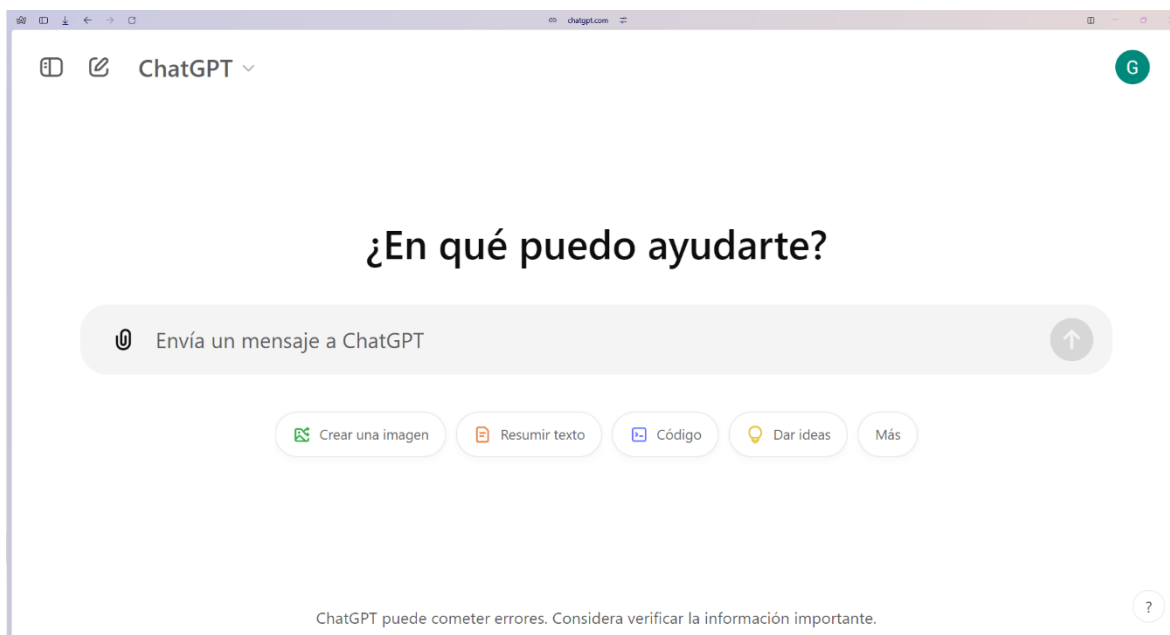
2. Chat GPT

Es un modelo de inteligencia artificial desarrollado por OpenAI que se especializa en la generación de texto a partir de instrucciones en lenguaje natural. Basado en una arquitectura de redes neuronales llamada *transformer*, ChatGPT es capaz de comprender y responder a una amplia variedad de preguntas y solicitudes. Su diseño está orientado a emular el lenguaje humano, lo que le permite sostener conversaciones fluidas, responder preguntas, generar contenido escrito y asistir en tareas como la investigación, la programación, la escritura creativa y la educación. En términos prácticos, ChatGPT se puede definir como un "asistente conversacional

virtual" (ver figura 1) que utiliza aprendizaje automático para interpretar y responder de manera contextualizada a los usuarios, adaptándose a sus necesidades y preferencias (OpenAI, 2024).

Figura 1

Interfaz de ChatGPT



Herramientas como ChatGPT pueden ayudar a docentes y diseñadores educativos a crear contenido dinámico y adaptativo. Desde generar ejercicios interactivos hasta escribir explicaciones detalladas sobre conceptos complejos, la IA ahorra tiempo y ofrece nuevas formas de presentar el contenido. También facilita la creación de simulaciones y recursos interactivos, integrando gráficos o elementos multimedia que mejoran la comprensión de conceptos abstractos.

3. Material didáctico

Entendiendo “material didáctico” como cualquier recurso diseñado para facilitar el aprendizaje, su diseño sigue varias etapas clave, enfocadas en asegurar que los recursos sean efectivos para el aprendizaje (Morrison et al., 2013). Por ejemplo, en la tabla 1 se plantea un esquema de este proceso en seis etapas y se resumen sus principales características.

Tabla 1

Etapas y aspectos para considerar en el diseño de materiales didácticos

Etapas	Aspectos por considerar
1. Análisis de necesidades	<p>Objetivos de aprendizaje: identificar qué conocimientos o habilidades se deben adquirir.</p> <p>Audiencia: analizar las características de los estudiantes (nivel, intereses, contexto).</p> <p>Contexto educativo: considerar el entorno de aprendizaje, como el acceso y uso de tecnología, el espacio disponible, entre otros.</p> <p>Selección de contenidos: determinar qué conceptos y temas se abordarán.</p>
2. Planificación	<p>Definición de metodologías: escoger las estrategias pedagógicas adecuadas</p> <p>Formato de los materiales: decidir el tipo de material que mejor se ajusta a los objetivos.</p> <p>Creación del material: producir los recursos, lo que puede incluir la redacción de textos, grabación de videos, creación de gráficos interactivos, o programación de simulaciones.</p>
3. Desarrollo	<p>Uso de herramientas tecnológicas: emplear programas como herramientas de diseño gráfico, software educativo, o asistentes de IA (como ChatGPT) para facilitar el desarrollo.</p> <p>Pruebas piloto: probar el material con un grupo reducido de estudiantes para identificar posibles mejoras.</p>
4. Implementación	<p>Distribución: Implementar el material en el contexto educativo planeado</p>

Realimentación de estudiantes: obtener opiniones de los usuarios sobre la eficacia y accesibilidad del material.

5. Evaluación

Medición del aprendizaje: Evaluar si los objetivos de aprendizaje se están cumpliendo a través de evaluaciones formales o informales.

Análisis de resultados: Usar los datos obtenidos para ajustar y mejorar el diseño del material.

6. Revisión y mejora continua

Basado en los resultados de la evaluación, se revisan los materiales para mejorar su efectividad y adaptarse a nuevos contextos o necesidades.

4. Características del taller

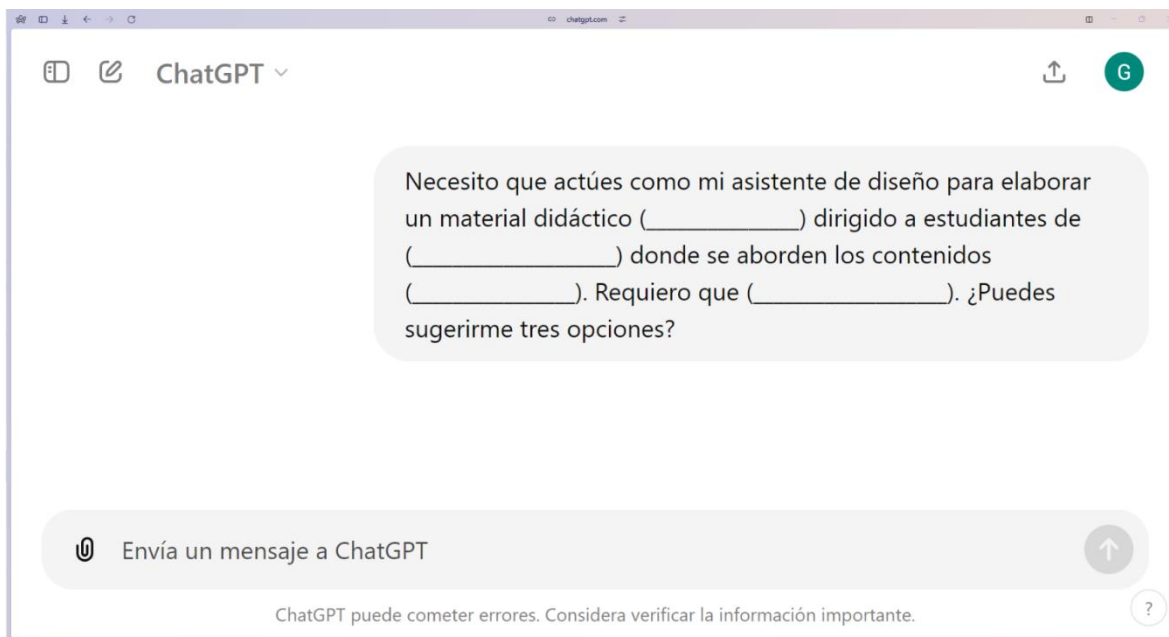
Mediante una experiencia práctica, este taller buscó promover el uso de herramientas de inteligencia artificial, como ChatGPT, en el proceso de diseño de materiales didácticos.

En el taller participaron 33 personas, en su mayoría en el rango de edad de 31 a 50 años; principalmente docentes de ciencias básicas de nivel de secundaria. Como parte de las actividades del taller, las personas participantes completaron un formulario en línea anónimo. Este instrumento buscaba, además de recolectar información sobre edad y ámbito laboral, conocer sobre el tipo de recursos que cada participante desarrolla con mayor frecuencia; así como sus experiencias e impresiones del uso de la IA en educación. Las preguntas y un resumen de las respuestas se pueden consultar en los Apéndices I y II, respectivamente.

Como parte de las actividades prácticas del taller, las personas participantes debían usar ChatGPT para generar ideas sobre alguna actividad o material didáctico de su interés, personalizando el siguiente *prompt* (ver figura 2):

Figura 3

Actividad práctica del taller. Uso de ChatGPT para generar opciones que se adecuen a las necesidades e intereses particulares.



Una vez que obtenían una respuesta a su *prompt personalizado*, las personas participantes debían seleccionar alguna de las opciones generadas por la IA generar nuevos prompts que les ayudaran a definir los objetivos de aprendizaje, herramientas necesarias para su desarrollo, así como su formato.

El taller cerró con un espacio para que las personas participantes expusieran el resultado de esta experiencia.

En conclusión, se logró demostrar como la IA puede revolucionar el desarrollo de materiales didácticos al ofrecer herramientas que personalizan, automatizan y enriquecen el proceso de creación de contenido.

Bibliografía

Morrison, G. R., Ross, S. M., Kemp, J. E., y Kalman, H. K. (2013). *Designing effective instruction*. John Wiley & Sons.

OpenAI. (2024). *ChatGPT* (modelo GPT-4). <https://chat.openai.com>

Apéndice I. Formulario anónimo que completaron las personas que participaron del taller (todas las preguntas son de carácter obligatorio; 13 preguntas)

1. ¿Cuál es su rango de edad?

- prefiero no dar este dato
- menos de 18 años
- entre 19 y 30 años
- entre 31 y 50 años
- más de 50 años

2. ¿Que nivel educativo enseñas?

- No enseño.
- Primaria
- Secundaria
- Universitario
- Otras

3. ¿Que materias o cursos enseñas? (Selecciona todas las que correspondan)

- No enseño
- Ciencias básicas
- Ciencias sociales
- Español
- Computación/Informática
- Educación física
- Religión
- Educación
- Otras

4. ¿Qué tipo de material didáctico diseña con más frecuencia? (puedes marcar todas las que correspondan)

- No diseño material didáctico
- Infografías
- Mapas conceptuales
- Videos
- Audios
- Libros o documentos con problemas
- Actividades lúdicas
- Presentaciones
- Documentos con teoría/contenidos
- Pósters o murales
- Actividades STEM/STEAM
- Otras

5. ¿Has utilizado ChatGPT?

- Si
- No

6. ¿Con que frecuencia utilizas ChatGPT?

- A diario
- Varias veces por semana
- Ocasionalmente

7. ¿Que uso le das a ChatGPT? (puedes marcar todas las opciones que correspondan)

- Generar contenido educativo
- Resolver dudas o preguntas
- Mejorar textos o corregir errores
- Programación y codificación

Otras

8. En una escala del 0 al 10, donde 0 es “Insatisfecho/a” y 10 “Muy satisfecho/a” ¿Qué tan satisfecho(a) estás con las respuestas que recibes de ChatGPT?

9. ¿Cuáles ventajas has encontrado al usar ChatGPT?

10. ¿Cuales desventajas o dificultades has encontrado al usar ChatGPT?

11. ¿Crees que ChatGPT podría facilitar la creación de materiales didácticos o la enseñanza en general?

- Si, definitivamente.
- Sí, en algunos casos.
- No estoy seguro(a).
- No.

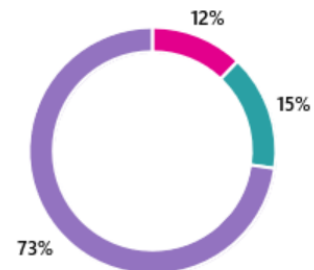
12. ¿Tienes alguna preocupación sobre el uso de inteligencia artificial en la educación o el trabajo?

13. ¿Cuáles otras herramientas de inteligencia artificial utilizas?

Apéndice II. Resumen de resultados del formulario anónimo que completaron quienes participaron del taller (Total de respuestas: N=33).

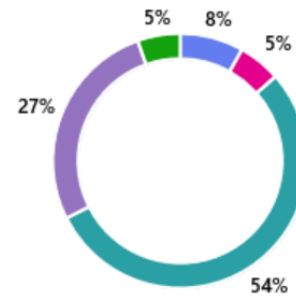
1. ¿Cual es tu rango de edad?

● prefiero no dar este dato	0
● menos de 18 años	4
● entre 19 y 30 años	5
● entre 31 y 50 años	24
● más de 50 años	0



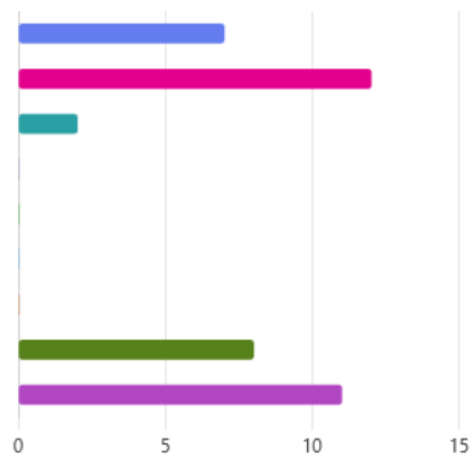
2. ¿Que nivel educativo enseñas?

No enseño.	3
Primaria	2
Secundaria	20
Universitario	10
Otras	2



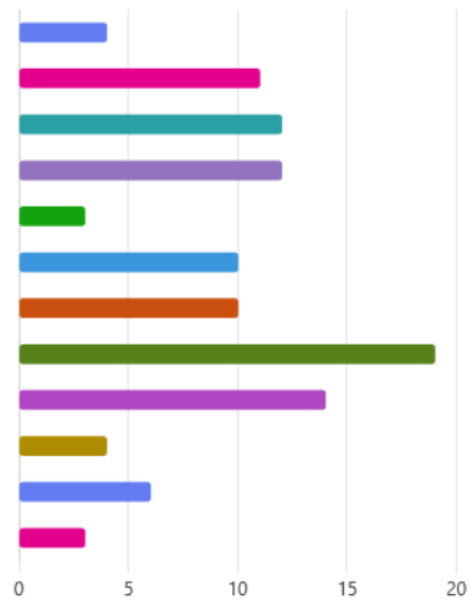
3. ¿Que materias o cursos enseñas? (Selecciona todas las que correspondan)

No enseño	7
Ciencias básicas	12
Ciencias sociales	2
Español	0
Computación/Informática	0
Educación física	0
Religión	0
Educación	8
Otras	11



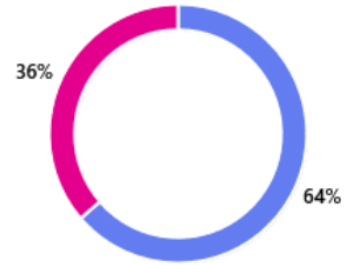
4. ¿Qué tipo de material didáctico diseña con más frecuencia? (puedes marcar todas las que correspondan)

No diseño material didáctico	4
Infografías	11
Mapas conceptuales	12
Videos	12
Audios	3
Libros o documentos con problemas	10
Actividades lúdicas	10
Presentaciones	19
Documentos con teoría/contenidos	14
Pósters o murales	4
Actividades STEM/STEAM	6
Otras	3



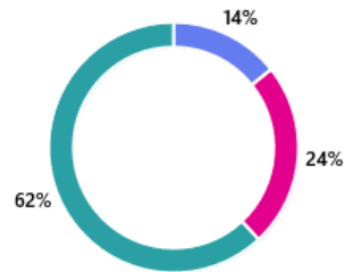
5. ¿Has utilizado ChatGPT?

- Sí 21
- No 12



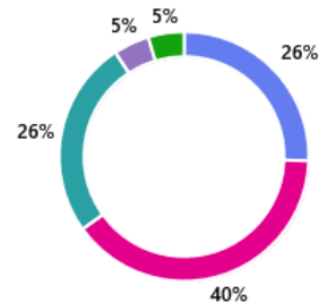
6. ¿Con que frecuencia utilizas ChatGPT?

- A diario 3
- Varias veces por semana 5
- Ocasionalmente 13



7. ¿Que uso le das a ChatGPT? (puedes marcar todas las opciones que correspondan)

- Generar contenido educativo 11
- Resolver dudas o preguntas 17
- Mejorar textos o corregir errores 11
- Programación y codificación 2
- Otras 2



8. ¿Qué tan satisfecho(a) estás con las respuestas que recibes de ChatGPT?

- Promotores 9
- Pasivos 10
- Detractores 2



9. ¿Qué ventajas has encontrado al usar ChatGPT?

