



Libro de Memorias

XXIII Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología y Sociedad

XXIV Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología y Sociedad

XIII Festival Internacional de Matemáticas

Editor: Carlos Alberto Monge Madriz

ISBN 978-9930-617-31-1

XIII Festival Internacional de Matemáticas – XXIII y XXIV Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología y Sociedad (2022 30 agosto-03 setiembre: Costa Rica) - Cartago, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica, 2023.

200 páginas

ISBN 978-9930-617-31-1

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

MSc. 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/)

Índice de contenidos

Presentación	4
Aula sin Paredes en el Sendero Los Matapalos: Una propuesta de mediación pedagógica multidisciplinaria basada en neurociencia, para incentivar y promover una conciencia ecológica colectiva (CONCITES).....	6
Darinka Grbic	
Concientización de la acidez oceánica desde los niveles de acidez en sustancias cotidianas (CONCITES).....	21
Daniel Quesada, Yeikel Naranjo, Warner Ugalde y Marianela Navarro	
Conocimiento especializado de los profesores de matemáticas en formación inicial sobre los aspectos lógicos y sintácticos de la demostración matemática (FIMAT)	28
Christian Alfaro Carvajal y Jennifer Fonseca Castro	
Ciudadanía Digital: estrategias para fomentar la convivencia digital y la seguridad en nuestras clases (CONCITES).....	36
Karen Acuña Picado, Virginia Aguilar Barquero y Alberto Quevedo Díaz	
Cuadriláteros y GeoGebra: un espacio para la experimentación, la conjetura y la fundamentación (FIMAT)	43
Estíbaliz Odilie Rojas Quesada y Eric Ricardo Padilla Mora	
El mágico mundo de las abejas meliponini (CONCITES)	54
Keren Orozco Chacón, Lilliana Morera Quesada y Laura Ordoñez Quesada	
Espacios de motivación en la educación geográfica: conociendo el mundo desde la clase de Estudios Sociales (CONCITES).....	59
Marisol Gamboa Fallas	
Especies arbóreas protegidas en Costa Rica (CONCITES).....	70
Ruperto Quesada Monge y Casia Soto Montoya	
Ethnomodelling as a Glocal Pedagogical Action for Ethnomathematics (FIMAT).....	82
Daniel Clark Orey y Milton Rosa	
Frankenstein en el aula: reflexiones sobre la interdisciplinariedad de proyectos (CONCITES)	90
Daniela María Barrantes, Diana Patricia Jiménez Robles y Jessie Zúñiga Bustamante	
Genética y perspectiva de género: una mirada desde la voz de una científica costarricense (CONCITES).....	98
María Luisa Gamboa Gamboa, Allison González Martínez y Daniela Retana Fallas	

Insubordinate and Creative Reflections on the Ethnomathematics as a Program (FIMAT)	107
Milton Rosa y Daniel Clark Orey	
La autorregulación como habilidad para el éxito en la educación a distancia (CONCITES)	115
Jonathan Elizondo-Mejías	
La representación heroica: Juan Santamaría en las artes visuales de finales del siglo XIX (CONCITES)	121
Guillermo Alfonso Brenes Tencio	
Mapas Conceptuales (MC) para visibilizar aprendizajes (CONCITES)	131
Stefany Ocampo Hernández, Virginia Aguilar Barquero y Julián Cordero Arroyo	
Mobile learning y el uso de apps educativas en la enseñanza de las Ciencias Naturales (CONCITES)	139
Marco Vinicio López Gamboa	
Principios básicos de divisibilidad a través de la resolución de problemas (FIMAT)	149
Luis Fernando Ramírez Oviedo y Eric Padilla Mora	
¿Qué es la Gamificación? La gamificación en los cursos virtuales como ente dinamizador y motivador del aprendizaje (FIMAT)	157
Salomón Fernando Chaves Cascante	
Red UNA STEM: una iniciativa de fomento de habilidades STEM de la Universidad Nacional (CONCITES)	164
Irene Hernández Ruíz y Christian Chaverri Ramos	
Secuencia didáctica para la enseñanza de la resolución de ecuaciones de segundo grado en una variable (FIMAT)	170
Allan Gen Palma y Eric Padilla Mora	
Una tarea STEAM para su uso en el aula de primaria (FIMAT)	184
Karen Porras Lizano y Elena Castro-Rodríguez	
Unidad Didáctica Interactiva mediante un Paisaje de Aprendizaje y tareas de invención de problemas (FIMAT)	193
Argenis Méndez Villalobos y Johan Espinoza González	

Presentación

En el 2021 organizamos el [XXIII CONCITES, Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología y Sociedad](#) con gran participación nacional e internacional, en formato híbrido, con un evento virtual del 17 al 21 de agosto. Siguió luego un programa de extensión el sábado 28 de agosto, que fue dedicado a talleres, laboratorios y giras presenciales, en el Colegio de Señoritas en San José, Centro universitario UNED en Alajuela, la Sede UISIL en San Isidro del General y el Centro universitario UNED en Ciudad Neilly.

En esta edición, participaron especialistas de ocho países: Argentina, Colombia, Costa Rica, Chile, España, Estados Unidos de América, Italia y México.

En el 2022 realizamos dos grandes congresos, el XXIV CONCITES: Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología y Sociedad y el XIII FIMAT: Festival Internacional de Matemáticas, en dos formatos, una parte virtual del 30 de agosto al 1 de setiembre. y luego un evento presencial, el 2 y 3 de setiembre en la Universidad Internacional San Isidro Labrador, UISIL, en Pérez Zeledón. Informe de resultados [aquí](#).

El congreso del 2022 contó con expositores de Guatemala, Colombia, Costa Rica, España, EE.UU y Venezuela.

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

El desarrollo de los programas estuvo a cargo de comités organizadores interinstitucionales que unieron esfuerzos. Las Instituciones coorganizadoras de los congresos XXIII CONCITES 2021 y XXIV CONCITES -XIII FIMAT 2022 fueron las siguientes:

Fundación CIENTEC; Blue Valley School; SINAC - Ministerio de Ambiente y Energía; Escuela de Formación docente y Educación Matemática de la Universidad de Costa Rica; Sede Regional Brunca, Sede Regional Chorotega y Escuela de Matemática de la Universidad Nacional; Escuela de Ciencias Naturales y Exactas (San Carlos), la Escuela de Matemática y Escuela de Física del Instituto Tecnológico de Costa Rica; Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia; Universidad Técnica Nacional; Academia Nacional de Ciencias; Colegio de Licenciados y Profesores, COLYPRO; ASOMED, y un comité internacional.

Las presentes memorias fueron revisadas y aprobadas por los comités científicos de ambos congresos:

Comité científico del FIMAT

- MSc. Manuel Murillo Tsijli, ASOMED
- MSc. Carlos Monge Madriz, TEC
- MSc. Anabelle Castro Castro, ASOMED
- MSc. Laura Loría Porras, UNED – ASOMED
- Dr. Salomón Fernando Chaves Cascante

Comité científico del CONCITES

- Carlos L. Chanto Espinoza, Ph.D., UNA
- MSc. Luz María Moya, CIENTEC
- Lic. Adriana Monge Sánchez, Facultad de Educación, UCR
- M. Ed. Oscar Barahona Aguilar, Cátedra Enseñanza de la Ciencia, UNED
- MSc. Juan Ernesto Marín Barrantes Decano de Educación UISIL

Esperamos que los artículos incluidos aquí, en inglés y español, sean de mucho provecho para impulsar mejores prácticas pedagógicas y profundizar en los diferentes temas que abarcan.

Alejandra León Castellá

Copresidenta CONCITES FIMAT

Directora Fundación CIENTEC

Aula sin Paredes en el Sendero Los Matapalos: Una propuesta de mediación pedagógica multidisciplinaria basada en neurociencia, para incentivar y promover una conciencia ecológica colectiva

Dra. Darinka Grbic

Universidad Nacional, Costa Rica

darinka.grbic.grbic@una.cr

Resumen: El presente proyecto, Aula sin paredes, presentado por la Sede Regional Chorotega, Campus Liberia, plantea el fortalecimiento de la mediación pedagógica multidisciplinaria, inclusiva e innovadora, bilingüe, basada en la neurociencia, tomando en cuenta la importancia de la plasticidad cerebral, para todas las edades cronológicas. Lo anterior a través de la coordinación con la dirección académica, coordinación de las carreras que se imparten en nuestro campus (Pedagogía, Administración, Ingeniería en Sistemas de Información, Gestión Empresarial del Turismo Sostenible, Comercio y Negocios Internacionales, Diplomado y Bachillerato en Inglés, Ingeniería Hidrológica, Ingeniería en Energías Sostenibles, en conjunto con Estudios Generales), como instituciones públicas y privadas, se desarrollarán e implementarán diferentes metodologías de mediación eco - pedagógica para todas las edades cronológicas respetando la diversidad con una mirada humanista hacia una educación inclusiva, desde el enfoque neurocientífico, en especial la importancia de la plasticidad cerebral, utilizando los espacios físicos del Sendero Los Matapalos.

Palabras clave: Investigación, mediación, multidisciplinario, neurociencia, pedagogía.

1. Introducción

El entorno, ambiente y sociedad, tienen un impacto fuerte en la salud, el aprendizaje, la cognición, el comportamiento y el desarrollo humano en general a lo largo de la vida. En los últimos tiempos hemos sido testigos de la importancia y la gran necesidad de una adecuada mediación pedagógica, basada en la neurociencia, tomando en cuenta la plasticidad cerebral, la cual ocurre en todas las edades cronológicas (y no como se pensaba solo en la primera infancia).

En el desarrollo evolutivo, nuestro cerebro ha incrementado, mejorado el funcionamiento y la adaptación y así garantizar nuestra sobrevivencia. Esta evolución se ha dado en los espacios de la misma naturaleza que nos rodea, y ha favorecido la creación de nuevos circuitos cerebrales gracias a ese tipo de entornos.

Una vez definidas todas las bases genéticas, durante el desarrollo prenatal y postnatal específicamente, para ser detallados, el ambiente natural y la sociedad, tienen un papel sumamente importante en el desarrollo cerebral en general durante un periodo prolongado a lo largo de la vida (en las etapas de la niñez, la adolescencia, adulto y adulto mayor).

Algunos de los estudios muy recientes, demuestran que el tiempo que pasamos en la naturaleza tiene una influencia fuerte en nuestra salud general, tanto cognitiva, como emocional, social y física, influyendo positivamente en el volumen de materia blanca y gris en algunas regiones cerebrales importantes. Por otro lado estamos tomando en cuenta aspectos neurocientíficos, específicamente la plasticidad cerebral, implementado diferentes recursos para una población en cuanto a la diversidad, donde vemos la necesidad de desarrollar y aplicar una mediación eco - pedagógica, en un ambiente natural, en este caso el Sendero Los Matapalos, llamada Aula sin Paredes.

La propuesta pretende desarrollar diferentes mediaciones eco - pedagógicas innovadoras, tanto en el proceso de formación de los formadores (nuestros estudiantes), como la diversa población de todas las edades cronológicas (etapas de la niñez, la adolescencia, adulto y adulto mayor), perteneciente a distintas comunidades y/o las instituciones públicas y privadas.

Tomando en cuenta las bases neurocientíficas, la propuesta gira alrededor de la creación de diferentes Estaciones pedagógicas de aprendizaje en un ámbito natural, el Sendero Los Matapalos. Los mismos espacios ofrecerán ambientes físicos naturales desarrollados de tal manera que podrán ser un ambiente promotor de nuevos conocimientos a través de una mediación eco - pedagógica, respetando la diversidad e inclusión, promoviendo: los aprendizajes a través de los sentidos, elaboración de materiales de aprendizajes, las oportunidades de aprender acerca del mismo tema de distintas maneras, el respeto de todos los distintos ritmos de aprendizaje, el trabajo en equipo y la cooperación, el orden y organización, solución de problemas, creatividad e innovación, elaboración de materiales de autoaprendizaje y creación de su propio conocimiento.

Implementar este proyecto, en conjunto con diferentes disciplinas de nuestro campus (de forma multidisciplinaria), a través de distintas estrategias pedagógicas basadas en la neurociencia, con las comunidades, no solamente generará a aprendizajes múltiples respetando la diversidad, sino aportará en generar una conciencia ecológica colectiva, expandiendo los conocimientos adquiridos en sus comunidades, promoviendo un impacto positivo en el ambiente.

Por todo ello, este proyecto parte de la realidad de un cambio de la mediación pedagógica con y por la naturaleza, que se va ir gestionando progresivamente, abriendo las Estaciones de aprendizajes en nuestra Aula sin paredes, el Sendero Los Matapalos.

Tomando en cuenta el aliado principal de los aprendizajes, la neurociencia, se implementarán metodologías de investigación y sistematización de los resultados obtenidos a lo largo del proceso.

2. Marco Teórico

Desde la explicación evolutiva, fisiológica, biológica, la función principal de nuestro cerebro es ejercer un control sobre los demás órganos de nuestro cuerpo, lo que permite repuestas coordinadas y fluidas ante los cambios en el medio ambiente. Es capaz de adaptarse, seleccionar, transformar y codificar toda la información valiosa para nuestra supervivencia. De la misma manera realiza el remplazo de datos innecesarios y nos obliga a aprender hasta final de nuestra vida. Constantemente cambia.

La neuroplasticidad ha sido considerada como uno de los descubrimientos más importantes y grandes en el campo de la neurociencia. Todavía se sigue investigando sobre los procesos y mecanismos implicados, en búsqueda de desarrollar mejores programas de aprendizaje y de rehabilitación los cuales podrían ayudar al organismo a compensar una zona afectada o las dificultades, devolviendo la funcionalidad al cerebro y así al cuerpo humano.

Recientes investigaciones en el campo de Neurología, Neurociencia, Neuropedagogía, Neuropsicología han demostrado que el cerebro es sumamente plástico lo que significa que es capaz de re conectar sus conexiones neuronales para realizar nuevas tareas como para reducir el impacto ante una lesión significativa y recuperar capacidades perdidas como es el ejemplo en las patologías tipo Enfermedad Parkinson, Enfermedad de Alzheimer, Dislexia y Disgrafía, TDAH, Demencia, Afasia, ELA, Esclerosis Múltiple, etc. Esa misma plasticidad neuronal le permite al cerebro minimizar los efectos negativos de los trastornos y/o lesiones y así adaptarse de la mejor manera posible a la nueva situación.

La neuroplasticidad es la capacidad de cambio cerebral a nivel molecular, funcional o estructural, que abarca modificaciones de la expresión genética y del comportamiento.

La temática alrededor de la neuroplasticidad desde los años noventa trata describir diferentes procesos asociados a conexiones neuronales en las áreas motoras, sensitivas y en las que controlan las funciones ejecutivas. El autor Gispen, en 1993, define la neuroplasticidad como la habilidad de una neurona de adaptarse a cambios en ambiente interno o externo, a la experiencia previa o a las lesiones, como en los casos de traumatismo craneoencefálico, ictus, etc.

Nuestro cerebro sigue siendo dinámico aprovechándose de los múltiples estímulos externos, a pesar del avance de la edad cronológica. Según diferentes estudios, se considera que la inteligencia, el estímulo, la educación, bilingüismo, estilo de vida, contacto con la naturaleza, buen hábito dietético y el nivel físico (entre otros), son componentes importantes e influyentes en la neuroplasticidad.

1.1. La neuroplasticidad y aprendizaje

“El conocimiento que no proviene de la experiencia no es realmente un saber”

Lev Vigotsky

La neuroplasticidad es fundamental para el aprendizaje, fundamentado en las nuevas y constantes conexiones interneuronales de distintas áreas cerebrales.

Justamente sobre esto nos está tratando de demostrar una de las investigaciones realizadas desde el Instituto de Neurología junto con la Unidad de Radiología y Física, Instituto de Salud Infantil, Universidad de Londres (Inglaterra) cuyos resultados fueron publicados en el año 2000 en la revista científica *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

En el estudio participaron 16 varones taxistas, con edades entre los 32 a 64 años, cuyos resultados serían comparados con 50 varones pero que no conducían taxis. A los participantes se les registró la estructura cerebral, a través de la resonancia magnética (RM), buscando la respuesta a las preguntas: ¿Si existían diferencias entre ambos grupos? y ¿En qué estructuras y por qué?

Los resultados muestran diferencias significativas a nivel estructural a nivel hipocampal, en concreto el hipocampo posterior se mostraba significativamente más grande en el grupo de taxistas, mientras que el hipocampo anterior era más pequeño que el grupo de los conductores no taxistas.

Los cambios en el tamaño del nivel hipocampal (una de las partes encargadas de la representación espacial), se encontraba aumentada en los taxistas, ya que ha sido la práctica y el aprendizaje continuo el que ha facilitado dichas diferencias. En otras palabras gracias a la neuroplasticidad en adultos.

Aquí podemos recordarnos del programa psicológico Vigotskyano, desde la particular perspectiva del peso que otorga a los procesos educativos ponderando su impacto sobre el desarrollo subjetivo. Tal desarrollo identifica, ver las formas superiores, aquellas formas de autorregulación y control creciente consciente y voluntario, como formas de gobernar de sí.

En la psicología vigotskyana postula que en el concepto de "interiorización" toda función psicológica fue primero externa (interpsicológica) y después interna (intrapsicológica) gracias a la mediación del lenguaje. En ese sentido lo interno y lo externo es sólo la forma que adquiere el objeto psíquico al manifestarse, pues el contenido es siempre el mismo –psíquico– que se expresa tanto en un plano como en el otro en el mismo instante. (...) Por su forma, lo psíquico será tanto interno como externo. Más por su contenido, será siempre psíquico" (Bermúdez y Rodríguez, 2001).

Igualmente la plasticidad neuronal juega un papel importante en el aprendizaje, mediante los procesos de Potenciación a Largo Plazo y Depreciación a Largo Plazo.

La neuroeducación recomienda aprovechar los avances y descubrimientos en el campo de la neurociencia para comprender cómo aprende el cerebro y así mejorar la eficacia y efectividad en los procesos de aprendizaje.

El aprendizaje requiere de la participación de distintas regiones, ya que es un proceso sustentado en la memoria y en la plasticidad neuronal, gracias al cual podemos sentir, percibir y hasta comprender lo que se le trata de aprender reforzando las conexiones sinápticas. Sin ello no se va a producir el aprendizaje.

1.2.El cerebro adulto

Hace unos años atrás se suponía que la etapa de adolescencia era el último escalón del desarrollo cerebral, sin embargo la neuroplasticidad ha permitido observar distintos cambios en las conexiones neuronales y aparición de nuevas neuronas a cualquier edad, a pesar de que la etapa adulta suele describirse como una etapa sin grandes modificaciones y cambios.

Esta claro que el proceso de diferenciación anatómica entre ambos hemisferios viene programado según la predisposición genética donde en la edad de tan solo 5 semanas de gestación se forman en el tubo neuronal cinco versículos: El metencéfalo, el mielencéfalo, el mesencéfalo, el diencefalo y el telencéfalo. Justamente en el telencéfalo es donde se desarrollan los hemisferios cerebrales con sus lóbulos (lóbulo frontal, lóbulo parietal, lóbulo occipital, lóbulo temporal).

Con respecto a la Flexibilidad Cognitiva o Shifting, cabe destacar que se trata de la capacidad que tiene nuestro cerebro para adaptar nuestra conducta y nuestro pensamiento a toda una serie de situaciones novedosas, como por ejemplo darnos el aviso en el caso de que lo que estamos haciendo no funciona, o ha dejado de funcionar y, por tanto, debemos transformar nuestra conducta y nuestro pensamiento para adaptarnos al cambio.

La flexibilidad cognitiva tiene un papel importante en el aprendizaje y capacidad de resolución de problemas complejos, permitiendo nos captar la información del ambiente, encontrar la estrategia y responder de forma flexible, ajustando nuestra conducta a los cambios y requerimientos de la situación.

La persona con una buena Flexibilidad Mental o Shifting destacará por las siguientes características:

- Nos permite adaptarnos rápidamente a los cambios.

- Nos ayuda a tolerar los cambios.
- Nos ayuda en la ejecución de distintas tareas.
- Nos ayuda a generar alternativas.
- Nos ayuda a comportarnos adecuadamente en cada situación.
- Nos ayuda mirar desde diferentes puntos de vista
- Nos ayuda a mirar diferentes perspectivas.
- Nos ayuda a encontrar soluciones específicas.
- Nos ayuda tolerar errores

Lo contrario a la Flexibilidad Mental nos encontramos ante la Rigidez cognitiva muy experimentada en los adultos mayores y en algunos trastornos neuropsiátricos, como por ejemplo: Trastorno de déficit de atención, Hiperactividad, Esquizofrenia, Trastorno obsesivo - compulsivo (TOC), Trastorno del espectro autista (TEA), Trastornos de la alimentación, Traumatismos craneoencefálicos (TCE), etc.

De hecho algunos estudios realizados con la población la cual presenta el Trastorno por déficit de atención, con Magnetoencefalografía (MEG), han indicado que las áreas implicadas en la rigidez cognitiva se encuentran en el cíngulo anterior izquierdo y en la corte a prefrontal dorso lateral izquierdo.

El envejecimiento y en particular el envejecimiento del cerebro implica diferentes cambios funcionales y físicos que perjudican la velocidad de procesamiento del cerebro y su cognición. Según numerosos estudios, nos damos cuenta que el entrenamiento cognitivo puede tener efectos positivos en la plasticidad cerebral, en especial para combatir o rehabilitar el deterioro de la Flexibilidad Cognitiva.

La vejez conlleva cambios neurobiológicos como la disminución de reservas de oxígeno cerebral, del tamaño encefálico (entre 10-15%), ensanchamiento de los surcos y ventrículos, atrofia cortical y de algunos núcleos subcorticales. El mismo proceso puede provocar enlentecimiento y dificultades cognitivas, cambios en el ritmo de aprendizaje y ciertas dificultades con la memoria. Sin embargo un aprendizaje activo, continuo, diverso, dinámico y experiencial, como es el contacto con la naturaleza y aplicación de diversas formas de la mediación eco pedagógica de forma multidisciplinaria, podrían traer grandes beneficios.

En el informe de la OMS sobre el Envejecimiento y la Salud, publicado en 2015 incorporan el término *“Envejecimiento Saludable”* para referirse a un estado positivo, libre de enfermedades, que distingue entre individuos saludables y no saludables. Esta distinción es problemática en la vejez debido a que muchas personas presentan una o más afecciones que están bien controladas y tienen poca influencia en su capacidad de funcionamiento. Por lo tanto, al plantear la meta de una estrategia de salud pública sobre el envejecimiento, la OMS considera el Envejecimiento Saludable en un sentido amplio, basado en el curso de la vida y en perspectivas funcionales.

1.3.El cerebro y el medio ambiente

En el desarrollo evolutivo, nuestro cerebro ha incrementado, mejorado el funcionamiento y la adaptación y así garantizo nuestra sobrevivencia. Esta evolución se ha dado en los espacios de la misma naturaleza que nos rodea, y ha favorecido a la creación de nuevos circuitos cerebrales gracias a ese tipo de entornos.

Una vez definidas todas las bases genéticas, durante el desarrollo prenatal y postnatal específicamente, para ser detallados el ambiente y la sociedad, tendrán un papel sumamente importante en el desarrollo cerebral en general durante un periodo prolongado a lo largo de la vida (en las etapas de la niñez, la adolescencia, adulto y adulto mayor).

El entorno, ambiente y sociedad, tienen un impacto fuerte en la salud, el aprendizaje, la cognición, el comportamiento y el desarrollo humano en general.

Muchas de las investigaciones recientes dedicadas a confirmar el hecho de que un trauma, un ambiente vulnerable o una situación estresante dejan una huella primero en un cerebro joven y luego adulto.

Una de ellas es la investigación realizada en conjunto en la University Hospital Hamburg-Eppendorf y la University of Würzburg, la University Hospital Münster, el University Hospital Johann Wolfgang Goethe-University, el Johannes Gutenberg University Medical Center Mainz, el University Clinic of Wuerzburg, (Alemania) junto con el Karolinska Institutet (Suiza) publicada en el año 2016 en la revista científica Social Cognitive and Affective Neuroscience Advance Access.

Se trata de un estudio donde participaron 1158 en total, de los cuales 325 fueron excluidos por presentar problemas familiares de salud mental. A todos los participantes se les administró un cuestionario estandarizado para evaluar hechos traumáticos durante la infancia llamado "Childhood Trauma Questionnaire (C.T.Q.)" dividido en varios subtest: List of Threatening experiences (L.T.E.) - para evaluar los hechos traumáticos de los últimos doce meses, Spielberger Trait Anxiety Scales (S.T.A.I.) - para evaluar la presencia de problemas de ansiedad y General Depression Scale (A.D.S.-K.) - para evaluar síntomas depresivos. También se tomaron medidas morfológicas del cerebro a 129 de ellos seleccionados al azar.

Los resultados fueron siguientes:

1. Aquellos que han sufrido hechos traumáticos presentes o en la infancia mostraron significativamente más síntomas depresivos y ansiosos frente a los que no los han sufrido.
2. En la morfología cerebral, se hallaron diferencias en el tamaño del córtex del cíngulo anterior, confirmado que la población vulnerable lo tenía más pequeño.

Con este los científicos de la investigación concluyen lo siguiente:

“Hay que destacar que los traumas pasados y presentes tengan los mismos efectos tanto emocionales como cerebrales; aunque estos últimos no se producen en la amígdala, el centro de control emocional, tal y como cabría esperar, sino en el córtex del cíngulo anterior, encargado entre otros de regular la toma de decisiones, la empatía y las emociones. Por tanto, se produce una alteración en la morfología que puede traducirse en un cambio en la forma de relacionarse con los demás, todo ello además unido a la presencia de sintomatología depresiva y de ansiedad.”
<https://juanmoisesdelaserna.es/cerebro-traumas-infantiles/>

Analizando los resultados obtenidos vemos la importancia de que un ambiente sano y lleno de estimulación comunicativa, emocional, conductual, cognitiva, contacto con la naturaleza, entre otras, podría evitar traumas infantiles, modificación cerebral (córtex cíngulo), conectividad neuronal y la forma en que este procesa la información emocional a lo largo de la vida de los seres humanos.

“La verdadera dirección del pensamiento no es de lo individual a lo social, sino de lo social a lo individual”

L. S. Vigotsky

Algunos de los estudios muy recientes, demuestran que el tiempo que pasamos en la naturaleza tiene una influencia fuerte a nuestra salud general, tanto cognitiva, como emocional, social y física. Se ha comprobado que los niños que crecieron en entornos completamente urbanos tienen un 55% de probabilidad mayor de desarrollar enfermedades mentales en la adolescencia y en la adultez que los que crecieron en los entornos más naturales (Engemann, 2019). Eso nos demuestra que los contextos urbanos, llenos de ruidos, contaminación, aglomeraciones, espacios reducidos y cerrados, pueden ser causantes de la respuesta fisiológica de la acumulación del estrés y posterior a muchos otros padecimientos.

La exposición temprana a espacios verdes se asocia positivamente con el volumen de materia blanca y gris en algunas regiones del cerebro importantes (...) y sus volúmenes máximos predicen un mejor desempeño en pruebas cognitivas, es decir, mejor memoria de trabajo y una menor falta de atención, tal como se ha comprobado en una investigación en la que han participado estudiantes de Primaria en Barcelona (Dadvand, 2018).

En el caso de la población adulta y adultos mayores, el proyecto Phenotype (siglas que corresponden a ‘Efectos positivos para la salud del aire libre en las poblaciones típicas de diferentes regiones de Europa’ en inglés), desarrollado en algunas ciudades europeas, ha demostrado que pasar más minutos en contacto con la naturaleza conlleva más tiempo dedicado a la actividad física,

un incremento de los contactos sociales con los vecinos y un mejor bienestar general (Kruize, 2019).

Algunas de las consecuencias beneficiosas del contacto con la naturaleza:

1. Mejora la atención - el hecho de que aula tenga ventanas abiertas con la vista a los espacios naturales, como jardines, arboles o bosques, puede mejorar la concentración y el autocontrol en el cumplimiento de las tareas y rendimiento académico. Un paseo por un entorno natural es suficiente para recargar de energía los circuitos cerebrales asociados a la fatiga mental y mejorar el desempeño en tareas en las que interviene la atención ejecutiva (Berman, 2009).
2. Mejora el autocontrol y autodisciplina - En un estudio en el que participaron niñas y niños de entre 7 y 12 de años edad, se comprobó un mejor desempeño en tareas que requerían concentración, inhibición de los impulsos y aplazamiento de la recompensa en aquellas que vivían en la cercanía de espacios verdes (Taylor, 2002).
3. Incrementa la motivación - Los estudiantes suelen estar más motivados y comprometidos con el aprendizaje en entornos naturales y, además, ello conlleva una mejor participación en las tareas, que en el contexto clásico del aula (Kuo, 2018). La influencia de este contacto continuo con la naturaleza durante el proceso del aprendizaje, tanto en los estudiantes como en los profesores, influye positivamente en las emociones y como nos dice Marchant en 2019, mejora la perspectiva sensorial, motriz y cognitiva, ya que el estímulo sensorial desde las edades tempranas tiene grandes beneficios en el desarrollo.
4. Disminuye los niveles de estrés - estudiantes de Primaria que estudiaron un día entero a la semana en plena naturaleza, durante todo el curso, mostraron una reducción diaria en sus niveles de la hormona catabólica cortisol, a diferencia de los que lo hicieron en el entorno cerrado de la escuela, que mantuvieron unos niveles de cortisol estables a pesar de la tendencia natural en la infancia a reducirse durante el día desde el máximo matinal (Dettweiler, 2017).
5. Promueve la actividad física - Las pausas activas durante la jornada escolar que promueven el juego en el aire libre y específicamente en los espacios verdes recargan de energía los circuitos cerebrales que permiten recuperar la atención (Amicone, 2018).
6. Mejora relaciones sociales - Por ejemplo, ya en la etapa de Educación preescolar, se ha comprobado que suministrarles a las niñas y niños experiencias educativas en plena naturaleza o, incluso, permitirles estar en contacto con elementos naturales (integrando en los espacios de aprendizaje flores, plantas, vegetación, etc.), genera climas emocionales más sosegados, seguros y divertidos que mejoran las relaciones entre compañeros y facilitan el aprendizaje (Nedovic y Morrisey, 2013).
7. Aumenta la creatividad y facilita el juego - El contacto con la naturaleza fomentará la creatividad, innovación, adaptación, cooperación, desarrollo físico, cognitiva, socio emocional, entre otros. Según algunos autores, la naturaleza proporciona una gran variedad de “piezas sueltas” (palos, piedras, barro, agua, etc.) que fomentarán, a través del ingrediente lúdico, una mayor exploración de los objetos, un enfoque más creativo de las situaciones y una mejor resolución de problemas (Kuo, 2019).

Todo esto nos recuerda a Vasil Sujomlinski (1918-1970) y su “**escuela de la alegría**” quien reinventó una práctica educativa bastante romántica y naturalista, de desarrollo de la individualidad dentro del grupo, pero que, al mismo tiempo podía parecerse a un tipo de caos esporádico. Es decir, cuando toda escuela pretendía entregar la materia preparada de una forma memorística para el aprendizaje, Sujomlinski planteaba e introducía un elemento disruptor, un problema sin respuesta y sin pasos con ciertas dificultades. Pronto comprendieron que lo difícil provocaba autoorganización, autopoiesis y se convertía en motivación e innovación.

Nos estamos dando cuenta que lo importante, para la educación de ahora y del futuro, es trabajar para que toda la información recibida tenga un sentido. Que los estudiantes, en conjunto con sus profesores, su familia e incluso toda la comunidad, maximicen sus habilidades comunicativas y de diálogo, paciencia y comprensión, creatividad e innovación, pensamiento crítico y analítico, evitando los sesgos cognitivos y las falacias. Que dentro de un ambiente natural desarrollen, cada día más, su capacidad de adaptación y transformación continua, la inspiración para el auto-aprendizaje y la iniciativa propia, sin perder nunca la emoción... ¡Hay que emocionarse para poder aprender!

3. Objetivo general

Diseñar una propuesta de mediación pedagógica multidisciplinaria basada en neurociencia, creando Estaciones pedagógicas de aprendizaje en un ámbito natural, el Sendero, Los Matapalos, para fortalecer y promover conocimientos, bilingüismo, comunicación, innovación, respetando la diversidad e inclusión para toda la comunidad de diferentes edades cronológicas (niños, adultos, adultos mayores) generando y promoviendo una conciencia ecológica colectiva.

4. Objetivo Específico

- Diseñar la Estación Científico - Experimental a lo largo del Sendero Los Matapalos.
- Diseñar la Estación Lingüística a lo largo del Sendero Los Matapalos que permita establecer los espacios de múltiples maneras comunicativas.
- Diseñar la Estación Artística a lo largo del Sendero Los Matapalos
- Diseñar la Estación Eco - ambiental a lo largo del Sendero Los Matapalos.
- Diseñar la Estación Sensorial a lo largo del Sendero Los Matapalos.

5. Metodología

Para poder diseñar una propuesta de mediación pedagógica multidisciplinaria (uniendo diferentes disciplinas y perfiles de nuestro Campus Liberia), basada en neurociencia, para fortalecer y promover conocimientos, bilingüismo, comunicación, innovación, respetando la diversidad e inclusión para toda la comunidad de diferentes edades cronológicas (niños, adultos, adultos

mayores) generando y promoviendo una conciencia ecológica colectiva, se diseñarán y construirán distintas Estaciones pedagógicas de aprendizaje en un ámbito natural, el Sendero, Los Matapalos.

Las mismas Estaciones las denominamos de la siguiente manera:

- a) Estación Lingüística - Por las Rutas de la lengua de un Pueblo.
- b) Estación Científico experimental - Por las Rutas de la Innovación.
- c) Estación Artística - Por las Rutas de la expresión creativa.
- d) Estación Sensorial - Por las Rutas de inclusión
- e) Estación Eco Ambiental - Por la Ruta de la Gea.

1.4. Estación lingüística

Diseño: Un espacio Bilingüe (español e inglés), idioma chorotega en cuanto sea posible. Rotulación inclusiva y diversa para poder realizar todas las actividades propuestas.

Actividades: Cuenta cuento interactivo e inclusivo original (creado entre los voluntarios, anécdotas, poemas, relatos). Cuentos recuperados (de la zona). Libros con texturas. Juegos de memoria lingüística. Bilingüismo. Discriminación auditiva y visual. El vocabulario del Sendero. El programa del Método Alternativo y Aumentativo de la comunicación (SAAC, PECS) para las personas con dificultades comunicativas o necesidades especiales. Emocionometro.

Ejecución: las actividades correspondientes a la Estación Lingüística están en el proceso de la preparación y ejecución para las visitas de distintas instituciones públicas y privadas.

1.5. Estación científico experimental

Diseño: Un espacio con las energías renovables: Generador eólico, paneles solares, generador de la energía hidráulica,

Actividades: Colorantes y pintura natural. Uso responsable de la energía. Matriz energética renovable: Energías renovables (energía eólica), el sol (energía solar) o los movimientos del agua (energía mareomotriz o undimotriz) o de los ríos (energía hidráulica). Fractales en la naturaleza.

Ejecución: las actividades correspondientes a la Estación Científico Experimental están en el proceso de la preparación y ejecución para las visitas de distintas instituciones públicas y privadas.

1.6. Estación artística

Diseño: Un espacio para poder realizar las actividades propuestas en el aire libre.

Actividades: Fusión de la música, arte, expresión corporal. Orquesta Natura. Las notas del bambú (el bambú también suena). Land Art.

Ejecución: las actividades correspondientes a la Estación Artística están en el proceso de la preparación y ejecución para las visitas de distintas instituciones públicas y privadas.

1.7. Estación sensorial

Diseño: Un espacio para poder realizar las actividades propuestas al aire libre.

Actividades: Exploración de la estimulación sensorial (táctil, visual, olfativa, auditiva, gustativa). Estimulación kinestésica. Juego: “Las huellas”. Aceites esenciales del sendero.

Ejecución: las actividades correspondientes a la Estación Sensorial están en el proceso de la preparación y ejecución para las visitas de distintas instituciones públicas y privadas.

1.8. Estación eco ambiental

Diseño: Un espacio para poder realizar las actividades propuestas en el aire libre.

Actividades: Siembra, cuidado, cosecha. PECS del proceso. Reutilizar, reciclar y reducir. Constelaciones. Reloj solar. Nueva forma de hacer papel (papel reciclado, con residuos...).

Ejecución: las actividades correspondientes a la Estación Eco Ambiental están en el proceso de la preparación y ejecución para las visitas de distintas instituciones públicas y privadas.

2. Conclusión

En la SRCH, Campus Liberia desde hace dos años se abrieron las puertas del Sendero Los Matapalos, nombre que se denominó en alusión a la colección de arboles que abundan en el lugar.

De las 15 hectáreas que ocupa la UNA en este cantón, 8 de ellas están destinadas a una zona de bosque secundario ubicado detrás del campus donde nos encontramos con una gran colección de aves, abejas ancestrales y en peligro de extinción, mamíferos o vertebrados terrestres y casi 80 especies de árboles.

Tomando en cuenta los cambios de paradigma, menor inversión posible económica, menor impacto ambiental, el capital humano como la inversión principal, se apunta al cambio en la mediación pedagógica para el cual se construirán diferentes estaciones de aprendizaje: Estación Lingüística, Estación Científico - experimental, Estación Artística, Estación Sensorial, Estación eco - ambiental.

Además del desarrollo y la aplicación de diferentes mediaciones eco - pedagógicas, tanto en el proceso de formación de los formadores, como la diversa población de todas las edades cronológicas (niños, adultos, adultos mayores) de las instituciones públicas y privadas, se están implementando metodologías de investigación y sistematización de los resultados obtenidos a lo largo del proceso.

Implementar este proyecto, en conjunto con diferentes disciplinas de nuestro campus (de forma multidisciplinaria), a través de distintas estrategias pedagógicas basadas en la neurociencia, con las comunidades, no solamente generará a aprendizajes múltiples respetando la diversidad, sino aportará en generar una conciencia ecológica colectiva, expandiendo los conocimientos adquiridos en sus comunidades, promoviendo un impacto positivo en el ambiente. Además no queremos

olvidar algunos de los importantes beneficios que tiene la naturaleza en la salud humana. Por ejemplo: mejora la atención, mejora el autocontrol y autodisciplina, incrementa la motivación, disminuye los niveles de estrés, promueve la actividad física, mejora relaciones sociales, aumenta la creatividad y facilita el juego.

Tras años de operaciones y la gran ayuda del voluntariado del mismo centro universitario, se llevó a cabo la iniciativa de expandir los conocimientos sobre la importancia del cuidado del medio ambiente a nivel nacional e incluso internacional.

Consideramos que precisamente esta tarea nos corresponde a desarrollar desde nuestro centro universitario e ir expandiendo los conocimientos adquiridos hacia las comunidades o regiones involucradas en el desarrollo sostenible.

Siendo los voceros, formadores de los formadores, inclusivos, innovadores en mediación pedagógica estamos promoviendo conocimientos, bilingüismo, comunicación, innovación, respetando la diversidad e inclusión para toda la comunidad de diferentes edades cronológicas (niños, adultos, adultos mayores) generando y promoviendo una conciencia ecológica colectiva.

Incentivando la conciencia ambiental, la equidad, la justicia, la paz, el diálogo, seguiremos fomentando el sentimiento de una comunidad global cultivando el propio crecimiento interior y despertar creativo con un modelo educativo democrático y participante. Como lo menciona Leonardo Boff (1993), todo lo que existe coexiste.

Por todo ello, este proyecto parte de la realidad de un cambio de la mediación pedagógica con y por la naturaleza, que se va ir gestionando progresivamente, abriendo las Estaciones de aprendizajes (Estación Lingüística, Estación Científico - experimental, Estación Artística, Estación Sensorial, Estación eco - ambiental), en nuestra Aula sin paredes, en el Sendero Los Matapalos, la Sede Regional Chorotega, Campus Liberia.

Referencias bibliográficas

Assman, H. (2001). *Placer y ternura en la educación. Hacia una sociedad aprendiente*. Narcea Edición.

Bateson, G. (1998). *Pasos hacia una ecología de la mente*. LOHLÉ – LUMEN.

Boff, Leonardo. (1996). *Ecología: grito de la tierra, grito de los pobres*. Trotta.

Bohm, D. (2014). *Sobre el diálogo*. Editorial Kairos.

Bohm, D. y Peat, D. (1988). *Ciencia, orden y creatividad: Las raíces creativas de la ciencia y la vida*. Editorial Kairos.

Brenner, T. (2012). *The Montessori Method for positive dementia care*. Edición Kindle.

- Capra, F. (1985). *El Punto Crucial. Ciencia, Sociedad y Cultura Naciente*. Editorial Integral.
- Clare, L., Woods, R., Cook, M., Orrell, M., y Spector, A. (2003). *Rehabilitación cognitiva y entrenamiento cognitivo para la enfermedad de Alzheimer y la demencia vascular de estadio temprano*.
<https://www.bibliotecacochrane.com/BCPGetDocumentForPrint.asp?DocumentID=CD003260>
- Freire, P. (1973). *La educación como práctica de la libertad*. Editorial Siglo XXI.
- Goleman, D. (2012). *El cerebro y la Inteligencia Emocional, Nuevos Descubrimientos*. Editorial B.
- Gómez-Chavarín, M., Santos-Echeverría, R., García- García, M., Torner-Aguilar, C., y Báez-Saldaña, A. (2014). Desarrollo de la vía dopaminérgica nigroestriatal. *Arch Neurocién (Mex)*, 19(2): 95-103. <http://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2014/ane142e.pdf>
- Gutierrez, F. y Prieto, D. (2002). *Mediación Pedagógica. Apuntes para una educación*. Ediciones Ciccus - La Crujía.
- Harari, Y. (2019). *21 lecciones para el Siglo XXI*. Penguin Random House Grupo Editorial.
- Libânio, C. (1998). *La obra del Artista: una visión holística del universo*. Editorial TROTТА.
- López-Ibor, J. y Lóez-Ibor, M. (2013). Hacia nuevas estrategias de investigación en los trastornos mentales. Segunda parte: La luz al final del túnel. *Actas Esp Psiquiatr*, 41(2): 67-75. <https://www.actaspsiquiatria.es/repositorio/15/82/ESP/15-82-ESP-67-75-605156.pdf>.
- Maldonado, C. (2016). *Complejidad de las ciencias sociales. Y de las otras ciencias y disciplinas*. Desde abajo
- Maturana, H. (1999). *Transformación en la Convivencia*. Editorial Dolmen.
- Najmanovich, D. (2014). La Complejidad ética, estética y política. *Andamios*, 1(2), 19-42.
- Olivera, S. W. (2011). *Taxonomía de bloom*. Universidad Cesar Vallejo.
- Ortiz Alonso, T. (2002). *Neuropsicología del Lenguaje*. Editorial General Pardiñas.
- Ostrovsky – Solís, F. y Ardilla, A. (1994). *Cerebro y lenguaje*. Editorial Trillas.
- Perea, S. (2000). *Ecopedagogía y Ciudadanía Planetaria*. Editorial DIÁLOGOS.
- Pfenning, A., Hara, E., Whitley, O., Rivas, M., Wang, R., Roulhac, P., Howard, J., Wirthlin, Lovell, P. y Harvis, E. (2014). Convergent transcriptional specializations in the brains of humans and song-learning birds. *Science*, 346(6215), 86-115. 10.1126/science.1256846.
- Pigem, Jordi et al. (1994). *La Nueva Conciencia*. Integral.
- Polk, L. (2020). *Montessori: A Modern Approach*. Edición Kindle.

- Rancière, J. (2010). *El maestro ignorante*. Editorial Sedición.
- Rivero, L. R., Gómez, G. C. y Cedeño, J. M. (2017). Tipos de aprendizaje y tendencia según modelo VAK. *TIA Tecnología, investigación y academia*, 5(2), 237-243.
- Romo, M. (1997). *Psicología de la creatividad*. Paidós.
- Sacks, O. (1985). *El hombre que confundió a su mujer con un sombrero*. Editorial Gerald Duckworth.
- Simonton, D.K.(2000).Creativity:Cognitive, personal, developmental, and social aspects. *American psychologist*, 55(1), 151.
- Stecconi, C. (2010). Inteligencias múltiples y el cuestionario de autoevaluación (CAIM). *Calidad de Vida y Salud*, 3(2).
- Wohlleben, P. (2015). *La vida secreta de los árboles*. Editorial Obelisco.

Concientización de la acidez oceánica desde los niveles de acidez en sustancias cotidianas

Bach. Daniel Quesada Palacios
Universidad de Costa Rica, Costa Rica
daniel.quesadapalacios@ucr.ac.cr

Bach. Yeikel Naranjo Hernández
Universidad de Costa Rica, Costa Rica
yeikel.naranjo@ucr.ac.cr

Bach. Warner Ugalde Hidalgo
Universidad de Costa Rica, Costa Rica
warner.ugaldehidalgo@ucr.ac.cr

Ph.D. Marianela Navarro Camacho
Universidad de Costa Rica, Costa Rica
marianela.navarrocamacho@ucr.ac.cr

Resumen: Se propone realizar un taller desde la actividad didáctica hacia el pensamiento crítico, la toma de posición, el sentido de agencia, y el enfoque educativo STEAM y constructivista sociotransformativo (Rodríguez, 2022). Se planifica la adaptación de contenidos de los Programas de Biología, Ciencias y Química del Ministerio de Educación Pública como: potencial hídrico, organismos marinos, reacciones químicas, ciclo del carbono, etc.; para abordar y entender problemas ambientales con relación a la acidificación de los mares y sus consecuencias ambientales, junto al razonamiento crítico y la reflexividad necesaria para promover en el estudiantado un potencial como futuros agentes de cambio en la sociedad.

Palabras claves: Actividad científica, Aprendizaje activo, Deterioro ambiental, Propiedad química, Teoría de la Educación.

1. Justificación

Tiempo atrás, los temas relacionados al medio ambiente carecían de significado dentro del conocimiento general para la vida cotidiana de las personas, sin embargo, en la actualidad es posible su inclusión dentro del currículo académico, gracias a contenidos que vinculan con estos en los programas del Ministerio de Educación Pública (2017a, 2017b, 2017c, 2017d). De esta forma permitir a las personas comprender los factores que influyen en las problemáticas ambientales desde la acción o la inacción en ciertas actividades de su día a día.

Uno de los principales factores que han determinado grandes cambios en el clima y ambiente son los relacionados a la emisión de contaminantes antrópicos. Como principal factor de afectación se destaca la producción de gas carbónico, proveniente de la quema de combustibles fósiles y productor de un sin número de problemas a nivel mundial; entre estos: la acidificación oceánica (Doney, 2007).

Destacándola como un problema actual, sensible y de vital importancia, se procede con el planteamiento de un taller como propuesta educativa, que brinde la creación de mentalidades sensibles y críticas, contemplando la educación ambiental hacia el desarrollo de competencias adecuadas para el estudiantado y su crecimiento como personas de sociedad (Álvarez-Lires et al., 2017).

Por ello, se adopta el marco teórico del constructivismo sociotransformativo, que valora el uso de recursos didácticos, reflexiones críticas y complementos que permitan hacer un cambio pedagógico en la enseñanza, como un medio alternativo hacia la educación ambiental (Ortiz-Revilla et al., 2021; Rodríguez, 1998).

1. Objetivo

Desarrollar un taller desde el constructivismo sociotransformativo que fomente la formación crítica del estudiantado, respecto a la problemática de la acidificación oceánica como impacto ecológico con un punto de vista bioquímico desde sustancias de manejo cotidiano.

2. Implementación del taller

Para el desarrollo del taller se contempló como herramienta principal el uso de técnicas STEAM, valorando una función aliada al constructivismo sociotransformativo, hacia el desarrollo de programas educativos que fomenten y cumplan las vocaciones tecnológicas, las habilidades para la vida y las competencias relacionadas al sentido de agencia (Sánchez, 2019; Cela-Ranilla et al., 2017).

Como consejos respecto a la aplicación del taller, pueden ser valorados dos objetivos necesarios para que el estudiantado comprenda lo realizado y el porqué de su función, variando al taller de una típica clase tradicional:

- Comenzar con una breve descripción del constructivismo sociotransformativo, enfocando la atención hacia la transculturalidad en la resolución de problemas, la teoría crítica hacia el sentido de agencia y la aplicación STEAM como medio de desarrollo didáctico en clases.
- Desarrollar el taller discutiendo con el estudiantado en cada fase del mismo, resaltando la metacognición (el por qué y para qué se aprende lo que se aprende), la conversación dialógica (la comunicación para un conocimiento desde el aspecto social), el sentido de agencia (la generación de un vínculo entre el contenido estudiado, la problemática asociada y la vida cotidiana del estudiante) y la reflexividad (la consciencia más allá de una reflexión, avivando en el estudiantado el deseo de cambio y de acción crítica) en cada actividad y planeamiento realizado.

Entre los materiales utilizados se planteó que fueran materiales que cualquier docente o estudiante tuviera un acceso no tan limitado a conseguir, fueran materiales de uso cotidiano y que no representaran ningún peligro en su manipulación:

Lista de materiales:

- Sustancias cotidianas: agua, alcohol, enjuague bucal, vinagre, jugo de limón, jugo de chilera, disolución de bicarbonato de sodio y gaseosa incolora.
- Bioindicadores: repollo morado, cebolla morada y uva. Se pueden utilizar otros bioindicadores: fresas, berenjena, etc. El método de extracción del bioindicador es mediante una infusión del material picado, rayado o licuado, según prefiera el docente.
- Carbonato de calcio: este puede ser conseguido en viveros o bien pueden ser utilizadas conchas de moluscos, caparazones de crustáceos, exoesqueletos de equinodermos, etc.
- Materiales para hacer los modelos: estos pueden ser bolitas de colores, plastilina, masmelos, etc., y algún medio para unirlos, como palillos de dientes.

Para el desarrollo del taller inicialmente se divide al estudiantado en subgrupos según la disposición de bioindicadores presentes, después se realizan las siguientes actividades en el orden de mención:

1. Repaso de la historia del contenido central: respecto al pH se rescatan personajes como Robert Boyle y Svante Arrhenius, junto a la mención de la relevancia al tema.
2. Variación de un modelo tradicional: normalmente el estudiantado aprende el concepto de pH desde el modelo matemático: $\text{pH} = -\log(\text{H}_3\text{O}^+)$ o $-\log(\text{H}^+)$. En relación con el constructivismo sociotransformativo y la actividad auténtica, se propone que el estudiantado comprenda el concepto de pH desde modelos de diferentes iones y moléculas creados por ellos.
3. Experimentación y reconocimiento desde un recurso accesible: todas las sustancias cotidianas y los bioindicadores pueden ser reconocidos por el estudiantado mediante el olfato, gracias a que estos han tenido presencia en sus vidas en algún momento. Cuando se les comunica que ordenen las sustancias según su pH, pueden visualizar un orden según criterios previos que tienen de estas sustancias.
4. Cambios de coloración y exposición de escalas: al indicar que cada subgrupo puede añadir el bioindicador asignado en las sustancias brindadas, valoran si el orden en que las colocaron está siguiendo un patrón de tonos o colores, lo cual puede confirmarles un orden adecuado. Después de esto se les muestra la escala de pH de los bioindicadores utilizados para que comprueben el orden correcto de las sustancias según el valor de pH. Las escalas empleadas fueron obtenidas de Castillo (2020).
5. Ejemplos en narrativas: para visualizar de manera más amplia la función de un bioindicador de pH, aplicamos la lectura y discusión de dos narrativas que contenían bioindicadores: “Mi vecina Doña Hortensia” y “Los capullos, las joyas y el agua”. Esto permite visualizar más allá de lo empleado físicamente en el aula y puede hacer uso de recuerdos previos o a la imaginación del estudiante.
6. Exposición clara y discusión de la problemática: ahora que se tiene una base más concreta de la significancia del pH, se explica la acidificación oceánica utilizando nuevamente los modelos de las moléculas que utilizaron los subgrupos previamente, haciendo reaccionar

modelos de dióxido de carbono, agua, ácido carbónico, ion bicarbonato, ion hidronio, ion carbonato, ion calcio y carbonato de calcio.

7. Ejemplificación de la afectación: se solicita a los subgrupos que añadan a las sustancias más ácidas la cantidad que gusten de carbonato de calcio y según lo aprendido mediante las reacciones en modelos, expliquen lo que observan.
8. Niveles de la afectación: una vez comprendida químicamente la acidificación oceánica, se discute a los organismos que afecta directamente en los océanos pasando a un entendimiento bioquímico, seguido a la afectación directa en la población humana desde diferentes contextos (nacional, internacional, cultural, económico, etc.) y a nivel macro respecto a la problemática ambiental afectando todo el planeta.
9. Grupo focal “Metacognición”: al finalizar, se discute con el grupo las percepciones, ideas, dudas, etc., que existan. Así se permite valorar el pensamiento crítico y toma de decisiones de los estudiantes. En este punto algunos podrían concluir en un pensamiento pesimista sobre la problemática, desde el constructivismo sociotransformativo se debe cambiar este punto de vista por un sentido de agencia.

3. Relevancia

El taller intenta frenar la acción inconsciente de los docentes de ciencias que podemos perder el tacto con el estudiantado ante la naturaleza de las ciencias, ya que aseguramos que el contenido visto puede ser entendido y manejado específicamente por ser de un carácter científico, comprobable y absoluto (Sanmartí, 2002; Muñoz, 2015). Sin embargo, se debe validar la relación concreta entre el contenido teórico visto en clases y el contenido práctico experimentado en laboratorios, mediante fenómenos que generen una presencia propia para que lo aprendido sea relevante en la vida de los estudiantes y en la sociedad.

Acudir a la creatividad del docente apartando metodologías tradicionales es necesario para fomentar un pensamiento crítico en cada estudiante (Binimelis, 2010). Las estrategias STEAM donde se apliquen las diversas inteligencias y capacidades de cada estudiante, alcanzan una mayor probabilidad de que el proceso enseñanza aprendizaje sea más eficaz (López, 2019).

Entre los materiales utilizados se intenta validar que sean de fácil acceso, planteado desde el Diseño Universal del Aprendizaje descrito por Vargas (2022), en donde más allá de educación inclusiva, también podemos valorar aspectos como: aprendiz experto (aprender a aprender), rol docente (mediador-facilitador) y plasticidad curricular. Por ello, consideramos que el taller puede ser aplicado desde los recursos de cualquier docente, o adaptado en caso de que se deba hacer individualmente para cada estudiante en su hogar, ante la necesidad de clases virtuales, a distancia, asincrónicas, etc.

La aplicación del constructivismo sociotransformativo permite explorar mejores formas de exponer los contenidos científicos propuestos, junto a un mejor planeamiento de las actividades a desarrollar. Ya que, desde el Ministerio de Educación Pública (MEP) se propone el planeamiento educativo del aprendizaje por indagación para las clases de ciencias (MEP, 2022), el cuál puede

adoptar los pilares bases de metacognición, conversación dialógica, actividad auténtica y reflexividad que propone el constructivismo sociotransformativo (Rodríguez, 2021).

Eliminar vacíos pedagógicos al momento de ejercer una actividad en pro de la educación ambiental, esto se refiere a como las problemáticas ambientales no son contenidos que deban enseñarse como teoría sin falta de concordancia a fenómenos que suceden en el mundo real (Valencia et al., 2019; Álvarez-Lires et al, 2017), por ello, se pretende evidenciar consecuencias desde ejemplos mínimos (la reacción del carbonato de calcio) a ejemplos máximos (exposición de afectaciones a nivel global), evitando abandonar la crítica ante la responsabilidad humana sobre los temas ambientales (Apple et al., 2000).

La transculturalidad como medio para el conocimiento, intercambio y adopción de culturas, logra generar un sentido de agencia que traspasa el bienestar propio en los estudiantes, fomentando la reflexividad y proyección hacia un propósito colectivo de interés (Ortiz-Revilla et al., 2021; Rodríguez, 2021).

Al cerrar el taller con un grupo focal es posible conocer las percepciones sobre los contenidos expuestos, la relevancia del proceso enseñanza-aprendizaje y la experiencia de cada estudiante (Martínez y González, 2015). Desde el protagonismo para el estudiantado en esta fase se logra evaluar el nivel de impacto del taller, mediar la crítica generada e impulsar el sentido de agencia respecto a ideas que promuevan la educación ambiental.

4. Conclusiones

De acuerdo con el objetivo planteado para el desarrollo del Taller “Concientización de la acidez oceánica desde los niveles de acidez en sustancias cotidianas”, se permite valorar el constructivismo sociotransformativo como un marco teórico adecuado para la enseñanza de problemáticas ambientales que cumplan con contenidos de los programas del Ministerio de Educación Pública.

Desde las bases específicas de metacognición, conversación dialógica, actividad auténtica y reflexividad, se puede crear una semejanza al planeamiento de actividades similar al aprendizaje por indagación y dar un mejor cumplimiento a las competencias valoradas para los estudiantes, como resolución de problemas, razonamiento lógico, razonamiento científico, trabajo en equipo, etc.

Se vincula los contenidos abstractos que funcionan desde modelos (moléculas y pH) con la realidad de fenómenos actuales, lo que permite un mayor razonamiento de reacciones químicas, reacciones bioquímicas, acciones contaminantes, afectaciones ambientales a nivel sociales variados, gestión de riesgos y responsabilidad ambiental.

Se abarcó una mayor diversidad de opiniones, críticas y propuestas hacia la problemática ambiental, al exponer una mayor variabilidad de ejemplos y permitir la comunicación abierta de los estudiantes en todo momento durante el taller. Valorar la iniciativa, liderazgo y diferentes roles

que asume el estudiantado en los subgrupos, permite generar un mejor diálogo al momento de discutir las conclusiones.

El taller cumple con el propósito de visibilizar la acidificación oceánica como una problemática ambiental tan peligrosa como cualquier otra, junto a la enseñanza de ciertos contenidos de los programas del MEP, y compartir desde el ejemplo el desarrollo de un trabajo enfocado en el marco teórico del constructivismo sociotransformativo; lo que afirma los principios pedagógicos que formaron el taller como adaptables para la enseñanza de las ciencias, la actividad auténtica en el aula y la práctica general de discusión según la teoría crítica.

Referencias bibliográficas

- Álvarez-Lires, M., Arias-Correa, A., Lorenzo-Rial, M., y Serrallé-Marzoa, F. (2017). Educación para la Sustentabilidad: Cambio Global y Acidificación Oceánica. *Formación universitaria*, 10(2), 89-102. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062017000200010>
- Apple, M., Laclau, S., Torres, C., y Gadotti, M. (2000). *Teoría crítica y educación* (1. edición). Miño y Dávila Editores. <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2015/10/Teoria-critica-y-educacion-Apple-Michael.pdf>
- Binimelis, H. (2010). Hacia una sociedad del conocimiento como emancipación: una mirada desde la teoría crítica. *Argumentos*, 23(62), 203-224. <https://www.scielo.org.mx/pdf/argu/v23n62/v23n62a9.pdf>
- Castillo, O. (2020). Estudio de sustancias naturales como indicadores de pH. *Una propuesta didáctica. Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 116 (2), 88-98. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8109261>
- Cela-Ranilla, J., González, J., González, V., Mon, F. y Gisbert-Cervera, M. (2017). El docente en la sociedad digital: una propuesta basada en la pedagogía transformativa y en la tecnología avanzada. Profesorado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 21(1), 403-422. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56750681020>
- Doney, S. (2007). Los peligros de la acidificación oceánica. *Scientific American*, 294(3), 38-45. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47284/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López, M. V. (2019). Implementación y articulación del STEAM como proyecto institucional. *Lat. Am. J. Sci. Educ*, 6, 12034. www.researchgate.net/profile/Marco-Lopez-Gamboa/publication/333878831_Implementacion_y_articulacion_del_STEAM_como_proyecto_institucional/
- Martínez, M. y González, L. (2015). Contribución de la técnica del grupo focal al acercamiento a la percepción estudiantil sobre accesibilidad en el entorno universitario. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 15(1), 1-16. <http://dx.doi.org/10.15517/aie.v15i1.17587>
- Ministerio de Educación Pública. (2017a). *Programa de Estudio de Biología Educación Diversificada*. <https://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/biologia2017.pdf>

- Ministerio de Educación Pública. (2017b). *Programa de Estudio de Ciencias Tercer Ciclo de Educación General Básica*.
<https://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/ciencias3ciclo.pdf>
- Ministerio de Educación Pública. (2017c). *Programa de Estudio de Física Educación Diversificada*.
<https://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/fisica2018.pdf>
- Ministerio de Educación Pública. (2017d). *Programa de Estudio de Química Educación Diversificada*.
<https://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/quimica2018.pdf>
- Ministerio de Educación Pública. (2022). *Circular DVM-AC-CIR-0290-03-2022*. Despacho Viceministerio Académico. <https://www.mep.go.cr/circulares>
- Muñoz, P. (2015). *La obsolescencia programada: ¿el fin de una crisis económica o el inicio de una problemática ambiental? reflexiones que incentivan la formación sociopolítica en los estudiantes*. [Trabajo de Pregrado]. Universidad de Antioquia. <https://hdl.handle.net/10495/28136>
- Ortiz-Revilla, J., Sanz-Camarero, R., y Greca, I. (2021). Una mirada crítica a los modelos teóricos sobre educación STEAM integrada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(2), 13-33. <http://fdteulp.org/wp-content/uploads/2021/11/Revista-Iberoamericana-de-Educacion.pdf#page=13>
- Rodríguez, A. (1998). Strategies for Counterresistance: Toward Sociotransformative Constructivism and Learning to Teach Science for Diversity and for Understanding. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 589–622. https://www.researchgate.net/publication/229732985_Strategies_for_Counterresistance_Toward_Sociotransformative_Constructivism_and_Learning_to_Teach_Science_for_Diversity_and_for_Understanding
- Rodríguez, A. (2021). Engineering your own liquid soap. Science and children. *Science and Children*. 58 (4). <https://www.nsta.org/science-and-children/science-and-children-marchapril-2021/engineering-your-own-liquid-soap>
- Rodríguez, A.J. (2022). *Constructivismo sociotransformativo (CST): ¿Qué es y cómo puedo usarlo en mi salón de clases?*
https://www.researchgate.net/publication/339780457_Constructivismo_sociotransformativo_CST_Que_es_y_como_puedo_usarlo_en_mi_salon_de_clases
- Sánchez, E. (2019). La educación STEAM y la cultura «maker». *Padres Y Maestros / Journal of Parents and Teachers*, (379), 45-51. <https://doi.org/10.14422/pym.i379.y2019.008>
- Sanmartí, N. (2002). *¿Cuál es la Naturaleza de las Ciencias? En Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria?*. Editorial Síntesis S.A. https://www.academia.edu/40505877/Didactica_de_las_ciencias_en_la_Educacion_Secundaria_Obligatoria_Neus_Sanmarti_pdf
- Valencia, M., Niño, N. y López, M. (2019). Interrelación del modelo de aprendizaje Honey-Alonso con el estilo VAK aplicado a estudiantes de nivel superior. *Revista Espacios*, 40 (15). <http://www.revistaespacios.com/a19v40n15/a19v40n15p28.pdf>

Conocimiento especializado de los profesores de matemáticas en formación inicial sobre los aspectos lógicos y sintácticos de la demostración matemática

Christian Alfaro Carvajal

Universidad Nacional, Costa Rica

cristian.alfaro.carvajal@una.ac.cr

Jennifer Fonseca Castro

Universidad Nacional, Costa Rica

jennifer.fonseca.castro@una.ac.cr

Resumen: El propósito de esta comunicación es presentar los resultados de un estudio empírico para caracterizar el conocimiento de los profesores de matemáticas en formación inicial en la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) sobre los aspectos lógicos y sintácticos de la demostración matemática mediante el modelo Mathematics Teacher's Specialized Knowledge (MTSK). La investigación es cualitativa de carácter descriptiva. Se emplearon indicadores de conocimiento para analizar las respuestas de los sujetos de investigación mediante el análisis de contenido. Se determinó que la minoría de los sujetos mostraron un adecuado conocimiento de los aspectos lógicos de la demostración y que los indicadores utilizados permitieron clasificar la mayor parte de sus respuestas.

Palabras clave: Conocimiento del profesor de matemáticas, demostración matemática, formación inicial de profesores de matemáticas

1. Introducción

La demostración es un tema de interés en la enseñanza de las matemáticas. En este sentido, el National Council of Teachers of Mathematics, investigadores y marcos curriculares plantean la inclusión de las demostraciones matemáticas como parte de la formación de los estudiantes en todas áreas temáticas y en todos los niveles educativos ya que son la base que permite comprender el conocimiento matemático (NCTM, 2003; Stylianides, 2007). Tanto en las matemáticas como en la educación matemática existen dos posiciones sobre la demostración, una que alude más a los aspectos lógico-sintácticos en donde se considera como una secuencia de pasos utilizando reglas lógicas para garantizar una conclusión y otra que refiere más a lo semántico en donde lo fundamental sean las ideas que favorezcan la comprensión matemática (Durand-Guerrier et al., 2012; Hanna y De Villiers, 2012). En el caso de los aspectos lógico-sintácticos, Durand-Guerrier et al. (2012) sugieren que deben formar parte del conocimiento del profesor de matemáticas, ya que, en cualquier nivel educativo, los docentes no podrían guiar eficazmente a sus estudiantes en las actividades de razonamiento y demostración si ellos mismos no son conscientes y conocedores de los principios básicos del razonamiento lógico. En algunas investigaciones se ha detectado que los profesores de matemáticas evidencian una visión reducida sobre la naturaleza de la demostración, deficiencias en el conocimiento matemático involucrado (Knuth, 2002; Vicario y Carrillo, 2005), presentan argumentos empíricos como si fuesen demostraciones (Stylianides y

Stylianides, 2009) y basan su convicción en entes externos más que en su propio conocimiento (Lin et al., 2012).

Según las exigencias curriculares del Programa de Estudios de Matemáticas del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica, es necesario que la demostración forme parte de las clases del futuro profesor de matemáticas; no solo para convencer de la validez de los resultados matemáticos sino también como procesos que deben promoverse en el quehacer de los estudiantes (Ministerio de Educación Pública [MEP], 2012). Por lo tanto, el problema planteado en esta investigación está orientado a caracterizar el conocimiento especializado de los profesores de matemáticas en formación inicial en la Universidad Nacional en Costa Rica, sobre los aspectos lógicos y sintácticos de la demostración matemática, concretamente pretendemos determinar evidencias de conocimiento sobre las formas de proceder desde el punto de vista lógico-sintáctico en la demostración. En esta línea, Stylianides et al. (2016) llaman la atención de que es necesario realizar investigaciones sobre el conocimiento que poseen los profesores de matemáticas sobre la argumentación y la demostración.

5. Marco teórico

El estudio del conocimiento profesional del profesor de matemáticas es un foco de interés en la investigación en Educación Matemática (Ponte y Chapman, 2006; Shulman, 1986). El modelo *Mathematics Teacher's Specialized Knowledge (MTSK)* considera a la demostración como parte del conocimiento matemático del profesor y le ha asignado un subdominio dentro de él, llamado *Knowledge of Practices in Mathematics (KPM)* (Carrillo et al., 2018). El *Conocimiento de la Práctica Matemática (KPM)* hace referencia al conocimiento del profesor sobre la manera en la que se construye el conocimiento matemático (Flores-Medrano et al., 2016). Para nuestro trabajo empleamos la categorización propuesta por Alfaro et al. (2020) dentro del subdominio del *KPM* en el modelo *MTSK* que considera tres componentes principales: (1) *el conocimiento sobre la naturaleza de la demostración matemática*, (2) *el conocimiento sobre las funciones de la demostración en las matemáticas* y (3) *la convicción de un argumento matemático*. En el caso de los aspectos lógicos y sintácticos, Alfaro et al. (2020) consideran dentro del conocimiento sobre la naturaleza de la demostración matemática a *la validez lógica* que se refiere al conocimiento sobre cómo proceder en la demostración de afirmaciones matemáticas y a su vez precisan con base en el estudio teórico de Alfaro et al. (2019) sobre la demostración, tres categorías: (1) *el tipo de demostración*, (2) *el tipo de cuantificador* y (3) *el tipo de conectiva lógica*.

6. Metodología

La investigación tiene un enfoque cualitativo, de alcance descriptivo. Participaron 30 profesores de matemáticas en formación inicial de la carrera Bachillerato y Licenciatura en la Enseñanza de la Matemática de la Universidad Nacional de Costa Rica: 22 matriculados en el cuarto año de la carrera y 8 matriculados el quinto año durante el segundo semestre del 2021. Todos los sujetos

participantes en la investigación han estudiado la demostración y han tenido que probar su destreza demostrando propiedades para aprobar los cursos del plan de estudios de la carrera.

7. Recolección de la información

Se aplicó un cuestionario propuesto por Alfaro et al. (2020) durante agosto y setiembre del 2021 con una duración aproximada de dos horas. Consta de seis tareas, en cada una de ellas se presenta una proposición general desprovista de contenido matemático específico, de forma verbal y simbólica, que se denomina *genérica*. En cada tarea se pide una explicación sobre la forma general en la que abordarían la demostración de una proposición que tuviese esa estructura sintáctica y que brinden un ejemplo de una proposición concreta correspondiente a dicha forma genérica, además que realicen su respectiva demostración. En la tabla 1 se muestra cada una de las proposiciones genéricas contempladas en las tareas.

Tabla 1

Proposiciones genéricas de las tareas del cuestionario

Tarea	Proposición genérica
Tarea 1: Universal	Forma verbal: <i>Todos los elementos de un conjunto U satisfacen una propiedad $P(x)$.</i> Forma simbólica: $\forall x \in U (P(x))$
Tarea 2: Existencial	Forma verbal: <i>Al menos un elemento de un conjunto U satisface una propiedad $P(x)$.</i> Forma simbólica: $\exists x \in U (P(x))$
Tarea 3: Implicación universal	Forma verbal: <i>Todos los elementos de un conjunto U cumplen que, si satisfacen una propiedad $P(x)$ entonces satisfacen una propiedad $Q(x)$.</i> Forma simbólica: $\forall x \in U [P(x) \Rightarrow Q(x)]$
Tarea 4: Disyunción universal	Forma verbal: <i>Todos los elementos de un conjunto U satisfacen una propiedad $P(x)$ o satisfacen una propiedad $Q(x)$.</i> Forma simbólica: $\forall x \in U [P(x) \vee Q(x)]$
Tarea 5: Conjunción universal	Forma verbal: <i>Todos los elementos de un conjunto U satisfacen de manera simultánea una propiedad $P(x)$ y una propiedad $Q(x)$.</i> Forma simbólica: $\forall x \in U [P(x) \wedge Q(x)]$
Tarea 6: Doble implicación universal	Forma verbal: <i>Todos los elementos de un conjunto U satisfacen una propiedad $P(x)$ siempre y cuando satisfacen una propiedad $Q(x)$.</i> Forma simbólica: $\forall x \in U [P(x) \Leftrightarrow Q(x)]$

8. Análisis de la información

La información fue analizada mediante el análisis de contenido (Cohen et al., 2007). Para analizar las respuestas de los sujetos empleamos *indicadores de conocimiento*, entendidos como frases para determinar evidencias de conocimiento sobre las formas de proceder en la demostración. Estos indicadores fueron establecidos por Alfaro et al. (2020) en cada una de las tres categorías propuestas por estos autores para el conocimiento sobre la validez lógica de una demostración. En el caso del ejemplo, se determinó si se ajustaba a la estructura sintáctica de la proposición genérica en cuestión.

9. Resultados y conclusiones

Los resultados se presentan considerando las tres categorías definidas por Alfaro et al. (2020) mencionadas en el marco teórico. Se presenta, además, la síntesis de las respuestas de los sujetos sobre las formas de proceder en la demostración que no fueron contempladas en los indicadores propuestos y algunas conclusiones.

Categoría 1. El tipo de demostración: directa o indirecta

La demostración directa fue el método que tuvo mayores menciones por los profesores de matemáticas en formación inicial en las seis tareas. En el caso de la proposición genérica y en la demostración del ejemplo fue mencionada por 15 sujetos en promedio. La demostración indirecta en la proposición genérica solo fue mencionada en la tarea 1 por 3 sujetos y en la demostración del ejemplo por 3 sujetos, uno en la tarea 1, uno en la tarea 3 y uno en la tarea 4. También llama la atención el hecho de que, salvo en la tarea 2, la cantidad de profesores de matemáticas en formación inicial que brinda evidencia de conocimientos sobre la demostración directa en la proposición genérica está por debajo de la mitad, pues eran 30 sujetos de investigación.

Categoría 2. El tipo de cuantificador: universal o existencial

El *cuantificador universal* estuvo presente en todas las tareas, excepto en la tarea 2 que trataba sobre el cuantificador existencial. En el caso de la demostración directa, evidenciaron conocimiento de que debían considerar un elemento arbitrario del universo de discurso, 12 sujetos en promedio para la proposición genérica y 14 sujetos en promedio para la demostración del ejemplo. De este modo, se puede observar que es la minoría de los sujetos los que manifiestan que en proposiciones con cuantificación universal su demostración no puede abordarse apelando a casos particulares. Se presentan dos respuestas de sujetos que dieron evidencias de conocimiento, la primera para la proposición genérica y la segunda sobre el ejemplo y su demostración, ambos en la tarea 1:

- *Lo primero sería darse un elemento arbitrario que pertenezca al universo U . Luego sabemos que la proposición $P(x)$ posee un valor de verdad. Por lo que debemos demostrar que $P(x)$ es verdadero.*

- *Proposición:* $\forall x, y, z \in \mathbb{Z} (z(x-y) = zx - zy)$. *Demostración:* Sean $x, y, z \in \mathbb{Z}$.

$$z(x-y) = z(x+(-y)) = zx + z(-y) = zx - zy.$$

Sobre el indicador de conocimiento de que la propiedad en cuestión se satisfacía para todos los elementos del conjunto universo en virtud de que se había validado para un elemento arbitrario, solamente un sujeto hizo mención en la proposición genérica de la tarea 1. Se presentaron muy pocas menciones sobre la demostración indirecta para el cuantificador universal.

En cuanto al *cuantificador existencial* la gran mayoría de los sujetos evidenciaron una preferencia por la demostración directa, particularmente consideraron que para proceder en la demostración debía exhibirse un elemento concreto del universo que cumpliera la propiedad. En algunos casos, no hicieron referencia a la forma de obtener el elemento a exhibir para garantizar la existencia y en otros mencionan la observación o manipulación de la propiedad con el fin de darse una idea de qué elemento podría funcionar, sin aclarar si tal manipulación forma parte o no de la demostración.

Al analizar el ejemplo brindado, de los 23 sujetos que evidenciaron que debía mostrarse un elemento del universo que cumpla la propiedad o indicaron que tal elemento se podría obtener de alguna forma, 18 de ellos brindaron el elemento que funcionaba sin indicar su origen, dos de ellos mencionaron que debía realizarse un procedimiento de búsqueda, pero que el mismo no formaba parte de la demostración y tres de ellos, consideraron el procedimiento de búsqueda como parte de la demostración, aunque tal forma de proceder asume de forma implícita la existencia.

En general, los profesores solo mencionan casos de existenciales en los que es posible exhibir un elemento de manera simple, sin aludir a aquellos cuya existencia debe ser garantizada apelando a elementos más teóricos. Dos respuestas de sujetos que evidenciaron conocimiento en la proposición genérica y el ejemplo y su demostración respectivamente son:

- *Trataría de manipular $P(x)$ para hallar una forma para x y ver si hay algún posible candidato al que pueda recurrir o construir.*
- *Proposición:* $\exists x \in \mathbb{Z} (x^2 - 5x + 6 = 0)$. *Demostración:* Consideremos que $2 = x$ y sabemos que $2 \in \mathbb{Z}$ por lo cual $x \in \mathbb{Z}$, ahora probamos que $x = 2$ cumple $x^2 - 5x + 6 = 0$, es decir $(2)^2 - 5(2) + 6 = 0$ $4 - 10 + 6 = 0$ $0 = 0$. Por lo tanto $\exists x \in \mathbb{Z} (x^2 - 5x + 6 = 0)$.

Categoría 3. El tipo de conectiva lógica: implicación universal, disyunción universal, conjunción universal y doble implicación universal

Sobre la *implicación con cuantificador universal* hubo una preferencia por la demostración directa, concretamente hubo 13 respuestas en la proposición genérica y 17 en la demostración del ejemplo que evidenciaron conocimiento de que debía suponerse que el antecedente verdadero. Además, se presentaron 23 respuestas en la proposición genérica y 25 en la demostración del ejemplo propuesto que dieron evidencia de conocimiento sobre la necesidad de garantizar la veracidad del consecuente $Q(x)$ con base en el antecedente $P(x)$ y los elementos de la teoría matemática en donde están insertas ambas proposiciones. La demostración indirecta prácticamente no tuvo menciones.

En cuanto a la *disyunción con cuantificar* universal, en el caso de la demostración directa, 14 sujetos en la proposición genérica y 10 en la demostración del ejemplo, transformaron la disyunción en una implicación, planteando que se demostraba evidenciando que el incumplimiento de alguna de las proposiciones, $P(x)$ o $Q(x)$ debía implicar el cumplimiento de la otra proposición. La demostración indirecta fue mencionada únicamente por un sujeto en la demostración del ejemplo. En esta tarea es importante notar que menos de la mitad de los sujetos dieron alguna evidencia de conocimiento de cómo proceder en su demostración, los que lo hicieron manifestaron la equivalencia de la disyunción en una implicación.

En el caso de la *conjunción con cuantificador* universal, 24 sujetos en la proposición genérica y 10 en la demostración del ejemplo evidenciaron conocimiento de que debía garantizarse que $P(x)$ y $Q(x)$ eran proposiciones verdaderas con base en la teoría matemática en donde están insertas dichas proposiciones. En el caso de la *doble implicación con cuantificador universal* los sujetos de investigación dieron evidencias de conocimientos únicamente sobre la demostración directa, la mayoría de ellos mostró conocimiento sobre el indicador fundamental de cómo proceder en este tipo de demostración, a saber, que debía garantizarse que tanto $P(x) \Rightarrow Q(x)$ como $Q(x) \Rightarrow P(x)$ eran proposiciones verdaderas, 27 en la proposición genérica y 16 en la demostración del ejemplo.

En cuanto a las *formas alternativas de proceder* en una demostración se destaca que pocas respuestas de los sujetos presentaron formas de proceder en la demostración no contempladas tales como la inducción matemática, el uso de un conjunto universo finito, la demostración por casos y la demostración simultánea de la doble implicación.

De esta investigación, concluimos que la minoría de los profesores de matemáticas en formación inicial mostraron conocimiento sobre los aspectos lógicos y sintácticos de la demostración matemática, contrario a los resultados obtenidos por Alfaro et al. (2020). Sin embargo, hubo algunas similitudes como la preferencia por la demostración directa, el abordaje de la existencial mostrando casos particulares y obviando elementos más teóricos, además de mayores muestras de conocimientos en las conectivas implicación y doble implicación. Por otra parte, concordamos con Alfaro et al. (2020) en que las formas alternativas de demostrar sugieren que se amplíe la lista de indicadores de conocimiento para estas formas.

Reconocimientos

Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación inscrito en la Escuela de Matemática de la Universidad Nacional en Costa Rica con el código 0011-20 y denominado “El conocimiento especializado de los profesores de matemáticas en formación inicial en la carrera de Bachillerato y Licenciatura en la Enseñanza de la Matemática de la Universidad Nacional de Costa Rica sobre la demostración”. Asimismo, forma parte de las actividades de la Red Iberoamericana de Conocimiento Especializado del Profesor de Matemáticas (RED MTSK) adscrita a la Asociación Universitaria Iberoamericana de Posgrado (AUIP).

Referencias bibliográficas

- Alfaro, C., Flores, P., y Valverde, G. (2019). La demostración matemática: significado, tipos, funciones atribuidas y relevancia en el conocimiento profesional de los profesores de matemáticas. *Uniciencia*, 33(2), 55-75. <https://doi.org/10.15359/ru.33-2.5>
- Alfaro, C., Flores, P. y Valverde, G. (2020). Conocimiento especializado de profesores de matemática en formación inicial sobre aspectos lógicos y sintácticos de la demostración. *PNA* 14(2), 85-117.
- Carrillo, J., Climent, N., Montes, M., Contreras, L. C., Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, D. y Muñoz-Catalán, C. (2018). The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model [El modelo de conocimiento especializado del profesor de matemáticas (MTSK)]. *Research in Mathematics Education*, 20(3), 236-253. <https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1479981>
- Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education [Métodos de Investigación en Educación]*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203029053>
- Durand-Guerrier, V., Boero, P., Douek, N., Epp, S. S., y Tanguay, D. (2012). Examining the role of logic in teaching proof [Examinando el papel de la lógica en la enseñanza de la demostración], en G. Hanna y M. De Villiers (Eds.), *Proof and proving in mathematics education* (pp. 369-389). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2129-6_16
- Flores-Medrano, E., Montes, M., Carrillo, J., Contreras, L., Muñoz-Catalán, M. y Liñán, M. (2016). El papel del MTSK como modelo de conocimiento del profesor en las interrelaciones entre los espacios de trabajo matemático. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 30(54), 204-221. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v30n54a10>
- Hanna, G. y De Villiers, M. (2012). Aspects of proof in mathematics education [Aspectos de la demostración en la educación matemática], en G. Hanna y M. De Villiers (Eds.), *Proof and proving in mathematics education* (pp. 1-10). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2129-6_1
- Knuth, E. J. (2002). Secondary school mathematics teachers' conceptions of proof [Concepciones de la demostración de los profesores de matemáticas de secundaria]. *Journal for research in mathematics education*, 33(5), 379-405. <https://doi.org/10.2307/4149959>
- Lin, F. L., Yang, K. L., Lo, J. J., Tsamir, P., Tirosh, D., y Stylianides, G. (2012). Teachers' professional learning of teaching proof and proving [El aprendizaje profesional de los profesores sobre la enseñanza de la demostración y demostrar], en G. Hanna y M. De Villiers (Eds.), *Proof and proving in mathematics education* (pp. 327-346). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2129-6_14

- Ministerio de Educación Pública. (2012). *Programas de estudio de matemáticas I, II y III ciclos de la educación general básica y ciclo diversificado*. <https://mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/matematica.pdf>
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2003). *Principios y estándares para la educación matemática*. SAEM Thales.
- Ponte, J. P. y Chapman, O. (2006). Mathematics teachers' knowledge and practices [Conocimientos y prácticas de los profesores de matemáticas], en A. Gutierrez y P. Boero (Eds.), *Handbook of reaserch on the psychology of mathematics education: Past, present and future* (pp. 461-494). Sense Publisher. https://doi.org/10.1163/9789087901127_017
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge ghrotw in teaching [Los que entienden: El conocimiento crece en la enseñanza]. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Stylianides, A. J. (2007). Proof and proving in school mathematics [Demostración y demostrar en matemáticas escolares]. *Journal for research in Mathematics Education*, 38(3), 289-321.
- Stylianides, G.J., y Stylianides, A.J. (2009). Facilitating the transition from empirical arguments to proof [Facilitando la transición de los argumentos empíricos a la demostración]. *Journal for Research in Mathematics Education*, 40, 314-352. <https://doi.org/10.5951/jresematheduc.40.3.0314>
- Stylianides, A.J., Bieda, K. N. y Morselli, F. (2016). Proof and argumentation in mathematics education research [Demostración y argumentación en la investigación en educación matemática], en A. Gutiérrez, G.C. Leder y P. Boero (Eds.), *The second handbook of research on the psychology of mathematics education: The journey continues* (2nd ed., pp. 315-351). Sense.
- Vicario, V. y Carrillo, J. (2005). Concepciones del profesor de secundaria sobre la demostración matemática: el caso de la irracionalidad de la raíz cuadrada de dos y las funciones de la demostración, en A. Maz, B. Gómez y M. Torralbo (Eds.). *Investigación en Educación Matemática. Noveno Simposio de la SEIEM*. (pp. 145-152). Universidad de Córdoba.

Ciudadanía Digital: estrategias para fomentar la convivencia digital y la seguridad en nuestras clases

Karen Acuña Picado
Universidad Castro Carazo,
Costa Rica
kacunap@castrocarazo.ac.cr

Virginia Aguilar Barquero
Universidad Castro Carazo,
Costa Rica
vaguilarb@castrocarazo.ac.cr

Alberto Quevedo Díaz
Universidad Castro Carazo,
Costa Rica
aquevedo@castrocarazo.ac.cr

Resumen: El Laboratorio de Aprendizaje (A:LAB) de la Universidad Castro Carazo desarrolla experiencias de aprendizaje para la integración de las tecnologías digitales y la fabricación en los procesos de aprendizaje que ocurren en todas las disciplinas de la Universidad. En este sentido, el potenciar habilidades asociadas a la sociedad del conocimiento, la identidad digital, la ciberseguridad y el uso ético y responsable de espacios sociales y contenidos en Internet, se convierten en áreas de interés del A:LAB. Como parte de las incubaciones en estas temáticas, se desarrolla un taller en presencia virtual para acompañar a docentes y estudiantes de educación, de cualquier materia y nivel, en la adquisición de dichas habilidades. El taller busca que las personas participantes puedan valorar las ventajas, riesgos, derechos y obligaciones asociados a la era digital, con el fin de ejercer una ciudadanía digital responsable y, a su vez, sea capaz de promover este ejercicio en sus estudiantes.

Palabras clave: ciudadanía digital, convivencia digital, ciberseguridad, sociedad del conocimiento, alfabetización informacional.

1. Introducción

La Universidad Castro Carazo inauguró en el 2017 un Laboratorio de Aprendizaje (A:LAB), como parte de una serie de proyectos estratégicos en su ruta de reinversión y tránsito hacia la Ecoformación como modelo educativo. El A:LAB acompaña y asesora de manera cercana a toda la comunidad Castro Carazo sobre cómo potenciar el aprendizaje a través del uso constructor de tecnologías digitales y entornos virtuales para el aprendizaje (Ocampo et al., 2020). En consecuencia, un área de interés reside en reflexionar sobre la tecnología como una construcción social, así como las habilidades y actitudes necesarias para aprender y convivir en la sociedad del conocimiento. En particular, se explora cómo desarrollar y fortalecer las habilidades asociadas a ejercer una ciudadanía digital (CD) responsable y segura, conociendo sobre la identidad digital, la ciberseguridad, y el uso ético y responsable de los espacios y contenidos en Internet. Como parte de las incubaciones en estas temáticas, A:LAB desarrolla un taller en presencia virtual para acompañar a docentes y estudiantes de educación, de cualquier materia y nivel, en la adquisición de dichas habilidades.

De acuerdo con Ribble et al. (2004) la CD puede entenderse como las normas que conciernen al uso potenciado, apropiado y responsable de la tecnología. Estas normas se encuentran en continua evolución. Además, no siempre son explícitas y pueden variar entre redes y comunidades digitales. Otra característica importante, también señalada por Ribble et al. (2014) y Al-Zahrani (2015), es que la CD está influenciada por la autoeficacia o la fluidez informática, la aptitud hacia Internet y la alfabetización mediática e informacional de cada persona o grupo de personas. Esto implica la necesidad de capacitación y actualización continua en estas temáticas.

2. Objetivo y secuencia didáctica del taller

El taller busca que las personas participantes puedan valorar las ventajas, riesgos, derechos y obligaciones asociados a la era digital, con el fin de ejercer una CD responsable y, a su vez, sea capaz de promover este ejercicio en sus estudiantes. Además, el taller propicia espacios para poner en práctica habilidades básicas de alfabetización mediática e informacional: manejo ético y responsable de la información, evaluación crítica de medios y contenidos, e interacciones sociales saludables en redes y comunidades digitales.

Para lograr estos objetivos se diseñan tres momentos claves para el taller: conducta de apertura, actividades de desarrollo y actividad de cierre. Se procura partir desde lo concreto, para transitar hacia reflexiones más profundas y abstractas sobre la CD, la identidad o “huella” digital, la ciberseguridad y la convivencia saludable. Además, esta planificación estratégica toma en consideración que, en todo momento, se propicien la interacción y la construcción colaborativa. Es por ello, que se emplean diversas técnicas y herramientas digitales que facilitan la participación de las personas, independiente de su fluidez tecnológica o acceso a dispositivos tecnológicos específicos.

2.1. Apertura: Nociones previas sobre la CD

Las conductas de apertura o de entrada son espacios que promueven una buena disposición hacia el aprendizaje. Por lo general, las conductas de apertura propician el diálogo, la interacción o el juego, con el fin de crear cercanía y vínculos afectivos que predisponen de manera positiva el aprendizaje (Pérez & Serrano, 2017).

Para alcanzar este propósito de una forma innovadora y colaborativa, se utiliza como medio la herramienta *Nearpod.com* (software gratuito) y desde ahí, se comparte una imagen del formato de un documento de identidad, para motivar a las personas a relacionarse con este documento que nos identifica también como personas ciudadanas. El siguiente paso, es dibujarse, y completar la frase “**Soy una persona ciudadana porque...**”

En la figura 1, podemos ver algunos de los aportes de las personas participantes:

Figura 1

Definiendo mi identidad como persona ciudadana



2.2 Desarrollo

A partir de la pregunta generadora: *¿Somos ciudadanos también en el mundo digital?*, se proponen dos actividades de desarrollo para reflexionar sobre esto, así como poner en práctica habilidades básicas de alfabetización mediática e informacional. A continuación, se detallan las actividades de desarrollo, las cuales se realizan en pequeños grupos de trabajo, por medio de salas de zoom y apoyándose de diversas herramientas digitales:

2.2.1 Desarrollo: Nuestras propuestas cuentan una historia

En esta sección se busca que las personas participantes realicen una historia usando la herramienta *StoryboardThat.com*, la cual tiene una versión gratis y puede ser utilizada por los participantes sin ningún problema. Se divide al grupo en tres equipos, se asigna un caso de que represente un problema frecuente en el mundo digital para realizar un análisis y posteriormente buscar una solución. Seguidamente, se facilitan las siguientes indicaciones:

“En esta actividad, crearemos una historieta colaborativa acompañados de las personas facilitadoras. Pero antes de hacerlo echaremos un vistazo a las características de una tira cómica” (se muestra brevemente la guía y partes de una historieta). A continuación, apoyándose de una infografía interactiva (ver figura 2) se modela el uso de la herramienta para construir la historieta. Para dicha construcción, se facilitan las siguientes indicaciones:

-Puede ser una historia inspirada por el caso asignado o basada en una experiencia personal, que tenga relación con el caso. Se presentan casos en las siguientes temáticas:

- Sextorsión
- Suplantación de identidad
- Noticias Falsas (“Fake News”)

- Tiene que incluir diálogos, que evidencien la propuesta de solución.
- Evitar términos explícitos de cada caso. Si no que la situación expuesta debe transmitirlo, aplicando elementos comunes de las historietas.
- Se deben crear un mínimo de 3 y un máximo de 6 viñetas.

Figura 2

Infografía interactiva que explica la dinámica de la actividad “Nuestras propuestas, cuentan historias”



2.2.2 Desarrollo: Historietas y consejos

Una vez creadas las historietas de cada grupo, se retoma el espacio de plenaria para compartir las creaciones y socializar los aprendizajes derivados de esta construcción colaborativa. Para apoyar dicho momento, se utiliza un mural virtual en la herramienta *Padlet.com.*, para que cada grupo comparta sus historietas, en la categoría del caso asignado (ver figuras 3 y 4).

Figura 3

Historietas compartidas en el mural virtual colaborativo

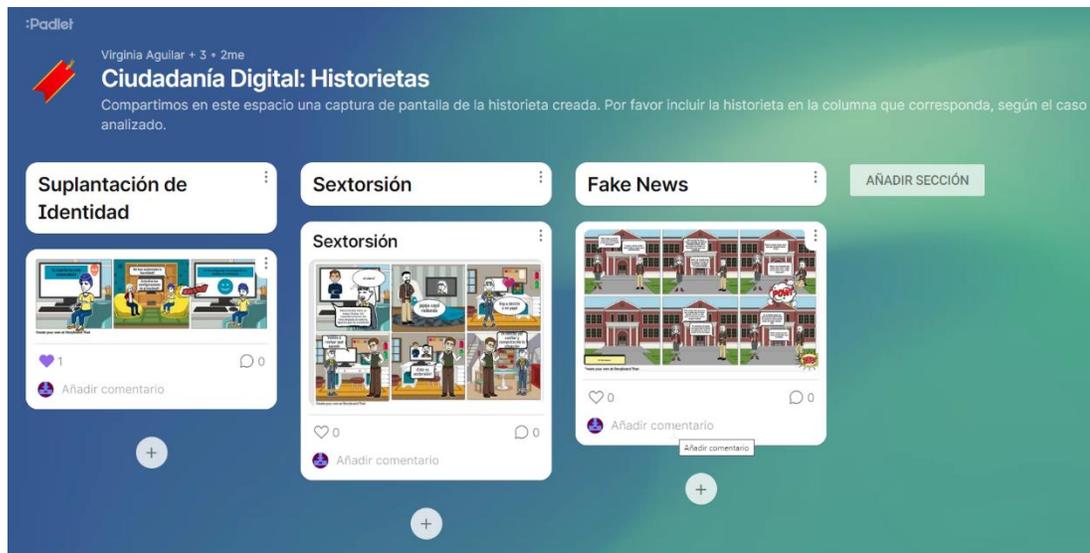


Figura 4

Ejemplo de historieta sobre suplantación de identidad



Create your own at Storyboard That

Se destina un tiempo a cada grupo para que expliquen el caso asignado, la historieta y las soluciones o consejos propuestos. Al estar disponibles en el mural virtual, cada persona puede explorar las historietas a su ritmo, y realizar las observaciones o consultas que requiera a cada grupo. Al final de la presentación de cada grupo, la persona facilitadora recapitula puntos importantes para cada caso analizado. En especial, se ahonda en los consejos que no se abordan en las historietas o en los que se presentan mayores dudas.

2.3 Cierre: Aplicación de lo aprendido

Luego, después de compartir los aportes de las personas participantes, se comparte la pregunta reflexiva: ¿Somos personas ciudadanas en el mundo digital? Con esta pregunta, se espera motivar

un espacio de reflexión e introspección personal que invoque un pensamiento consciente respecto a los derechos y deberes, que como personas ciudadanas todos tenemos en el mundo digital.

En la actividad de cierre, se comparten apoyos digitales dirigidos a diferentes edades, que permiten promover una CD responsable a través de la exploración y espacios lúdicos. Entre los apoyos facilitados se encuentran: Harmony Square, Cyber Scouts, Interland y por último un *escape room* llamado “Hackers y ataques”. Este último recurso, fue creado desde el A:LAB y es dirigido a estudiantes menores de trece años con el propósito de identificar los peligros que se pueden encontrar en la red. Dicho recurso, puede usarse de forma individual o bien, de forma colaborativa.

3. Conclusiones

La sociedad ha ido migrando al contexto digital y conforme avanza el tiempo, sus integrantes aumentan. Esto hace necesario repensar constantemente el rol de las personas ciudadanas en la era digital, era en la que abundan no solo personas consumidoras de contenido, si no personas creadoras de contenido que se encuentra al alcance de todas las personas usuarias.

Durante el taller, el espacio inicial invita a identificar en cada uno de las personas participantes, su concepto como persona ciudadana, para conectar con la ciudadanía digital. Ese momento es necesario para repensar el rol de las personas como ciudadanas considerando el contexto en el que se encuentren, especialmente en su rol como facilitadores del aprendizaje. Es vital reconocer que se puede aspirar no solo a usar herramientas digitales como apoyo didáctico, sino también se puede y debe brindar un acompañamiento informado y responsable a los aprendientes.

Es por ello, que el taller responde en primer lugar, a la necesidad de promover a la persona docente un espacio de reflexión que le ayude a reconocer la importancia del abordaje en sus clases, de las posibles situaciones amenazantes en el mundo digital y el impacto de las acciones y reacciones como usuarios digitales.

Como complemento, además de reflexionar acerca de las diversas situaciones que amenazan la sana convivencia en el mundo digital, se comparten buenas prácticas que fortalecen el rol docente y a la persona usuaria de forma paralela, con la expectativa que estas buenas prácticas, tales como análisis de casos o simulaciones, se proyecten dentro de las sesiones de clases.

La persona docente, continúa desviándose del camino tradicional y esperado, ahora busca atajos que le ayuden a adaptarse a un contexto cambiante y desafiante y para ello es necesario asumir los retos que esos caminos desconocidos conllevan. La meta es acompañar a los aprendientes para disfrutar de las bondades de la era digital con seguridad, confianza y responsabilidad.

Referencias bibliográficas

Al-Zahrani, A. (2015). Toward Digital Citizenship: Examining Factors Affecting Participation and Involvement in the Internet Society among Higher Education Students. *International Education Studies*, 8(203). 10.5539/ies.v8n12p203.

- DW Español. (1 Septiembre 2022). *El negocio de las noticias falsas* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=b78JI7-pEVY>
- DW Español. (1 Septiembre 2022). *Perfiles de Facebook falsos/ Enlaces* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Ja5m5rbkcrM>
- Ocampo, S., Arrieta, L.A. y Aguilar, V. (2020). Impacto de la implementación de un modelo ecoformativo a través de proyectos estratégicos: el caso de la Universidad Castro Carazo. *Research in Education and Learning Innovation Archives*, 24, 56-71. <https://doi.org/10.7203/realia.24.15898>
- Pantallas Amigas. (1 septiembre 2022). *Sextorsión, una forma de violencia sexual digital* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=H_v0v70WFaA
- Pérez Ruiz, D. D. y Serrano Guzmán, M. F. (septiembre 2017). *Efectos de la conducta de entrada en la interacción de sistemas complejos en el aula de clase*. Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería ACOFI. <https://doi.org/10.26507/ponencia.460>
- Ribble, M., Bailey, G. y Ross, T. (2004). Digital Citizenship: Addressing Appropriate Technology Behavior. *Learning & Leading with Technology*, 32(1), 6-9. <https://eric.ed.gov/?id=EJ695788>

Cuadriláteros y GeoGebra: un espacio para la experimentación, la conjetura y la fundamentación

Estíbaliz Odilie Rojas Quesada

Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica

erojasq@uned.ac.cr

Eric Ricardo Padilla Mora

Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica

epadilla@uned.ac.cr

Resumen: El presente taller tiene el propósito de fortalecer el conocimiento disciplinar y didáctico que poseen las personas docentes de primaria, respecto al tema de cuadriláteros. Se realizará una serie de actividades que pretenden llevar al participante a experimentar, conjeturar y fundamentar las características y propiedades de dichos polígonos, utilizando como herramienta de apoyo el software GeoGebra. Adicionalmente, se repasará la definición y su construcción geométrica. De esta forma, al finalizar el taller, quienes participen contarán con herramientas de geometría dinámica que le permitirá ampliar sus explicaciones, las cuales también puede emplear para el abordaje de otros temas de la geometría propuestos en los programas de estudio de Matemática.

Palabras clave: didáctica, geometría, enseñanza, formación continua, cuadriláteros.

1. Introducción

La persona docente, sin duda, es un agente crucial en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. 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 conocer a profundidad el contenido disciplinar.

Dentro de los investigadores que destacan respecto a esta temática se encuentra Shulman (1986,1987) quien en sus trabajos ha precisado las diferencias entre el conocimiento del contenido y el conocimiento del contenido para la enseñanza.

En cuanto al primero, señala que corresponde a la cantidad y a la organización del contenido en la mente de la persona docente quien debe ser capaz de comprender las definiciones y poder justificar proposiciones en particular, así como conocer las relaciones del conocimiento con otras disciplinas.

Por otra parte, el conocimiento del contenido para la enseñanza se refiere a la combinación del contenido y la pedagogía. Por lo que el profesorado debe analizar la forma de presentar la materia en el proceso de enseñanza, tomando en cuenta las habilidades y dificultades que puedan presentarse, además de adaptarla a la diversidad de intereses de las personas estudiantes al cual va dirigido.

En cuanto a Matemática según Ball et al. (2008, como se citó en Torres, E., 2015) lo que no se puede cuestionar es que:

Para poder enseñar Matemáticas atendiendo a su propia dualidad y ofrecer a los alumnos oportunidades para comprender aspectos internos de las Matemáticas y relacionarlos de forma significativa con aspectos externos, el profesor debe tener unos conocimientos matemáticos sólidos del tema que está enseñando, que le permita ayudar a los estudiantes a comprender el tema más allá del soporte didáctico de que disponga. Profesores que no dispongan de un conocimiento de la materia que enseñan tendrán menos posibilidades de poder ayudar a los estudiantes a aprender un determinado concepto. (pp. 15-16)

Con base en esta posición, el enfoque de este taller estará en el conocimiento del contenido, así como en la implementación de la tecnología como recurso de apoyo al trabajo de aula, la cual se ha convertido en una aliada en los procesos enseñanza y de aprendizaje. No solo porque favorece establecer múltiples representaciones, sino también son recursos que promueven la interacción estudiante-conocimiento, permitiendo un involucramiento activo de la persona con su aprendizaje, por lo cual se potencia el pensamiento, en este caso particular el matemático.

Además, considerando que generalmente se desarrollan los contenidos matemáticos con el estudiantado sin especificar el por qué es de esa forma y no de otra manera, es aquí en donde la experimentación, la conjetura y la fundamentación tienen sentido. En el primer caso, la experimentación permitirá a la persona desarrollar procedimientos (Houdement, 2008) con el objetivo de conjeturar una serie de afirmaciones, que pueden ser válidos o no, pero que contribuyen a que se destaque los contenidos que se manejan o aquellos en los que no se tiene claridad y se requiere revisar un poco más en detalle el tema (Morera, 2021).

Con las conjeturas, se puede construir nuevas técnicas que conllevan al desarrollo de nuevos conocimientos. Para finalizar este proceso, la fundamentación permite validar a través de hechos, teoría, datos o textos los procesos realizados, es decir, analizarlo en un continuo que lleve el conocimiento de lo concreto a lo abstracto (MEP, 2012.a). De esta manera, se estaría cumpliendo el ciclo para comprender los conocimientos matemáticos que se desarrollen en las aulas, de una forma que permite la edificación, y no la imposición del conocimiento.

Asimismo, en los Programas de Estudio de Matemáticas se señala “con tecnología es posible simular situaciones reales y reorganizar las demandas cognitivas que plantea un problema; redefinir las estrategias que se pueden diseñar.” (MEP, 2012.b, p. 32). Por tanto, en el taller se aprovechará las potencialidades del software GeoGebra y su dinamismo con el fin de generar actividades que conlleven la experimentación, el proponer conjeturas y la fundamentación.

2. Actividades del taller

Se inicia con dos actividades que tienen por objetivo realizar un diagnóstico a las personas participantes, respecto a conceptos básicos de los cuadriláteros, así como concientizar respecto a la necesidad de fortalecer la comprensión de las definiciones y los teoremas el área de la Matemática.

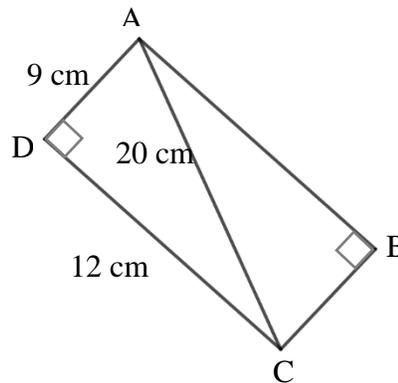
Tiempo aproximado: 5 minutos.

Proceso 1. Diagnóstico

1. Considere las siguientes figuras. Determine el nombre que recibe cada una de ellas.



2. Considere la siguiente región delimitada por el cuadrilátero ABCD y los datos que se brindan ella¹.



Con base en dicha información determine:

$m \overline{AB} =$ _____

$m \overline{BC} =$ _____

$m \overline{DB} =$ _____

$m \angle ABC =$ _____

$m \angle BCD =$ _____

El área de la región delimitada por el cuadrilátero: _____

Proceso 2. GeoGebra: su ambiente de trabajo

Se realiza la descarga e instalación de software GeoGebra. Además, se abre el programa y comentan algunas de las herramientas que se tienen a disposición. Dicho programa puede ser descargado de <https://www.geogebra.org/download>

¹ Nota: los datos dados en la figura no satisfacen el teorema de Pitágoras, esto se hace con la intencionalidad de motivar en las personas participantes a tener el cuidado y siempre revisar que si se dan medidas estas deben cumplir con las definiciones, teoremas, lemas propios de la disciplina.

Tiempo estimado: 5 minutos.

Actividad 1

Ingreso al ambiente de trabajo de GeoGebra.

De acuerdo con la página oficial de GeoGebra se indica que:

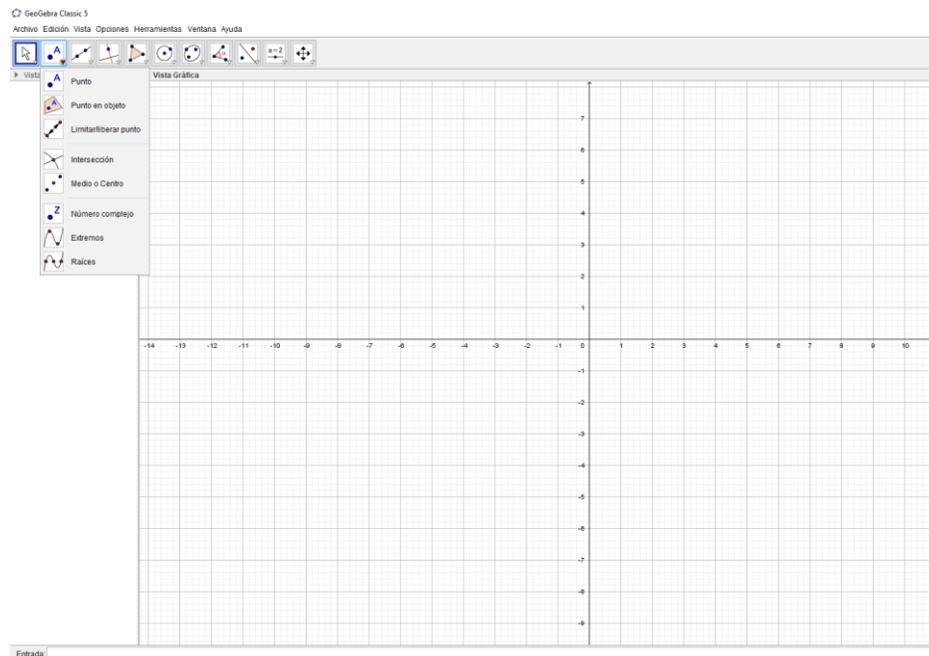
GeoGebra es un software de matemáticas para todo nivel educativo. Reúne dinámicamente geometría, álgebra, estadística y cálculo en registros gráficos, de análisis y de organización en hojas de cálculo. GeoGebra, con su libre agilidad de uso, congrega a una comunidad vital y en crecimiento. En todo el mundo, millones de entusiastas lo adoptan y comparten diseños y aplicaciones de GeoGebra. Dinamiza el estudio. Armonizando lo experimental y lo conceptual para experimentar una organización didáctica y disciplinar que cruza matemática, ciencias, ingeniería y tecnología (STEM: Science Technol og y Engineering & Mathematics). La comunidad que congrega lo extiende como recurso mundial, ¡potente e innovador para la cuestión clave y clásica de la enseñanza y el aprendizaje! (p. 1).

Un vistazo a GeoGebra

Conocer la interfaz de la página principal de GeoGebra. Sus diversas vistas de trabajo, menú principal, menú de creación y manipulación de objetos.

Figura 1

Menú principal y menú de creación



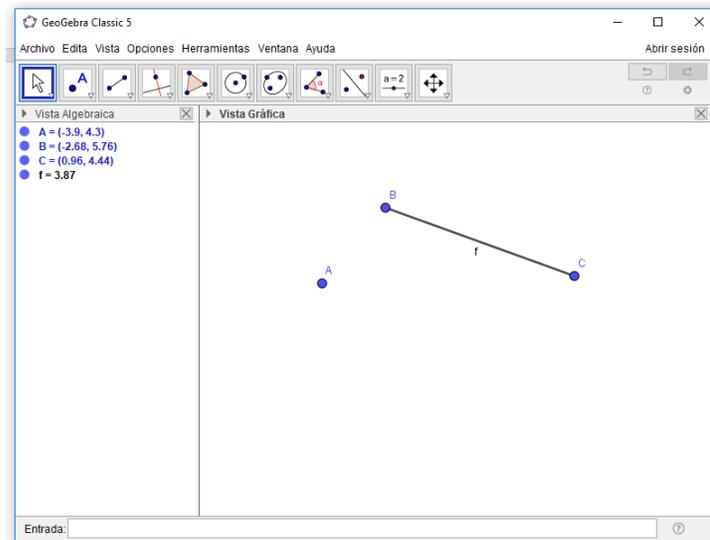
Tiempo estimado: 5 minutos.

Actividad 2

Conocer las propiedades de algunos de los objetos que se pueden crear en GeoGebra.

Figura 2

Punto y segmento en ambiente de trabajo de GeoGebra



Además, representar un punto. Cambiarle el tamaño, el color, el nombre y determinar las coordenadas.

Trazar un segmento. Cambiarle el tamaño, el color, el nombre y determinar su longitud.

Tiempo estimado: 5 minutos.

Proceso 3. Actividades de ejecución

En este proceso se realizarán diversas actividades que se espera contribuyan con la formación continua en Matemática de las personas participantes, así como fortalecer su formación en Matemática, además se pretende que la forma de trabajo constituya en una guía para que puedan implementarla en las aulas con las personas estudiante.

Actividad 3. Ángulos entre rectas paralelas cortadas por una secante.

Acciones: experimentación y conjetura.

1. Trazar dos rectas paralelas y una recta secante a ellas.
2. Verificar la relación entre la medida de los ángulos que se generan entre dichas rectas paralelas y la secante. (Para ello se empleará la herramienta: ángulo)

- a) Correspondientes
- b) Alternos internos
- c) Alternos externos
- d) Conjugados internos
- e) Conjugados externos

Tiempo estimado: 10 minutos.

Actividad 4. Cuadriláteros y suma de la medida de los ángulos internos.

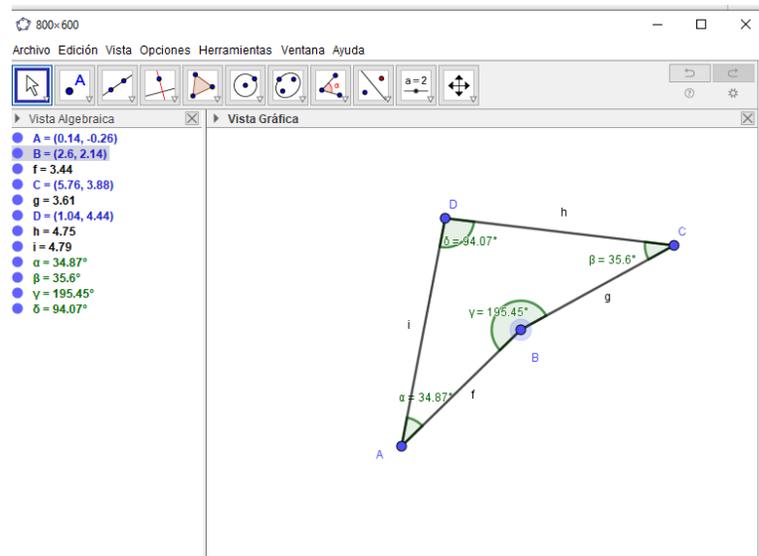
Acciones: experimentación, conjetura y fundamentación.

Usando la herramienta segmento construya un cuadrilátero y a partir de la herramienta ángulo determine la medida de cada uno de los ángulos internos de dicho cuadrilátero.

Lo generado puede verse similar a lo mostrado en la siguiente figura 3.

Figura 3

Medida de los ángulos internos de un cuadrilátero



1. Manipule libremente cada uno de los vértices de dicho cuadrilátero de manera que sea cóncavo o convexo y observe lo que sucede con la medida de cada uno de los ángulos internos. Anote lo sucedido.
2. Haciendo uso del software determine la suma de la medida de todos los ángulos internos de dicho cuadrilátero ¿Cuánto da el resultado?
3. Manipule libremente cada uno de los vértices del cuadrilátero y observe detenidamente lo ocurrido en la suma de la medida de los ángulos internos. Anote lo observado.

Tiempo estimado: 15 minutos.

Proceso 4. Actividades de ejecución y construcciones geométricas

En este proceso se realizarán diversas construcciones de cuadriláteros.

Actividad 5. Construcción de un cuadrado.

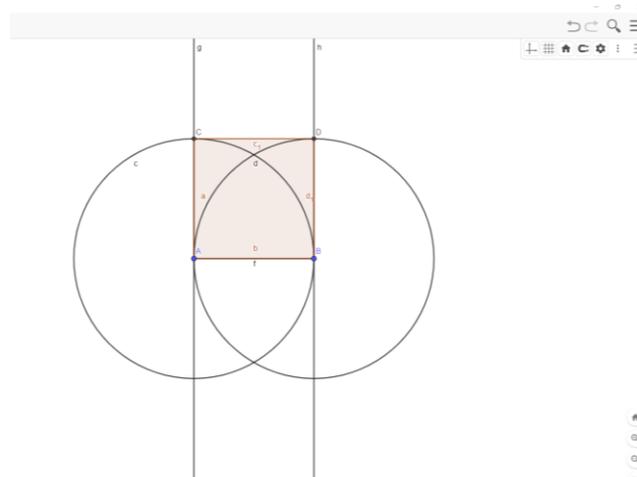
Acciones: fundamentación y experimentación.

1. Trazar un segmento de recta. Marque los extremos y denótelos con las letras A y B.
2. Trazar una circunferencia con centro en el punto A y radio \overline{AB} . Utilice el botón 
3. De manera similar al punto anterior, trazar una circunferencia con centro en el punto B y radio \overline{AB} . Para ello utilice el botón 
4. Trazar una línea perpendicular al \overline{AB} en el punto A. Utilice el botón 
5. De igual forma, trazar otra línea perpendicular al \overline{AB} , pero ahora en el punto B utilizando el botón 
6. Utilizando el botón  marcar los dos puntos donde se intersecan las líneas perpendiculares y las circunferencias.
7. Utilice los cuatro puntos para trazar el cuadrado.

Lo generado debe ser similar a lo mostrado en la figura 4.

Figura 4

Construcción de cuadrado



1. Con la herramienta ángulo determinar la medida de los cuatro ángulos internos de dicho cuadrado. Ajustar los decimales con los cuales se desea brindar la medida de dichos ángulos internos.
2. Con la herramienta Distancia o longitud determinar la medida de los lados de dicho cuadrado.

3. Manipule libremente el punto denotado con A. Justifique por qué dicho procedimiento permite construir un cuadrado. *Tiempo estimado: 15 minutos.*

Actividad 6

Acciones: experimentación, conjetura y fundamentación.

Trazar las diagonales en dicho cuadrado

1. ¿Serán congruentes? ¿Cómo lo verificaría? Justifique su respuesta.
2. ¿Se bisecan? ¿Cómo lo verificaría? Justifique su respuesta.
3. ¿Serán bisectrices de los ángulos internos? ¿Cómo lo verificaría?
4. ¿Se intersecarán perpendicularmente? ¿Cómo lo verificaría? Justifique su respuesta.

Tiempo estimado: 8 minutos.

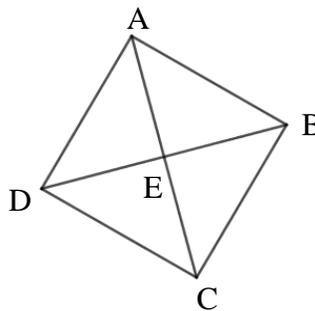
Actividad 7

Acciones: experimentación y fundamentación.

- Verificar que el área de la región cuadrada está dada por $A = \frac{d^2}{2}$, siendo “d” la medida de una de las diagonales. Se realizará una justificación del porqué, se profundizará respecto al teorema de Pitágoras y triángulo rectángulo isósceles.

Tiempo estimado: 5 minutos.

Comprobación de avance. La siguiente figura es un cuadrado cuyo lado mide 10 cm.



Con base en dicha información determine:

$$m \overline{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$m \angle ABC = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$m \overline{AC} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$m \overline{DB} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$m \overline{DE} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Actividad 8. Construcción de un rectángulo

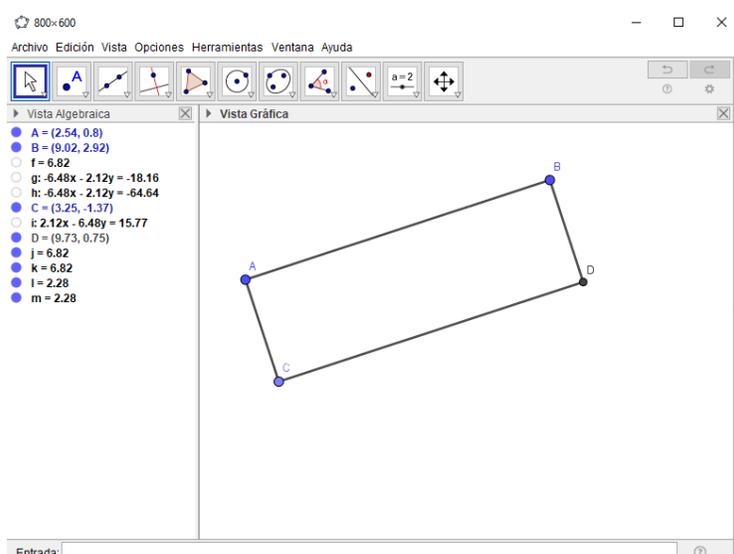
Acciones: fundamentación y experimentación.

1. Trazar un segmento AB.
2. Sobre cada uno de los extremos trazar rectas perpendiculares a dicho segmento.
3. Marcar un punto cualquiera sobre alguna de las rectas perpendiculares construidas en el paso 2.
4. Trazar una recta perpendicular a una de las rectas trazadas en el paso 2 y que pase por el punto destacado en el paso 3.
5. Luego trazar el cuadrilátero que se genera. Este corresponde a un rectángulo.

Lo generado puede ser similar a lo mostrado en la figura 5

Figura 5

Construcción de un rectángulo



Tiempo aproximado: 5 minutos.

Actividad 9

Acciones: experimentación y fundamentación.

Con la herramienta distancia o longitud determinar la medida de cada uno de los lados y con la herramienta ángulos determine la medida de cada uno de los ángulos internos. Justificar el por qué dicho procedimiento permite construir un rectángulo.

Tiempo aproximado: 2 minutos.

Actividad 10

Acciones: experimentación, conjetura y fundamentación.

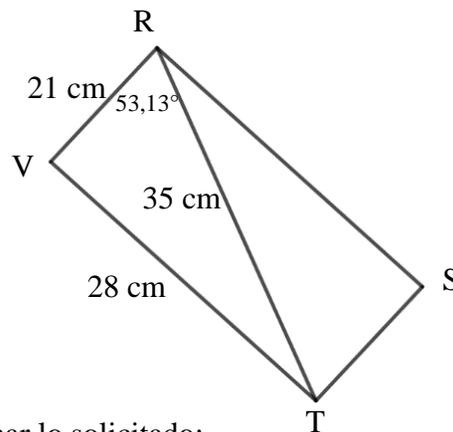
Trazar cada una de las diagonales del rectángulo.

1. ¿Serán congruentes? ¿Cómo lo verificaría? Justifique su respuesta.
2. ¿Se bisecan? ¿Cómo lo verificaría? Justifique su respuesta.
3. ¿Serán bisectrices de los ángulos internos? ¿Cómo lo verificaría? Justifique su respuesta.
4. ¿Se intersectarán perpendicularmente? ¿Cómo lo verificaría? Justifique su respuesta.
5. Verificar que los ángulos alternos internos entre las paralelas son congruentes.

Tiempo aproximado: 10 minutos.

Comprobación de avance

Considere el siguiente rectángulo y los datos brindados.



Con base en dicha información determinar lo solicitado:

$$m \overline{RS} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$m \overline{TS} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$m \overline{VS} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$m \angle RTS = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$m \angle RTV = \underline{\hspace{2cm}}$$

El área de la región rectangular $\underline{\hspace{2cm}}$

Tiempo aproximado: 5 minutos.

Proceso 5. Actividades complementarias

Se insta a la persona participante a realizar la construcción de otros cuadriláteros y a plantear estrategias similares para propiciar la experimentación, el conjeturar, el verificar y la justificación o validación. Podrían ser con: el rombo, el trapecio, el paralelogramo (romboide) y el trapecioide.

Referencias bibliográficas

- GeoGebra. (2022). *GeoGebra- Aplicaciones matemáticas* [Sitio Web]. <https://www.geogebra.org/>
- Houdement, C. (2008). Experimentación y prueba: Dos Dimensiones de las Matemáticas desde la Escuela Primaria. *Paradigma*, 29(2), 173-185. <https://bit.ly/3PmnMTw>
- Ministerio de Educación e Innovación, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. (2018). *Matemática: construcción de cuadriláteros con GeoGebra. - 1a edición para el profesor*. ISBN 978-987-673-351-9. <https://bit.ly/3bLYvEF>
- Ministerio de Educación Pública [MEP]. (2012.a). *Curso bimodal para el Segundo Ciclo: Enfoque de Resolución de problemas*. Fundamentos. <https://bit.ly/3diozYh>
- Ministerio de Educación Pública [MEP]. (2012.b). *Programas de Estudio de Matemáticas. I, II y III Ciclos de la Educación General Básica y Ciclo Diversificado*. <https://bit.ly/3vWMYD4>
- Morera, L. (2021). *El aula de matemáticas: un lugar donde conjeturar e indagar*. La Vanguardia. <https://bit.ly/3Qypym9>
- Padilla, E. y Rojas, E. (2017). *Geometría Euclídea y su didáctica en educación primaria*. EUNED.
- Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://bit.ly/3vXGYQI>
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22. <https://bit.ly/3SHAoYg>
- Torres, E. (2015). *El conocimiento del profesor de Matemáticas en la práctica: enseñanza de la proporcionalidad* [Tesis de doctorado]. Universitat Autònoma de Barcelona. <https://bit.ly/3SFL5uq>

El mágico mundo de las abejas meliponini:

Mediación pedagógica a través de un enfoque natural y ecopedagógico

Resumen: La educación al aire libre posee grandes beneficios para el desarrollo cognitivo, personal, emocional

Keren Orozco Chacón	Lilliana Morera Quesada	Laura Ordoñez Quesada
Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica	Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica	Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica

y social en los discentes, lo cual facilita la integración de los aprendizajes motores e intelectuales de forma coherente en su manera de actuar, y el cual, ayuda a tener un mayor desarrollo de estímulos como la sensación de libertad y de exploración.

Tomando esto en cuenta, las estudiantes suscritas de la Carrera de Pedagogía de la Universidad Nacional de Costa Rica, SRCH, Campus Liberia, mostraron un interés por la promoción de un aula abierta en la institución, en la cual se tomen en consideración el aprendizaje integral, exploratorio y constructivo en la institución y fuera de esta. Por lo tanto, se busca así, desarrollar un espacio de aprendizaje con una visión del mundo más integradora, desde el punto de vista en que las relaciones y vínculos sean equilibrados, desde el uso de la razón con el estímulo y desarrollo de otras facultades tan importantes como son las emociones, creatividad y la imaginación. De esta manera la importancia de este proyecto radica en tener un aula abierta donde el aprendizaje se pueda disfrutar e interactuar desde el ambiente natural que los rodea, y así adquirir conocimientos del mismo desde un sentimiento de pertenencia hacia la naturaleza y de todo lo que habita en ella, a través del aprendizaje interactivo para generar una conciencia de preservación del medio ambiente y justicia social.

Palabras clave. Abejas, ecopedagogía, sostenibilidad, naturaleza, indagación.

1. La importancia de la ecopedagogía

El mundo está en constante desarrollo y con ello las problemáticas sociales y ambientales han ido en crecimiento con el tiempo, por lo que se requiere de sensibilización y entendimiento a los problemas actuales ya que una educación basada en la sostenibilidad requiere de un aprendizaje y participación de los ciudadanos, principalmente comenzando este tipo temas de la mano con la ecopedagogía en niños y niñas.

La ecopedagogía aparece en la década de los setenta del siglo XX cuando Pablo Freire comienza sus estudios hacia una pedagogía orientada al respeto del medio ambiente, convirtiéndose en el padre de la ecopedagogía crítica.

Además de las aportaciones de Freire, la ecopedagogía o pedagogía de la Tierra se dio a conocer globalmente, en el Foro Global Mundial de 1992, presentándose como un movimiento social y político (Fernández y Conde, 2010; Ruiz et al. , 2021).

Según los autores Ana Ruiz, Soraya Ruiz & Porcel (2021):

Dicho movimiento surgió a raíz de la demanda social, organizaciones, ecologistas, educadores y trabajadores preocupados por cuestiones sociales, económicas, políticas, medioambientales, entre otros por lo que la firma de la Carta de la Tierra de 1997 fue importante para su desarrollo. La ecopedagogía ha sido respaldada por autores como Gadotti (2000), Gutiérrez y Prado (2004) y Antunes y Gadotti (2006), aunque también hay que destacar los trabajos de Leonardo Boff, Fritjof Capra, Sebastiao Salgado, Boaventura de Sousa Santos y Milton Santos, que respaldaron los trabajos de Freire, apoyándose no sólo en la educación, sino en cómo la ecopedagogía ofrece un conjunto de conocimientos y valores más allá de la propia educación. (p.186)

Por lo que varios autores plantean la ecopedagogía como una propuesta muy adecuada para llevar a cabo la transformación educativa a nivel global ya que es una manera de poder llegar crear conciencia social, conocimientos y responsabilidad colectiva antes las problemáticas actuales que aquejan al mundo porque es una pedagogía que se orienta hacia la acción.

2. El mágico mundo de las abejas Meliponini

La idea principal por la cual se ha desarrollado este proyecto con el tema de las abejas se debe a la importancia de ellas en el mundo, debido a que gracias a ellas adquirimos una gran parte de nuestros alimentos, se obtiene medicina natural y son insectos que ayudan en gran parte con la reproducción de plantas, por lo que invita a la población a la observación de estas mismas.

En sí, el mundo de las abejas es mágico debido a que sus organizaciones son jerárquicas, cada casta de abejas dentro de su casa tiene una función especial, lo cual las hace muy importantes por su labor, tanto para su misma organización como para la humanidad.

Aunque son tribu, estas abejas comúnmente conocidas como abejas sociales tienen diferentes comportamientos en su piquera, unas tienen a su guarda protegiendo la entrada el cual solo dan espacio aquellas abejas que son de su misma casa, otras por una parte no tienen guardianas o ya sea tienden a estar alrededor de su piquera. Sus grandiosas arquitecturas varían mucho entre ellas; la forma en como la fecundación de la abeja reina se produce tras un vuelo nupcial donde copula con varios zánganos por lo que observar estos comportamientos y formas de organización complejas las hacen ser uno de los insectos más especiales debido a que tienen un sistema colectivo desarrollado, además de su importancia en la seguridad alimentaria y su característica especial de esta tribu de que son abejas sin aguijón.

La indagación sobre el mágico mundo de esta tribu de abejas para el proyecto se llevó a cabo en el Sendero Los Matapalos el cual se encuentra ubicado en la sede de la Universidad Nacional de Liberia, Guanacaste, ya que cuentan un meliponario que se llama Nahua donde hay varias colmenas de diferentes especies de la misma familia, dentro de estas abejas se pueden encontrar: Jicote de Gato, Chicopipe, Mariola y Alitas Blancas. Por lo que todos los materiales desarrollados para las actividades del taller fueron de manera lúdica y hacía una orientación de un aula sin paredes que abre camino hacia la

exploración e indagación que son dos elementos fundamentales para la investigación y divulgación científica ciudadana.

El inicio de este de proyecto fue gracias a una propuesta desde la mediación pedagógica basada en un pedagogo naturalista de nacionalidad ucraniana llamado “Vasili Sujomlinsky” el cual se encontraba dentro de una gran lista de varios pedagogos que tenían diferentes orientaciones de mediaciones y perspectivas de la educación dentro de un proyecto final de un curso de la carrera de pedagogía.

Entre tantos pedagogos él captó la gran esencia de lo que se iba a desarrollar más adelante, lo cual a través de esto, se añade el teatro ya que es un medio de expresión en el que además de poder llegar a transmitir conocimientos es un canal en el cual se puede llegar a generar conciencia social, puede ser expuesto al aire libre, se pueden utilizar diferentes medios para poder captar cualquier tipo de población y además es una forma divertida y transformadora de poder realizar divulgación científica, ciencia ciudadana y apropiación ciudadana mediante diferentes actividades ecopedagógicas, además del poder aplicar rutinas de pensamiento el cuál es una gran herramienta y estrategia de poder lograr un desarrollo del conocimiento y pensamiento crítico.

La primera experiencia se desarrolló con compañeros del curso, el cual puede decirse que fué el plan piloto para poder expandir y desarrollar el proyecto hacía algo macro ya que además de captar la idea de poder llevarlo a cabo dentro de uno de los proyectos institucionales de la Universidad Nacional Sede Regional Chorotega - Campus Liberia, el cual se llama “Aula sin paredes” sería una oportunidad de poder aplicarse en poblaciones que llegasen de visita guiada en el Sendero Los Matapalos como fue en el caso de la Escuela Laboratorio Jhon.F Kenedy, donde se logró evidenciar el interés y disfrute tanto de de los estudiantes como de los docentes a cargo del grupo, debido a las satisfactorias experiencias vividas se toma la decisión de poder llevar esta idea hasta el Congreso Nacional de Ciencia, Tecnología y Sociedad XIII con ayuda de la docente Darinka Grbic promotora del proyecto” aula sin paredes”.

3. Educación transformadora, saludable y significativa

Es importante que se hable y se dé una educación transformadora y saludable, el cuál muchos aspectos sociales, ambientales y psicológicos dentro de las aulas sean tomados con importancia, desde el enfoque natural, ya que una educación ambiental, en ese sentido busca el equilibrio entre diversas dimensiones, como lo social, ecológico, político y lo económico, dentro de un espacio de ética que promueve una nueva forma de habitar nuestra casa, el planeta tierra, por lo que esto promueve la sostenibilidad ya que implica el desarrollo en varias áreas como: justicia social, conservación, protección de la salud, democracia donde se dé la participación, distribución de riqueza, conservación y preservación.

La educación ambiental es un campo de intervención político-pedagógica emergente e interdisciplinario, inscripto en procesos históricos y sociales más amplios, con rasgos y características específicas, que surge en respuesta a la aceleración y profundización de la crisis ambiental y cobra visibilidad a nivel global a mediados del siglo XX. Hoy vivimos una crisis ambiental y climática sin precedentes en la historia de la humanidad, los conflictos ambientales se profundizan en territorios cada vez más despojados y las jóvenes generaciones vislumbran futuros inciertos, desiguales y poco alentadores, activando su participación en la esfera pública. En este contexto, resulta primordial volver a la pregunta acerca de cómo y para qué educar en este contexto de emergencia ambiental y climática. (Canciani, 2021)

La educación ambiental ecopedagógica apuesta hacia una educación comprometida con la realidad el cual responde a las demandas y situaciones sociales, el cual podría ser desde un aula sin paredes que invita a la población a tener una visión más integradora del mundo, un sentido de conciencia con mayor justicia social y un estilo de vida más saludable. Todo esto se podría añadir diferentes áreas de expresión artística que incentivan la creatividad e imaginación en las escuelas como es en el caso del teatro que se utilizó en varios talleres para este proyecto el cuál ayudó a transmitir estos conocimientos de manera natural, con sensibilidad social y ambiental.

4. La indagación y la ecopedagogía como puente hacia la ciencia ciudadana

La ciencia ciudadana requiere también de espacios abiertos donde se pueda desarrollar indagaciones y difusión de actividades, todo esto de la mano con la ecopedagogía porque es una herramienta esencial en el aprendizaje y divulgación de una manera más pedagógicamente posible, debido a que si hay canales de acceso hacia a esta información científica a la población, no obstante, en la forma y modo en cómo se transmite no siempre se abarca desde una visión más integradora hacia cualquier tipo de población.

Mucha de la ciencia ciudadana que se realiza es a través de la observación, lo cual desde las instituciones se pueden incentivar en las aulas y fuera de estas en los espacios al aire libre que tenga en el mismo centro educativo y así incentivar el sentido de investigación y exploración de los discentes.

Por lo que la ecopedagogía llega a dar otra mirada a la educación y transforma todo aquello que se conoce como escuela tradicional el cuál por mucho tiempo ha llegado a ser un ambiente mecánico entre cuatro paredes.

5. Conclusiones

Con base en lo desarrollado en el proyecto se llegan a las siguientes conclusiones:

- La ecopedagogía permite desarrollar un carácter significativo en la educación ambiental y transformación social desde lo que es la sensibilización y el sentido de empoderamiento, lo que causa un efecto de mayor justicia social y del poder crear actitudes y aptitudes en los discentes del poder adquirir valores sociales, el lograr incluirse a iniciativas y programas con enfoques ambientales con la idea de que se sumen como ciudadanos responsables y puedan ayudar a dar soluciones a los problemas ambientales.
- El haber desarrollado esta propuesta pedagógica con el tema de las abejas representa una gran importancia ya que ellas ejercen un gran porcentaje de polinización plantas, favoreciendo la conservación de especies, también obtenemos la mayor parte de los alimentos, así como la miel de ellas las cuales tienen propiedades curativas. Por otra parte, el poder llevar el conocimiento de complejas organizaciones sociales, además sus grandiosas arquitecturas, mitos, el reconocimiento de diferentes especies de abejas sin aguijón nativas y la importancia en el equilibrio de nuestros ecosistemas.

- El desarrollar un aprendizaje significativo toma un importante papel dentro de la educación, lo cual la propuesta abarca no sólo un enfoque ecopedagógico sino también el sentido de las artes como el teatro, la música como valor tanto estético y sensibilidad de emociones para poder desarrollar esta mediación pedagógica y así el poder transmitir en la educación ambiental un aprendizaje integral.
- La promoción de un aula abierta en cualquier institución de aprendizaje invita a la indagación y desarrollo de la ciencia ciudadana por lo cual en conjunto con la ecopedagogía lo hace desde la visión más integradora, exploratoria y social.

Referencias bibliográficas

- Espinoza, F., Solano, P. y Padilla, S. (2015). *Guía práctica de identificación de abejas nativas sin aguijón (Apidae, Meliponini) por medio de sus entradas*. Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales (CINAT), UNA. Guía práctica de identificación de abejas nativas sin aguijón (Apidae, Meliponini) por medio de sus entradas.
- Gutiérrez, F. y Prado, C. (2015). *Ecopedagogía y ciudadanía planetaria. De la Salle ediciones, primera*, 186. <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2020/04/Ecopedagog%C3%ADa-y-ciudadana-planetaria.pdf>
- Hanson, P., Fernández, M., Lobo, J., Frankie, G., et al. (2021). *Abejas de Costa Rica*. Editorial UCR.
- Ministerio de Educación Pública. (2009). *Educación Científica basada en la Indagación*. Módulo 1. Instituto de Desarrollo Profesional Uladislao Gámez.
- Canciani, M. (2021, 8 septiembre). *Educación ambiental: un abordaje desde la pedagogía del conflicto ambiental*. CLACSO. <https://www.clacso.org/educacion-ambiental-un-abordaje-desde-la-pedagogia-del-conflicto-ambiental/>
- Ruiz-Peñalver, S. M., Porcel-Rodríguez, L. y Ruiz-Peñalver, A. I. (2021). La ecopedagogía en cuestión: una revisión bibliográfica. *Contextos Educativos. Revista de Educación*, 28, 183-201. <https://doi.org/10.18172/con.4489>

Espacios de motivación en la educación geográfica: conociendo el mundo desde la clase de Estudios Sociales

Marisol Gamboa Fallas

Ministerio de Educación Pública, Costa Rica

marisol.gamboafallas@gmail.com

Resumen: Las transformaciones curriculares en el sistema educativo de Costa Rica colocan a la geografía como una disciplina integral, que se vuelve central para la promoción de la sostenibilidad y la conciencia ambiental. Ante la necesidad de responder didácticamente a estos objetivos, las personas docentes deben desarrollar espacios motivacionales que permitan a las personas estudiantes comprender el verdadero valor y funcionalidad de la geografía como disciplina, aun en contextos que consideren lejanos a su realidad. Esta estrategia pretende visualizar la relevancia de los procesos motivacionales para promover el involucramiento estudiantil y el desarrollo óptimo de la educación geográfica para la sostenibilidad.

Palabras clave: geografía, motivación, Costa Rica, sostenibilidad.

1. Introducción

En el presente documento se hace una descripción de secuencias didácticas como espacios de motivación en la aplicación del currículo educativo diseñado por el Ministerio de Educación alrededor de la educación geográfica y la educación para la sostenibilidad (MEP, 2016).

Estos espacios didácticos de motivación se realizan en el contexto de la educación pública costarricense en el octavo nivel de la Educación General Básica. Las lecciones se desarrollan en espacios con conectividad limitada, incluso parte del estudiantado no posee dispositivos móviles con acceso a internet. Además, el estudiantado involucrado procede de diversas áreas geográficas y contextos sociales.

Los espacios de motivación en la educación geográfica se consideran esenciales para el desarrollo óptimo de las secuencias didácticas planeadas. En el caso de la educación geográfica, es usual que se trabaje con temáticas lejanas al contexto inmediato del estudiantado, por lo que la motivación es el mecanismo que permite generar un enlace entre la vida cotidiana y el contenido de las lecciones. Por ello, se priorizan las estrategias didácticas que propicien el *engaging* o captura de la atención del estudiantado para promover su involucramiento.

Esta propuesta educativa busca mediante la motivación realzar un nuevo enfoque educativo con el que el estudiantado visualice la geografía como una disciplina que le faculte para comprender su entorno y formular habilidades que le permitan relacionarse de mejor manera con su contexto geográfico. La intención es superar la idea enciclopédica y cartográfica de la geografía y que el estudiantado comprenda que la idea popular de la geografía es solo un conjunto de herramientas que en realidad permiten conocer

el entorno. El objetivo es promover la reflexión desde el pensamiento geográfico alrededor de las implicaciones sociales y ambientales que se presentan en su entorno.

2. Marco Conceptual

En el sistema educativo actual, la geografía ha atravesado un proceso de transformación en su función didáctica. Aunque la geografía posee un carácter práctico, tradicionalmente se abordó el saber geográfico de manera general y memorística. En realidad, la geografía, conceptualmente, es una disciplina científica que permite comprender el entorno geográfico mediante su relación con experiencias previas y que, de forma gradual, introduce conceptos con mayor abstracción (Vargas, 2011).

La geografía, igualmente, requiere el ejercicio del pensamiento geográfico que se constituye como el conjunto de habilidades que les permiten establecer relaciones y analizar el medio a partir de una visión multiescalar. La principal intención de esta visión es fortalecer la vinculación del estudiantado con su contexto inmediato para asentar las bases que le permiten comprender las relaciones establecidas en otras escalas. Estos espacios pueden propiciarse desde las reflexiones pedagógicas y las prácticas experienciales (Arévalo, Sánchez y Rodríguez, 2020).

Sin embargo, la realidad de la educación geográfica es que las personas estudiantes, usualmente, permanecen en un concepto de geografía asociado únicamente a elementos tangibles y con los que se familiarizan mediante la observación. Son escasos los espacios en los que se traspasa esa barrera con conceptos geográficos que superen su dimensión inmediata y que requieran del manejo de conceptos previos para su comprensión (Vargas, 2011).

El currículo educativo costarricense se ha modificado igualmente en búsqueda de orientar la educación geográfica a la sostenibilidad. La geografía se ha vuelto un componente central en el estudio de la cuestión ambiental para comprender la relación entre sociedad y naturaleza, así como las repercusiones que esa cuestión genera en el medio ambiente (MEP, 2016). Precisamente, el estudio de la geografía permite analizar de manera sistemática la forma en que los fenómenos se distribuyen a nivel geográfico y la influencia que generan. De esta manera, también cobran relevancia las temáticas como el comportamiento climático, la biodiversidad, la contaminación y la dinámica geoterrestre (Araya, 2009).

Precisamente, para responder a estas nuevas necesidades que se formulan a nivel curricular con respecto a la geografía surge el interés en valorar el nivel de compromiso y vinculación que tiene el estudiantado alrededor del contenido geográfico que se enseña en las lecciones. La motivación es un factor central en el desarrollo de los espacios pedagógicos y requiere de constancia para su éxito. Los procesos motivacionales incorporan elementos de la vida cotidiana del estudiantado como su entorno, intereses y necesidades para incluirlos en el proceso educativo (Alfaro y Chavarría, 2003).

El principal interés en este concepto es comprender que la motivación busca un equilibrio entre los insumos externos que recibe el estudiantado en su proceso de aprendizaje y la motivación intrínseca que reúne los esfuerzos individuales del estudiantado en su propio desarrollo (Soriano, 2001). Por ello, para la presente investigación cobra especial importancia el concepto de *engaging*, un proceso gradual y continuo que debe responder directamente al contexto del estudiantado. Una persona estudiante que alcanza el *engagement* o involucramiento es una persona que muestra compromiso e interés elevado por la temática que está aprendiendo. Las estrategias destinadas al *engagement* involucran diversas formas

de interacción como estudiante-estudiante, estudiante-docente y estudiante-contenido (Abou-Khalil, Helou, Khalifé, Chen, Majumdar y Ogata, 2021).

3. Desarrollo de la estrategia

Los espacios motivacionales desarrollados se insertan en el planeamiento didáctico regular y se mantienen constantes conforme avanza el proceso educativo. El principal interés en la difusión de esta estrategia es comprender que las actividades motivacionales no son una recarga o un elemento adicional que impedirá el avance académico y la cobertura de contenidos. Al contrario, son un espacio que se entrelaza con los contenidos y cuyo desarrollo es una decisión de la persona docente de acuerdo con los diagnósticos realizados al estudiantado y la disponibilidad de recursos en el entorno educativo.

En el diseño de estos espacios se encuentra el interés docente en promover la participación activa del estudiantado mediante la creación de elementos tangibles. La ejecución de proyectos y el trabajo manual son herramientas para involucrar al estudiantado en búsqueda de elevar la motivación y el *engagement*. Aunque tradicionalmente las manualidades se asocian con la niñez en etapa primaria, en este caso se practica el desarrollo de manualidades como estrategia didáctica por el compromiso que promueve en el estudiantado.

De acuerdo con Ordoñez (2018), las manualidades son prácticas que permiten desarrollar la sensibilidad, el pensamiento creativo y la expresión simbólica mediante la construcción de manifestaciones materiales, pues involucran el uso de los sentidos corporales y el desarrollo integral de diferentes habilidades. Asimismo, al trabajar con estos materiales se expone al estudiantado a diferentes formas de expresión como el dibujo, la pintura, la redacción, la selección y organización de diferentes fuentes de información.

Se considera que esta es una forma de romper con la normatividad que, sistemáticamente, aísla a la población adolescente de estas oportunidades, y promueve la expresión, la práctica de valores e incluso la socialización. Por tanto, en la presente estrategia es primordial que los procesos motivacionales involucren el compromiso del estudiantado mediante la vivencia real del aprendizaje y el uso de los sentidos corporales para aumentar el *engagement*.

En este caso, inicialmente, se realiza un taller introductorio donde se acerca al estudiantado al concepto real de la geografía y su funcionalidad en la vida cotidiana. Se considera que este espacio es clave para sentar bases comunes con respecto a la línea de discusión que interesa desarrollar a lo largo de la construcción de aprendizajes. Así, se emplean plantillas de arte-terapia para precisar algunos objetos de estudio de la geografía como se evidencia en la figura 1.

Figura 1

Actividad de arte-terapia para decoración de clas.



Fuente: Fotografía de la profesora Marisol Gamboa Fallas

Con respecto a la temática de actividad sísmica y volcánica, se realizan diferentes actividades motivacionales que unan la oportunidad de retomar la cotidianidad de los sismos y las erupciones volcánicas, y el carácter científico que estudia estos fenómenos de manera sistemática. Tal como se evidencia en la tabla 1 de planeamiento didáctico, se articulan actividades con las que el estudiantado puede relacionarse, tal como la creación de memes en redes sociales, pero también se realizan ejercicios que penetren la dimensión inmediata del estudiantado y le permitan visualizar conceptos técnicos de estos fenómenos.

Tabla 1*Planeamiento didáctico sobre la dinámica terrestre y la actividad volcánica*

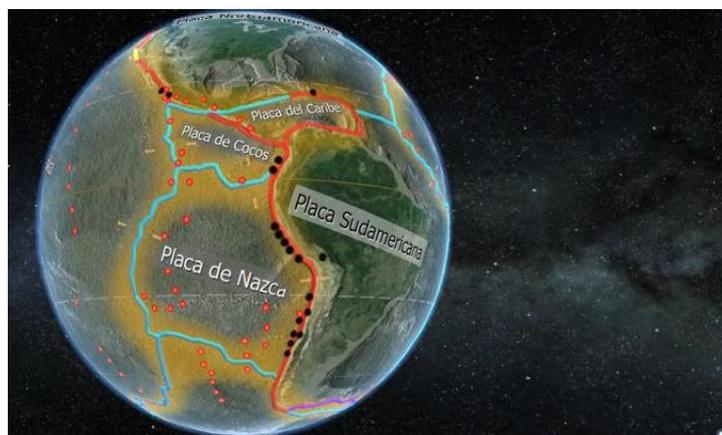
Aprendizaje esperado	Criterios de evaluación	Indicadores del aprendizaje esperado	Actividades de mediación	Niveles de desempeño
Reflexione sobre las posibles acciones que la sociedad civil pueda desarrollar para adaptarse y reducir la vulnerabilidad ante eventos de naturaleza sísmica y volcánica en el mundo.	<p>Dinámica terrestre y la actividad volcánica</p> <p>-Establecer la relación espacial entre las placas tectónicas y el desencadenamiento de actividad volcánica sobre la superficie terrestre.</p> <p>-Utilizar mapas o tecnologías geoespaciales para reconocer la distribución espacial de los volcanes en el mundo en relación con las placas tectónicas (con énfasis en América Central).</p> <p>-Describir los posibles tipos de actividad volcánica y potenciales impactos que pueden presentar en la población.</p>	Establece la relación espacial entre las placas tectónicas y el desencadenamiento de actividad volcánica sobre la superficie terrestre, para reconocer la distribución espacial de los volcanes y su relación con las placas tectónicas.	<p>Conexión: Las personas estudiantes visualizan azufre en polvo y el tipo de gas que desprende en combustión. Se les cuestiona sobre su procedencia.</p> <p>Clarificación: Mediante un programa de simulación se aprecian las partes de los volcanes y los tipos de actividad volcánica.</p> <p>Colaboración: Mediante la exploración en el programa de simulación, el estudiantado señala la relación notoria entre las placas tectónicas y la distribución de volcanes.</p> <p>Construcción: Se completa un esquema donde el estudiantado colorea y señala las partes de un volcán con base en una ilustración.</p>	<p>Inicial: Selecciona datos acerca de la relación espacial entre las placas tectónicas y el desencadenamiento de actividad volcánica sobre la superficie terrestre.</p> <p>Intermedio: Identifica aspectos acerca de la distribución espacial de los volcanes en el mundo en relación con las placas tectónicas (con énfasis en América Central)</p> <p>Avanzado: Detalla aspectos específicos de los posibles tipos de actividad volcánica y potenciales impactos que pueden presentar en la población.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en plantilla del MEP.

Las actividades motivacionales, como se puede apreciar, buscan congeniar ese carácter cotidiano y práctico con elementos innovadores como el uso de las tecnologías educativas que permitan el estudiantado proyectar y visualizar elementos ajenos a su conocimiento popular. Entre ellos, cabe mencionar las reacciones químicas de sustancias como el azufre y la composición geológica de una estructura volcánica. En la siguiente figura pueden apreciarse algunos de los esfuerzos realizados como motivación en esta temática.

Figura 2

Uso de programa de simulación virtual sobre actividad volcánica



Fuente: Captura de pantalla del programa Mozaik 3D

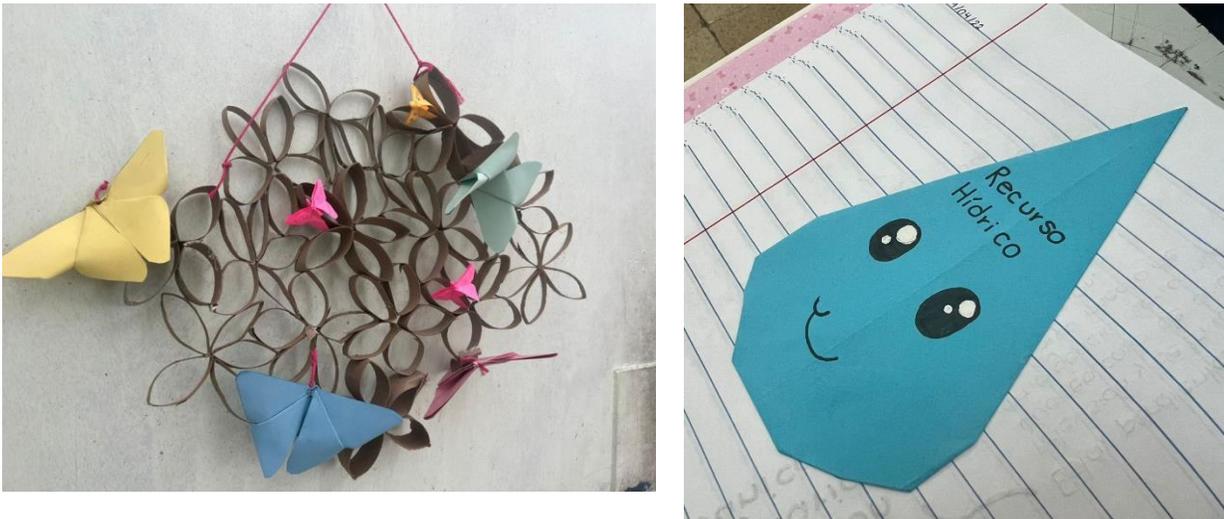
En general, se considera que estas actividades son una motivación extrínseca importante que hace que el estudiantado reaccione ante un estímulo externo diferente. El uso de las tecnologías educativas les permite visualizar de forma práctica su entorno y el carácter interactivo les facilita apropiarse del contenido. En estos espacios, la persona estudiante no deja de poner en práctica sus habilidades y sus conocimientos, pero cambia el espacio tradicional en el que lo hace y esto permite que se genere un mayor compromiso e involucramiento, pues se visualiza como un desafío.

Igualmente, se coincide con Ordóñez (2018) en que las personas estudiantes, mediante el trabajo manual, crean también una conciencia ambiental. El MEP (2016) enfatiza la necesidad de utilizar la geografía como un medio para promover la sostenibilidad, ya que mediante esta disciplina se busca que el estudiantado sea capaz de reconocer el mundo natural y relacionarse con él de forma armoniosa e integral, lo cual, a su vez, propone que la geografía que se enseña debe tener una visión interaccionista entre la geosfera y la sociosfera (MEP,2016). Por lo anterior, muchos de los espacios motivacionales también tienen el objetivo de promover la reflexión alrededor de la conciencia ambiental y el uso de los desechos.

Temáticas como el recurso hídrico y el cambio climático tienen espacios de conexión que retoman el uso de las manualidades para promover la conciencia ambiental. Estos pueden visualizarse en la figura 3. En relación con el tema del recurso hídrico, se realiza una actividad de origami con papel reciclado que, además, funciona como organizador en su material de estudio. Con respecto al tema de la mitigación y adaptación al cambio climático, se realizan decoraciones con desechos generados en la casa de las personas estudiantes para valorar la reutilización de materiales que acostumbran desechar.

Figura 3

Materiales creados a partir de material reciclado



Fuente: Fotografías de la profesora Marisol Gamboa Fallas

Igualmente, tal como se evidencia en la tabla 2, estas actividades están acompañadas y contextualizadas por la explicación teórica de los fenómenos en estudio. Como indican Alfaro y Chavarría (2003), la motivación no significa realizar una actividad al inicio esporádicamente. La idea de motivar es generar un proceso constante donde se alterne la construcción de aprendizajes teóricos con insumos externos que permitan vincular el estudiantado y su vida cotidiana con el contenido en estudio. Sobre todo, al trabajar temáticas como el cambio climático, que pueden resultar abrumadoras para el estudiantado, se busca incorporar espacios en los que las personas estudiantes puedan valorar su rol como agentes de cambio activo que tiene la posibilidad de influir en los fenómenos que se discuten. Esta es parte de la dinámica motivacional que se promueve en la estrategia, pues es necesario que las personas comprendan la complejidad y repercusión que implican eventos como el cambio climático, pero también es central que sean capaces de ejercitar la resolución de problemas y valorar el impacto que las acciones individuales y colectivas pueden causar en el contexto.

Tabla 2*Planeamiento didáctico sobre gases de efecto invernadero*

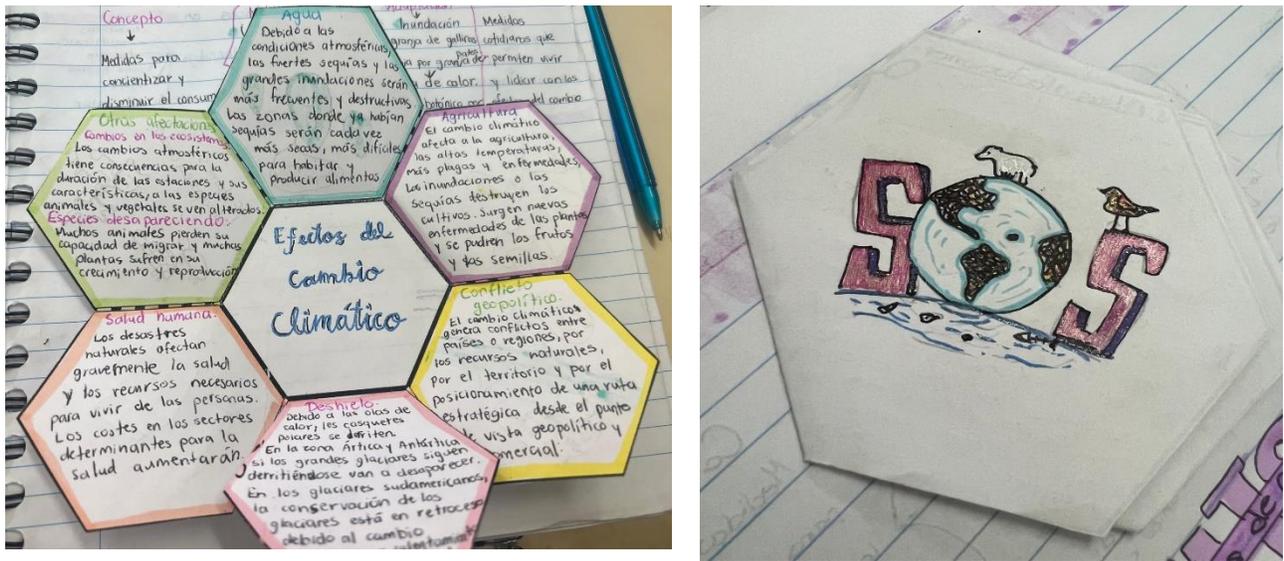
Aprendizaje esperado	Criterios de evaluación	Indicadores del aprendizaje esperado	Actividades de mediación	Niveles de desempeño
<p>Explique, desde una perspectiva espacial, los principales factores que contribuyen al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero en el planeta.</p>	<p>Valorar la importancia de tomar acciones para disminuir y mitigar la emisión de gases de efecto invernadero y sus efectos en el cambio climático en el largo plazo</p>	<p>Examina la importancia de tomar acciones para disminuir y mitigar la emisión de gases de efecto invernadero y sus efectos en el cambio climático en el largo plazo.</p>	<p>Conexión: En una lluvia de ideas enumeran algunas de las consecuencias globales del cambio climático.</p> <p>Colaboración: Las personas estudiantes investigan con material físico y digital, de acuerdo con la disponibilidad, más información sobre los diferentes ejes en los que el cambio climático afecta a nivel global.</p> <p>Clarificación: Las personas estudiantes dialogan alrededor de una caricatura que muestra el efecto del cambio climático en los casquetes polares y las especies que viven alrededor de zonas, sobre todos los osos polares.</p> <p>Construcción: Con base en la información recolectada, cada persona estudiante elabora un desplegable con una plantilla entregada por la persona docente para sintetizar las consecuencias del cambio climático a nivel global.</p>	<p>Inicial: Indica fuentes de información que se refieren respecto a la importancia de tomar acciones para disminuir y mitigar la emisión de gases de efecto invernadero y sus efectos en el cambio climático en el largo plazo.</p> <p>Intermedio: Emite criterios específicos respecto a la importancia de tomar acciones para disminuir y mitigar la emisión de gases de efecto invernadero y sus efectos en el cambio climático en el largo plazo.</p> <p>Avanzado: Detalla aspectos relevantes acerca de la importancia de tomar acciones para disminuir y mitigar la emisión de gases de efecto invernadero y sus efectos en el cambio climático en el largo plazo.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en plantilla del MEP

Es importante hacer hincapié en que los procesos motivacionales no siempre implican una evaluación sumativa. Este es un factor que recae en el criterio de la persona docente. En la presente estrategia, algunas actividades se contemplan como evaluación sumativa de acuerdo con la complejidad y la cantidad de tiempo que se dedique a la misma. En el caso del desplegable, que se visualiza en la figura 4, este es un material que resume parte importante de las consecuencias de los gases de efecto invernadero de acuerdo con distintos ejes y que, a la vez, incorpora ilustraciones de las personas estudiantes, por lo que se contempla como parte del trabajo cotidiano del estudiantado.

Figura 4

Desplegable creado por las personas estudiantes



Fuente: Fotografías de la profesora Marisol Gamboa Fallas

El diseño de los espacios pedagógicos requiere de la contextualización de las estrategias según sean los recursos e intereses de la población estudiantil y el centro educativo. Además, es necesario mantener la coherencia curricular en relación con la cobertura del contenido, el alcance de los objetivos y la promoción de dicho involucramiento estudiantil. En general, es posible apreciar que los espacios motivacionales tienen una buena recepción por parte del estudiantado y permite diversificar el bagaje de técnicas didácticas que se realizan en clase. Sobre todo, es necesario mantener apertura a la comunicación con el estudiantado para evaluar los alcances de cada espacio pedagógico y evaluar el quehacer docente de forma constante.

4. Conclusiones

El desarrollo de los procesos motivacionales en la educación geográfica responde a un diagnóstico para precisar las necesidades contextuales del estudiantado. De esta forma, se puede suministrar un insumo externo que realmente sea atinado para lograr el desarrollo del compromiso estudiantil y el cumplimiento de los objetivos curriculares.

La naturaleza de los procesos motivacionales también dependerá del contexto y el criterio de la persona docente. En esta estrategia en específico, el uso de manualidades y tecnologías educativas es ventajoso debido al nivel de involucramiento que genera. Se priorizan las actividades que brindan al estudiantado una experiencia sensorial que eleve la significación del espacio y nutra la construcción del aprendizaje.

Se afirma que los espacios motivacionales influyen de manera positiva en la educación geográfica, pues permiten incrementar el nivel de compromiso e interés por parte del estudiantado. Estos espacios

permiten traspasar la barrera de inmediatez contextual que afecta a la geografía actualmente y, en realidad, promueven que el estudiantado interactúe con conceptos geográficos.

Se evidencia un ejercicio de las habilidades del pensamiento geográfico mediante la discusión multiescalar de diversas problemáticas como el cambio climático y el agotamiento del recurso hídrico. Sin embargo, se considera que estos espacios de reflexión y argumentación son fructíferos, porque el estudiantado tuvo espacios de motivación previos que le permitieron apropiarse de la temática. Las personas estudiantes que alcanzan el *engagement* esperado se muestran más vinculadas con el contenido curricular correspondiente y argumentan con mayor empoderamiento sobre la temática.

Se considera que el trabajo articulado en función del proceso motivacional y el conocimiento geográfico sistemático permiten promover tanto el pensamiento creativo como el pensamiento geográfico, lo cual se aleja de la idea estereotipada de una geografía enciclopédica. Los procesos motivacionales deben incorporarse en los planteamientos didácticos y pueden formar parte de las evaluaciones sumativas de acuerdo con el criterio docente. De esta manera, se respalda que la persona docente mantenga coherencia en el desarrollo del currículo educativo propuesto y rompa con el estigma de que las actividades como juegos o manualidades generan atrasos y sobrecarga laboral.

El estudiantado muestra una buena recepción de estos espacios y su carácter innovador implica una sensación de reto que estimula el involucramiento, pero es necesario que estos espacios se acompañen de discusión y ejercicios para mantener un alto nivel de motivación. Además, está claro que los niveles de motivación no son homogéneos y que, al trabajar con diversas técnicas, se posibilita la expresión y el ejercicio de diferentes tipos de habilidades. Sin embargo, lo primordial es demostrar que los espacios de motivación contextualizados son un medio para promover el involucramiento estudiantil y el acercamiento a los conceptos geográficos para el ejercicio del pensamiento propio de esta disciplina para que lo proyecte en su entorno y sus necesidades.

Referencias bibliográficas

- Abou-Khalil, V, Helou, S., Khalifé, E., Chen, M., Majumdar, R. y Ogata, H. (2021). *Emergency*. Online Learning in Low-Resource Settings: Effective Student Engagement Strategies. *Education Sciences*, 11(24), 1-18. <https://doi.org/10.3390/educsci11010024>
- Alfaro, A y Chavarría, G. (2002). La motivación: Una actividad inicial o un proceso permanente. *Pensamiento actual*, 3(4), 33-40. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/8238/7809>
- Araya, F. (2009). Geografía, educación geográfica y desarrollo sustentable: Una integración necesaria. *Nadir, Revista electrónica de geografía austral*, 1, 31-42. <http://revistanadir.yolasite.com/resources/31-42.pdf>
- Arévalo, K., Sánchez, D., y Rodríguez, L. (2020). Educación geográfica: resultados y experiencias sobre la pesquisa documental. *Revista RedCA*, 3(8), 124-135. <https://revistaredca.uaemex.mx/article/view/15466/11412>
- Ministerio de Educación Pública de Costa Rica. (2016). Programas de estudio de estudios sociales tercer ciclo de la educación general básica y educación diversificada.

https://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/esociales3ciclo_diversificada.pdf

Ordoñez, M. (2018). *Las manualidades como estrategia para contribuir a la convivencia de aula de los niños del grado tercero cuatro de la Institución Educativa Don Bosco*. [Tesis para optar por el grado de Máster en Educación, Universidad del Cauca]. Repositorio de la Universidad del Cauca. <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/460/Las%20manualidades%20como%20estrategia%20para%20contribuir%20a%20la%20convivencia%20de%20aula%20de%20los%20ni%C3%B1os%20del%20grado%20tercero%20cuatro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vargas, G. (2012). La enseñanza y enseñar Geografía en los colegios de Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 2, 85-133. <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744686003.pdf&hl=es&sa=T&oi=gsb-gga&ct=res&cd=0&d=605081791908814802&ei=fTieY6eNM8aSy9YPkY62oAg&scisig=AAGBfm1Q8Op>

Especies arbóreas protegidas en Costa Rica

Ruperto Quesada Monge

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

Casia Soto Montoya

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

Resumen: Costa Rica, se ha ganado el reconocimiento a nivel internacional por las campañas en pro de la conservación de la biodiversidad. Acciones que iniciaron en los años 70 con la creación del Sistema Nacional de Parques Nacionales. Sin embargo, hoy día la conservación de la biodiversidad no solo se logra con declaratorias de áreas silvestres protegidas, sino también, elaborando legislación ambiental, que fortalezca la protección y conservación de espacios naturales. Además, como país deben suscribirse Convenciones o Tratados Internacionales. En esta ponencia se analiza un listado de 93 especies arbóreas que tienen importancia forestal, y que por su condición de vulnerabilidad por el uso actual de sus poblaciones naturales están amenazadas.

Palabras claves: especie protegidas, especies forestales, leyes, CITES

1. Introducción

Las plantas tienen un rol importante para la Humanidad, según los reportes mundiales de biodiversidad, se reportan que existen aproximadamente 368 434 plantas con flor, y 383 671 corresponde a plantas vasculares. De esta diversidad, se estima entre el 3 y 3,6% se encuentra en el país (aprox. 11 000 especies) (Zamora et al, 2004).

Estudios más específicos indican que en Costa Rica existen aprox. 9 800 especies de plantas vasculares (Flora de Costa Rica y Museo Nacional). De toda esta exuberante vegetación, se estima que 2 100 especies corresponden a especies arbóreas, junto con 21 especies de palmeras arborescentes (22,2% de la diversidad de especies arbóreas del país). (Zamora et al, 2004, Programa REDD/CCAD-GIZ-SINAC, 2015).

Esta riqueza es la que ha permitido al país ser vanguardista en temas ambientales, y principalmente por tener un Sistema Nacional de Áreas Protegidas (ASP) robusto y consolidada, administrado por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC).

Sin embargo, la conservación de las poblaciones de especies vegetales y en particular las arbóreas, no está del todo garantizado en las ASP. Ya que se requiere de legislación que fomente la protección de las especies, cuando las poblaciones están propensas/expuestas a alguna amenaza. Por lo tanto, se tiene como objetivo presentar un listado de especies arbóreas que según una revisión de legislación nacional están protegidas oficialmente, e incluir otras especies arbóreas que de acuerdo con la literatura revisada presentan algún grado de amenaza.

2. Marco teórico

Se analiza los esfuerzos país por dar protección a la vegetación y en particular a especies arbóreas, considerando el rol del Estado, con la legislación nacional e internacional. Además del papel de la academia, con estudios científicos que contribuyen a brindar información sobre el estado de poblaciones de especies quizás mejor atractivas por razones de distribución, uso, abundancia y desconocimiento de la biología reproductiva.

2.1. Sistema Nacional de Áreas Protegidas

El ASP, se crea por medio de la Ley de Biodiversidad, que las define como “Espacio geográfico definido, declarado oficialmente y designado con una categoría de manejo en virtud de su importancia natural, cultural y/o socioeconómica, para cumplir con determinados objetivos de conservación y de gestión” (Leyes y Decretos, 1998).

Sin embargo, según el último mapa de cobertura de vegetación hecho para el país, Costa Rica cuenta con el 53,7 % con cobertura vegetal aprox. 27,8 % en ASP y el resto territorios indígenas y manos privadas.

Estas cifras son muy atractivas, ya que se puede pensar que un porcentaje alto de las especies arbóreas que existen en el país, se encuentran protegidas o lo que sería lo mismo pensar que se podría asumir que los ecosistemas frágiles o vulnerables estén protegidos por el ASP.

2.2. Legislación Nacional que protege las especies arbóreas

El otro esquema de protección de los recursos naturales, y en particular las especies arbóreas, es que exista una legislación nacional que garantice la protección sin hacer diferencia de si la población está dentro de un ASP o propiedad privada.

El país cuenta con la jerarquía de: a) La Constitución Política; b) Los tratados internacionales y las normas de la Comunidad Centroamericana; c) Las leyes y los demás actos con valor de ley; d) Los decretos del Poder Ejecutivo que reglamentan las leyes, los de los otros Supremos Poderes en la materia de su competencia; e) Los reglamentos del Poder Ejecutivo, los estatutos y los reglamentos de los entes descentralizados. Por lo tanto, en el orden de jerarquía y en temas relativos a la protección de especies de flora y fauna se tienen los siguientes tratados, leyes y decretos que son los únicos oficiales y de carácter obligatorio:

Los tratados internacionales: La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, más conocida como CITES por sus siglas en inglés (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) es un tratado internacional redactado en base a la resolución adoptada en 1973 por los miembros de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (en inglés *International Union for Conservation of Nature*, IUCN). Su propósito es asegurar que el comercio internacional de animales y plantas salvajes no amenace su supervivencia en su medio natural.

Ley Forestal N° 7575 del año 1996: En esta Ley en su artículo primero define “Artículo 1°—Objetivos. La presente ley establece, como función esencial y prioritaria del Estado, velar por la conservación,

protección y administración de los bosques naturales y por la producción, el aprovechamiento, la industrialización y el fomento de los recursos forestales del país destinados a ese fin, de acuerdo con el principio de uso adecuado y sostenible de los recursos naturales renovables” Leyes y Decretos (1996).

Con respecto a los Decretos Ejecutivos, se han emitido tres, que directamente protegen a especie en particular:

- a. Decreto Ejecutivo N° 25167-MINAE. En el cual se declara una restricción para el aprovechamiento maderable de árboles de Almendro (*Dipteryx panamensis*). (MINAE, 1996a)
- b. Decreto Ejecutivo N° 25663-MINAE. Se mantiene la restricción a la corta aprovechamiento del árbol conocido como Almendro nombre científico *Dipteryx panamensis*) (MINAE, 1996b).
- c. Decreto Ejecutivo N° 25700-MINAE. En el cual se declara la Veda de 18 especies forestales. (MINAE,1997).

2.3.Otras fuentes no oficiales

La protección a especies de flora y fauna, ha sido ampliamente estudiando en el país, por muy variados autores, que recomiendan según sea el caso, que una especie arbórea se incluída en una categoría. Las referencias consultadas fueron: (Castillo *et al*, 2007, Estrada *et al*, 2005, Harmon, 2004 Jiménez, 1999a, 1999b, 2015, Jiménez *et al*, 2002; Poveda y Sánchez-Vindas, 1999, Quesada y Quirós, 2003, Quesada, 2004, Quesada, 2005, CODEFORSA, 2018, MINAE, 2014;2018).

3. Resultados

3.1. Listado de especies analizadas

Las especies arbóreas de la flora costarricense que aparecen o se reportan con algún grado de protección en la legislación se presentan en el cuadro 2. Únicamente 23 especies de la flora arbórea costarricense están protegidas, no se pueden cortar o cosechar en todo el país, por medio del Decreto Ejecutivo N° 25700-MINAE de veda, y los Decretos Ejecutivos N°25167-MINAE, Decreto Ejecutivo N° 25663-MINAE que protegen el uso del *Dipteryx panamensis* y la Convención Internacional CITES.

Para el resto de especies arbóreas y su cosecha, aplica la Ley Forestal y su Reglamento, con regulaciones de carácter técnico.

Una revisión de literatura, sobre especies reportadas con algún grado de amenaza, permitió confeccionar una lista de especies que indican en la tabla 1. Que se refiere a especies arbóreas que los autores las clasifican con algún grado de protección o que recomiendan ubicarlas en categorías específicas. Sin embargo, es una recomendación que no tiene efecto alguno sobre el uso de la especie, por lo tanto, no esa protegida oficialmente.

Se contempla un total de 92 especies, la mayoría usadas en el mercado maderero costarricense, algunas con mayor frecuencia que otras, en usos muy variados y las mismas provienen de diferentes zonas del país (tabla 2 y anexo 1).

Sin embargo, todas las especies vedadas, también son caracterizadas, en otras categorías más extremas de protección como: en peligro de extinción, por autores, por tal razón aparecen nuevamente en el cuadro

Tabla 1

Listado de especies arbóreas que se reportan en la legislación nacional y CITES, con algún grado de protección

	Especie	Familia Botánica	Decreto Ejecutivo No. 25700-MINAE	Decreto Ejecutivo No. 25167-MINAE	Decreto Ejecutivo No. 25663-MINAE	CITES Anexo
1	<i>Anthodiscus chocoensis</i>	Caryocariaceae	x			
2	<i>Caryodaphnopsis burgeri</i>	Lauraceae	x			
3	<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	x			
4	<i>Cedrela salvadorensis</i>	Meliaceae	x			
5	<i>Copaifera camibar</i>	Fabaceae/Caes.	x			
6	<i>Cordia gerascanthus</i>	Cordiaceae	x			
7	<i>Couratari scottmorii</i>	Lecythidaceae	x			
8	<i>Guaiacum sanctum</i>	Zygophyllaceae	x			II
9	<i>Hymenolobium mesoamericanum</i>	Fabaceae/Pap.	x			
10	<i>Myroxylon balsamum</i>	Fabaceae/Pap.	x			
11	<i>Paramachaerium gruberi</i>	Fabaceae/Pap.	x			
12	<i>Parkia pendula</i>	Fabaceae/Mim.	x			
13	<i>Platymiscium parviflorum</i>	Fabaceae/Pap.	x			II
14	<i>Platymiscium pinnatum</i>	Fabaceae/Pap.	x			
15	<i>Podocarpus costaricensis</i>	Podocarpaceae	x			
16	<i>Podocarpus guatemalensis</i>	Podocarpaceae	x			
17	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae	x			II
18	<i>Tachigali costaricensis</i>	Fabaceae/Caes.	x			
19	<i>Dipteyx panamensis</i>	Fabaceae/Pap.		si	si	
20	<i>Dalbergia retusa</i>	Fabaceae/Pap.				II
21	<i>Caryocar costaricense</i>	Caryocariaceae				II
22	<i>Oreamunnea pterocarpa</i>	Juglandaceae				II
23	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae				II

Tabla 2*Listado de especies que según referencias las clasifican con algún grado de protección*

Nombre científico	Nombre científico	Nombre científico	Nombre científico
Albizia guachapele	Copaifera aromatica	Lecythis mesophylla	Pseudosamanea guachapele
Albizia niopoides	Copaifera camibar	Maclura tinctoria	Qualea polycroma
Anacardium excelsum	Cordia gerascanthus	Manilkara chicle	Ruptiliocarpon caracolito
Anthodiscus chocoensis	Couma macrocarpa	Manilkara zapota	Sacoglottis trychogyna
Astronium graveolens	Couratari guianensis	Maranthes panamensis	Samanea saman
Balizia elgans	Couratari scottmorii	Minuartia guianensis	Sideroxylon capiri
Bernoulia flammea	Cynometra hemitomophylla	Mora 74leífera	Swietenia humilis
Bombacopsis quinata	Dalgergia retusa	Myroxylon balsamum	Swietenia macrophylla
Brosimun alicastrum	Dialium guianensis	Oreamunnea pterocarpa	Tabebuia guayacan
Brosimun costaricanum	Dipteryx panamensis	Paramachaerium gruberi	Tabebuia impetiginosa
Brosimum utile	Dussia macrophyllata	Parkia pendula	Tachigali costaricensis
Buchenavia costaricensis	Elaeoluma glabrescens	Peltogyne purpurea	Tachigali versicolor
Buchenavia tetraphylla	Enterolobium cyclocarpum	Pentaclethra macroloba	Terminalia amazonia
Calycophyllum candidisimum	Enterolobium schomburgkii	Platymiscium curuense	Terminalia bucidoides
Carapa guianensis	Guaiacum sanctum	Platymiscium parviflorum	Terminalia oblonga
Caryocar costaricense	Humirastrum diguense	Platymiscium pinnatum	Uribea tamarindoides
Caryodaphnopsis burgeri	Hura crepitans	Podocarpus costaricensis	Vantanea barbourii
Cedrela fissilis	Hyeronima alchorneoides	Podocarpus guatemalensis	Vantanea occidentalis
Cedrela odorata	Hymenea courbaril	Priora copaifera	Vatairea erythrocarpa
Cedrela salvadorensis	Hymenolobium mesoamericanum	Prumnopitys standleyi	Virola sebifera .
Cedrela tonduzii	Ilex skutchii	Pseudobombax septenatum	Vochysia ferruginea
Ceiba pentandra	Lecythis ampla	Pseudopiptadenia suaveolens	Vochysia guatemalensis

4. Discusión

La diversidad de especies arbóreas muestra la riqueza que el país tiene en este grupo, también queda claro los esfuerzos que hace el Estado Costarricense por proteger y conservar áreas donde existan ecosistemas frágiles, Quedando demostrado con el porcentaje tan alto dedicado a áreas silvestres protegidas. Lo cual garantiza en alguna forma que las poblaciones que se desarrollan en esas áreas si tendrán garantía de protección.

Por otra parte, en las áreas privadas, los propietarios podrían hacer uso de los recursos siempre y cuando se cumplan la legislación existente. Sin embargo, en el pasado debido a situaciones muy bien descrita por Jiménez (1999a, b, 2015). se emplearon muchas especies al punto que sus poblaciones se vieron amenazadas. Hoy día la situación no es muy diferente, a pesar de la cantidad de leyes de carácter ambiental que se tienen, siempre hay grandes amenazas sobre las áreas con bosques, debido al cambio de uso, por los cultivos de palma aceitera, banano, tubérculos y piña. y más recientemente cultivo de café en zona altas.

De forma que, considerando únicamente el componente arbóreo de la diversidad total de flora para Costa Rica, solamente para 23 especies existe legislación que las protege, esto representa el 1,09% de los árboles y 0,23% de toda la flora arborescente del país. Adicionalmente, solo para 70 especies de arbóreas, se reportan estudios a la fecha, que recomiendan que deben protegerse.

A pesar que, en Costa Rica, existen instituciones como el Museo Nacional, que sería la llamada a estudiar la flora, y el extinto Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), y brindar recomendaciones al Ministerio del Ambiente y Energía para que el Sistema de Áreas Protegidas pueda abarcar todas los ecosistemas o tipos de bosques que existen en el país, siguen existiendo vacíos de conservación en el mapa costarricense.

Otro gran inconveniente, es la exploración botánica. La cual fue muy agresiva en ciertos periodos, como finales del siglo XVIII y XIX. Quedando grandes extensiones donde aún esta exploración es nula. Por lo que aun, se podría hacer reportes de nuevas especies de árboles.

5. Conclusiones

El tema de la conservación de especies de flora y fauna, siempre llama la atención de la opinión pública, sin embargo, en lo referente a las especies de flora el problema se agrava por el hecho de la no movilidad. Por lo que las poblaciones de especies arbóreas y su protección se basa en legislación que regule o prohíba el uso de la especie y en la protección de los bosques donde las especies se desarrollan (área de distribución natural).

En este sentido se tienen las siguientes conclusiones:

- La legislación existe en el país, solo protege a 22 especies arbóreas
- De la revisión de literatura, se obtuvo 66 especies más, se reportan que deberían protegerse
- Las áreas silvestres protegidas no garantizan la protección y conservación de las especies arbóreas en el país.
- Se requiere ampliar la exploración botánica en el país

- Debe hacerse revisiones de la legislación actual, para actualizar las especies que se protegen.

Referencias bibliográficas

- Asociación Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA). (2018). *Zonificación forestal de Costa Rica y estado Poblacional de especies forestales, basado en el Inventario Nacional Forestal e instrumentos de monitoreo y manejo de bosques naturales*. Consultoría para el Seguimiento del Inventario Forestal Nacional. Código SICOP: 70151505/92118501. Costa Rica.
- Castillo, M., Fallas, A., y Quesada, R. (2007). *Distribución y abundancia de árboles de dosel del bosque húmedo tropical en la Península de Osa*. Instituto Nacional de Biodiversidad-CTCBO-Critical Ecosystem Partnership Fund-Conservación Internacional. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Informe Final.
- Estrada, A., Rodríguez, A., y Sánchez, J. (2005). *Evaluación y categorización del estado de conservación de plantas en Costa Rica*. Museo Nacional de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad. Sistema Nacional de Áreas de Conservación.
- Harmon, P. (2004). *Árboles del Parque Nacional Manuel Antonio, Costa Rica = Trees of Manuel Antonio National Park, Costa Rica*. Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Jiménez, M.Q. (1999^a). *Árboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica*. Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Jiménez, M. Q. (1999^b). *Consideraciones sobre el manejo y conservación de 18 especies forestales vedadas en Costa Rica*. Guaiacum sanctum.
- Jiménez, M, Q; Rojas, F; Rojas, y V. Rodríguez, L, (2002). *Árboles maderables de Costa Rica, Ecología y silvicultura, Timber trees of Costa Rica: Ecology and silvicultura*. Instituto Nacional de Biodiversidad
- Jiménez, M. Q. (2015). *El camino a la extinción de los árboles en Costa Rica*. Ambientico N° 253, Artículo 4. *Ecologismo y cobertura forestal en Costa Rica*. Universidad Nacional de Costa Rica.
- Leyes y Decretos. (1996). *Asamblea Legislativa. Ley Forestal N° 7575*. Costa Rica.
- Leyes y Decretos. (1998). *Asamblea Legislativa. Ley de Biodiversidad N° 7788*. Costa Rica
- Quesada, Monge, R., y Quiros-Brenes, K. (2003). *Estudio de especies forestales con Poblaciones reducidas o en peligro de extinción. Informe Final*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Quesada, R. (2004). Consideraciones silviculturales de ocho especies forestales con Poblaciones reducidas o en peligro de extinción en la provincia de Guanacaste, Costa Rica. *Kurú* 1,1, 32-46.
- Quesada, R. 2005. Especies forestales vedadas y bajo otras categorías de protección en Costa Rica. *Kurú* 1,2,1-5.

- Poveda, L., Y Sánchez-Vindas. (1999). *Árboles y palmas del Pacífico Norte de Costa Rica. Claves dendrológica*. Editorial Guayacán.
- MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía, CR). (2014). *Protocolo de campo para la identificación de especies arbóreas Inventario Nacional Forestal de Costa Rica información taxonómica y dendrológicas de las especies arbóreas de Costa Rica*, volumen 3, SINAC, Programa REDD/CCAD-GIZ, FONAFIFO. Preparado por Nelson Zamora Villalobos.
- MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía, CR). (1996^a). Decreto Ejecutivo N° 25167-MINAE. La Gaceta. Diario Oficial (CR). jun. 12:3-4. (Vol. 118, no. 111. Se declara una restricción para el aprovechamiento maderable de árboles de Almendro *Dipteryx panamensis*).
- MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía, CR). (1996b). Decreto Ejecutivo N° 25663-MINAE. La Gaceta. Diario. Oficial (CR). dic. 18:7-8. (Vol. 118, no. 243. Se mantiene la restricción a la carta o aprovechamiento del árbol conocido como Almendro nombre científico *Dipteryx panamensis*).
- MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía, CR). (1997). Decreto Ejecutivo N° 25700-MINAE. La Gaceta. Diario Oficial (CR). ene. 16:9-10. (Vol. 119, no. 11. Veda de 18 especies forestales).
- MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía, CR). M (2017). R-SINAC-CONAC-097-2017. Establece la lista oficial de especies en peligro de extinción y con poblaciones reducidas y amenazadas.
- MINAE – SINAC – CONAGEBIO – FONAFIFO (2018). *Sexto Informe Nacional de Costa Rica ante el Convenio de Diversidad Biológica de Costa Rica*. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo - Apoyo técnico para que las Partes Elegibles desarrollen el Sexto Informe Nacional para el CDB (6NR-LAC) Costa Rica.
- Programa REDD/CCAD-GIZ - SINAC. (2015). Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 2014-2015. Resultados y Caracterización de los Recursos Forestales. Preparado por: Emanuelli, P., Milla, F., Duarte, E., Emanuelli, J., Jiménez, A. y Chavarría, M.I. *Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana (REDD/CCAD/GIZ) y Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC)*.
- Zamora, N, B.E. Hammel. y M.H. Grayum. (2004). Vegetación. In: B.E. Hammel, M.H. Grayum, C. Herrera & N. Zamora (eds.). *Manual de Plantas de Costa Rica*. Vol. I. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 97: 91-216.

Anexo 1

Listado de especies que tienen una referencia que la clasifica con algún grado de protección.

Nombre científico	Familia Botánica	Fuente
<i>Albizia guachapele</i>	Fabaceae/Pap.	Quesada, 2005
<i>Albizia niopoides</i>	Fabaceae/Pap.	Estrada et al, 2005
<i>Anacardium excelsum</i>	Anacardiaceae	Quesada, 2005
<i>Anthodiscus chocoensis</i>	Caryocariaceae	vedada, Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Astronium graveolens</i>	Meliaceae	Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Balizia elgans</i>	Fabaceae/Mim.	Estrada et al, 2005
<i>Bernoullia flammea</i>	Malvaceae	Quesada, 2005
<i>Bombacopsis quinata</i>	Malvaceae	Quesada, 2005
<i>Brosimum alicastrum</i>	Moraceae	CODEFORSA, 2018
<i>Brosimum costaricanum</i>	Moraceae	Quesada, 2005
<i>Brosimum utile</i>	Moraceae	Estrada et al, 2005
<i>Buchenavia costaricensis</i>	Combretaceae	Estrada et al, 2005
<i>Buchenavia tetraphylla</i>	Combretaceae	CODEFORSA, 2018
<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Rubiaceae	Quesada, 2005
<i>Carapa guianensis</i>	Meliaceae	CODEFORSA, 2018
<i>Caryocar costaricense</i>	Caryocariaceae	CITES UICN, Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Caryodaphnopsis burgeri</i>	Lauraceae	vedada, (Estrada et al, 2005)
<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	vedada, Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	Estrada et al, 2005
<i>Cedrela salvadorensis</i>	Meliaceae	Jiménez, 1999a; Estrada et al, 2005
<i>Cedrela tonduzii</i>	Meliaceae	Estrada et al, 2005
<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	Estrada et al, 2005
<i>Copaifera aromatica</i>	Fabaceae/Caes.	Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Copaifera camibar</i>	Fabaceae/Caes.	vedada, Estrada et al, 2005
<i>Cordia gerascanthus</i>	Cordiaceae	Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Couma macrocarpa</i>	Apocynaceae	Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Couratari guianensis</i>	Lecythidaceae	Jiménez, 1999a,b; Quesada, 2005, Estrada et al, 2005

<i>Couratari scottmorii</i>	Lecythidaceae	vedada, Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
Nombre científico	Familia Botánica	Fuente
<i>Cynometra hemitomophylla</i>	Fabaceae/Caes.	Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Dalgergia retusa</i>	Fabaceae/Pap.	CITES A II, Jiménez, 1999a,b; Quesada, 2005, Estrada et al, 2005; Jiménez, 2015
<i>Dialium guianensis</i>	Fabaceae/Caes.	CODEFORSA, 2018
<i>Dipteryx panamensis</i>	Fabaceae/Pap.	Estrada et al, 2005, Decretos Ejecutivos N°25167, MINAE y N°25663-MINAE
<i>Dussia macrophyllata</i>	Fabaceae/Pap.	Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005)
<i>Elaeoluma glabrescens</i>	Sapotaceae	Estrada et al, 2005
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae/Mim.	Quesada, 2005
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Fabaceae/Mim.	Estrada et al, 2005
<i>Guaiacum sanctum</i>	Zygophyllaceae	vedada, II CITES, Jiménez, 1999a,b; Poveda & Sánchez-Vindas, 1999, Quesada, 2005 Estrada et al, 2005
<i>Humiriastrum diguense</i>	Humiraceae	Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Hura crepitans</i>	Euphorbiaceae	Quesada, 2005
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	Euphorbiaceae	CODEFORSA, 2018
<i>Hymenea courbaril</i>	Fabaceae/Caes	Quesada, 2005
<i>Hymenolobium mesoamericanum</i>	Fabaceae/Pap.	vedada, Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Ilex skutchii</i>	Aquifoliaceae	Estrada et al, 2005
<i>Lecythis ampla</i>	Lecythidaceae	Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005; Jiménez, 2015
<i>Lecythis mesophylla</i>	Lecythidaceae	Jiménez, 1999a; Estrada et al, 2005
<i>Maclura tinctoria</i>	Moraceae	Quesada, 2005
<i>Manilkara chicle</i>	Sapotaceae	Jiménez, 1999a; Quesada, 2005, CODEFORSA 2018
<i>Manilkara zapota</i>	Sapotaceae	Jiménez, 1999a; Quesada, 2005, CODEFORSA 2018
<i>Maranthes panamensis</i>	Chrysobalanaceae	Jiménez, 1999a; Estrada et al, 2005
<i>Minuartia guianensis</i>	Olacaceae	Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005; Jiménez, 2015
<i>Mora oleifera</i>	Fabaceae/Caes.	Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Myroxylon balsamum</i>	Fabaceae/Pap.	vedada, Estrada et al, 2005

Nombre científico	Familia Botánica	Fuente
<i>Oreamunnea pterocarpa</i>	Juglandaceae	CITES A II, Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005; Jiménez, 2015
<i>Paramachaerium gruberi</i>	Fabaceae/Pap.	vedada, Jiménez a,b; Estrada et al, 2005
<i>Parkia pendula</i>	Fabaceae/Mim.	vedada, (Estrada et al, 2005)
<i>Peltogyne purpurea</i>	Fabaceae/Caes.	UICN, Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005; Jiménez, 2015
<i>Pentaclethra macroloba</i>	Fabaceae/Mim.	CODEFORSA, 2018
<i>Platymiscium curuense</i>	Fabaceae/Pap.	Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Platymiscium parviflorum</i>	Fabaceae/Pap.	vedada y CITES A II; Jiménez, 1999a,b; Poveda, y Sánchez-Vindas, 1999, Estrada et al, 2005, Quesada, 2005.
<i>Platymiscium pinnatum</i>	Fabaceae/Pap.	vedada, Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Podocarpus costaricensis</i>	Podocarpaceae	vedada, Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Podocarpus guatemalensis</i>	Podocarpaceae	vedada, Jiménez, 1999a,b
<i>Priora copaifera</i>	Fabaceae/Caes.	Jiménez, 1999a, b; Estrada et al, 2005
<i>Prumnopitys standleyi</i>	Podocarpaceae	Jiménez, 1999a; Estrada et al, 2005
<i>Pseudobombax septenatum</i>	Malvaceae	Quesada, 205
<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i>	Fabaceae/Mim.	Estrada et al, 2005
<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Fabaceae/Mim.	Jiménez, 1999a; Estrada et al, 2005, Quesada, 2005
<i>Qualea polycroma</i>	Vochysiaceae	Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Ruptiliocarpon caracolito</i>	Lepidobotryaceae	Estrada et al, 2005
<i>Sacoglottis trychogyna</i>	Humiraceae	Jiménez, 1999a; Estrada et al, 2005
<i>Samanea saman</i>	Fabaceae-Mim.	Poveda & Sánchez. 1999, Quesada, 2005
<i>Sideroxylon capiri</i>	Sapotaceae	Jiménez, 1999a; Poveda & Sánchez-Vindas, 1999, Estrada et al, 2005; Quesada, 2005, Jiménez, 2015
<i>Swietenia humilis</i>	Meliaceae	Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005)
<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae	vedada, Jiménez, 1999a,b; Poveda & Sánchez-Vindas, 1999, Estrada et al, 2005; Quesada, 2005
<i>Tabebuia guayacan</i> H. <i>guayacan</i>	Bignoniaceae	Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005

<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Bignoniaceae	Jiménez, 1999a;Poveda & Sánchez Estrada et al, 2005; Quesada 2005
<i>Tachigali costaricensis</i>	Fabaceae/Caes.	vedada, Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
Nombre científico	Familia Botánica	Fuente
<i>Tachigali versicolor</i>	Fabaceae/Caes.	UICN, Jiménez, 1999a,b; Estrada et al, 2005
<i>Terminalia amazonia</i>	Combretaceae	Estrada et al, 2005
<i>Terminalia bucidoides</i>	Combretaceae	Estrada et al, 2005
<i>Terminalia oblonga</i>	Combretaceae	Estrada et al, 2005, Quesada, 2005
<i>Uribea tamarindoides</i>	Fabaceae/Pap.	Estrada et al, 2005)
<i>Vantanea barbourii</i>	Humiraceae	Jiménez, 1999a; Estrada et al, 2005
<i>Vantanea occidentalis</i>	Fabaceae/Pap.	Jiménez, 1999a,b; CODEFORSA 2018
<i>Vatairea erythrocarpa</i>	Fabaceae/Pap.	Jiménez, 19999a,b; Poveda & Sanchez-Vindas, 1999, Estrada et al, 2005, Quesada, 2005
<i>Virola sebifera</i> .	Myristicaceae	CODEFORSA,2018
<i>Vochysia ferruginea</i>	Vochysiaceae	CODEFORSA, 2018
<i>Vochysia guatemalensis</i>	Vochysiaceae	CODEFORSA, 2018

Ethnomodelling as a Glocal Pedagogical Action for Ethnomathematics

Daniel Clark Orey

Universidade Federal de Ouro Preto, Brazil

oreydc@ufop.edu.br

Milton Rosa

Universidade Federal de Ouro Preto, Brazil

milton.rosa@ufop.edu.br

Summary: The acquisition of both local (emic) and global (etic) knowledge forms an alternative goal for the implementation of ethnomodelling research. Local knowledge is essential for an intuitive and empathic understanding of mathematical ideas, procedures, and practices developed throughout history. Global knowledge is essential for the achievement of cross-cultural comparisons that demand standard analytical units and categories to facilitate communication. Glocal (dialogic) knowledge is the third approach for conducting ethnomodelling research that uses both local and global knowledges through dialogue and interaction. We define ethnomodelling as the study of mathematical phenomena within a culture because it is a culturally bound social construct. Ethnomodelling brings cultural aspects of mathematics into mathematical modelling process. Our objective is to share the combination of local, global, and glocal approaches in ethnomodelling research that contributes to the acquisition of a more complete understanding (glocal) of mathematical practices developed by the members of distinct cultural groups.

Key words: Ethnomathematics, Ethnomodelling, Glocalization, Localization, Pedagogical Action.

1. Initial Considerations

Throughout history, people have explored other cultures and shared or traded knowledge, often hidden in traditions, practices, and diverse customs. This exchange of cultural capital¹ has enriched and equalized all cultures; even the Greek foundations of European civilization were founded upon Egyptian civilization (Powell & Frankenstein, 1997). One consequence of this approach is a widespread consensus that supports the supremacy of Western scientific and logical systems (global) at the exclusion of most other traditions (local). Thus, dominant, imperialistic, and colonialistic forms of culture and values considerably affect the way individuals understand concepts of any mathematical ideas and practices.

During the conduction of investigations of mathematical knowledge developed by the members of distinct cultural groups, researchers come across a set of ideas, procedures, and mathematical practices that are different from those studied in academic institutions. This set of features can be translated academically through ethnomodelling (Rosa & Orey, 2010), the process that involves a holistic performance that embodies the concepts of globalization and localization. This process expands an

¹ Cultural capital is the knowledge, experiences, and connections that individuals have had through the course of their lives, which enables them to succeed more than individuals from a less experienced background. It also acts as a social relation within a system of exchange that includes the accumulated cultural knowledge that confers power and status to the individuals who possess it (Rosa, 2010).

intercultural perspective² that appreciates, respects, and values the mathematical knowledge that was developed by members of distinct cultural groups.

However, the members of distinct cultural groups need to find a balance to ensure that local mathematical ideas and procedures are not overwhelmed by the global notions and practices. This balance can be found by the use of glocalization³, which is the ability of a culture, when it encounters other cultures, to absorb influences that naturally fit into and can enrich that culture, to resist those things that are truly alien and to compartmentalize those things that, while different can nevertheless be enjoyed and celebrated as different (Friedman, 2000).

According to this assertion, D'Ambrosio (2006b) states that “every culture is subject to inter and intra-cultural⁴ encounters” (p. 76). In this regard, when researchers investigate mathematical knowledge developed by the members of distinct cultural groups, they may be able to find distinctive characteristics of mathematical ideas and procedures these members developed throughout history. However, an outsider’s (etic, global) understanding of these cultural traits⁵ is an interpretation that may misinterpret the nature of the mathematical practices developed by the members of these cultural groups.

The multiplicity of cultures, each one with a system of shared knowledge and a compatible set of behavior and values facilitates cultural dynamics by enabling an expanding familiarity with the rich diversity of humanity, which creates an important need for a field of research that studies the phenomena and applications of modelling in diverse cultural settings.

This kind of cultural perspective used in problem solving methods, conceptual categories and structures, and models used in representing data that translates cultural mathematical practices by using modelling processes is ethnomodelling (Rosa & Orey, 2017). It also recognizes how the foundations of ethnomodelling differ from the traditional modelling methodologies.

2. Conceptualizing Ethnomodelling

Numerous studies have demonstrated sophisticated mathematical ideas and procedures that include geometric principles in craftwork, architectural concepts, and practices in the activities and artifacts

² Intercultural encounters describe experiences between at least two people who are different in significant ways culturally or have distinct cultural backgrounds such as regional, social, linguistic, economic, political, ethnic, or religious backgrounds.

³ *Glocalization* is a concept coined in business circles that means to create products for the global market but customized to suit local cultures and tastes. It is a term coined by Japanese marketing professionals as *dochakuka*, which is composed by three ideographs *do* (land), *chaku* (arrive at), and *ka* (process of). This neologism is composed by connecting the terms of *globalization* and *localization*, which has emerged as the new standard in reinforcing positive aspects of worldwide interaction, be it in textual translations, localized marketing communication, and sociopolitical considerations. Glocalization serves as a negotiated process whereby local customer considerations are coalesced from the onset into market offerings via bottom-up collaborative efforts. The concept of glocalization follows a sociological/historical approach regarding society and its dynamic social transformations (Khondker, 2004). For example, it is possible to refer to a glocalized product if it meets most of the needs of an international community as well as customized for the people in a specific group (Robertson, 1999).

⁴ *Intracultural* encounters describe experiences between at least two members who are from the same culture, community, cultural group, or have culturally similar backgrounds.

⁵ A cultural trait is a socially learned system of beliefs, values, traditions, symbols, and meanings that the members of a specific culture acquire throughout history. It identifies and coalesces a cultural group because traits express the cohesiveness of the member of the group.

developed by many indigenous, local, and vernacular cultures (Orey, 2000). Mathematical concepts related to a variety of mathematical procedures and cultural artifacts form part of the numeric relations found in universal actions of measuring, calculation, games, divination, navigation, astronomy, and modelling (Eglash et al., 2006). It is necessary to “invoke a notion of local vitality, which releases an unexpected and astonishing cultural power, reinforced by the advantage supplied by the continual full participation in the community, simultaneous with the action in the global world” (D’Ambrosio, 2006b, p. 76).

The study of ethnomodelling is a powerful tool used in the translation of problem-situations that make use of mathematical ideas and practices within a culture. Therefore, ethnomodelling is a fluid and dynamic research approach in which incorporates both cultural universals and culturally specific phenomena. Its innovative lenses lead to new findings in the development of inclusive approaches in mathematics education.

We apply the term translation to describe the process of modelling local cultural systems, which may have Western academic mathematical representations (Rosa & Orey, 2010). Indigenous designs may be simply analyzed as forms and the applications of symmetrical classifications from crystallography to indigenous textile patterns (Eglash et al., 2006). Ethnomathematics uses modelling to establish the relations found between local conceptual frameworks and mathematical ideas embedded in numerous designs. We define this relationship as ethnomodelling, which is the act of translation that is an essential part of the modelling process.

In some cases, translation into Western-academic mathematics is direct and simple such as that found in counting systems and calendars (Eglash et al., 2006). For example, figure 1 shows the mathematical knowledge that lace makers in the northeast of Brazil use to make geometric lace patterns have mathematical concepts that are not associated with traditional geometrical principles, which is possible to model by applying ethnomodelling.

Figure 1

Geometric lace patterns



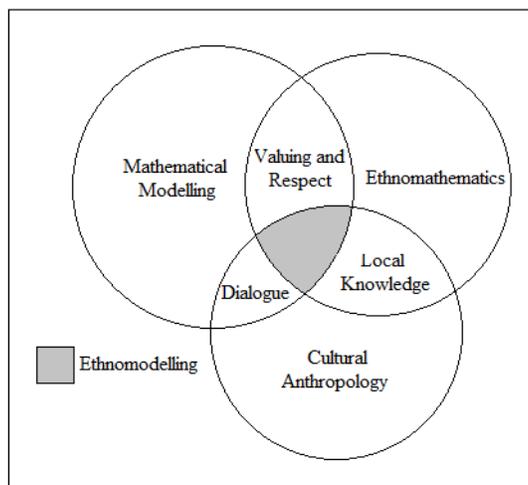
Source: Rosa and Orey (2013)

Ethnomodelling takes into consideration diverse processes that help in the construction and development of scientific and mathematical knowledge that includes collectivity, and the overall sense of and value for creative and new inventions and ideas. The processes and production of scientific and mathematical ideas, procedures, and practices operate as a register of the interpretative singularities that regard

possibilities for symbolic constructions of the knowledge in different cultural groups. In this context, figure 4 shows ethnomodelling as the intersection of three research fields: cultural anthropology, ethnomathematics, and mathematical modelling.

Figure 2

Ethnomodelling as the intersection region of three knowledge fields



Source: Rosa and Orey (2013)

In this process, the intersection between mathematical modelling and ethnomathematics relates to the respect and the valorization of the previous knowledge and traditions developed by the students, which enables them to assess and translate problem-situations by elaborating mathematical models in different contexts. Local knowledge then becomes the sources and forms the intersection between ethnomathematics and cultural anthropology when members of distinct cultural groups use it to solve problems faced in their own contexts (Rosa & Orey, 2017).

It is important to focus on the process of glocalization, whereby a practice undergoes local transformation at the same time as it diffuses globally (Latour, 1993). Thus, mathematical ideas, procedures, and practices are grounded in the cultural, economic, political, environmental, and social contexts in which they unfold. Ethnomodelling yields several insights into glocalized research, including the interplay of political, cultural and technical dimensions of institutional work in the process of internationalizing new practices, and in particular, the interaction of symbolic transformation of mathematical practices during the glocalization process.

3. Three Approaches to Ethnomodelling

The challenge researchers must deal with this issue is to develop methodological procedures that help them to understand or see the culturally bound mathematical ideas, procedures, and practices developed by the members of distinct cultural groups without letting their culture interfere with the cultural background of these members. An important goal is to challenge and strengthen existing theoretical

models, both their assumptions of mathematical universality and their claims of descriptive, predictive, and explanatory adequacy.

Therefore, when working with ethnomodelling, it is possible to identify at least three approaches that help us to investigate, study, and come to understand the mathematical ideas, procedures, and practices developed by the members of any given cultural group:

1. Global (etic-outsider) is the outsiders' view on beliefs, customs, and scientific and mathematical knowledge of the members of distinct cultural groups. Globalization has reinforced the utilitarian approach to school mathematics and the Western bias in the prevailing mathematics curricula, as well as helped to globalize pervasive mathematical ideologies. School mathematics is criticized as a cultural homogenizing force, a critical filter for status, a perpetuator of mistaken illusions of certainty, and an instrument of power. The mathematics curriculum is central to cultivating values as well as fostering the conscientization of learners. In this approach, comparativist researchers attempt to describe differences among cultures. In this globalization process, these individuals are known as culturally universal (Sue & Sue, 2003).
2. Local (emic-insider) is the insiders' view on their own culture, customs, beliefs, and scientific and mathematical knowledge. Local knowledge is important because it has been tested and validated within the local context (Cheng, 2005). Local knowledge creates a framework from which members of distinct cultural groups can understand and interpret the world around them (Barber, 2004). Currently, there is a recognition of the importance of local contributions to the development of scientific and mathematical knowledge. In this approach, the members of distinct cultural groups describe their culture in its own terms. In this localization process, these individuals are known as culturally specific (Sue & Sue, 2003).
3. Glocalization (emic-etic) represents a continuous interaction between globalization and localization, which offers a perspective that both approaches are elements of the same phenomenon (Kloos, 2000). It involves blending, mixing, and adapting two processes in which one component must address the local culture, system of values and practices (Khondker, 2004). In a glocalized society, members of distinct cultural groups must be "empowered to act globally in its local environment (D'Ambrosio, 2006b, p. 76). In this context, it is "necessary to work with different cultural environments and, acting as ethnographers, to describe mathematical ideas and practices of other peoples. It is fundamental to give meaning to these findings" (D'Ambrosio, 2006b, p. 79).

Through focusing on local knowledge first and then integrating global influences creates individuals and collective groups that are rooted in their local cultural traditions but are also equipped with global knowledge creating a sort of localized globalization (Cheng, 2005). The local and global approaches are often perceived as incommensurable paradigms. While they are thought of as creating a conflicting dichotomy, they are considered as complementary viewpoints. Thus, rather than posing a dilemma, the use of both approaches deepens our understanding of important issues in scientific research and investigations about ethnomodelling (Rosa & Orey, 2013).

Since these two approaches are complementary, it is possible to delineate forms of synergy between the local and global aspects of mathematical knowledge. A suggestion for dealing with this dilemma is to

use a combined local-global approach, rather than simply applying local or global dimensions of one culture to other cultures. A combined local-global approach requires researchers to first attain local knowledge developed by the members of distinct cultural groups. This approach may allow them to become familiar with the relevant cultural differences in diverse sociocultural settings (Rosa, 2010).

Similarly, the resurgence of debates regarding cultural diversity has also renewed the classic global-local debate since we need to comprehend how to build scientific generalizations while trying to understand sociocultural diversity. Yet, attending to the unique mathematical interpretations developed in each cultural group challenges fundamental goals of mathematics in which the main objective is to build theories that describe the development of mathematical practices in academic ways.

A global analysis has a cross-cultural approach. In this context, etic-oriented researchers examine the question of a cross-cultural perception so that their observations are taken according to externally derived criteria. This context allows for the comparison of multiple cultures where “both the objects and the standards of comparison must be equivalent across cultures” (Helfrich, 1999, p. 132).

Accordingly, in the conduction of ethnomodelling research, cultural, social, linguistic, political, religious, and ethnic affiliations are researched and integrated into a unified holistic solution. In this manner, the intended mathematical practice is given a stake in the overall process and not just the mere ending result.

4. Final Considerations

This article outlines ongoing research related to cultural perspectives in ethnomodelling. Contemporary academic mathematics is predominantly Eurocentric. This Eurocentrism facilitates an ongoing globalization that has hindered mathematics ideas, procedures, and practices coming from local traditions.

The motivation towards a cultural approach to mathematics presents us with an accompanied assumption that makes use of cultural perspectives of ethnomathematics and uses mathematical modelling to bring local issues into global discussion through dialogical approach (glocalization). Hence, mathematics education is considered as an active and participatory social product including a dialogical relation between mathematics and society.

Moreover, westernized (global) mathematics as primarily dominated by the preferences of the West (European-North American) and this Eurocentrism poses many problems in Mathematics Education in non-Western cultures. For example, Eurocentric conceptions of mathematics have been imposed globally as the pattern of rational human behavior. Conversely, from local sources, new mathematical ideas will fast spread globally (D’Ambrosio, 2006a).

The term glocalization appropriately applies to ethnomodelling because of its neologism because the synthetic combination of two words captures the proportionality of local to global and vice-versa. In its roots form, localization is the foundation of the word. In this context, it is necessary to start with the local knowledge, which forms the basis of the interaction with the global in a dialogical way. The foundation of the ethnomodelling process is the interpenetration of local and global to understand the cultural dynamism of this process.

When engaged in interaction and dialogue, cultures are confronted with different and conflicting ideas and notions that lead to an awareness of alternative mathematical procedures and practices. Equipped with an awareness of alternative ideas and notions, the members of these groups can compare, contrast, and evaluate their own procedures and practices a critical way. Within interactions and dialogues, cultures are able to interact in a democratic way, where each culture has the ability to express and defend ideas and notions as well as explore and adopt other cultural procedures and practices (Fernandez, 2009).

In closing, unitary and plural worlds can be generated during the conduction of the ethnomodelling process. In this context, the undoing of the blockade between cultural groups begin with tending to the problem of reciprocal translation. Therefore, one of the most important characteristic of ethnomodelling is the engagement in the glocal dialogue between global (etic) and local (emic) terrain where diverse forms of mathematical knowledge intersects.

References

- Anderson, D. (2007). Multicultural group work: a force for developing and healing. *The Journal for Specialists in Group Work*, 32(3), 224–244.
- Barber, B. (2004). Jihad vs. me world. In Frank J. Lechner & John Boli (Eds.), *The Globalization Reader* (pp.29-35). Malden.
- Cheng, Y. C. (2005). *New paradigm for re-engineering education*. Springer.
- D'Ambrosio, U. (1990). *Etnomatemática* [Ethnomathematics]. Editora Ática.
- D'Ambrosio, U. (2006a). The program ethnomathematics: A theoretical basis of the dynamics of intra-cultural encounters. *The Journal of Mathematics and Culture*, 1(1), 1-7.
- D'Ambrosio, U. (2006b). The program ethnomathematics and the challenges of globalization. *Circumscribere: International Journal for the History of Science*, 1, 74-82.
- Eglash, R., Bennett, A., O'Donnell, C., Jennings, S., & Cintorino, M. (2006). Culturally situated designed tools: ethnocomputing from field site to classroom. *American Anthropologist*, 108(2), 347-362.
- Fernandez, S. A. (2009). *A theory of cultural glocality* [Master Thesis]. College of Arts and Science. Department of Philosophy University of North Florida.
- Friedman, T. (2000). *The Lexus and the olive tree: understanding globalization*. Random House.
- Helfrich, H. (1999). Beyond the dilemma of cross-cultural psychology: Resolving the tension between etic and emic approaches. *Culture and Psychology*, 5, 131–153.
- Khondker, H. H. (2004). Glocalization as globalization: evolution of a sociological concept. Bangladesh. *e-Journal of Sociology*, 1(2), 1-9.
- Kloos, P. (2000). The dialectics of globalization and localization. In D. Kalb, M. van der Land, R. Staring, B. van Steenbergem & N. Wilterdink (Eds.), *The ends of globalization: bringing society back in* (pp. 281-298). Rowman & Littlefield.
- Latour, B. (1993). *We have never been modern*. Harvard University Press.
- Neugebauer, O., & A. Sachs. (1945). *Mathematical cuneiform texts*. American Oriental Society.

- Orey, D. C. (2000). *The ethnomathematics of the Sioux tipi and cone*. In Selin, H. (Ed.). *Mathematics across culture: the history of non-western mathematics* (pp. 239-252). Kulwer Academic Publishers.
- Powell, A. B. & Frankenstein, M. (1997). Introduction. In Powell, A. B., & Frankenstein, M. (Eds.). *Ethnomathematics: challenging eurocentrism in mathematics education* (pp. 1-4). State University of New York Press.
- Robertson, R. (1992). *Globalization: social theory and global culture*. Sage.
- Robertson, R. (1995). Glocalization: time-space and homogeneity- heterogeneity, M. Featherstone et al (Eds.), *Global modernities* (pp. 25-44). Sage.
- Robertson, R. (1997). *Comments on the global triad and glocalization*. Paper presented at the *Globalization and Indigenous Culture Conference, Institute for Japanese Culture and Classics*. Kokugakuin University.
- Rosa, M. (2000). *From reality to mathematical modelling: A Proposal for using ethnomathematical knowledge* [Master thesis]. California State University.
- Rosa, M. (2010). *A mixed-method study to understand the perceptions of high school leaders about English Language Learners (ELLs): the case of mathematics*. College of Education. [Tese de Doutorado]. California State University – CSUS.
- Rosa, M., & Orey, D. C. (2003). Vinho e queijo: etnomatemática e modelagem! [Wine and cheese: Ethnomathematics and modelling!]. *BOLEMA*, 16(20), 1-16.
- Rosa, M., & Orey, D. C. (2006). Abordagens atuais do programa etnomatemática: delinendo-se um caminho para a ação pedagógica [Current approaches in the ethnomathematics as a program: delineating a path toward pedagogical action]. *Bolema*, 19(26), 19-48.
- Rosa, M.; & Orey, D. C. (2010). Ethnomodelling: a pedagogical action for uncovering ethnomathematical practices. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(3), 58-67.
- Rosa, M., & Orey, D. C. (2013). Ethnomodelling as a methodology for ethnomathematics. In G. A. Stillman & J. Brown. (Orgs.), *Teaching mathematical modelling: connecting to research and practice. International perspectives on the teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 77-88). Springer.
- Rosa, M., & Orey, D. C. (2017). *Etnomodelagem: a arte de traduzir práticas matemáticas locais*. Editora Livraria da Física.
- Sue, D. W.; & Sue, D. (2003). *Counseling the culturally diverse: Theory and practice*. John Wiley & Sons.

Frankenstein en el aula: reflexiones sobre la interdisciplinariedad de proyectos

Daniela María Barrantes
Torres
Universidad de Costa Rica,
Costa Rica
daniela.barrantes@ucr.ac.cr

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

Jessie Zúñiga Bustamante
jessie.zuniga@ucr.ac.cr
Universidad de Costa Rica,
Costa Rica

Resumen: El trabajo colaborativo es una estrategia en la que los participantes aprenden de manera significativa los contenidos y desarrollan competencias como la búsqueda y síntesis de información y el diseño de una investigación, indispensables para el futuro académico y profesional de este siglo. El proyecto tenía el propósito de implementar estrategias del aprendizaje basado en proyectos y el trabajo colaborativo, en los grupos de décimo y undécimo año del Colegio Científico Costarricense de San Pedro. Mediante este, los estudiantes lograron una comprensión más integral del texto en sus dimensiones históricas, estéticas y científicas, a la vez que adquirieron habilidades de trabajo en equipo, organización, comunicación y pensamiento crítico.

Palabras clave: Ciencia, literatura, proyecto interdisciplinario.

1. Introducción

En la Costa Rica de los últimos seis años, el Ministerio de Educación Pública ha venido impulsando la estrategia educativa STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), la cual plantea la integración de diferentes disciplinas académicas, con el fin de promover el desarrollo de habilidades y competencias del siglo XXI en la población estudiantil. Con base en lo anterior, en el año 2021 un grupo docente del Colegio Científico Costarricense, Sede de San Pedro, de las áreas de física, química, español e inglés, decidió llevar a cabo un proyecto interdisciplinario utilizando como base la novela de Mary Shelley titulada Frankenstein, o el moderno Prometeo (texto de lectura sugerida en el programa de español del Ministerio de Educación Pública) con el propósito de implementar estrategias del aprendizaje basado en proyectos y el trabajo colaborativo, en los grupos de décimo y undécimo año, que propiciara el desarrollo de habilidades –como la búsqueda y síntesis de información y el diseño de una investigación– necesarias para el futuro académico y profesional de este siglo.

2. Una base teórica para proyectos interdisciplinarios

En términos generales, el sustento pedagógico de proyectos colaborativos e interdisciplinarios es el constructivismo. Desde esta perspectiva se puede afirmar que para el aprendizaje sobresalen aspectos como la importancia del contexto, privilegiar actividades como la búsqueda de información, así como otras operaciones mentales de pensamiento inductivo tales como analizar esa información, buscando relaciones y factores asociados, para sintetizarla y presentarla, mediante un producto final. Asimismo, se retoman el diálogo desequilibrante (se cuestiona, se pregunta) y el aprendizaje activo mediante el hacer. Los proyectos interdisciplinarios se definen como “un medio que permite desarrollar las competencias

clave que son el eje central del currículo actual. El fundamento de la interdisciplinariedad es trabajar desde diferentes materias con un propósito pedagógico común, que permita un desarrollo coordinado y conjunto del aprendizaje” (Grupo Anaya, 2017, p.2). Lo importante de esta modalidad de proyectos es que permite

integrar conocimiento y modos de pensar en dos o más disciplinas o áreas de experiencia establecidas para producir un avance cognitivo -como explicar un fenómeno, resolver un problema, o crear un producto- en formas que hubieran sido imposibles o poco probables a través de únicos medios disciplinarios (Boix Mansilla en Spelt, et. ál., 2009, p.366. Trad. propia).

Algunos objetivos y características (Grupo Anaya, 2017, p.2) indispensables dentro de esta propuesta interdisciplinar son: implicar al alumnado en su aprendizaje, terminar con un producto que se pueda medir o evaluar (objeto físico, digital, presentación oral, escrita, etc.), reunir conocimientos de diferentes disciplinas, agrupar las tareas en torno a un contexto común e incluir una fase de documentación en la que el alumnado debe buscar información, seleccionarla, ordenarla y clasificarla. De este enfoque, se toma la estructura de las fases del proyecto que se muestra en la figura 1.

Figura 1

Fases del proyecto interdisciplinario



Elaborado por Jessie Zúñiga a partir de: Majó, F. y Baqueró, M. (2014). *8 ideas clave. Los proyectos interdisciplinarios*. Barcelona: Editorial Graó. p.64.

Elaboración propia a partir de Majó y Baqueró (2014)

2.1 Trabajo colaborativo mediante el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y la creación conjunta de conocimiento

El ABP promueve en las personas estudiantes la autonomía en el aprendizaje, a través de tareas tanto individuales como colectivas que también refuerzan o propician otras destrezas como la resolución de problemas, la planificación, el trabajo en equipo, la interconectividad de saberes para resolver una

situación, la comunicación, el respeto y la colaboración. Establecer el trabajo colaborativo como estrategia didáctica, implica asumir tres dimensiones que lo nutren y, a su vez, son fundamento para el trabajo en clase: “la interdependencia positiva, la construcción del significado y las relaciones psicosociales” (Gutiérrez, 2009, citado en Ramírez y Rojas 2014, p.93).

La primera implica la reciprocidad y la complementariedad entre los integrantes del grupo; la segunda, se relaciona con el objeto de elaborar o construir saberes o conocimientos; y la tercera, con la capacidad para interactuar socialmente a pesar de las diferencias que cada integrante del grupo posee. Esta propuesta obliga a las personas docentes a asumir el rol de organizadores y facilitadores, coordinando la logística del proyecto en términos de metodología, cronograma y evaluación. Asimismo, cada docente se encarga de evacuar las dudas planteadas por el estudiantado durante todo el proceso, guiando la evaluación formativa y ejecutando la evaluación sumativa (Chacón et al., 2012).

En palabras de Magallanes (2011), citado por Ramírez y Rojas (2014), “el trabajo colaborativo es una estrategia en la que los participantes aprenden de manera significativa los contenidos, desarrollan habilidades cognitivas, además que contribuye a la formación de actitudes que van a contribuir en el desarrollo de cada persona” (p.3). Por ende, el estudiantado asumió diferentes roles como investigadores, agentes analíticos, creativos, reflexivos y autocríticos para resolver problemas y lograr el aprendizaje deseado. Además, en algunos casos, debieron ser una especie de tutores y agentes colaboradores, ayudando a los demás miembros del grupo a alcanzar los objetivos.

En este sentido, se considera que el proyecto cumple la meta del trabajo colaborativo, que consiste en ser “un modelo de aprendizaje interactivo, que invita a los estudiantes a construir juntos, para lo cual demanda conjugar esfuerzos, talentos y competencias mediante una serie de transacciones que les permitan lograr las metas establecidas concensuadamente” (Maldonado, 2007, citado en Ramírez y Rojas 2014, p.94).

3. El proyecto Frankenstein

El objetivo general del proyecto fue integrar conocimientos de ciencias, español e inglés, para la lectura crítica del texto Frankenstein de Mary Shelley. Para ello el estudiantado se organizó en grupos de 4 o 5 miembros, combinando así estudiantes de cada uno de los tres niveles de inglés. En total se formaron 11 grupos de trabajo que realizaron la lectura y análisis de la novela desde un tema asignado, para crear 3 productos finales: un artículo científico (incluyendo un abstract), un poster y un video de su presentación. El contexto jugó un rol determinante en el desarrollo del proyecto, pues como consecuencia de la pandemia la dinámica de trabajo tuvo que ser bimodal, dado que no toda la población estudiantil asistía a clases presenciales, así, mientras un grupo estaba trabajando de forma presencial, el otro estaba recibiendo clases virtuales por medio de la plataforma Zoom.

A continuación, se mencionan algunos de los temas asignados: El desarrollo de la bioética en sus inicios y su relación con la novela de Frankenstein; Análisis comparativo del método científico presente en la biotecnología con la metodología de Víctor Frankenstein; El galvanismo, sus rastros en la novela Frankenstein de Mary Shelley, y prácticas médicas actuales derivadas; Frankenstein y la naturaleza del monstruo: el dilema ético e implicaciones de la vida artificial; Termodinámica en los procesos biológicos de la criatura de Frankenstein; El arte de la anatomía humana: la confección de la criatura en

Frankenstein; y Correlación entre la ciencia y tecnología durante la Revolución Industrial, y evidencia de su impacto social en el siglo XIX mediante la observación de la obra Frankenstein o el moderno Prometeo por Mary Shelley.

La implementación del proyecto como estrategia didáctica incluyó las materias de ciencias como en las de letras, el estudiantado participó de conversatorios, lectura de artículos o noticias que dejaban en evidencia el impacto de la ciencia en la sociedad. Se asignaron videos expositivos sobre aspectos históricos y literarios, y los fenómenos naturales incluidos en la novela. Por ejemplo, se coordinó una charla llamada “La dama y el monstruo: Frankenstein en contexto”, impartida por un profesor de literatura de la Escuela de Lenguas Modernas de la Universidad de Costa Rica, con el fin de explicarles el contexto histórico en el que se escribió la novela, así como una presentación sobre “Ética y ciencia. El científico loco en la cultura y la historia” (a cargo de la profesora de español) y tres guías de lectura junto a la creación de una carpeta en Drive como espacio de trabajo colaborativo, en el que compartieron artículos científicos y crearon el documento escrito. También, se capacitaron en normas APA y técnicas de expresión oral y escrita.

En la materia de inglés, el estudiantado leyó la versión de Oxford resumida. Seguido del análisis de abstracts de temas relacionados y la revisión de instrucciones en la escritura de abstracts científicos por medio de videos. Al final, escribieron un abstract de práctica. También, se trabajó en la confección de un póster científico, guiado por docentes de inglés y de química. La entrega final se acompañó de un video grabado en la plataforma Zoom y de una discusión grupal. La idea era medir su conocimiento y a la vez hacerlos reflexionar sobre lo aprendido en el proyecto. Adicionalmente, se realizaron coevaluaciones y autoevaluaciones para involucrar al estudiantado en las reflexiones de su desempeño. Además, cada docente tuvo la oportunidad de hacer las evaluaciones a los productos creados y participaciones realizadas, para finalmente promediar una nota al final y dar retroalimentación sobre su experiencia.

4. Resultados

Un aspecto importante de analizar en este tipo de proyectos es la percepción del estudiantado. Cuando se les consultó sobre los aspectos que les había gustado del trabajo se destacó que el investigar y el proceso de búsqueda de información fue una de las prácticas que más les gustó, seguido de la mezcla entre la literatura y la ciencia en la lectura, donde tuvieron la oportunidad de vincular la ciencia ficción con temáticas de ética científica. También se tiene la interdisciplinariedad que, según el estudiantado, les permitió distribuir la carga de trabajo del semestre y participar de actividades más interactivas como lo fue la mesa redonda. Y el trabajo colaborativo, que por un lado les permitió tener espacios de interacción con sus compañeros y compañeras propiciando la integración del grupo en un momento de distanciamiento social. Según comentaron, las actividades les facilitó espacios para reforzar las habilidades para expresarse de forma oral y escrita en inglés como segunda lengua y en español. Así como fortalecer habilidades científicas en la síntesis de textos científicos a partir de la revisión bibliográfica y la interpretación de fenómenos naturales desde la narrativa de la novela.

Por otra parte, se analizaron los aprendizajes adquiridos durante el proceso tomando en cuenta el desarrollo de las habilidades blandas. El estudiantado mencionó aprender del trabajo en equipo, a desarrollar paciencia y empatía, a mantener canales de comunicación con los demás, y a liderar. Seguido por las técnicas de redacción y el análisis de textos científicos en ambos idiomas, unas técnicas enfocadas en textos más extensos y otras en resúmenes (abstracts). Uno de los estudiantes dijo "aprendí a sincronizar

mis ideas y detallar mis conocimientos" y otro mencionó "...creo que lo que pude haber aprendido más fue el desarrollo de habilidades comunicativas".

En el caso de la coordinación de grupo, lo más relevante fue poner en práctica una organización de horarios y tareas por realizar para cada miembro del grupo. Muy similares fueron las respuestas asociadas a la elaboración del póster científico, que juega un rol importante en la presentación de los resultados del trabajo.

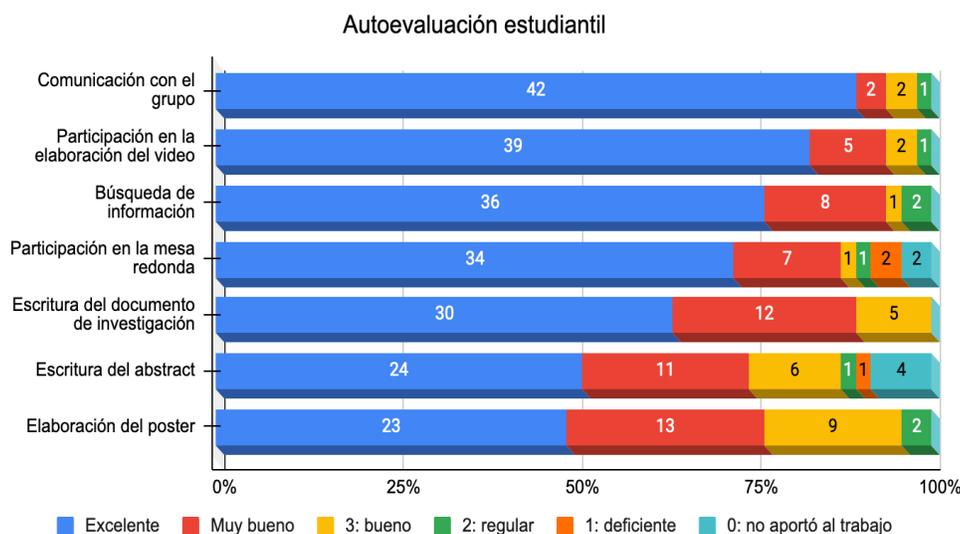
Por último, se mencionó la abstracción literaria como un aspecto de aprendizaje, tal y como lo expresó un estudiante "...pienso que la capacidad de abstracción también se logró trabajar, ya que para relacionar la obra de Frankenstein con los temas propuestos (todos relacionados estrechamente con la ciencia) se necesitó analizar la obra muy a fondo y encontrar esa relación para así ejecutar el trabajo".

Con respecto a la autoevaluación, este fue un componente importante del proceso evaluativo, ya que le permitió al estudiantado reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje, fortaleciendo el desarrollo de habilidades blandas (OECD, 2021). Este proceso de reflexión sobre el propio aprendizaje fue muy relevante, principalmente porque era la primera vez que se implementa en la institución.

Según los resultados del gráfico de la figura 2 una cantidad significativa del estudiantado se calificó entre los criterios de excelente, muy bueno y bueno en todas las actividades realizadas. El aspecto de participación en la mesa redonda contó con 2 de estudiantes en el criterio de deficiente y 2 estudiantes en el criterio de no aportó en el trabajo.

Figura 2

Resultados de las autoevaluaciones realizadas por el estudiantado una vez finalizado el proyecto.



Esto concuerda con las dificultades señaladas por el estudiantado relacionado con la claridad en las instrucciones y el manejo de la información, y que no les permitiera tener una mejor percepción de su propio desempeño en estas actividades. Por último, el aspecto de la escritura del abstract contó con 1 de estudiante en el criterio de deficiente y 4 estudiantes en el criterio de no aportó en el trabajo, acorde a los datos que reflejan una dificultad con el dominio del idioma, que interfiere en la participación y autopercepción del estudiantado.

Seguidamente, es importante describir los retos enfrentados. Por ejemplo, las instrucciones en ciertos momentos no fueron lo suficientemente claras y presentaron algunas incongruencias de interpretación por parte de los docentes. También, se mencionaron aspectos de tiempo, liderazgo, manejo de información, entre otras, relacionado con la coordinación de tareas. Según uno de los estudiantes el reto estuvo en “llevar control del avance de cada compañero del grupo, para evitar que se edite parte del trabajo terminado”, el trabajar en la redacción con compañeros con menos experiencia (recuerde que tenemos estudiantes de décimo y undécimo en cada grupo) y el seleccionar a la persona líder idónea en el grupo. Por último, el inglés fue un reto ya que a pesar de que los grupos se seleccionaron con base a su dominio del idioma, no todos lograron aportar con la misma fluidez y comprensión de las ideas.

A pesar de los retos también se identificaron aspectos que, por otra parte, les permitió fortalecer otras habilidades y realizar otras actividades. Tales como:

- Permitir la distribución de la carga académica a través de espacios de clase para trabajar el proyecto y la extensión de plazos.
- Fortalecer habilidades tales como la organización del trabajo en equipo, la elaboración y presentación de trabajos escritos formales y la adquisición de vocabulario en el idioma inglés.
- Generar discusión y reflexión en torno a los acontecimientos dentro de la narrativa y su traslación con la ciencia del momento y su contraste con la ciencia actual.
- La guía docente se distribuyó de forma equitativa, lo que facilitó la ayuda para aclarar dudas en relación con el proyecto.

5. Conclusiones y recomendaciones

Una vez finalizado el proyecto los resultados evidenciaron que, a pesar de algunas dificultades enfrentadas, el proyecto fue una forma de incentivar en la población estudiantil el trabajo colaborativo y la investigación científica por medio de la literatura de ciencia ficción. No obstante, hay que considerar que solo unos pocos estudiantes expresaron tener un gusto por expresarse en un segundo idioma. Esto podría deberse a niveles dispares de competencia de una segunda lengua que afectaron el proceso de colaboración. Por su parte, se concluye que la dinámica del proyecto propuesto favoreció el desarrollo de habilidades blandas asociadas al trabajo en equipo, puesto que el estudiantado debía tener paciencia, empatía, una distribución equitativa de tareas y canales de comunicación efectivos para con el resto del estudiantado. De forma que la síntesis de ideas extraídas de los recursos consultados los llevara a generar un artículo científico que cumpliera con los estándares solicitados.

Otro aspecto importante de mencionar con relación al proyecto es el papel de la ciencia ficción en la enseñanza y aprendizaje asociado a un fenómeno natural. Según Bogdan (2020) la ciencia tiene una implicación social asociada que constituye “aquellas actitudes hacia los beneficios sociales y los problemas relacionados con la ciencia y el progreso científico” que le permite al estudiantado comprender los aportes de la ciencia a la sociedad (p. 3). En este sentido, la novela permite despertar la curiosidad por esclarecer la veracidad de los fenómenos naturales introducidos en la historia, que se desarrolla en un contexto histórico de la ciencia colmado de concepciones erróneas. Lejos de generar

conocimiento ingenuo sobre los fenómenos naturales asociados, el trabajo investigativo del estudiantado les permitió comprender de una forma objetiva y científica la descripción apropiada del fenómeno desde los fundamentos científicos validados. Además, les dio la oportunidad de analizar la propia evolución del conocimiento científico al contrastar las creencias introducidas en la novela, que ejemplificaba de cierta forma las creencias científicas de la época, con la construcción de conocimiento científico actual.

Después de la aplicación del proyecto fue posible identificar una serie de aspectos que le podrían brindar una base al grupo docente que desee realizar un proyecto piloto de esta naturaleza. A continuación, se citan estas recomendaciones:

- Elaborar un único documento escrito que detalle las instrucciones, las partes del trabajo, los porcentajes y las fechas aproximadas de entrega.
- Organizar una reunión para explicar las instrucciones del proyecto, en la que estén presentes docentes y estudiantes. Es preferible tener una grabación, para que docentes y estudiantes puedan retomarla en el proceso.
- Explicar la intencionalidad de la autoevaluación y la coevaluación, ya que no necesariamente es un tipo de evaluación que domine el estudiantado. Siendo importante recalcar la necesidad de la objetividad de estas.
- Hacer una motivación inicial que prepare a los estudiantes para trabajar en equipos de forma colaborativa, ya que esta cohesión y comunicación es un pilar fundamental de estos trabajos.

Finalmente, se recomienda empezar con proyectos sencillos y cortos, que involucren no más de tres materias. De esta forma, la organización se vuelve más manejable y le puede brindar al grupo docente un punto de partida para futuros proyectos.

Agradecimientos

Se agradece a los docentes José Rafael Arce Gamboa y Carlos Arias Álvarez por ser parte esencial del equipo de trabajo. Se agradece al ejecutivo institucional Arturo Vargas Herrera y al personal administrativo por la oportunidad de desarrollar un proyecto de estas características. Un especial agradecimiento al estudiantado de décimo y undécimo del 2021 por su esfuerzo y dedicación al proyecto.

Referencias bibliográficas

- Bogdan, R. (2020) Comprensión de aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia y valoración de su dimensión social. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(2), 2303. Doi: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i2.2303
- Chacón, M.; Chacón, C. y Alcedo, Y. (2012). Los proyectos de aprendizaje interdisciplinarios en la formación docente. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(54),877-902. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14023127009>

- Granado-Alcón, M. del C., Gómez-Baya, D., Herrera-Gutiérrez, E., Vélez-Toral, M., Alonso-Martín, P., y Martínez-Frutos, M. T. (2020). *Project-Based Learning and the Acquisition of Competencies and Knowledge Transfer in Higher Education*. *Sustainability*, 12(23), 10062. <http://dx.doi.org/10.3390/su122310062>
- Grupo Anaya (2017). *Orientaciones para desarrollar un proyecto interdisciplinar. El agua: un recurso natural*. Anaya Bachillerato. <http://conexiones.dgire.unam.mx/wp-content/uploads/2017/09/Orientaciones-para-desarrollar-un-proyecto-interdisciplinar.pdf>
- Majó, F. y Baqueró, M. (2014). *8 Ideas Claves-Los proyectos interdisciplinarios*. Editorial GRAÓ.
- OECD. (2021). *OECD Skills Outlook 2021: Learning for Life*. OECD Publishing <https://doi.org/10.1787/0ae365b4-en>
- Ortiz, D. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, (19), 93-110. Doi: 10.17163/soph.n19.2015.04
- Ramírez, E. y Rojas, R. (2014). El trabajo colaborativo como estrategia para construir conocimientos. *Revista de Antropología y Sociología: Virajes*, 16(1), 89-101. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/virajes/article/view/1001>
- Spelt, E. J. H., Biemans, H., Tobi, H., Luning, P. A., y Mulder, M. (2009). Teaching and Learning in Interdisciplinary Higher Education: A Systematic Review. *Educational Psychology Review*, 21(4), 365-378. https://www.researchgate.net/publication/226190834_Teaching_and_Learning_in_Interdisciplinary_Higher_Education_A_Systematic_Review

Genética y perspectiva de género: una mirada desde la voz de una científica costarricense

María Luisa Gamboa Gamboa
Universidad de Costa Rica,
Costa Rica
marialuisa.gamboa@ucr.ac.cr

Allison González Martínez
Universidad de Costa, Costa Rica
Ricaallison.gonzalezmartínez@ucr.ac.cr

Daniela Retana Fallas
Universidad de Costa Rica,
Costa Rica
daniela.retanafallas@ucr.ac.cr

Resumen: Se realiza una investigación acerca de la representación de la mujer científica en la educación secundaria y su visibilización basándonos en el segundo eje temático del plan curricular para ciencias en séptimo nivel que refiere a los y las científicas costarricenses. Con el objetivo de recopilar el trabajo de una científica costarricense se diseña una narrativa como técnica didáctica acerca de la historia de vida de Henriette Raventós Vorst, tomando su aporte en la investigación de la “Sordera de los Monge en Cartago”. Esta narrativa se emplea como introducción a la importancia de la genética y su relación con la sociedad, a partir de ahí se desarrollan una serie de estrategias didácticas sobre la ciencia y la perspectiva de género para develar las construcciones de los y las estudiantes y promover la equidad de género. Todo esto se desarrolla bajo el marco teórico de STEAM y sTc.

Palabras clave: genética, perspectiva de género, enseñanza de las ciencias

1. Introducción

Históricamente las mujeres han sido excluidas de los espacios de producción y de difusión científica. La ciencia es una institución social y en su contexto se evidencian las relaciones de poder, por lo que los estereotipos de género están presentes (Urteaga, 2010). Esto ha llevado a que el conocimiento científico de las mujeres y sus descubrimientos hayan sido invisibilizados, impedidos y desconsiderados. Esta ausencia de conocimiento acerca de sus aportes es la evidencia de una práctica de exclusión de las mujeres en la visión del mundo (Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2003; Rebollo et al., 2009; López-Navajas, 2014; Mulero-Martí y Martín-Alonso, 2020), y el ámbito educativo no es la excepción.

Hay presencia limitada de mujeres como referentes en la enseñanza de la ciencia, lo cual perpetúa las desigualdades de género desde las aulas. Por tanto, que la educación las incluya es una tarea de justicia social y de derechos humanos (Escudero-Cid et al., 2011; López-Navajas 2012; Camacho, 2018; Guevara-Ruiseñor y Flores-Cruz, 2021; López-Miranda, 2021).

La integración de mujeres y hombres de manera equitativa debe ser favorecida por la educación, en la que ambos géneros puedan tener igualdad de oportunidades para su desarrollo social y profesional (Alvarado-Rivera et al., 2017). Ya que, distintos juicios de valor discriminatorios contra la mujer empañan y minimizan su papel en la ciencia (Villamor-Iglesias, 2017). Por lo cual, no se deben de

replicar los sesgos de género que invisibilizan, excluyen o discriminan a las jóvenes (Guevara-Ruiseñor y Flores-Cruz, 2020). Así entonces, incentivarlas en vocaciones científicas y motivarlas a estudiar carreras STEM (Guevara-Ruiseñor y Flores-Cruz, 2020; Oliveros-Ruiz, 2021).

En la actualidad, hay muchas mujeres científicas, pero se mantienen algunas barreras que deben superar (Escudero-Cid et al., 2011; Caicedo et al., 2021). Por consiguiente, hay que incluir un nuevo enfoque de los contenidos de genética, que contribuyan una educación con perspectiva de género (Camacho, 2018).

Algunas propuestas disciplinares hacen uso de textos para visibilizar mujeres científicas, mediante el planteamiento de enfoques interdisciplinarios de la historia de la ciencia, para enseñar las aportaciones científicas de las mujeres (Sáenz-Bondía y Clavero-Pagés, 2016; Solís-Espallargas, 2018). Y más específicamente, en el área de la genética, al revisar las propuestas didácticas se evidencia que se han realizado diversas investigaciones educativas a nivel internacional, planteando una educación científica y tecnología contextualizada, incluyendo elementos sociales, políticos y teóricos (Vilouta-Rando & Porro, 2016; Domènech-Casal, 2017). No obstante, el panorama no es el mismo a nivel nacional, pues este tipo de investigaciones en el país han sido prácticamente nulas.

Con el objetivo de romper con los estereotipos relacionados al papel de la mujer en la ciencia y visibilizar algunos de sus aportes, se propone crear una narrativa de la costarricense Henriette Raventós Vorst tomando como referencia su historia de vida y sus aportes científicos. Esta propuesta se desarrolla bajo el modelo pedagógico del Constructivismo sociotransformativo, pues busca desarrollar e implementar enseñanzas y evaluaciones transformativas (Rodríguez, 2020). Por otro lado, mediante la incorporación de narrativas sobre biografías de científicas, se puede incluir la perspectiva de género, para que las estudiantes se sientan identificadas para construir su personalidad, y que aprendan otro tipo de ciencia (Solís-Espallargas, 2018), al mismo tiempo que se aprovechan los beneficios del uso de la narrativa en la enseñanza.

2. Referentes teóricos

Para integrar la perspectiva de género y la genética mediante el desarrollo de una unidad didáctica, se tomaron en cuenta los referentes teóricos que se presentan a continuación.

2.1. Socioconstructivismo transformativo

El Socioconstructivismo transformativo (sTc por sus siglas en inglés) hace uso de una educación transcultural crítica y el constructivismo social, para enseñar para la diversidad. Por lo que propone el uso de metodologías inclusivas, relevantes a nivel social y cultural, tomando en cuenta aspectos como el contexto social, histórico e institucional y la manera en que estos tienen influencia en el aprendizaje de los estudiantes (Rodríguez, 2020).

En este punto es necesario aclarar dos teorías importantes, la educación transcultural crítica y el constructivismo social. La educación transcultural crítica propone implementar políticas, estrategias de

enseñanza, currículo y evaluación transformativas que permitan oportunidades equitativas en las que cualquier estudiante, independientemente de su nivel, pueda alcanzar el éxito (Rodríguez, 2020). Por otro lado, para el constructivismo social, el desarrollo cognitivo del estudiantado no tiene un enfoque individuo-ambiente. En su lugar, considera la relación individuo-ambiente e integra la realidad construida a partir de quienes rodean al individuo, es decir, tiene influencia de la sociedad a su alrededor (Cubero-Pérez, 2005).

El sTc integra cuatro elementos principales con el objetivo de ayudar a las personas estudiantes a aprender de maneras distintas. Estos son la conversación dialógica, la actividad auténtica, la metacognición y la reflexividad. El uso de estos elementos busca entender las expresiones de otras personas, realizar actividades prácticas relacionadas con la vida del estudiantado que estimulen la mente, tener conciencia y control del aprendizaje, y reflexionar cómo la cultura, el nivel socioeconómico y el origen étnico tienen influencia en dicho aprendizaje (Rodríguez, 2020).

2.2.Perspectiva género

Se refiere a la manera y mecanismo que nos permiten identificar, cuestionar y medir la discriminación, desigual y exclusión relacionada con el género. Cuestiona los roles que se asignan de acuerdo a sexo biológico y los estereotipos con los que se es criado. Tiene como fin, crear las condiciones de cambio que ayuden a alcanzar la igualdad y equidad de género (UNICEF, 2018).

2.3.El uso de la narrativa en la Enseñanza de las Ciencias

El concepto de narrativa se refiere a relatos cortos que involucran a seres humanos o animales humanizados, en los que hay un comienzo, un medio y un fin unificados por varios eventos que se muestran de manera organizada (Gudmundsdottir, 1995). El uso de la narrativa como recurso didáctico en las clases de ciencias representa una oportunidad para presentar ciertos contenidos de manera más agradable para las personas estudiantes. Especialmente aquellos contenidos en los que se presentan fenómenos históricos complejos.

Una narrativa puede ser mejor comprendida, que un contenido meramente textual, ya que la experiencia humana se configura en hechos vividos y se relacionan directamente con la experiencia (Adúriz-Bravo y Revel-Chion, 2016). De esta manera, será más fácil para las personas estudiantes relacionar la historia contada, con alguna experiencia personal o imaginando lo que sucede mientras se relata, que leer textos biográficos con hechos y fechas aisladas.

3. Nivel alcance

La propuesta se desarrolla tomando como referencia la malla curricular para Ciencias en el III ciclo de Educación Diversificada, específicamente para el nivel de séptimo año en el criterio de evaluación “Describir los aportes de los(as) científicos(as) costarricenses al mejoramiento de la calidad de vida, destacando los beneficios del trabajo sistemático de las actividades científicas en general” (Ministerio de Educación Pública, 2017).

Se toma como referencia las actividades propuestas por el Ministerio de Educación Pública para este tema, pero se busca que la persona estudiante aprenda mejor acerca de los aportes que hacen las personas científicas de nuestro país. Por esto, es que se utiliza la propuesta de una narrativa como herramienta de enseñanza y aprendizaje. Así como realizar experimentos, que hacen que el estudiantado pueda tener una mejor comprensión del tema y que este sea más significativo. Por lo que el nivel de alcance hace referencia al grado de complejidad y profundidad se va tratar y al tratarse con un grupo de séptimo nivel, el grado de complejidad es inicial.

Para el desarrollo de la unidad didáctica se busca mostrar el papel de la mujer en la ciencia al presentar una narrativa acerca de la historia de vida de una científica costarricense, y a partir de esta desarrollar una serie de actividades que permitan integrar los distintos elementos del sTc. El cual se integra al mostrar el papel de la mujer en la ciencia y sus logros y contrastarlo con el rol que le es socialmente asignado, cómo esto puede condicionar las decisiones de aquellas mujeres que quieren dedicarse a la ciencia pero no lo hacen influenciadas por estereotipos de la sociedad.

Se integran aspectos como la reflexividad, la metacognición y la conversación dialógica al promover la discusión grupal respetuosa, en la que los estudiantes puedan compartir sus percepciones sobre el tema y escuchar las ideas compartidas por sus compañeros y compañeras.

4. Narrativa acerca de la historia de vida y aportes a la ciencia de Henriette Raventós Vorst

Cuando San José aún era rural y respiraba aire fresco, Henriette salió de su casa a jugar como de costumbre. Mientras jugaba cerca de un río, observó algo moverse en el agua y la invadió un sentimiento de curiosidad. Esa curiosidad que nos lleva a preguntarnos cómo funciona el mundo que nos rodea. Pero Henriette no sólo se preguntó qué eran aquellos renacuajos que veía en el agua, sino que fue a su casa por un frasco y regresó al río para capturarlos. Durante algunos días, pudo observar la metamorfosis de los renacuajos en el frasco y el día que se transformaron finalmente en ranas, los regresó al río.

Esa curiosidad y ansias de conocer, siempre han acompañado a Henriette durante su vida. Por lo que las clases de ciencias en la escuela y el colegio le gustaron mucho. Pero su profesor era muy peculiar, ya que les llevaba material para experimentar en el aula. Un día les llevó a clases un frasco de vidrio con un contenido misterioso. ¿Cuál era ese contenido? ¡Un ojo de vaca! De esta forma, pudieron realizar un estudio detallado del ojo, observando sus partes y despertando su curiosidad por la ciencia.

No obstante, quizás un poco influenciada por las profesiones de sus papás y sus hermanos y hermanas, entró a la universidad a estudiar antropología. Pero muy en el fondo su curiosidad y gusto por la ciencia seguían ahí, es por eso que decide cambiar de carrera y estudiar medicina. Henriette no tuvo mayores problemas académicos para cursar la carrera de medicina, y gracias a su esfuerzo y dedicación obtuvo el reconocimiento como mejor promedio de su generación.

Sin embargo, tuvo que enfrentarse a otro tipo de dificultades. Una de ellas fue el reto de ser una mujer científica en un ambiente liderado principalmente por hombres, y en una sociedad en la que la mujer debe dedicarse a atender el hogar, al esposo, y a los hijos.

Mientras realizaba su tesis, ya estaba casada y tenía a sus hijos, y además debía viajar constantemente al extranjero para poder avanzar en la investigación. Por lo que dejaba a sus hijos al cuidado del papá y las abuelas, entonces la gente la veía a ella como una mala mamá. Un día tenía una reunión muy importante por la que había esperado mucho tiempo, y justo cuando la reunión estaba por comenzar, recibe una llamada de la escuela: “su hija mayor tuvo un pequeño accidente y se quebró un brazo, necesitamos que venga por ella”.

Ella no podía ir en ese momento a la escuela, por lo que les responde que llamen a su esposo, al fin y al cabo, él también es médico y podrá hacerse cargo de la niña sin ningún problema mientras ella termina la reunión. Esto la hizo quedar ante la escuela como la peor mamá.

Pero pensemos un poco... ¿Qué sucede si es el padre quien tiene que viajar por semanas y dejar a la familia? ¿Qué habría pasado si llaman al papá para que vaya con sus hijos a la escuela y este no puede ir por una reunión de trabajo? ¿Se le considera acaso como un mal papá?

Por otro lado, en el ámbito científico no siempre recibió la importancia que merecía su opinión profesional. Por el simple hecho de ser mujer tenía que esforzarse más para ser escuchada. En los congresos tenía que ir a donde iban los hombres, para estar enterada de las decisiones importantes, así fueran sitios que no eran de su agrado. En fin, tuvo muchas veces que buscar la manera de que su voz fuera realmente escuchada.

Fue en la década de 1970 que un grupo de doctores, estudiantes e investigadores comenzaron a estudiar un caso particular sobre la sordera en una familia. Por lo que reunieron información, hablaron con las familias, hicieron exámenes y demás para lograr comprender este padecimiento.

Al ser un caso que presenta características como ser familias numerosas, un antepasado común sordo, con una forma de herencia definida, llevó a Henriette a realizar su maestría en genética localizando cromosómicamente el gen que produce la “Sordera de los Monge”. Para esto realizaron diferentes pruebas y exámenes, como pruebas auditivas y toma de material genético a miembros de estas familias que padecían de la sordera y que tuvieran un deterioro profundo en la audición. Finalmente, después de varios años de investigación y dedicación, Henriette logró encontrar y describir la ubicación del gen en el cromosoma que produce este padecimiento.

Investigaciones como esta, le han permitido a Henriette consolidar una exitosa carrera científica, dando un aporte enorme a la investigación genética en nuestro país y en el extranjero, siendo una excelente educadora universitaria y un gran ser humano.

5. Conclusiones

Las personas educadoras de la asignatura de ciencias, están obligadas a cumplir con las demandas neoliberales que promueven las suposiciones de la cultura dominante, misógina y hegemónica de la producción del trabajo científico (Wallace, 2018). Por lo que este ejemplo de investigación educativa innovadora, en el que se pone en práctica el enfoque sociotransformativo, proporciona el marco teórico

para crear una transformación en la educación científica, con el fin principal de mejorar las experiencias educativas de las personas jóvenes desde el desarrollo del enfoque de género (Rodríguez & Morrison, 2019).

Como personas investigadoras, tenemos el papel receptivo y el deber de ayudar a lograr un cambio social positivo y transformador (Rodríguez & Morrison, 2019), por lo que se nos alienta a centrar nuestras investigaciones científicas en narrativas de activismo, haciendo así un análisis más representativo y equilibrado de los desafíos y éxitos de la enseñanza y el aprendizaje en escuelas culturalmente diversas e inclusivas. Esto permite promover el activismo y compromiso sociopolítico dentro de la teoría, investigación y la práctica de la ciencia educativa, favoreciendo la continua actividad reflexiva en la práctica investigativa y en los procesos educativos (Tolbert y Bazzul, 2017).

Sin embargo, hay que destacar que, en la investigación educativa, nuestro trabajo investigativo tiene diversas implicaciones que hay que considerar. Las cuales pueden llegar a influenciar en la cultura de enseñanza y aprendizaje, ya sea reproduciendo los modelos tradicionales o innovando para mejorar la calidad educativa científica (Rodríguez, 2001). Además, la investigación científica está directamente vinculada en las culturas y las relaciones sociales y como consecuencia de esto, no es un campo de práctica e investigación políticamente neutral, influenciado en la realidad en la que está inmersa (Bazzul, 2015).

Esta investigación es planteada desde un modelo crítico. En la cual, se discute el por qué se debe abordar la equidad, la diversidad cultural y la justicia social, con perspectiva de género (Rodríguez & Morrison, 2019). De forma que, sea posible brindar eventuales alternativas educativas, a las profundas desigualdades sociales (Conde-González, 2014), porque la educación realmente inclusiva, equitativa y de calidad para todas las personas es un derecho fundamental, base de una sociedad más justa y de bienestar, tanto individual, como comunal (Urrutxi et al., 2021).

Finalmente, para el uso de esta narrativa como recurso didáctico, se aconseja la aplicación de la narrativa con personas estudiantes de décimo nivel. Ya que, tendrán los conocimientos previos en relación con los conceptos de genética que se abordarán (Díez-Escribano, 2009). También se recomienda realizar un acercamiento con el grupo de personas estudiantes, previo a la implementación de la unidad didáctica, debido a que los objetivos que se persiguen en la investigación educativa, sólo se pueden ser alcanzados con cooperación (Azis dos Santos, 2019).

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo constante de Marianela Navarro Camacho y las enseñanzas de Alberto J. Rodríguez. A Aidalina Azofeifa Ortega por su cooperación con la investigación y sus consejos. Y especialmente a Henriette Raventós Vorst por inspirarnos y compartir con nosotras su historia.

Referencias bibliográficas

Adúriz-Bravo, A., y Revel-Chion, A. (2016). El Pensamiento narrativo en la enseñanza de las ciencias. *Inter-Ação*, 41(3), 691–704. <http://dx.doi.org/10.5216/ia.v41i3.41940>

- Alvarado-Rivera, A., Contreras-Hernández, H., & Vargas-Fuentes, J. (2017). Equidad de género en la educación. Nuevo reto de la formación profesional en el siglo XXI. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, (3), 1-25.
- Aziz dos Santos, C. (2019). *La construcción de relaciones de confianza y su evaluación: Desafíos y oportunidades para el fortalecimiento de la educación pública en Chile*. Nota Técnica N° 4. Líderes Educativos, Centro de Liderazgo para la Mejora Escolar.
- Bazzul, J. (2015). Towards a Politicized Notion of Citizenship for Science Education: Engaging the Social Through Dissensus. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 15(3), 221-233.
- Caicedo-Ortiz, H.E., Santiago-Cortés, E., y Parra-Álvarez, M.Á. (2021). Productividad e igualdad de género en redes de colaboración científica. *Saber, Ciencia y Libertad*, 16(2), 216-230.
- Camacho, J. (2018). Educación científica no sexista. Aportes desde la investigación en Didáctica de las Ciencias. *Nomadías*, 25, 101-120.
- Conde-González, F. G. (2014). Desigualdad, discriminación y pedagogía de la igualdad. *Actualidades Investigativas en Educación*, 14(1), 1-20.
- Cubero-Pérez, R. (2005). Elementos básicos para un constructivismo social. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 23, 43-61.
<https://revistas.urosario.edu.co/index.php/apl/article/view/1240/1106>
- Díez-Escribano, D. (2009). Aprendizaje significativo del concepto de gen entre estudiantes de biología. OPEL-IPC Venezuela. Enseñanza de las ciencias: *Revista de investigación y experiencias didácticas*, N° Extra, 313-316.
- Domènech-Casal, J. (2017). Propuesta de un marco para la secuenciación didáctica de Controversias Socio-Científicas. Estudio con dos actividades alrededor de la genética. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 601–620.
- Escudero-Cid, R., Cid-Manzano, C., & Escudero-Cid, M. (2011). Ciencia en femenino: The feminine face of Science. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(3), 269-280.
- Guevara-Ruiseñor, E. S., y Flores-Cruz, M. G. (2021). De la enseñanza de la ciencia a la educación científica de las niñas con una perspectiva de género. *GénEros: Revista de investigación y divulgación sobre los estudios de género*, 27(28), 91–116.
- Gudmundsdottir, S. (1995). La naturaleza narrativa del saber pedagógico sobre los contenidos. En H. McEwan & K. Egan (Eds.), *Narrativa en la enseñanza, el aprendizaje y la investigación* (pp. 52-71). Teachers College Press.
https://www.dgeip.edu.uy/IFS/documentos/2014/actualizaciondocente/bibliografia/NARRATIVA_MC_EWAN_EGAN.pdf
- López-Miranda, C. E. (2021). Mujeres, Género Y Ciencias: ¿Un Sexismo Moderno?. *Revista de Estudios de Género: La Ventana*, 6(54), 366-379.

- López-Navajas, A. (2014). Análisis de la ausencia de las mujeres en los manuales de la ESO: Una genealogía de conocimiento ocultada. *Revista de Educación*, 363, 282-308.
- Manassero-Más, M. A., y Vázquez-Alonso, A. (2003). Los estudios de género y la enseñanza de las ciencias. *Revista de educación*, 330, 251-280.
- Ministerio de Educación Pública. (2017). *Programa de Estudio de Ciencias de Tercer Ciclo de Educación General Básica*. <https://bit.ly/3GXwdIE>
- Mulero-Martí, M. L., y Martín-Alonso, A. (2020). Reversión de los estereotipos de género en torno a la ciencia. Innovación en la enseñanza frente a los estereotipos de género sobre la ciencia. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (38), 81-96.
- Oliveros-Ruiz, M. A. (2021). Panorama of teaching in higher education institutions under science, technology, engineering and mathematics (STEM) programs. *Revista Científica*, 40(1), 2-12.
- Rebollo, M. A., García, R., Vega, L., Buzón, O., y Barragán, R. (2009). Género y TIC en Educación Superior: recursos virtuales no sexistas para el aprendizaje. *Culture and Education*, 21(3), 257-274. <https://doi.org/10.1174/113564009789052316>.
- Rodríguez, A. J. (2001). Sociocultural Constructivism, Courage, and the Researcher's Gaze: Redefining Our Roles as Cultural Warriors for Social Change. Counterpoints. En *Counterpoints: Teaching science in diverse settings: marginalized discourses and classroom*, 150, 325-350.
- Rodríguez, A. J. (2020). *Constructivismo sociotransformativo: ¿Qué es y cómo puedo usarlo en mi salón de clases?*. Universidad de Houston.
- Rodríguez, A. J. y Morrison, D. (2019). Expanding and enacting transformative meanings of equity, diversity and social justice in science education. *Cultural Studies of Science Education*, 14, 265-281.
- Sáenz-Bondía, M. J., y Clavero-Pagés, N. (2016). Hipatia de Alejandría: La Dama de las Ciencias. Una propuesta interdisciplinar en primaria a través del uso de textos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 13(3), 628-642.
- Sólis-Espallargas, C. (2018). Inclusión del enfoque de género en la enseñanza de las ciencias mediante el estudio de biografías de mujeres científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 3602.
- Tolbert, S., y Bazzul, J. (2017). Toward the sociopolitical in science education. *Cultural Studies of Science Education*, 12(2), 321-330.
- UNICEF. (2018). *Comunicación, infancia y adolescencia: Guía para periodistas*. Perspectiva de Género. <https://uni.cf/3H7qPN2>
- Urrutxi, L. D., Álvarez-Rementería, M., Álvarez-Sáez, I. A. y Arizti, N. B. (2021). Voluntad política a favor de la educación inclusiva y equitativa: Inicios y desarrollo analizado de su significado. *Education Policy Analysis Archives*, 29(64), 1-22. 10.14507/epaa.29.4976

- Urteaga, E. (2010). Ciencia y género. *Clepsydra: Revista de Estudios de Género y Teoría Feminista*, (9), 121-132.
- Villamor-Iglesias, A. (2017). Vista de García Dauder, S.; Pérez Sedeño, E.: Las ‘mentiras’ científicas sobre las mujeres. *Revista de Filosofía*, 56, 333-336.
- Vilouta-Rando, N., y Porro, S. (2016). Análisis de una asignatura para la educación CTS: Biología, Genética y Sociedad. *Indagatio Didactica*, 8(1), 1426-1437.
- Wallace, M. (2018). Un/Making Science People: Practicing Ethicopolitical Hesitations in Science Education. *Cultural Studies of Science Education*, 13, 1049–1060.

Insubordinate and Creative Reflections on the Ethnomathematics as a Program

Milton Rosa

Universidade Federal de Ouro Preto, Brazil

milton.rosa@ufop.edu.br

Daniel Clark Orey

Universidade Federal de Ouro Preto, Brazil

oreydc@ufop.edu.br

Summary. A dilemma in mathematics education is related to its bias against a local cultural mathematical orientation in most research paradigms. Thus, a search for innovative methodologies as found in ethnomathematics is necessary to record historical forms of mathematical ideas, procedures, techniques, strategies, and practices developed to be applied in diverse cultural contexts. Yet, ethnomathematics is not an attempt to replace global school/academic mathematics, however, at the same time, it is necessary to acknowledge the existence of local mathematical knowledge as well as its dialogic approach. In this context, the insubordination as triggered by ethnomathematics is creative and it evokes a disturbance that causes a review of rules and regulations in the mathematics curriculum process by applying an ethnomathematical perspective in the development of this approach.

Keywords. Creative Insubordination, Ethnomathematics, Pedagogical Action, Program, Reflections.

1. Initial Considerations

Ethnomathematics as a research program arose in opposition to a dominant Eurocentric discourse in Mathematics Education, which is emphasized in most textbooks and school curricula. Much of this was developed by colonizing countries and imposed on local communities during the process of colonization, and forms what we now call *academic mathematics*. This context allowed the emergence of Ethnomathematics as a research program that was against the Eurocentric discourse imposed by the colonial powers in the conquest process of their colonies. For example, Rosa and Orey (2015) state that “there is a need to challenge the view that members of local and distinct cultural groups only developed simplistic techniques for solving problems” (p. 133) faced daily.

Thus, the emergence of an Ethnomathematics as a program can be interpreted as a reaction to a certain cultural imperialism, which spread around the world with the expansion of the great navigations from the fifteenth century (D’Ambrosio, 1990). This reaction is related to the concepts of creative insubordination⁶ (Crowson & Morris 1982), responsible subversion (Hutchinson 1990), or positive deviation (Zeitlin, Ghassemi, & Mansour 1990), which are equivalent as they relate to the flexibility of rules and regulations to achieve the welfare of members of distinct cultural groups. However, in this

⁶The concept of creative insubordination was elaborated by Crowson and Morris in 1982 to describe how school administrators (principals and vice-principals) circumvent or make rules and institutional norms flexible to better serve the needs of their students, teachers and parents. These professionals use alternative and creative ways so that they can reach good results for the common good of the school community through the adoption of anti-bureaucratic behaviors. However, it is important to highlight that the concept of creative insubordination arose in the 1970s, aiming to make positive changes in public health policies by applying practices developed by the members of local cultural groups. Although most of the research and investigations carried out were related to nursing practices and in the management of school systems, this approach can also be applied in any oppressive system such as education.

chapter we use the concept of creative insubordination, whose amplitude embraces innovative solutions in the Ethnomathematics research and its pedagogical action.

In this context, Ethnomathematics can be considered as an insubordinate and creative program because it caused the disruption of the existing order in the academic mathematics by developing the study of ideas, procedures and mathematical practices that are found in various and specific cultural contexts (Rosa & Orey 2015). In this regard, this program broke the rules and bureaucratic rules of academic mathematics in order to recognize different ways and value diverse modes of producing mathematics in other cultures.

According to Rosa and Orey (2015), the insubordination triggered by this program is creative because it initiated a disturbance that caused a *new look*, indeed a review of rules and regulations in the academic mathematical knowledge system by increasing the potential for growth and the emergence of new opportunities for the discussion of the nature of mathematics. In other words, the creative insubordination of this program contributed to the confrontation of the taboo related to mathematics as a universal field of study without traditions and cultural roots.

2. Aspects of Creative Insubordination in Investigations in the Ethnomathematics Program

Investigations in Ethnomathematics revealed the cultural influence in the evolution of mathematical knowledge through the study of historical accounts, which helped the analyses of ideas, procedures and mathematical practices developed locally (Orey, 2000), which aimed to deconstruct dominant mathematical discourse by offering innovative views about the nature of this knowledge. In this sense, the creative insubordination was used in this process because the norms and rules used in academic mathematics are inconsistent with the mathematical knowledge developed in terms of the local reality.

It is important to emphasize that many criticisms were directed towards research in Mathematics Education that ignored the connection between mathematical academic knowledge and practices developed by the members of distinct cultural groups. Thus, to reduce the gap between the theoretical and the practical mathematical knowledge, there is a need for investigators to query possible connections between mathematical knowledge developed in a particular cultural context and that practiced in the academy. It is also important that the results of these investigations show that mathematical knowledge developed locally is worthy of recognition and appreciation by the members of the academic community (Rosa, 2010).

The creative insubordination aspect of an ethnomathematics as a program recognizes the uniqueness of the members of distinct, mostly local, cultural groups by emphasizing their mathematical knowledge systems, showing them in a dynamic way, and valuing them on their own terms and contexts (Rosa & Orey, 2007). It is important that investigations in Ethnomathematics describe the ideas and procedures that are implicit in mathematical practices locally developed by the members of these groups. In this sense, the research of these practices can be regarded as a position of resistance towards the imposition of academic mathematical knowledge as they may suggest actions in search of creative and innovative solutions to these challenges (Rosa & Orey, 2015).

For example, a study conducted in the Southern region of Brazil investigated the specificity of mathematical ideas, procedures, and practices produced by adolescent and adult construction workers who were also students in an evening adult education course. Its results showed that mathematical knowledge produced, developed, and transmitted in construction sites had curricular implications that were inferred from this kind of knowledge production. It also studied the connections of the local knowledge with academic knowledge legitimized by the school in order to determine curricular modifications (Duarte 2004). The investigators found that these connections had positive results in the development of mathematics curriculum in schools.

The creative insubordination of Ethnomathematics Program can contribute to the generation of new mathematical knowledge and assist them in resolving ethical dilemmas involved in investigations in this area of study. During investigations seeking to understand and comprehend local mathematical knowledge, investigators may be faced with a set of specific characteristics related to the jargons, ideas, procedures, and mathematical practices that are different from those studied in the academy (Rosa & Orey, 2012).

In this context, D'Ambrosio (1990), affirms that it is necessary that mathematical knowledge is interpreted in a broad sense since the term *ethno* is associated with members of identifiable cultural groups such as national and tribal societies, working groups, children of a given age, individuals belonging to distinct professional classes, and marginalized and minority cultural groups. *Ethno* is much more than the concept of ethnicity. This discussion shows that there is a need for investigators to break from the Eurocentric perspective of mathematical knowledge in order to assist its reconstruction process, which seeks to relate academic mathematics with sociocultural activities through the use of:

- *Artifacts* are observational objects created and developed by the members of distinct cultural groups. These instruments provide clues and information about its creators and users.
- *Mentifacts* are analytical tools such as thoughts, reflections, concepts and theories that represent the ideas and beliefs of the members of a particular cultural group, for example, religion, language, and laws.
- *Sociofacts* represent the social structure of distinct cultural groups such as family and tribal structures. They can be considered as the patterns of interpersonal relations expected and accepted among the members of these groups.

This perspective aims to reduce disconnections between mathematical knowledge practiced in the academy and its practical use in everyday life (D'Ambrosio, 2002). This means that creative insubordination in investigations in Ethnomathematics can be seen as a responsible way of subversion that uses the theoretical and methodological apparatus of these investigations to reveal and combat the privilege and the authority that was granted to the academic mathematical discourse. This approach enables the understanding and comprehension of how this privilege and authority have influenced the distribution of power in modern society (Rosa, 2003).

This context allows the analogous use of creative insubordination conceptualization (Crowson 1989) to conduct research in Ethnomathematics in order to start a changing process in Mathematics Education. However, it is necessary that these professionals are willing to take the risks associated with that decision. Thus, this decision-making process is one of the most important components of creative insubordination,

which can be understood as a fight against dehumanizing effects of bureaucratic authority (Haynes & Licata, 1995) that may occur during the conduction of investigations related to the Ethnomathematics Program.

3. Aspects of Creative Insubordination in the Pedagogical Action of Ethnomathematics Program

Institutionalized Eurocentric curricula often reinforce the inferiority of the mathematical knowledge developed by the members of distinct cultural groups (Rosa, 2010). For centuries, this kind of curriculum was reproduced in order to justify different forms of discrimination. Thus, there is the need to break with the Eurocentric perspective of the curriculum to rebuild the developmental process of mathematical knowledge (D'Ambrosio, 1990). However, this creative insubordination procedure requires the disassociation between teaching and learning mathematical practices and most traditional mathematics curricula that currently exist in the educational system.

Although an Ethnomathematics Program proposes the end of colonialism in Mathematics Education, there is the need to teach traditional academic mathematical knowledge in classrooms (Vithal & Skovsmose, 1997). In this context, mathematics as an academic subject must be accessible to the members of distinct cultural groups through the development of curricular activities that connect its notions and concepts it to the ideas, procedures, and mathematical practices produced locally (Rosa & Orey, 2007).

In this approach, members from dominated cultural groups also need to have equal access to institutionalized education and should be knowledgeable about mathematics developed by the dominators to survive and transcend in contemporary society (Rosa & Orey, 2003). Then, the Ethnomathematics Program can be considered as a pedagogical action that helps students from distinct cultural groups to have equal access to the academic mathematical discourse. This action allows the identification of cultural traits that often are not recognized by educational institutions as features of students' culture.

Traits are specific cultural characteristic defined by members of a particular group, which are visible or cognitive features developed from activities practiced in the daily life of the members of that group that favor the development of their cultural identity (D'Ambrosio, 1990). Thus, cultural traits are related to the appreciation of features developed by the members of a specific culture such as religion, language, government, customs and traditions, social organization, and arts as well as the establishment of relations between the members of that group (Rosa, 2010). In this context, it is important that educators, and investigators understand the cultural roots of other cultures to value the ideas, procedures, and mathematical practices used by students from distinct cultural contexts.

There is the need for both investigators and educators to question both the origin and status of the mathematics acquired in modern society through creative insubordination, which can be considered as counterbalancing forces that act on the school system (Crowson, 1989). Regarding Ethnomathematics Program as a pedagogical action for the school curriculum, there is a need to propose an approach by

which the investigation of concepts, traditions, and mathematical practices developed by the members of a particular cultural group are incorporated into the mathematics curriculum (Knijnik, 2001).

Thus, Ethnomathematics is a program that investigates ways in which the members of distinct cultural groups understand, articulate, and use ideas, notions, procedures, and concepts that can be identified as mathematical practices for the development of curricular activities. In this cultural dynamism, students can identify and decode the produced, transmitted, and accumulated local mathematical knowledge by having contact with academic Mathematics to establish relationships and comparisons between these kinds of knowledge (Knijnik, 2001).

This conception of an alternative mathematics curriculum design is related to the access to the information of dominant mathematical discourses, which may provide critical reflections regarding to the application of the mathematics curriculum. In this context, the study of mathematical practices developed by members of distinct cultural groups can be considered as a resistance position of creative insubordination because such practices become innovative pedagogical trends for teaching and learning mathematics.

For example, in a study conducted with a community of horticulturists in the Northeast region of Brazil, the mathematical ideas and procedures presented in the production and marketing of vegetables were investigated. This investigation revealed specific mathematical knowledge produced by horticulturists often in different codes of academic mathematics (Bandeira, 2004). Thus, members of this specific group shared mathematical practices focused on their ability to use locally developed mathematical ideas, procedures, and techniques applied in this particular sociocultural context.

The results of the study conducted by Bandeira (2004) study showed that students became aware of the existence of distinct mathematical language used to process counting procedures. This locally produced knowledge was related to the development of their own mathematical practices, which helped them to understand the connections between academic and local practices. The mathematical curriculum designed using this perspective was conceived as the development of mathematical ideas, procedures, and practices originating in the cultural background of the members of this specific cultural group and their connections to academic mathematics practiced in schools.

This proposed curriculum can be also considered a form of resistance or positioning because by using the data gathered from this study, educators are able to flexibilize institutionalized teaching practices through the context of everyday activities by applying mathematical activities based on the Ethnomathematics Program. This process of intentional flexibilization of institutionalized curricular norms and rules is characterized as creative insubordination (Hutchinson, 1990). It also aims to help students to understand and comprehend academic mathematical practices through the promotion of an efficient pedagogical work.

Similarly, educators are insubordinate when they choose to trigger the process of teaching and learning in mathematics by applying a certain type of pedagogical action that aims to meet the educational needs of their students (Haynes & Licata, 1995). This process of choice is also creative when professionals oppose the selection of a particular pedagogical action that enables the maintenance of the social status quo through the development of mathematical curricular activities that prevent the development of

students' reflection and criticality. In this sense, the behavior and the attitude of the educators are responsible when they decide which educational rules or norms can be circumvented or eased to ensure the welfare of the participants of the school community.

Educators' behaviors and attitudes can also be considered subversive when alter and/or modify paradigms related to educational policies. In this regard, the creative insubordination can be considered as a responsible subversion process through in which these professionals look for gaps in these policies by interpreting the rules and norms to enable them to defend the rights of students (Gutiérrez, 2013).

According to Begley (1999), the comprehension of the acts of creative insubordination in the process of learning mathematics from the perspective of Ethnomathematics enable the development and implementation of teaching strategies that can help educators to make methodological decisions related to their teaching practices to improve mathematics performance of their students. In this way, these professionals modify, adapt, and flexibilize curriculum policies they believe are unfairly foisted to the members of the school community.

4. Final Considerations

The studies discussed in this chapter outline tendencies and evidence of the development of creative insubordination in the pedagogical action of ethnomathematics program as well as in its research agenda. The pedagogical action of this program investigated in distinct investigations and studies help students to overcome the use of disassociated techniques and formulas blindly memorized as well as it allows them to develop strategies to give access to diverse mathematical representations in a new formative dimension of mathematical nature.

The Ethnomathematics Program emphasizes the importance of community to school because it seeks to connect school mathematics seeks to the practices developed locally. So it is necessary that the school curriculum is designed to value and promote local knowledge and practices developed by the members of the communities that integrate school context (Monteiro & Nacarato 2004). So, this perspective provides the necessary balance to the school curriculum because the integration of these components in the mathematics curriculum enables the conception of Ethnomathematics as a program that aims at the humanization of mathematics through contextualized approach to the curriculum.

It is important to emphasize that the pedagogical action of the ethnomathematics program allows for a more comprehensive analysis of the school context because pedagogical practices transcend its physical environment to welcome knowledge and practices present in the sociocultural contexts of the students (Chieus, 2004). In this approach, the pedagogical proposal of the school curriculum is to transform mathematics into a living knowledge that deals with real situations through questionings, analysis, and critical reflection of phenomena that occur in everyday life (D'Ambrosio, 1990). Thus, it is in the school community that investigators and educators may find the didactic elements of the mathematical content that is necessary for the development of the mathematics curriculum (Damazio 2004).

Thus, Haynes and Licata (1995), affirm that there is a need to diversify the teaching strategies used in the classroom such as the use of ethnomathematics because there is no single recipe for improving the

performance of students in mathematics. In this sense, teachers need to be committed to innovative educational pedagogy to help students to reach their educational potential. This type of creative insubordination can be considered as combat against the dehumanizing effects of curricular bureaucratic authority. In this regard, the objective of this insubordination is to ensure that curricular bureaucracy do not offer a disservice to students because, often, public policies and institutional procedures have no connections with the school community.

References

- Bandeira, F. A. (2004). *Etnomatemática dos horticultores de Gramorezinho: o caso do par de cinco*. Coleção Introdução à Etnomatemática. Volume 3. UFRN.
- Begley, P. T. (1999). *Values and educational leadership*. State University of New York Press.
- Chieus, J. C. (2004). Etnomatemática: reflexões sobre a prática docente. In: Ribeiro, J. P. M.; Domite, M. C. S., & Ferreira, R. (Orgs.). *Etnomatemática: papel, valor e significado* (pp. 185-194). Zouk.
- Damazio, A. (2004). *Especificidades conceituais de matemática na atividade extrativa de carvão*. Coleção Introdução à Etnomatemática. Volume 1. UFRN.
- D'Ambrosio, U. (1990). *Etnomatemática: arte ou técnica de explicar e conhecer*. Editora Ática.
- Duarte, C. G. (2004). Implicações curriculares a partir de um olhar sobre o mundo da construção civil. In: Knijnik, G., Wanderer, F., & Oliveira, C. J. (Orgs.). *Etnomatemática: currículo e formação de professores* (pp. 183-202). EDUNISC.
- Eglash, R. (1999). *African fractals: modern computing and indigenous design*. Rutgers University Press.
- Gutiérrez, R. (2013). Why (urban) mathematics teachers need political knowledge. *Journal of Urban Mathematics Education*, 6(2), 7-19.
- Haynes, E. A. & Licata, J. W. (1995). Creative insubordination of school principals and the legitimacy of the justifiable. *Journal of Educational Administration*, 33(4), 21-35.
- Hutchinson, S. A. (1990). Responsible subversion: a study of rule-bending among nurses. *Scholarly Inquiry for Nursing Practice*, 4(1), 3-17.
- Knijnik, G. (2001). Educação Matemática, exclusão social e política do conhecimento. *Bolema*, 14(16), 12-28.
- Monteiro, A. & Nacaratto, A. M. (2004). Relações entre saber escolar e saber cotidiano: apropriações discursivas de futuros professores que ensinarão matemática. *Bolema*, 17(22), 1-17.
- Orey, D. C. (2000). The ethnomathematics of the Sioux tipi and cone. In: Selin, H. (Ed.). *Mathematics across culture: the history of non-western mathematics* (pp. 239-252). Kluwer Academic Publishers.

- Rosa, M. (2010). *A mixed-methods study to understand the perceptions of high school leaders about English language learners (ELL): the case of mathematics*. Doctorate dissertation. College o Education. California State University.
- Rosa, M., & Orey, D. C. (2003). Vinho e queijo: etnomatemática e modelagem. *Bolema*, 6(20), 1–16.
- Rosa, M., & Orey, D. C. (2007). Cultural assertions and challenges towards pedagogical action of an ethnomathematics program. *For the Learning of Mathematics*, 27(1), 10-16.
- Rosa, M., & Orey, D. C. (2012). O campo de pesquisa em etnomodelagem: as abordagens êmica, ética e dialética. *Educação e Pesquisa*, 38(4), 865-879.
- Rosa M., & Orey, D. C. (2015). Evidence of creative insubordination in the research of pedagogical action of ethnomathematics program. In: D'Ambrosio, B. S. & Lopes, C. E. (Orgs.). *Creative insubordination in Brazilian mathematics education research* (pp. 131-146) Lulu Press.

La autorregulación como habilidad para el éxito en la educación a distancia

Jonathan Elizondo-Mejías

Universidad Estatal a Distancia / Ministerio de Educación Pública

Costa Rica

jonnathanelizondo@gmail.com

Resumen: Durante el 2020, muchos sistemas educativos adoptaron el enfoque de educación a distancia debido a la emergencia provocada por el Covid-19. Aunque dicha modalidad puede ser muy productiva y conveniente, los estudiantes podrían presentar dificultades debido a la poca interacción cara a cara con el profesorado y a la falta de entrenamiento previo. Este artículo tiene como objetivo definir el concepto de la autorregulación como un elemento clave para el éxito en el proceso de aprendizaje en la modalidad a distancia, así como un acercamiento a los conceptos de autonomía e independencia como elementos que apoyan la autorregulación. Además, explora diferentes formas en las que los docentes pueden promover, desarrollar y potenciar estas habilidades en sus estudiantes y ayudar en el proceso.

Palabras clave: Aprendizaje, autorregulación, educación a distancia, éxito educativo.

1. Introducción

Debido a la crisis sanitaria mundial ocurrida en 2020 como consecuencia de la pandemia provocada por el COVID-19, los sistemas educativos en América Latina y el Caribe se vieron obligados a un cierre repentino de manera tal que “al 20 de abril . . . el 95% de los estudiantes, cerca de 166 millones de alumnos, no asistía a clases presenciales” (Elaqua et al., 2021, p. 2). Por lo tanto, muchos países en América Latina y el mundo adoptaron una modalidad de educación a distancia en la que el estudiantado trabajó desde el hogar como una forma de evitar la desvinculación y exclusión del sistema educativo formal.

En el caso específico de Costa Rica, el Ministerio de Educación Pública (MEP), tomó la decisión de implementar la educación a distancia; es decir “una transición educativa que implica pasar, de un modelo presencial de clases, a un modelo no presencial, a distancia o de acceso remoto” (MEP, 2020, p. 5). Esta transición requiere del apoyo de las familias para lograr el éxito educativo del estudiantado, así como un diseño didáctico que logre “generar autonomía, potenciando la habilidad de aprender a aprender, en la persona estudiante” (MEP, 2020, p. 22).

Adicionalmente, Holmberg (1985, citado en Abarca, 2014), establece siete requisitos para una educación a distancia exitosa entre los que se encuentran la autorregulación y auto instrucción del estudiantado. Surge entonces la necesidad imperante de explorar, desde el rol del profesorado, estos conceptos y su aplicación en la mediación pedagógica para lograr un mejor entendimiento y el desarrollo de dichas habilidades en los estudiantes.

2. Definiendo el Aprendizaje

Para lograr una mejor comprensión del proceso de autorregulación, es necesario realizar un acercamiento a la definición de aprendizaje. Aunque, el concepto de aprender está tradicionalmente asociado o reducido a la memorización y recuperación de información de forma mecánica y superficial, el aprendizaje es más bien un proceso de construcción realizado por la persona a partir de su interacción con el contexto en el que se encuentra (Obando, 2019). Visto desde esta perspectiva, las personas estudiantes realizan la construcción de su propio aprendizaje a partir de sus experiencias de vida, procesos de socialización y habilidades personales.

Entonces, “Se concibe al aprendizaje como un proceso constructivo, acumulativo, autorregulado, orientado a metas, situado, colaborativo e individualmente diferente, en la construcción del conocimiento y significado” (Araoz et al., 2008, p. 9). En este sentido, la autorregulación es un elemento clave para la construcción del conocimiento, más aún si dichos procesos se realizan de forma autónoma desde una modalidad a distancia en la que existe una separación física entre el estudiantado, la institución educativa y el profesorado.

Finalmente, Velenzuela (2002, citado en Obando, 2019), indica la necesidad de promover tres tipos de aprendizaje desde la mediación pedagógica: 1) el aprendizaje autodirigido en el se definen metas claras por parte del estudiantado; 2) el aprendizaje autónomo que requiere de flexibilidad y permite a la persona estudiante avanzar en el proceso a su propio ritmo; y 3) el aprendizaje autorregulado donde la persona aplica diversas estrategias de aprendizaje para lograr autoevaluarse y corregir aquellos aspectos necesarios para una mejora constante.

3. Autorregulación

La autorregulación se define como “el control que poseen los estudiantes sobre su cognición, comportamiento, emociones y motivación a través del uso de estrategias personales para lograr las metas que han establecido” (Panadero y Alonso-Tapia, 2014, p. 450). Este proceso es, además, cíclico puesto que la persona realiza ajustes necesarios provenientes de la retroalimentación del desempeño en actividades anteriores y como consecuencia de un cambio constante en los factores personales, ambientales y de comportamiento (Zimmerman, 2000). Entonces, la creación de procesos de autorregulación es primordial para el éxito educativo en un modelo de educación a distancia caracterizado por “la no presencialidad, la comunicación no continua, el trabajo autónomo del estudiante, el trabajo fuera del aula, la utilización de recursos tecnológicos y medios técnicos, el uso de tecnologías colaborativas y la separación profesor-alumno” (García-Aretio, 2006, citado en Abarca, 2014, p. 286).

La autorregulación, vista como un proceso cíclico, se compone de tres etapas principales: previsión, desempeño/volición y autorreflexión (Zimmerman, 2000). Aquí haremos un alto para definir cada una de estas etapas y visualizar la labor del docente en ellas.

3.1.Previsión

Esta es considerada como la etapa inicial en que la persona estudiante analiza la tarea que debe realizar, establece sus metas, hace un planeamiento estratégico y se orienta hacia el alcance de las metas establecidas. La labor del docente desde la educación a distancia es generar materiales y actividades que tengan establecidas metas claras, que indiquen los requerimientos en cuanto al tiempo y materiales necesarios para llevar a cabo cada tarea, y que ayuden al estudiante en establecer los pasos que requieren para cumplir de forma exitosa con las actividades.

3.2.Desempeño y Volición

Esta etapa está compuesta de dos elementos esenciales que se relacionan entre sí. La volición es, en resumen, la determinación o el acto de voluntad que tiene la persona para llevar a cabo lo que se propone. Es decir, aunque esta etapa depende mayormente de la persona estudiante, el docente puede guiarle con explicaciones claras que ayuden a la auto instrucción y con estrategias que ayuden al estudiante, a enfocar su atención en las tareas. Finalmente, es aquí donde el profesorado puede brindar estrategias de aprendizaje que sean puestas en práctica por el estudiantado en un próximo momento.

3.3.Autorreflexión

En esta última etapa, la persona estudiante realiza una auto evaluación del desempeño, el éxito que considera tuvo las estrategias para lograr sus metas y un análisis de la auto satisfacción una vez realizadas dichas actividades. Desde la labor docente, pueden proponerse ejercicios donde las personas estudiantes contesten preguntas o reflexionen sobre su propio aprendizaje y establezcan metas a futuro.

Como puede verse, aunque la autorregulación es un proceso individual que varía de persona a persona, desde la mediación pedagógica los docentes pueden proponer diversas actividades o estrategias para desarrollar la habilidad requerida en el estudiantado y llegar a una promoción del éxito académico.

4. Estrategias pedagógicas

Como se mencionó anteriormente, la construcción del aprendizaje depende de la interacción de la persona con su contexto y es aquí donde el profesorado tiene la responsabilidad imperante de diseñar estrategias que propongan actividades para el desarrollo de la autorregulación. En este apartado, se describen cuatro estrategias que el autor considera relevantes para el desarrollo de procesos de autorregulación y para lograr que el estudiantado pueda trabajar en su construcción de aprendizaje de forma más autónoma. La mayoría de estas estrategias, pueden utilizarse en cualquier escenario posible referente a la conectividad del estudiantado.

4.1.3-2-1 Puente

Desde la teoría de rutinas del pensamiento, esta estrategia permite al estudiantado construir un puente entre los conocimientos previos que posee y la nueva información a estudiar (Aja et al., 2016). En la estrategia, el estudiantado debe completar tres cuadros antes y después de estudiar los contenidos. En la

etapa previa a estudiar el contenido, un primer cuadro incluye tres ideas que se tienen sobre el tema, dos preguntas o cosas por conocer, y una metáfora o imagen que represente lo que cree saber del tema. Estos mismos cuadros se completan una vez analizado el contenido y se finaliza con una sección en la que el estudiantado resume lo aprendido acerca del tema (ver tabla 1).

Tabla 1

Estrategia 3-2-1 Puente

	Previo a Estudiar el Material	Luego de Estudiar el material
3 ideas		
2 preguntas		
1 metáfora o imagen		

Fuente: Aja et al., 2016

4.2. Cuadro K-W-L

Esta estrategia presentada por Ogle (1986), originalmente pensada para lectura, se basa en la simplicidad y la activación de conocimientos previos como fuente fundamental para la construcción de nuevo aprendizaje. El cuadro está formado por una tabla de dos filas y tres columnas donde la primera (K) indica lo que sé del tema o *What I know*, la segunda columna (W) será para indicar lo que la persona quiere aprender del tema o *Want to learn*; el cuadro finaliza con una tercera columna (L) que indica lo que se aprendió o *Learned* del tema (ver tabla 2). Adicionalmente, como refuerzo de la autorregulación y autoaprendizaje, se puede adicionar una cuarta columna que indique la forma en que se puede aprender más del tema. Esta estrategia ayuda al estudiante a plantearse metas de aprendizaje previo a leer un material o recibir contenido de un tema.

Tabla 2

Cuadro K-W-L

What I K now	What I W ant to Learn	What I L earned

Fuente: Ogle, 1986 p. 565

4.3. WebQuest

Esta estrategia, conocida en español como búsqueda web, data de 1995 y fue creada por el profesor Bernie Dodge (Kurt, 2021). La idea fundamental es la creación de una clase completa en la que la persona estudiante utilizará el Internet como fuente para la creación de nuevo conocimiento sin la ayuda del docente. En un WebQuest, la persona docente proporciona al estudiantado una introducción al tema que incluye un objetivo de aprendizaje, una tarea debidamente descrita, fuentes de acceso a la información para llevar a cabo la tarea, un proceso paso a paso para lograr ejecutar la tarea deseada, la evaluación de la actividad y una conclusión. Aunque el docente realiza esta planeación de antemano, es la persona estudiante la encargada de llevar a cabo todo el trabajo haciéndose responsable de su propio aprendizaje. Una WebQuest puede ser planeada para presentarla a estudiantes de primaria, secundaria o a nivel universitario según sea el nivel de complejidad. Finalmente, es importante acotar que la WebQuest puede presentarse en formato de documento de texto, presentación digital, blog o página web que será la herramienta guía para el estudiantado.

4.4. Formulación de preguntas de Autorregulación

Por último y no menos importante, está la formulación de preguntas directas de autorregulación. Estas son presentadas al estudiantado en forma de autoevaluación al finalizar una actividad y servirán para reflexionar sobre el proceso y realizar los ajustes necesarios en la actividad siguiente. Ejemplos de este tipo de preguntas pueden incluir: ¿Seguí cada una de las indicaciones para la ejecución de la tarea?, ¿Tuve a mano los materiales requeridos para llevar a cabo la actividad?, ¿Leí las indicaciones con detenimiento?, ¿Me siento satisfecho/a con mi trabajo?, ¿Qué puedo hacer diferente la próxima vez?, entre otras.

Este tipo de interrogantes, logran que el estudiantado sea consciente de los procesos que se llevan a cabo en la ejecución de una tarea al tiempo que enseñan la forma en que pueden realizar la autorregulación y autoevaluación en su trabajo.

5. Conclusión

Como puede apreciarse a lo largo de este artículo, la autorregulación es una habilidad clave para el éxito en los procesos de aprendizaje en general. Sin embargo, se hace más necesaria en aquellos modelos de enseñanza en los que el estudiante debe responsabilizarse más por su propio proceso.

Si bien este artículo presenta una breve reseña del concepto e importancia de la autorregulación en los procesos de aprendizaje, es primordial para los docentes poner en práctica estrategias que ayuden al estudiantado a desarrollar esta habilidad para potenciar la construcción del conocimiento de forma autónoma.

Finalmente, puede afirmarse que la autonomía y la autorregulación son dos de las habilidades más importantes para la vida; sin embargo, estas se adquieren durante procesos de socialización primaria y secundaria y es en ese último es donde los docentes jugamos un rol esencial.

Referencias bibliográficas

- Abarca, Y. (2014). La interacción tutor-estudiante en ámbitos de educación a distancia. *Revista de Lenguas Modernas*, 20, 285-294.
- Aja, D., Alonso, A., Diego, R., Ramos, L., San Martín, M., Sousa, M., Villazán, M. y Zorilla, R. (2016), *Rutinas de Pensamiento*. <http://rutinasdepensamiento.weebly.com>
- Araoz, M., Guerrero, P., Galindo, M. y Villaseñor, R. (2008). Estrategias para aprender a aprender. México: Pearson.
- Elaqua, G., Navarro-Palau, P., Prada, M., y Soares, S. (2021). *Educación a distancia, semipresencial o presencial. ¿Qué dice la evidencia?* Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/bid-hablemos-de-politica-educativa-5-educacion-a-distancia-semipresencial-o-presencial>
- Kurt, S. (2021). *WebQuest: An Inquiry-oriented Approach in Learning*. Recuperado de <https://educationaltechnology.net/webquest-an-inquiry-oriented-approach-in-learning/>
- Ministerio de Educación Pública. (2020). *Orientaciones para el apoyo del proceso educativo a distancia*. <https://www.mep.go.cr/educacion-distancia>
- Obando, W. (2019). *Unidad 1: De-re-construyendo conceptos: aprendizaje, aprender a aprender y autorregulación*. Centro de Capacitación en Educación a Distancia (CECED), de la Universidad Estatal a Distancia (UNED). Manuscrito sin publicar.
- Ogle, D. (1986). K-W-L: A Teaching Model that Develops Active Reading of Expository Text. *The Reading Teacher*, 39(6), 564-570
- Panadero, E., y Alonso-Tapia, J. (2014). How do Students Self-regulate? Review of Zimmerman's Cyclical Model of Self-regulated Learning. *Anales de Psicología*, 30(2), 450-462. <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.2.167221>
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining Self-regulation: A Social Cognitive Perspective. En Boekaerts, M., Pintrich, P. R., & Zeidner, M. (Eds.), *Handbook of Self-Regulation*. (13-39). San Diego, CA: Academic Press.

La representación heroica: Juan Santamaría en las artes visuales de finales del siglo XIX

Guillermo Alfonso Brenes Tencio

Ministerio de Educación Pública, Costa Rica

guillermo.brenes.tencio@mep.go.cr

Resumen: El propósito del presente artículo es analizar la figura del héroe nacional Juan Santamaría en tres de sus representaciones plásticas y estéticas fabricadas en los últimos tres lustros del siglo XIX. Por medio de esta iconografía, se da cuenta de la creación de un imaginario heroico en torno a la Guerra de 1856-1857 y su vínculo político e ideológico con la consolidación del proyecto de Estado – Nación en Costa Rica.

Palabras clave: Artes visuales, Iconografía, Costa Rica, Héroe nacional.

1. Introducción

¿Cuál fue el proceso que llevó al soldado alajuelense Juan Santamaría a convertirse en el «héroe nacional» republicano? En el último tercio del siglo XIX costarricense, existía la necesidad oficial de fabricar un héroe nacional, de amplia resonancia popular. La figura elegida, como lo plantea el historiador canadiense Steven Palmer, será el sencillo soldado alajuelense Juan Santamaría, en el contexto de la amenaza de una inminente guerra contra la Guatemala del dictador liberal y ferviente unionista: Justo Rufino Barrios, en marzo de 1885 (Palmer, 2007).

El culto al héroe, nunca tan significativo como en momentos de crisis, evidenció todo su potencial simbólico en ese contexto de imperiosa defensa del territorio nacional. Consecuentemente, el Diario de Costa Rica formuló su interpretación épica de la «Campaña Nacional Centroamericana» (resemantizada como la Campaña Nacional) y del héroe popular, en un editorial publicado el 11 de abril de 1885 (Diario de Costa Rica, 1985).

No es casual, entonces que, en el escenario de lo que Eric Hobsbawm denomina la «invención de las tradiciones nacionales» (Hobsbawm, 2022), los políticos e intelectuales liberales costarricense hicieran una recuperación selectiva de la Campaña Nacional (1856 – 1857). Si bien reconocieron el fuerte liderazgo del presidente Juan Rafael Mora Porras (1849 – 1859) en la guerra contra el filibusterismo yankee, centraron sus esfuerzos de invención retórica y narrativa de un héroe, un sujeto nacional surgido del pueblo, lo que se gestó en la figura épica de Juan Santamaría; según los argumentos de los historiadores Molina y Díaz (2015). Por otra parte, la historiadora Erika Gólcher ha afirmado que hubo toda una política oficial para auxiliar a aquellos, que ya ancianos o desvalidos, habían combatido y habían sido heridos en la guerra contra los filibusteros (Gólcher, 1988). No resulta fortuito el hecho de que el Gobierno costarricense decretara, a partir de la década de 1880, el pago de pensiones de guerra a los excombatientes, la entrega de medallas de honor y la celebración de los logros de sus héroes

recientemente ascendidos, entre himnos, guirnaldas e incienso, al panteón cívico nacional (Morales, 2020). A lo dicho, se suma Carmen Fallas, quien considera que este nacionalismo oficial - dentro del cual la Campaña Nacional fue uno de sus pilares- se proyectaba por medio de la escuela primaria y las fiestas cívicas (Fallas, 2015).

El objetivo del presente trabajo es realizar una relectura de la iconografía del héroe nacional costarricense Juan Santamaría, en un periodo histórico muy acotado, que corresponde a los años de 1887, 1891 y 1897, es decir, en el periodo en que los liberales levantaban el andamiaje de su proyecto cultural hegemónico.

2. ¿Qué se sabe del soldado Juan Santamaría?

Según el libro de partidas de bautismo de la Parroquia de Alajuela, Juan Santamaría nació el 29 de agosto de 1831. Su madre fue Manuela Carvajal, también conocida como Manuela Gallego o Manuela Santamaría Rodríguez, de origen muy humilde, quien se dedicaba a la venta de comidas y a labores domésticas en casas de familias de la élite alajuelense. Se cree que su padre fue un hombre afrodescendiente de Guanacaste, que traía ganado a Alajuela. Algunas fuentes indican que tuvo dos hermanos que le sobrevivieron: María Joaquina y Rufino de Jesús. De Juan, de origen ilegítimo, se sabe que asistió a la escuela de primeras letras y a la escuela militar. Ejerció diversos oficios desde su niñez como la albañilería, el boyeo y la venta de dulce de caña. También fue cabo o tambor de banda militar. Participó con las tropas de Alajuela en la dura y sangrienta batalla de Rivas, Nicaragua, el 11 de abril de 1856. Por Acuerdo N°. 1218 del 15 de mayo de 1972, la Asamblea Legislativa declaró a Juan Santamaría como «Defensor de la Libertad de Costa Rica» (Díaz, 2006).

Es menester señalar que la memoria de la figura del soldado Juan, se difundió a partir de sendas disertaciones de dos extranjeros radicados en Costa Rica durante la primera mitad del siglo XIX, tal es el caso de José de Obaldía y Orejuela (1806 – 1889), exgobernante de origen neogranadino, el 15 de septiembre de 1864 y el político y periodista Álvaro Contreras Membreño (1839 – 1882), de nacionalidad hondureña, a inicios de la década de 1880. Para inicios de la década de los 90 del siglo XIX, con el fin de aclarar, legitimar e institucionalizar el nebuloso asunto de la existencia de Santamaría, la Secretaría de Guerra levantó la Información ad perpetuam memoriam: heroísmo de Juan Santamaría: batalla del 11 de abril de 1856. Esta actividad política de memoria, fue replicada por el Club Liberal de Alajuela, y apoyada por la Municipalidad de Alajuela. Las declaraciones de los excombatientes de la Campaña Nacional (1856 – 1857) se presentaron en San José y Alajuela entre mayo y septiembre de 1891. A este tenor, el Estado Liberal se preocupó de refutar lo planteado en el libro Walker en Centroamérica publicado por el guatemalteco Lorenzo Montúfar (1823 – 1898) en el año 1887, quien argumentaba que el acto heroico llevado a cabo por Juan Santamaría en la batalla de Rivas, no era más que una invención. Entre tanto, los discursos oficiales en la ceremonia de inauguración del monumento a Juan Santamaría (15 de septiembre de 1891), narraron repetidamente los sucesos acaecidos en la batalla de Rivas del 11 de abril de 1856 (Aguilar, 2015), debido al desconocimiento relativo que la mayoría de la población costarricense tenía de ésta.

3. Representaciones visuales del héroe Juan Santamaría

¿Cómo se fabrica la iconografía temprana de Juan Santamaría como héroe? La cultura visual ha configurado toda una narrativa en torno a la figura de Juan Santamaría a partir del último tercio de la centuria decimonónica (Castillo, 2010). Hay que tener en cuenta que la narrativa heroica combina referentes de la antigüedad grecorromana en el aspecto bélico y la retórica religiosa cristiana en torno a las nociones de sacrificio, muerte y ascensión (Lacaze, 2022).

Juan Santamaría, será el héroe nacional costarricense, por excelencia, y uno de los personajes más representado en las artes visuales y en diversos soportes materiales.

3.1. Juan Santamaría en una litografía de 1887

Una litografía de agosto de 1887 (Figura 1), publicada en plena época de construcción de la identidad nacional y la nación costarricense, representa a un Juan Santamaría con traje militar, a punto de ser muerto merced a la fulminante bala de metralla enemiga, tras consumir su acción de incendiar el Mesón de Guerra (Amoretti, 1999), lo que advierte la visión crítica del héroe – soldado; mientras la hermosa personificación alegórica de la Gloria –vestida a la usanza grecorromana y con grandes alas extendidas– le ofrece una corona de laurel o lauréola, como recompensa a su sacrificio. Justamente, esta primera representación alegórica del tamborcillo alajuelense, se relaciona con el discurso oficial liberal.

Figura 1

Autoría desconocida. Juan Santamaría coronado por la Gloria, 1887. Litografía. 13,5 x 20,5 cm.



Fuente. Costa Rica Ilustrada, 1º. de julio de 1887, p. 23.

En un breve párrafo, los editores de *Costa Rica Ilustrada*, describen la citada obra gráfica que representa al héroe inmolado en el combate de Rivas, por medio de un vocabulario evocador de imágenes de fuerte contenido alegórico, que posiblemente era de fácil lectura para el «público culto» a quien iba dirigido:

Nuestro grabado representa el acto en que [Juan Santamaría] daba fuego al Mesón de Rivas el 11 de abril de 1856, donde se hallaban las fuerzas enemigas, y ya casi sin un brazo, porque estaba deshecho por las balas, toma la tea con la otra mano, dá fuerza, toma la tea con la otra mano, dá fuego, triunfa, la victoria le sonríe, y la gloria le ci ne una guirnalda de inmortales (*Costa Rica Ilustrada*, s.f., p.32)

Desde la narrativa visual, la composición y el detalle de las imágenes son muy cuidados, lo que evidencia un artista avezado. La litografía fue publicada en una de las principales revistas culturales de la segunda mitad del siglo XIX: *Costa Rica Ilustrada*, dirigida en su primera época, por los dibujantes y grabadores José Antonio Soto y Próspero Calderón. Resulta notorio, que más que perseguir la exactitud histórica y la verosimilitud en la representación del soldado Juan, el artista procuró, con su lápiz, la exaltación del acto sacrificial del héroe popular en proceso de ascensión al panteón de los inmortales. Efectivamente, el contenido cívico patriótico de la imagen es innegable, no solo por la elección de una escena de gran potencia épica y el protagonismo signado a la figura del soldado Juan que va hacia la muerte en solidaridad con su pueblo; sino también por la inclusión de la alegoría de la «gloria», que remitía al mundo clásico y a una suerte de experiencia trascendental. Por último, desde el código simbólico, no se trata de un retrato como tal, sino una invención, la representación alegórica de una suerte de mito, una leyenda popular, un estereotipo valorado por los discursos políticos y sociales (Mozejko, 1995 – 1996); lo que está en concordancia con la efigie estatuaria del héroe, de buena factura europea.

3.2. La estatua de Juan Santamaría

Aunado al proceso de visibilizar a los héroes de la Guerra de 1856 – 1857, y exaltar las batallas de Santa Rosa y Rivas, el Poder Ejecutivo, imbuido de «estatuomanía», promovió una suscripción nacional destinada a erigir un monumento en honor a Juan Santamaría (8 de junio de 1887) (Gobierno de Costa Rica, 1888a) . La prensa periódica dio cuenta del interés de la población costarricense, en general, por suministrar dinero para la ejecución del proyecto escultórico. Debido a que el dinero recaudado entre la población civil y los militares no fue suficiente, en julio de 1887, se asignó la cantidad de cinco mil pesos del Tesoro Público para auxiliar el financiamiento del bronce que se emplazaba en Alajuela (Gobierno de Costa Rica, 1888b).

El bronce que representa a Juan Santamaría es, en parte, el referente directo de un joven de origen senegalés que trabajaba en el taller del escultor Aristide-Onésime Croisy (1840-1899), vestido con el uniforme del soldado expedicionario francés; y en otra, una reconstrucción oral (Méndez, 1994) del «verdadero» fenotipo del cabo y tambor de banda alajuelense, fallecido a los 25 años, en Rivas, Nicaragua. Evidentemente, la elección del modelo para la representación estatuaria, no buscó similitud con el humilde albañil y soldado raso alajuelense, como parte de una posición común entre los artistas plásticos de la época (figura 2).

Figura 2

Aristide Croisy (escultor), Eugène-Antoine Durenne (fundidor). Monumento a Juan Santamaría. Bronce (1891, Parque Juan Santamaría, Alajuela).



Fuente. Fotografía de Álvaro Campos Vallejo.

La prensa costarricense registró el proceso de construcción de la obra, ocupándose, además, de su descripción, importancia simbólica e inauguración oficial (González, 2010). Inmediatamente antes de la inauguración del monumento a Santamaría, una gacetilla publicada en el periódico *El Ferrocarril*, en su edición del 5 de marzo de 1891, destacaba con vehemente entusiasmo:

La estatua de este salvador de la Patria llegó ayer á la ciudad de Alajuela, cuna de su nacimiento, donde será colocada dentro de poco tiempo, no omitiéndose ningún sacrificio para darle la debida solemnidad que un acto como este merece (*El Ferrocarril*, 1891, p.2) .

El Gobierno de la República no escatimó esfuerzos por dotar a la escultura de un emplazamiento público acorde con ella:

Estando al terminarse la formación del Parque Juan Santamaría en la ciudad de Alajuela, donde debe colocarse la estatua que para perpetuar la memoria de aquél héroe se ha mandado á erigir, el Presidente de la República acuerda: Señalar para la inauguración oficial del monumento conmemorativo el día quince de Setiembre próximo. El señor Secretario de Estado en el despacho de Guerra, queda encargado de dictar las disposiciones correspondientes la solemnidad con que debe verificarse dicho acto (La Prensa Libre, 1891, p.2)

La importancia de la estatuaría pública no adquiere verdadero sentido si no se contempla en el marco de una imponente liturgia cívico – patriótica. En esta línea, el bardo nicaragüense Rubén Darío (1867 – 1916), quien residió en Costa Rica a partir del 24 de agosto de 1891 y hasta el 10 de mayo de 1892, daba cuenta de los detalles de la multitudinaria ceremonia de inauguración del monumento a Juan Santamaría escenificada en Alajuela el martes 15 de septiembre de 1891, de la siguiente manera:

¡Bello fué aquel final...cuando hizo descubrir el monumento y apareció el Erizo con su tea empuñada! Fue un formidable grito universal. Las bandas hicieron estallar el trueno marcial y armónico, el himno patrio, vivo y sonoro; las mujeres en los balcones agitaban los pañuelos y buscaban las flores del corpiño; lloraban con ardiente y súbito júbilo, los caballeros de sombrero de pelo y los trabajadores de chaqueta y sombrero de pita; se mezclaban los aplausos y los gritos, al canto militar de los cobres, al ruido de los tambores del ejército, al clamor agudo y vibrante de las cornetas. ¡Y temblando de emoción, los inválidos de los viejos batallones y los soldados nuevos presentaban las armas! Los más altos honores se hicieron al gallego, en tanto que sonaban con estruendo poderoso, las salvas que daban al viento, los infantes y los artilleros (Darío, 1891, p.2).

Precisamente, merced a una suerte de operación metonímica, el bronce imperecedero a Juan Santamaría representaba a todos los héroes anónimos de la Guerra de 1856 – 1857 (Méndez, 2007), al pueblo costarricense, sin importar el fenotipo y el rango, resaltando que las cuestiones de «raza» y jerarquía, no eran impedimentos para ser honrados si habían luchado y aceptado la muerte por la patria. La apreciación simbólica e ideológica de la escultura, por parte de sus contemporáneos, fue harto significativa como resulta de la lectura de discursos y artículos que circularon con profusión en la época.

3.3. La Quema del Mesón por Juan Santamaría: pintura de historia por Enrique Echandi

Desde la perspectiva de las artes visuales, el alcance que tuvo la acción heroica de Juan Santamaría, se evidencia en el inmenso cuadro al óleo titulado: La quema del Mesón (1896), gran máquina de pintura de historia del artista costarricense Enrique Echandi Montero (1866 – 1959) (Tensio, 2007). En esta tela de cariz realista - naturalista, se aprecia a Santamaría como un campesino de rasgos mestizos y con un bigote abundante, encorvado y manando sangre del pecho, merced al fuego enemigo; en el mismo instante en que prende fuego a un alero del mesón, con una larga caña como antorcha. En vez de uniforme francés e insignias distintivas, lleva una camisa floja y raída, y un tosco pantalón de campesino (Figura 3). Tal representación, de un intenso dramatismo en el uso de los colores fríos y algunos empastes, y un tanto inconveniente a las imágenes, relatos y discursos oficiales que el sector gobernante liberal de los

últimos años del siglo XIX, pregonaba en torno al acto de heroicidad del soldado Juan Santamaría, le trajo a Echandi todo tipo de enconadas críticas y los más feroces comentarios a su libertad estética, por parte de sus contemporáneos . En este sentido, el director y propietario del periódico matutino La República, Juan Vicente Quirós, en su «crítica artística», publicada el 26 de enero de 1897 (La República, 1897), mencionó explícitamente que, el lienzo de grandes dimensiones pintado por Echandi, debía ser lanzado irremediabilmente a las llamas, y particularmente, se refirió, a la fisonomía plástica de Juan Santamaría como antiheroica y, por ende, una suerte de caricatura execrable.

Figura 3

Enrique Echandi Montero. La Quema del Mesón (Alegoría de la quema del Mesón), 1896. Óleo sobre tela, 1,93 x 2,51 cm. Museo Histórico – Cultural Juan Santamaría (Sala 6 «Héroes y heroínas»), Alajuela.



Fuente. Fotografía de Luis Eduardo Hernández.

4. Conclusiones

Para cerrar este recorrido, una lectura comparativa entre la estatua elaborada por Aristide Croisy y el lienzo de verosimilitud histórica pintado por Enrique Echandi, muestra de inmediato, notorios contrastes. Frente al monumento escultórico, que materializa a un joven atleta perfectamente formado, desafiante y aureolado de eternidad; el género histórico de caballete, plasma, en la zona áurea, la figura de Juan Santamaría, exenta de todo atributo heroico (verbigracia: belleza clásica, atuendo militar y potencia física).

En la solidez del bronce, el «Erizo» con mirada firme y un fusil en una mano y una antorcha en la otra, se configura como «el Aquiles homérico de nuestra guerra nacional»; mientras que, en el cuadro en cuestión, es un campesino moribundo y cuasi raquítrico, quien mira al cielo con el semblante atravesado por un gesto de dolor, tras consumir su acción, en una suerte de pathos dramático.

En la tela de gran formato, la recuperación visual de Juan, «labriego sencillo» vestido de soldado, en un episodio histórico muy claro (la memorable hazaña del incendio del Mesón de Guerra en el combate de Rivas), no se ajusta a la imagen triunfante del héroe nacional fabricada al gusto de los liberales decimonónicos. El espacio de la escena representada en la superficie del lienzo está definido por la sobria composición de líneas horizontales y verticales. Desde la narrativa visual, el cuadro representa tanto a los que ya han muerto (los cuerpos de un oficial y dos soldados yacen en el empedrado de la calle que rodea al Mesón de Guerra), como al que está próximo a expirar (Juan Santamaría ofrenda su vida tras consumir el acto de incendiar un alero del Mesón). Aquí también puede sostenerse cómo Echandi construyó una iconografía historicista que resultó tremendamente verosímil, cuya composición recuerda más el sacrificio crístico, que, a la figura simbólica del bravo y triunfante héroe militar, en el campo de batalla, liquidando a sus adversarios.

Por otra parte, en una época de construcción de relatos e iconografías nacionales, la alegoría –como artefacto visual- debía persuadir y de ahí la apelación, por medio de la bella y elevada mujer alada, que se ve ofreciéndole la guirnalda de la gloria y la inmortalidad al soldado Juan Santamaría, en el inédito grabado que se publicó en una página completa de la revista *Costa Rica Ilustrada*, en julio de 1887. Esa imagen femenina - tan cara a la tradición grecolatina- y que acompaña a Santamaría en el grabado litográfico; desaparece, claro está, en las representaciones plásticas del héroe nacional circuladas en la década de 1890, las cuales privilegian la mirada masculina.

Si bien, no existe un retrato que muestre el «verdadero rostro» de Juan Santamaría, por medio de esta imagería fabricada en los últimos tres lustros de la era decimonónica, se da cuenta de la construcción de un imaginario heroico en torno a la Guerra de 1856-1857 y su vínculo político e ideológico con el proceso de consolidación del Estado-Nación en Costa Rica.

Referencias bibliográficas

- Palmer, S. (2007) «El héroe indicado (o un Estado en búsqueda de su nación): Juan Santamaría, la batalla de Rivas y la simbología liberal, 1880 – 1895». En: Molina Jiménez, I. (Ed.) (pp. 111 – 129). *Industriosa y sobria. Costa Rica en los días de la Campaña Nacional 1856 – 1857*. (pp. 111 – 129). Plumsock Mesoamerican Studies.
- Diario de Costa Rica. (11 de abril de 1885). *11 de abril*.

- Hobsbawn, E. (2022). La invención de las tradiciones nacionales. En: Hobsbawn, E. *Sobre el nacionalismo* (pp. 139-155).
- Molina Jiménez, I. y Díaz Arias, D. G. (2022). *Voz experta: La batalla de Rivas; acontecimiento e interpretación*. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2022/04/07/voz-experta-la-batalla-de-rivas-acontecimiento-e.interpretacion.html>
- Gólcher Barguil, E. (1988) *El mundo de las imágenes: Percepción del sector gobernante de Estados Unidos y Europa Occidental, 1882 – 1914* [Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica]. Universidad de Costa Rica.
- Jiménez Morales, L. (2020). *La Guerra Centroamericana contra los filibusteros 1856 – 1857. Síntesis histórica*. Editorial Librería Alma Mater.
- Fallas Santana, C. M. (2015). *Costa Rica frente al filibusterismo. La Guerra de 1856 y 1857 contra William Walker: defensa y fortalecimiento de las instituciones del Estado*. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Díaz Arias, D. G. (2006). *Historia del 11 de abril: Juan Santamaría entre el pasado y el presente*. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Aguilar Piedra, R. (2015). Juan Rafael Mora y la Campaña Nacional. *Revista Comunicación* 24 (1), pp. 85 – 102.
- Fallas Santana, C. M. (2015). *Costa Rica frente al filibusterismo. La Guerra de 1856 y 1857 contra William Walker: defensa y fortalecimiento de las instituciones del Estado*. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Obregón Loría, R. (1991). *Costa Rica y la guerra contra los filibusteros*. Museo Histórico-Cultural Juan Santamaría.
- Bermúdez Castillo, J. A. (2010). Cultura visual. *Revista Nodos*, 8 (4), pp. 5-30.
- Lacaze, C. (2022). «1921: ¿qué modelos heroicos para el centenario de la independencia centroamericana?» *Revista de Ciencias Sociales Ambos Mundos*, 3, p. 8. <https://doi.org/10.14198/ambos.20729>
- Amoretti Hurtado, M. (1999). Sobre identidades y nacionalismos (contrastes metodológicos y epistemológicos). *Revista de Filología y Lingüística XXV*, (1), p. 21.
- Mozejko, D. T. (1995 – 1996). La construcción de los héroes nacionales. *Estudios* 6, p. 82.
- Gobierno de Costa Rica (1888a). *Colección de las disposiciones legislativas y administrativas emitidas en el año de 1887*. Tomo I. Imprenta Nacional, pp. 376 – 377.
- Gobierno de Costa Rica (1888). *Colección de las disposiciones legislativas y administrativas emitidas en el año de 1887*. Tomo II. Imprenta Nacional, pp. 115 – 116.
- Méndez Alfaro R. A. (1994). Juan Santamaría y los documentos de 1891. *Revista de Historia*, 29, pp. 195 – 210.
- Díaz González, J. A. (2010). El Monumento al Héroe: La estatua a Juan Santamaría como pieza en la construcción del imaginario liberal. *Revista Acta Académica*, 46, pp. 227 – 240.

El Ferrocarril. (11 de abril de 1885). *Juan Santamaría*.

La Prensa Libre. (26 de agosto de 1891). *Casos y cosas*.

Darío, R. (1891). *Fiesta de la Patria*. La Prensa Libre.

Méndez Alfaro, R. A. (2007) *Imágenes del poder: Juan Santamaría y el ascenso de la nación en Costa Rica (1860-1915)*. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia.

Brenes Tencio, G. (2007). La Quema del Mesón cuadro de historia de Enrique Echandi. Una contribución documental. *Umbral. Revista del Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes XX*, pp. 23 – 38.

Quirós, J. V. (1897). *Visitas a la Exposición II*. La República.

Mapas Conceptuales (MC) para visibilizar aprendizajes

Stefany Ocampo Hernández
Universidad Castro Carazo,
Costa Rica
socampo@castrocarazo.ac.cr

Virginia Aguilar Barquero
Universidad Castro Carazo,
Costa Rica
vaguilarb@castrocarazo.ac.cr

Julián Cordero Arroyo
Universidad Castro Carazo,
Costa Rica
jcordero@castrocarazo.ac.cr

Resumen: La Universidad Castro Carazo utiliza los Mapas Conceptuales (MC) como una estrategia para el desarrollo de habilidades superiores de pensamiento en sus estudiantes y docentes. De esta manera, el aprender a pensar con MC se ha convertido en una línea de acción clave, que se promueve a través de diversas experiencias y recursos de aprendizaje. Una de estas experiencias constituye un taller en presencia virtual, que se diseña en el Laboratorio de Aprendizaje (A: LAB) de la Universidad, para introducir los MC como herramienta que acompaña y potencia el aprendizaje mediante la representación gráfica del conocimiento de las personas aprendientes. Es por medio de su construcción que se negocian significados y se hacen visibles los conocimientos, por lo que es una estrategia óptima que facilita procesos de análisis para jerarquizar proposiciones que muestran la comprensión y asociación sobre uno o varios temas de interés.

Palabras claves: mapas, pensamiento crítico, aprendizaje a lo largo de la vida, enseñanza superior, tecnología educacional

1. Introducción

El aprender a pensar con Mapas Conceptuales (MC) es una estrategia institucional que la Universidad Castro Carazo incorpora desde el 2016, como parte de una reinversión de su modelo educativo. En conjunto con otras acciones clave, esta estrategia busca el desarrollo de habilidades superiores de pensamiento en sus estudiantes y docentes (Badilla et al., 2018).

La teoría de MC es desarrollada en la década de 1970 por el docente e investigador de la Universidad de Cornell, Joseph Donald Novak. Más adelante, se convierte en investigador del Instituto de Cognición Humana y de Máquinas de Florida (IHMC), en donde sus investigaciones se centran en el aprendizaje y la representación del conocimiento, basadas principalmente en la teoría de Aprendizaje significativo de David Ausubel, psicólogo y pedagogo estadounidense. Novak propone que los MC se componen de conceptos y palabras de enlace, que dan como resultado la construcción de una proposición a partir de una pregunta generadora que orienta el diseño de dicho MC. El concepto, se define como una regularidad percibida en eventos u objetos, mientras que un acontecimiento es cualquier evento que suceda o pueda provocarse: las guerras, la educación, la fisión del átomo (Novak y Gowin, 1984).

Al respecto Ocampo (2022) amplía:

Sin embargo, un concepto por sí solo no es una unidad de significado, requiere de una palabra de enlace para dar cuenta de la relación más relevante entre un concepto y otro, completando la proposición (concepto + palabra de enlace = proposición). Las palabras de enlace permiten a las personas identificar cual es el enlace que mejor expresa su conocimiento sobre el tema, por ese motivo deben ser concisas, claras y específicas. Las proposiciones y por ende la construcción de un MC, responde a un cuestionamiento planteado con una pregunta de enfoque. Elaborar estas

preguntas, no es sencillo, deben delimitar y orientar la construcción del mapa, y para contestar dicho cuestionamiento, se inicia por definir cuáles son los conceptos jerárquicos más generales e incluyentes, hasta llegar a los más específicos. Es durante este proceso que se puede tener una concepción equivocada, es decir, una interpretación no aceptada (no necesariamente errónea) de una proposición, este “error” concede la posibilidad de negociar el significado sobre esa concepción, de ahí su importancia al convertirse en una oportunidad de aprendizaje (p.1)

Es importante resaltar que estas proposiciones están influenciadas por nuestras experiencias y la manera en que veamos o nos acerquemos al tema. Así, al construir un mapa conceptual priorizaremos o jerarquizaremos los conceptos, de manera que puedan representar las relaciones que consideramos más pertinentes.

Aunado a este proceso de significación personal, la práctica continua en el uso de mapas conceptuales permite una mayor retención del producto construido, tal como mencionan Badilla et al. (2018):

En los seres humanos, tanto el aprendizaje como la memoria, son procesos fundamentales que posibilitan el desarrollo de nuevas ideas a partir de la experiencia y la retención de éstas en la memoria. De esta forma, entre más experimentemos el diseño de MC, mejor retenemos en nuestra memoria el cómo hacerlos, siendo así la ruta a seguir el ejercicio constante de construcción de mapas. Los “puentes” mencionados, corresponden a las palabras de enlace, lo que significó entender que no existe un listado de palabras que recomendar para vincular un concepto con otro al ser cada experiencia de aprendizaje única, de manera que, las palabras de enlace son una construcción propia que se ve enriquecida por las experiencias previas (p. 02).

2. Objetivo y secuencia didáctica del taller

El taller busca brindar las nociones básicas sobre la construcción de MC, y sobre su uso como herramienta de aprendizaje en cualquier nivel y especialidad o disciplina. En el taller se utiliza la herramienta multimedia CmapTools (Cañas et al., 2004) para crear un MC colaborativo, representando el pensamiento de las personas participantes a través de negociaciones de significados y reflexionando sobre la pregunta de enfoque, los conceptos y proposiciones del mapa. a través del desarrollo de su pensamiento crítico.

Para lograr este objetivo, se desarrolla una secuencia didáctica con tres momentos clave: conducta de apertura, actividades de desarrollo y una actividad de cierre. Estos tres momentos buscan profundizar o transformar los preconceptos que las personas participantes puedan tener sobre los MC y su uso como herramienta de aprendizaje. La planificación estratégica del taller toma en consideración que, en todo momento, se propicien la interacción y la construcción colaborativa. Para esto, se emplean diversas técnicas y herramientas digitales que facilitan la participación de las personas, independiente de su fluidez tecnológica o acceso a dispositivos tecnológicos específicos.

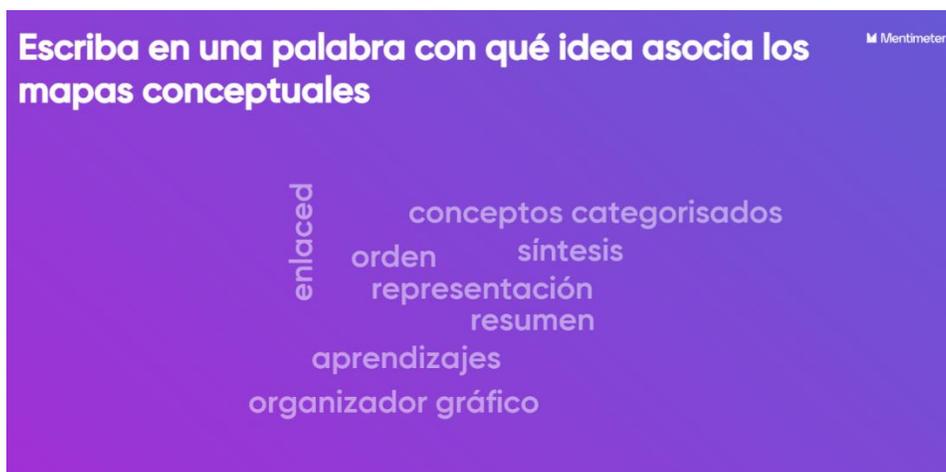
2.1 Apertura: Nociones previas sobre los MC

Las conductas de apertura o de entrada son espacios que promueven una buena disposición hacia el aprendizaje, a través del diálogo, el juego o la creación de vínculos afectivos (Pérez & Serrano, 2017). Para cumplir con este fin, el taller se inicia con una actividad participativa para identificar las nociones

previas que las personas participantes asocian con MC. Para esto, se utiliza la herramienta Mentimeter.com que facilita la realización de una encuesta anónima, contestando a la pregunta: ¿Qué idea asocian con los mapas conceptuales? Esta pregunta se comparte en el chat por medio de un enlace. Cada persona debía contestar con una sólo idea para formar una nube de palabras entre todas las personas participantes (figura 1).

Figura 1

Primeros lienzos



Fuente: elaboración propia durante taller

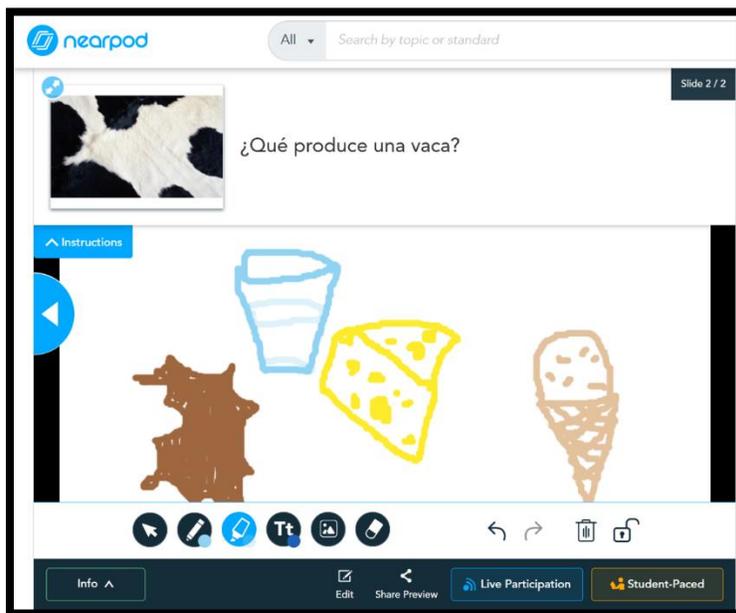
Esta nube de palabras funciona como diagnóstico y punto de partida del taller. En los siguientes momentos del taller se busca enriquecer o transformar estos preconceptos con nuevas ideas y asociaciones sobre los MC y su uso como herramienta de aprendizaje.

2.2 Desarrollo

Se utilizan las “vacas” como metáfora que facilita el hilo conductor de 3 actividades de desarrollo que buscan generar retos cognitivos. Se selecciona el concepto de “vaca” como punto de partida, al ser un concepto básico y del que la mayoría de las personas conoce desde una temprana edad. Lo anterior facilita la participación y una mayor vinculación personal, al estar familiarizados con el concepto y poder aportar a partir de sus experiencias previas. A continuación, se detallan estas 3 actividades de desarrollo apoyadas de la metáfora de la vaca.

2.2.1 La vaca “mu”

Para introducir a las personas asistentes a la temática de MC, se les pregunta: ¿Qué produce una vaca? La respuesta de cada asistente como tal debe ser un dibujo y no un texto, por lo que a través de la pizarra colaborativa Nearpod.com se aprecian los siguientes lienzos, presentados en la figura 2.

Figura 2*Primeros lienzos*

Fuente: elaboración propia durante taller

Cada asistente realiza los dibujos que considera necesarios para representar y contestar la pregunta como primer reto. Paralelamente, la persona facilitadora proyecta en pantalla cada uno de los dibujos y consulta a cada participante sobre su ilustración. Con ello, se traducen los dibujos a sustantivos y/o acciones que responden la pregunta; por ejemplo, en la Figura 1, se asegura si las representaciones corresponden a cuero, leche, queso y helados, entre otros. Estas palabras son de utilidad para la siguiente actividad, ya que el propósito consiste en identificar cómo, a partir de las asociaciones que se hacen de lo conocido por los aprendientes, es posible representarlo por medio de algo tan concreto como lo es un dibujo, en este caso productos de una vaca.

2.2.2 Trío Vacuno

Para comprender el significado de concepto, palabra de enlace y proposición en la teoría de MC se proyecta en pantalla cómo se enlistan los diferentes productos dibujados mediante el software de CmapTools. Una vez mostrados en pantalla, el reto consiste en unir por medio de un “Trío vacuno”: concepto (producto), palabra de enlace (verbo conjugado) y otro concepto, todos los productos dibujados, pero para ello, se deben respetar las siguientes normas:

- Para unir un producto con otro producto, no se puede usar otro producto en el medio.
- Entre cada producto, esa cuerda o unión debe ser un verbo, sí o sí.
- Dicho verbo debe estar conjugado para comprender la unión semántica.

Por ejemplo: ¿Cómo se une queso y vaca? Los participantes enlistan:

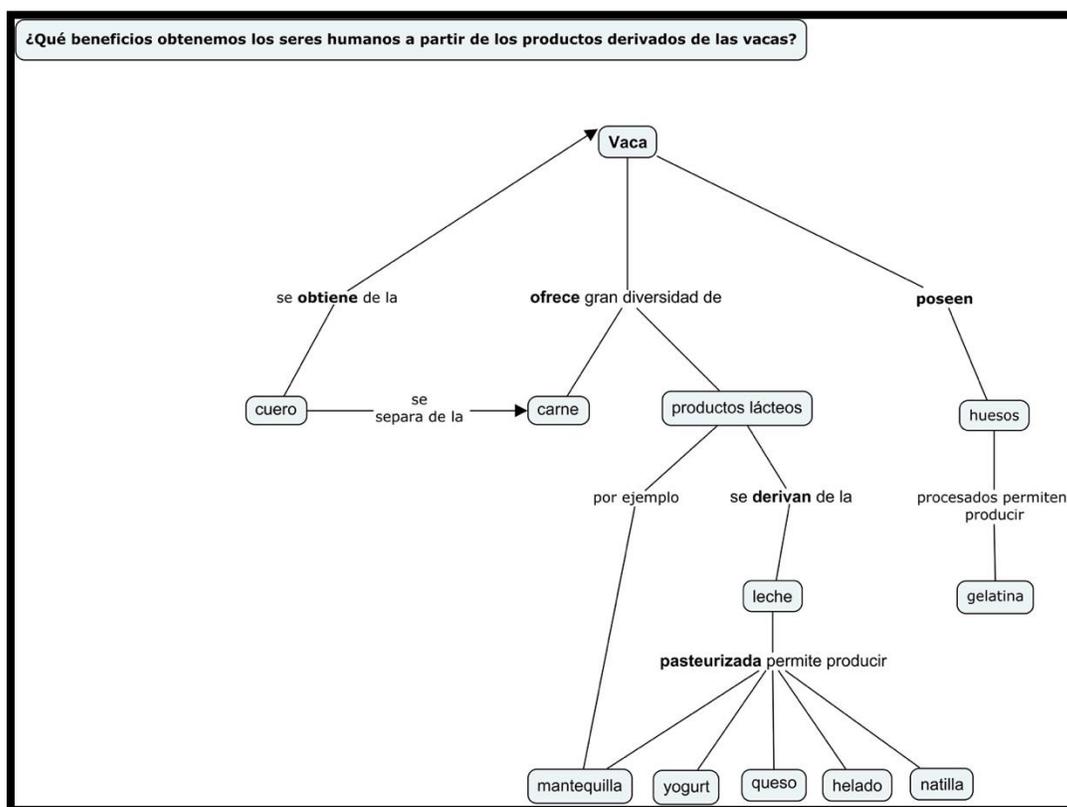
Vaca pare el becerrito, Becerrito bebe la leche, Vaca produce carne, Mantequilla se deriva de la leche, productos lácteos obtenidos mediante la pasteurización son queso, yogurt. Esta última proposición (trío vacuno) implica todo un desafío en encontrar la palabra de enlace idónea que lograra expresar su conocimiento.

2.2.3 Juntamos nuestro ganado

Cuando todos los tríos vacunos están unidos, se procede a “juntar el ganado”. Se insta a imaginar que todos estos tríos representan en conjunto una ganadería: ¿Cómo podríamos unir toda la ganadería? Se abre nuevamente el CmapTools con las proposiciones anteriormente realizadas y se les reta a contestar ¿Qué beneficios obtenemos los seres humanos a partir de los productos derivados de las vacas? Los participantes no tardan en entender la dinámica de construcción del MC, mientras que la persona facilitadora se centra en captar el conocimiento. Mediante un aprendizaje colaborativo construyen el siguiente MC, ver figura 3:

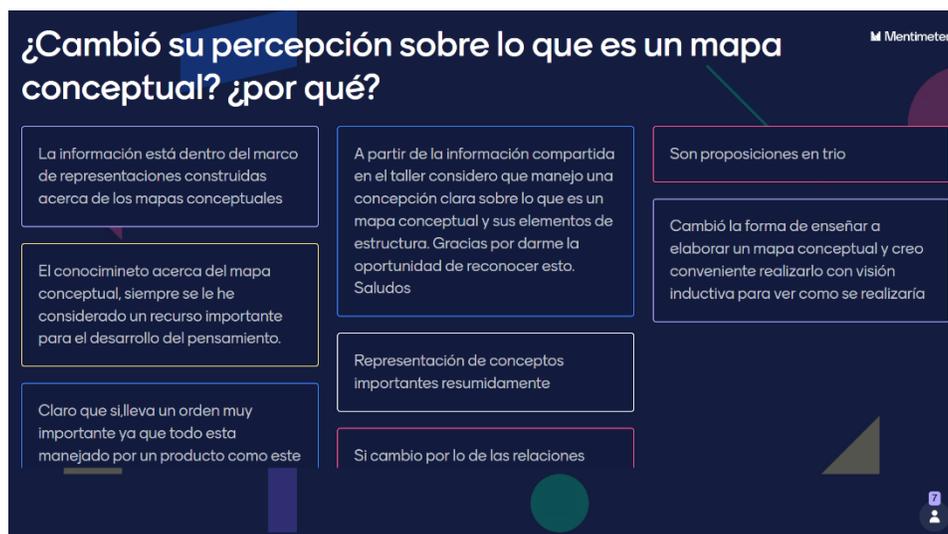
Figura 3

Ganadería CONCITES



2.3 Cierre: Retomar nociones sobre MC

Con el fin de socializar las impresiones de cada asistente, se comparte en el chat un enlace a la herramienta generadora de nubes de palabras llamada mentimeter.com: ¿Cambió su percepción sobre lo que es un mapa conceptual, por qué? En la figura 4 se proyectan las respuestas de forma anónima:

Figura 4*Percepciones de MC*

Fuente: elaboración propia durante el taller

Se evidencia explícitamente como la construcción de un MC permite que puedan compartir una temática concreta y complejizarla. Asimismo, un punto importante a tener en consideración es que se pudo determinar de forma participativa que los MC tienen propiedades y características específicas, las cuales lo diferencian de otros recursos como los mapas mentales o los esquemas.

3. Conclusiones

El ejercicio compartido hace que los MC sean una respuesta contracultural al aprender tradicionalmente mediante la transferencia de conocimiento. Adicionalmente, los MC por su naturaleza se ofrecen como una alternativa a la competencia y al individualismo. Después de todo, en ellos subyacen las ideas de solidaridad, de conjunción de esfuerzos y de acuerdo e interdependencia entre las personas (Peré, 2019). El ejercicio de los productos de la vaca es un ejemplo excepcional de cómo, desde la docencia, se puede ser mediador del conocimiento y no el centro, ya que se delega en cada persona participante del mapa la construcción del conocimiento como tal.

Así, es claro que los MC pueden y deben considerarse como una herramienta que maximiza el aprendizaje significativo a través de la interacción y situaciones de aprendizaje auténticas que promueven habilidades para la vida. Consecuentemente, es crucial cada docente promueva la autoevaluación y coevaluación de los MC y así promover el trabajo colaborativo.

Es indudable que en el proceso de elaboración de los mapas podemos desarrollar nuevas relaciones conceptuales, en especial si, de una manera activa, tratamos de construir relaciones proposicionales entre conceptos que previamente no considerábamos relacionados. A menudo, estudiantes y profesores se dan cuenta de nuevas relaciones y, por consiguiente, nuevos significados (Novak y Gowin, 1984, p.18).

En cuanto al rol de las personas acompañantes del aprendizaje, para estas iniciativas es importante contar una experticia que permita mediar pedagógicamente, es decir; que guíe, acompañe, oriente, rete, aliente y cuestione a las personas aprendientes. Sobre este último, se hace hincapié acerca de las preguntas generadoras o preguntas pedagógicas, conocidas como preguntas de indagación, preguntas de verificación, preguntas de ampliación, entre otros tipos de preguntas (Chacón 2006). Es precisamente en estos cuestionamientos y/o procesos “que se puede tener una concepción equivocada, es decir, una interpretación no aceptada (no necesariamente errónea) de una proposición” condición necesaria para empezar a negociar significados. (Ocampo-Hernández, 2021, p.1).

De tal forma, el reto cognitivo para aprender a pensar en mapas conceptuales se puede traducir en frustraciones que encajonan la posibilidad de continuar con el proceso de aprendizaje sin la adecuada realimentación, ante esto, es más relevante la construcción del mapa, por ende, como acompañantes del aprendizaje se debe reconocer y permitir el error como un puente para la comprensión de la teoría y aplicación de la misma. La clave está en saber reconocer las distintas estructuras que ordenan y jerarquizan el conocimiento en estas representaciones gráficas: conceptos y palabras de enlace, proposiciones. Estas últimas se convierten en sí mismas en la complejidad del construir y pensar en MC.

Por último, la participación y compromiso de las personas participantes se convierte en el punto de partida en el taller brindado para continuar profundizando sobre cómo dar respuesta a cuestionamientos a través de MC, los cuales desarrollan habilidades de pensamiento de orden superior.

Fuentes bibliográficas

- Badilla, E., Ocampo, S., Acuña, S., Carvajal, M., Vargas, I., Cordero, J., Rojas, L., Gamboa, M.C., Cerdas, L. y Sáenz, M. (2018). Transitar hacia un pensamiento de orden superior: mapas conceptuales en la Universidad Castro Carazo. En A. Cañas (Presidencia). *Concept Mapping: Renewing Learning and Thinking Proc. of the Eight Int. Conference on Concept Mapping*. Congreso llevado a cabo en Universidad EAFIT.
- Cañas, A. J., Hill, G., Carff, R., Suri, N., Lott, J., Eskridge, T., Lott, J. y Carvajal, R. (2004). CmapTools: A Knowledge Modeling and Sharing Environment. In A. J. Cañas, J. D. Novak y F. M. González (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping* (Vol. I, pp. 125-133).
- Chacón, S. (2006, 26-28 setiembre). *La Pregunta Pedagógica como Instrumento de Mediación en la Elaboración de Mapas Conceptuales*. [Conferencia]. Proceedings of the Second Int. Conference on Concept Mapping. <http://cmc.ihmc.us/cmc2006Papers/cmc2006-p102.pdf>
- Novak, J. D. y Gowin, D. B. (1984). *Learning How to Learn*. Cambridge University Press.
- Ocampo-Hernández, S. (2021, 7 de setiembre). *Mapas y Maperos en la Universidad Castro Carazo*. Blog Castro Carazo. <https://www.castrocarazo.info/mapas-y-maperos-en-la-universidad-castro-carazo/>
- Peré, N. (2019). Aprendizaje colaborativo con mapas conceptuales y uso de TIC. *Revista Intercambios*, 1 (2), pp. 83-90. <https://www.cse.udelar.edu.uy/wp-content/uploads/2019/05/document6.pdf>

Pérez Ruiz, D. D. y Serrano Guzmán, M. F. (2017). *Efectos de la conducta de entrada en la interacción de sistemas complejos en el aula de clase*. Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería ACOFI. <https://doi.org/10.26507/ponencia.460>

Mobile learning y el uso de apps educativas en la enseñanza de las Ciencias Naturales

Marco Vinicio López Gamboa

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

marcovinicio.lopez@ucr.ac.cr

Resumen: El mobile learning y el conectivismo son las fundamentaciones pedagógicas sobre el uso de dispositivos móviles y la integración de la tecnología en los procesos de enseñanza-aprendizaje, asociadas a la formación del docente a través del Conocimiento Tecnológico Didáctico del Contenido y el Conocimiento Didáctico del Contenido. Asimismo, en la actualidad es indispensable incorporar el uso de las TIC en educación a través de los dispositivos móviles en el contexto de clase, como parte de la alfabetización digital que se requiere potenciar no solo en los discentes, sino, en los mismos profesores. De manera que el uso de apps enfocadas en la enseñanza de las Ciencias Naturales a través del mobile learning dinamiza los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Palabras clave: mobile, learning, enseñanza, aprendizaje, apps.

1. Introducción

Actualmente el uso de los dispositivos móviles en los procesos de enseñanza-aprendizaje ha tomado un gran protagonismo debido a la pandemia asociada al COVID-19, en el contexto de Costa Rica, las clases tanto a nivel de primaria, secundaria e incluso universitario se han desarrollado de forma virtual, lo que ha generado un uso esencial de estos aparatos. Asimismo, ha hecho considerar tanto a docentes, funcionarios administrativos y por su puesto a los padres de familia, que el uso de estos dispositivos ya no implica solo el ocio y entretenimiento, cambiando así la forma de pensar sobre estos aparatos.

La inmersión de recursos tecnológicos en los ambientes de aprendizaje mantenía un ritmo lento y constante, a pesar de tener a estudiantes nativos digitales, como bien indica Guadamuz (2020), si las tecnologías están cambiando y las exigencias del estudiantado, y sus hábitos de consumo de información también, es necesario que dentro del aula el cambio también suceda, pues bueno con la llegada de la pandemia, ese cambio ya llegó, y obligo a instituciones educativas públicas y privadas, y a todo su personal a adaptarse, así como a los estudiantes.

2. Fundamentación pedagógica

Desde el contexto educativo, el uso de dispositivos móviles, entiéndase celulares (smartphones) y tablets, están bajo el marco de lo conoce como “mobile learning” en adelante m-learning; como indica Ramírez (2009) es cuando el aprendizaje toma lugar con este tipo de aparatos, aprovechando a las tecnologías móviles como base del proceso de aprendizaje (Valero, Roura y Palacín, 2012). Es una derivación del e-

learning (electronic learning), ya que si el proceso de enseñanza-aprendizaje se desarrolla en un entorno virtual de aprendizaje (EVA), como Moodle, Microsoft TEAMS, Schoology y similares, se puede acceder a estos desde cualquier dispositivo móvil. Además, existen diversas apps diseñadas con fines educativos, sin dejar de mencionar la función primaria de los dispositivos móviles, la cual es la comunicación, así que también son recursos indispensables para la educación remota, por medio de plataformas como Telegram o Whatsapp.

Valero et al. (2012) mencionan las siguientes características del m-learning:

- Portabilidad, gracias al reducido tamaño de los dispositivos.
- Inmediatez y conectividad por medio de las redes inalámbricas.
- Ubicuidad por la liberación del aprendizaje a las barreras de espacio y tiempo.
- Adaptabilidad de servicios, aplicaciones e interfaces en función de las necesidades de los usuarios.

El m-learning es un complemento blended learning o aprendizaje semi presencial, conocido como b-learning, siendo este considerado para etapas posteriores a la pandemia. Asimismo, el uso de estos recursos tecnológicos también está fundamentado dentro de lo que se conoce como conectivismo, definido por Siemens (2005) como una nueva teoría educativa como el constructivismo, cognitivism y conductismo, derivada de la influencia y uso de recursos tecnológicos, sobre todo digitales y de comunicación. De ahí que este autor, postula algunos principios asociados al conectivismo, que se acoplan a la implementación del m-learning, como que el aprendizaje puede residir en dispositivos no humanos, que el aprendizaje y el conocimiento dependen de la diversidad de opiniones.

La implementación de recursos tecnológicos asociados al m-learning, implica en los docentes un fortalecimiento en lo que se conoce como Conocimiento Tecnológico Didáctico del Contenido (CTDC, en adelante) o Pedagogical Technological Content Knowledge (TCPK) de Mishra y Koehler (2006), definido como la integración de la tecnología, junto con los conocimientos de la didáctica y el respectivo contenido de la asignatura al proceso de enseñanza y aprendizaje. Asimismo, el CTDC, está asociado al Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC, en adelante) o Pedagogical Content Knowledge (PCK), expuesto por Shulman (1986) como la sinergia que existe entre el contenido de la disciplina y la didáctica que ejerce el docente para enseñarlo, reforzado por lo que expone Gess-Newsome (2015), que el CDC es la base de la planeación de un tema particular y la habilidad de este en la respectiva práctica de clase.

Al momento de incorporar al m-learning o cualquier otra innovación educativa basada en tecnología digital, se debe analizar su uso, tener claro un planeamiento definido, para así evitar darle a las personas juguetes nuevos a través de tecnologías de alta definición (Warschauer, 2003). Por eso la incorporación de los dispositivos móviles en los procesos de enseñanza-aprendizaje, y sobre todo en la enseñanza de las Ciencias Naturales es muy importante, ya que estos aparatos ofrecen diversas herramientas asociadas a las apps, facilitando el uso de estos recursos, ante otros físicos y de infraestructura con lo que no se cuenta, como lo son los laboratorios convencionales, como indican López et al. (2017) el móvil es como un pequeño laboratorio de bolsillo, que trae incorporado sensores internos tales como cámara fotográfica, micrófono, acelerómetro, etc.

Tanto el m-learning como las apps están asociadas a las TIC en educación, las cuales son tan diversas y variadas en los dispositivos móviles como en redes y aplicaciones (López et al., 2017), de ahí que al

momento de utilizarlas implican una gran responsabilidad para el docente, en el sentido de que debe investigar, analizar y probar, cuales son más acordes a las necesidades de su contexto educativo.

3. Apps educativas en la enseñanza de las Ciencias Naturales

Antes de mencionar algunas apps que se pueden utilizar en la enseñanza de las ciencias naturales, es importante indicar algunas consideraciones al momento de la búsqueda y selección de las mismas, para una futura implementación en el proceso de enseñanza y aprendizaje:

- En la medida de lo posible que sean gratuitas.
- Su utilización no dependa de conexión a internet.
- Dirigidas a dispositivos móviles de gama baja y media.
- Verificar que su contenido sea verás.
- Sean fáciles de utilizar.

Las apps se pueden clasificar de diversas maneras, desde en que sistema operativo están disponibles, si son gratuitas o no, así como desde su funcionalidad educativa, en esta última Torres et al. (2017), diseñaron un sistema de categorías para app con contenidos de ciencias naturales que es el siguiente:

- Enciclopedia: presenta contenidos como un libro de texto.
- Social: interactúa y comunica resultados al profesor.
- Sensor de medida: toma datos experimentales.
- Corrector de ejercicios: efectúa cálculos.
- Simulador: presenta fenómenos o modelos científicos.
- Realidad Aumentada: integra al mundo real con el virtual por medio de la cámara del dispositivo móvil.

A estas categorías se le pueden incorporar otras tanto de carácter educativo y general como las siguientes:

- Graficación y/o dibujo: realiza gráficos, dibujos y/o representaciones geométricas.
- Gamificación: presenta algún tipo de trivia y/o juegos.
- Accesibilidad: presenta algún tipo de apoyo como la narración de todo el contenido o parte de este, etc.
- Comunicación y transferencia: permite enviar mensajes, realizar llamadas, video llamadas y archivos de video, audio, etc.

A continuación, se describirán algunas apps educativas disponibles para el contexto de la enseñanza de las Ciencias Naturales, que ofrecen desde cálculos de situaciones físicas, resúmenes teóricos hasta simulaciones.

Para el área de Física se describen algunas apps en la tabla 1.

Tabla 1

Apps para la enseñanza de la Física

APP	Logo	Categorías	Descripción	Sistema operativo
Electrodoc		Enciclopedia Corrector de ejercicios	Ofrece el código de colores de resistencias e inductores, realiza cálculos de la ley de Ohm para una resistencia y para un led, cálculos de frecuencias, tablas de datos eléctricos, etc.	Android (versión básica y gratuita) y iOS (versión pro, a un costo).
Electric circuit		Enciclopedia Simulador Corrector de ejercicios	Realiza demostraciones de funcionamiento de circuitos en serie y paralelo con luminarias, permite hacer diversos cálculos de corriente, potencia, voltaje, presenta fórmulas, etc.	Android (gratis)
GeoGebra		Corrector de ejercicios Graficador y/o dibujo Realidad aumentada	Es un graficador de funciones, puntos, rectas, vectores, genera construcciones en realidad aumentada (solo en iOS), etc.	Android e iOS (gratis)
2 ^{da} ley de Newton		Realidad aumentada Simulador	Es de realidad aumentada (RA), permite realizar experiencias de laboratorio de física asociadas a la II ley de Newton, por medio de realidad aumentada, creando un usuario, para recibir el respectivo marcador.	Android e iOS (gratis)
Lab4Physics		Sensor de medida	Permite hacer experimentos de física con los sensores que contiene dispositivo móvil como la camera, micrófono, acelerómetro, etc. y/o con materiales de fácil obtención, aunque se debe pagar por el acceso a la mayoría de las experiencias.	Android e iOS (versión pro, a un costo)

Nota. Los logos son de la versión para Android, pueden variar para las apps que tenga versión en iOS, 2da ley de Newton y Lab4Physics para utilizarlas requieren de conexión a internet.

En el área de Biología resaltan las siguientes apps de la tabla 2.

Tabla 2

Apps para la enseñanza de la Biología

APP	Logo	Categoría	Descripción	Sistema operativo
Bacteria 3D		Simulador Gamificación Accesibilidad	Ilustra modelos 3D de diferentes bacterias, menciona enfermedades que producen alguna de estas, ilustra su anatomía y describe sus partes. Además, ofrece trivias y animaciones con explicaciones en varios idiomas, incluido el español.	Android e iOS (gratis).
Cell World		Simulador Accesibilidad	Ilustra un modelo 3D de una célula eucariota animal y permite navegar por su alrededor, describiendo sus partes, en inglés; también lo presenta de manera textual en ese mismo idioma.	Android (gratis) e iOS (a un costo).
Insect Orders		Enciclopedia	Presenta diferentes características de los insectos, distribuidos por órdenes y demás, también presenta ilustraciones, resaltando sus diferentes partes.	Android (a un costo) e iOS (a un costo).
Touit		Enciclopedia	Ofrece un listado de diferentes especies, entre aves, artrópodos, anfibios, reptiles y mamíferos de Costa Rica. Aporta fotografías, así como su distribución geográfica, nombre científico, hábitat, alimentación, etc.	Android e iOS (gratis).
Quiver		Realidad aumentada Gamificación	Se desarrolla a partir de RA, por medio de marcadores que se colorean, los mismos tienen diversos precios, pero también ofrece unos de forma gratuita, como dos que representan una célula vegetal y animal, los cuales, al aplicar la RA, presentan a las células en 3D y también ofrecen actividades de trivía.	Android e iOS (gratis).

Nota. Los logos son de la versión para Android, pueda que varien para las apps que tengan versión en iOS, el app Quiver para utilizarse debe estar conectado a internet.

En el área de Química se describirán las siguientes apps en la tabla 3.

Tabla 3*Apps para la enseñanza de la Química*

APP	Logo	Categoría	Descripción	Sistema operativo
Tabla Periódica		Enciclopedia	Muestra a la tabla periódica de los elementos, ofrece para cada uno, información desde su número atómico, estado de oxidación, puntos de ebullición y fusión, entre otros.	Android e iOS (gratis).
Enlace químico		Enciclopedia Accesibilidad	Ofrece información teórica sobre diversos temas como enlace covalente, estructura de Lewis, hibridación, etc. Además, narra la información que presenta en español.	Android (gratis).
Hidrocarburos		Gamificación	Ofrece una variedad de trivias como preguntas de selección única, juegos de palabras, etc., sobre alcanos, cicloalcanos, alquenos, alquinos, etc.	Android (gratis) e iOS (a un costo).
Molecular Constructor		Graficador y/o dibujo	Permite construir modelos atómicos y moleculares en 3D.	Android e iOS (gratis).
RappChemistry		Realidad aumentada Enciclopedia	Es de RA, al escanear los marcadores se puede visualizar información como el número atómico y másico, la estructura de Lewis abreviada y los electrones por nivel, además del respectivo modelo atómico en 3D. Al abrir el app esta ofrece la opción para descargar los marcadores para hacer uso de la RA.	Android (gratis).

Nota. Los logos son de la versión para Android, pueda que varien para las apps que tengan versión en iOS.

Existen otras apps que son más generales respecto a su uso, es decir que se pueden usar tanto física, química y biología, ya sea para hacer mediciones de diferentes magnitudes, así como poder realizar simulaciones. Además, uso se puede acoplar al desarrollo de diversas estrategias didácticas, en función de lo que el docente determine, algunas de estas aplicaciones se describen en la tabla 4.

Tabla 4*Otras Apps para la enseñanza*

APP	Logo	Categoría	Descripción	Sistema operativo
PhET		Simulador	Ofrece diversas experiencias de laboratorios de Física, Química, Biología, Matemática, etc.	Android (gratis) e iOS (a un costo).
Science Journal		Sensor de medida	Permite hacer experimentos de ciencias naturales con los sensores que contiene dispositivo móvil como la camera, micrófono, acelerómetro, etc. Solo requiere una cuenta en Google (Gmail).	Android e iOS (gratis).
WallaMe		Realidad aumentada	Es una herramienta de RA, estilo red social, que permite fotografiar elementos de diferentes lugares, asociarlos a su ubicación geográfica, e insertarles elementos como imágenes y/o texto, que serán visualizados a través de la RA.	Android e iOS (gratis). Pero en iOS no esta disponible para CR.
Kahoot		Social Gamificación	Permite generar actividades de evaluación, tipo trivia y similares, admite hasta 10 usuarios de forma gratuita, si se sobrepasa esa cantidad se deberá pagar por uno de los diversos paquetes que ofrece.	Android e iOS (gratis).
Telegram		Social Comunicación y transferencia	Permite enviar mensajes, realizar llamadas y video llamadas, grupos de usuarios, se puede configurar la seguridad, para no compartir el número de teléfono del usuario, permite enviar archivos de video, imagen, sonido de hasta 1,5 GB, permite hacer grupos de hasta 200 000 usuarios, es opensource.	Android e iOS (gratis).

Nota. Los logos son de la versión para Android, pueda que varien para las apps que tenga versión en iOS, tanto WallaMe, Kahoot y Telegram para usarse requieren de conexión a internet.

4. Asociación curricular

A continuación, en la tabla 5, se presenta una asociación de algunos contenidos de los programas de estudio del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica (MEP) con varias de estas aplicaciones celulares.

Tabla 5*Asociación las algunas de las apps educativas y parte de el currículo del MEP*

APP	Área de conocimiento	Criterios de evaluación	Nivel educativo
PhET (Balanceo de Ecuaciones Químicas)	Química	2. Practicar las estrategias de elaboración de ecuaciones, su balanceo y clasificación, de manera que se generen habilidades en el estudiante que además le permitan ubicarlas en su contexto inmediato.	Décimo (secundaria)
RappChemistry		1. Explicar mediante procesos gráficos la organización de los átomos en sus diferentes niveles, grupos, familias y capas.	
Cell World	Biología	2. Explicar la diferenciación de las células procariontas, eucariotas, animal y vegetal y la relación con el aprovechamiento de los recursos disponibles en su entorno.	Séptimo (secundaria)
Quiver		1. Analizar los niveles de organización del cuerpo humano, para la comprensión de su funcionamiento integral.	Cuarto (primaria)
PhET (Kit de Construcción de Circuitos: CD)	Física	2. Distinguir los tipos elementales de circuitos eléctricos y la importancia de los materiales conductores de corriente eléctrica.	Undécimo (secundaria) Quinto (primaria)
2 ^{da} ley de Newton		1. Analizar las implicaciones de las Leyes de la mecánica clásica de Newton en el contexto cotidiano.	Décimo (secundaria)

Nota. Los criterios de evaluación son tomados de los programas de estudio de Ciencias del MEP, por detalles espacio solo se indican uno o dos por criterio.

5. Conclusiones

Al implementar el m-learning hay que considerar detalles como tipos de dispositivos con cuentan los estudiantes, conexión a internet. Por otro lado, el uso de este tipo de apps ofrece diversas ventajas, como laboratorios de bolsillo gracias a los sensores que vienen incorporados en los dispositivos móviles, así como el acceso que estas brindan a simulaciones y animaciones. De ahí, que también se puedan desarrollar habilidades del siglo XXI como alfabetización digital y manejo de información, tanto para los estudiantes como los profesores.

Finalmente, el uso de apps para la enseñanza de las Ciencias Naturales, consolidan el CDC y el CTDC de los docentes, ya que no solo deben aprender sobre estas herramientas TIC, sino, sobre sus fundamentaciones pedagógicas y como implementarlas en sus diversos contextos de clase, así como analizar el comportamiento de los estudiantes ante el uso de estas.

Referencias bibliográficas

- 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 Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 28-42). Routledge.
- Guadamuz, J. (2020). Primeros pasos del aprendizaje móvil en Costa Rica: Uso de WhatsApp como medio de comunicación en el aula. *Revista Electrónica Educare*, 24(2), 1-19. <http://doi.org/10.15359/ree.24-2.18>
- López, V., Couso, D., Simarro, C., Garrido, A., Grimalt, C., Hernández, M. y Pintó, R. (2017). El papel de las TIC en la Enseñanza de las Ciencias Naturales en secundaria desde la perspectiva de la práctica científica. *X Congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las Ciencias..* <https://bit.ly/2G4snME>
- Torres, A., Bañon, D., y López, V. (2017). Empleo de smartphones y apps en la enseñanza de la Física y Química. *X Congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las Ciencias.* <https://bit.ly/3dWp9HA>
- Ministerio de Educación Pública. (2016). *Programa de Estudio de Ciencias Primero y Segundo Ciclo de Educación General Básica.* <https://bit.ly/3mkiOII>
- Ministerio de Educación Pública. (2017). *Programa de Estudio de Ciencias Tercer Ciclo de Educación General Básica.* <https://bit.ly/2RD5vGY>
- Ministerio de Educación Pública. (2017). *Programa de Estudio de Física Educación Diversificada.* <https://bit.ly/2HuXq2u>
- Ministerio de Educación Pública. (2017). *Programa de Estudio de Química Educación Diversificada.* <https://bit.ly/37DU8nF>
- Ministerio de Educación Pública. (2017). *Programa de Estudio de Biología Educación Diversificada.* <https://bit.ly/3kwlToT>
- Mishra, P. y Koehler, M. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teacher College Record*, 106(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Ramírez, M. (2009). Recursos Tecnológicos para el aprendizaje móvil (mlearning) y su relación con los ambientes de educación a distancia: implementaciones e investigaciones. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 12(2), 57-82. <https://doi.org/10.5944/ried.2.12.901>
- Siemens, G. (2005). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology & Distance Learning*, 2(1). http://itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>

Valero, C., Roura, M. y Palacín, A. (2012). Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación. *La educ@ción*, 147, 1-21. <https://bit.ly/2TylIND>

Warschauer, M. (2003). Demystifying the digital divide. *Scientific American*, 289(2), 42-47. <http://www.jstor.org/stable/26060401>

Principios básicos de divisibilidad a través de la resolución de problemas

Luis Fernando Ramírez Oviedo

Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica

lramirez@uned.ac.cr

Eric Padilla Mora

Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica

epadilla@uned.ac.cr

Resumen. Este taller pretende fortalecer la formación profesional de la persona docentes de I y de II ciclo de la educación costarricense respecto al tema divisibilidad. Para ello se trabajará a través de la estrategia de resolución de problemas los principios básicos de divisibilidad aplicados en diversos contextos. Se espera que los participantes además del fortalecimiento del conocimiento en el área de la Matemática también puedan apropiarse de diversas estrategias didácticas que puedan implementar en las aulas.

Palabras clave. Didáctica, divisibilidad, resolución de problemas, formación continua, teoría de números.

1. Introducción

Se parte de la idea que el conocimiento no es acabado ni estático, para afirmar que ninguna formación profesional es completa, sino más bien que está en continuo perfeccionamiento y especialización; por lo que la actualización y profundización del conocimiento tiene un rol fundamental para la mejora de la calidad, especialmente en el ámbito educativo.

El docente como uno de los actores del proceso de enseñanza y en su rol de gestor de las actividades de mediación tiene una tarea trascendental, la cual debe estar amparada en una formación académica de calidad. Si bien, la posición de los investigadores es muy variada respecto a cuánto contenido debe conocer un docente del área específica, para Ball et al. (2008, citado por Torres, E., 2015) el enseñar disciplinas como la Matemática requiere que el profesor cuente con los conocimientos sólidos del tema que está enseñando, esto le permitirá ayudar a los estudiantes a comprender el tema más allá del soporte didáctico que disponga. Si los profesores no disponen de un conocimiento de la materia que enseñan tendrán menos posibilidades de poder ayudar a los estudiantes a aprender un determinado concepto. Además, señalan que

Sin embargo, conocer solo los contenidos matemáticos no es suficiente para enseñar. Aunque los puros conocimientos matemáticos favorecen la ayuda que pueda dar el profesor a los alumnos para comprender las Matemáticas, no son suficientes, puesto que no garantizan que el profesor pueda dar sentido matemático al trabajo de los estudiantes o disponer de diversas representaciones que le permitan representar el concepto de forma que los estudiantes lo puedan entender. (p. 16)

Por su parte, en los trabajos desarrollados por Shulman se proponen siete categorías de conocimiento que posibilitan la enseñanza, la cuales son:

- conocimiento del contenido;

- conocimiento didáctico general: teniendo en cuenta especialmente aquellos principios y estrategias generales de manejo y organización de la clase que trascienden el ámbito de la asignatura;
- conocimiento del currículo: con un especial dominio de los materiales y los programas que sirven como “herramientas para el oficio” del docente.
- conocimiento didáctico de contenido: esa especial amalgama entre materia y pedagogía que constituye una esfera exclusiva de los maestros, su propia forma especial de comprensión profesional;
- conocimiento de los estudiantes y sus características;
- conocimiento de los contextos educativos: que abarcan desde el funcionamiento del grupo o de la clase, la gestión y financiación de los distritos escolares, hasta el carácter de las comunidades y culturas; y
- conocimiento de los objetivos, las finalidades y los valores educativos, y de sus fundamentos filosóficos e históricos. (Shulman, 2005, p. 11).

Ante el objetivo de fortalecer la formación profesional en docentes de I y de II ciclo de la educación costarricense, respecto al tema divisibilidad y la resolución de problemas, en este taller el enfoque estará centrado en dos de las categorías propuestas por Shulman: el conocimiento del contenido y del conocimiento didáctico de contenido, específicamente en el tema relacionado con divisibilidad, el cual se presenta de forma explícita en los Programas de Estudio de Matemática, desde el segundo ciclo de la educación general básica del Ministerio de Educación Pública (MEP) costarricense, al plantearse el desarrollo de las siguientes habilidades.

Para quinto año.

- Identificar divisores de un número natural.
- Deducir las reglas de divisibilidad del 2, 3, 5 y 10.
- Establecer si un número natural es divisible por 2, 3, 5 o 10, aplicando las reglas de divisibilidad. (MEP, 2012, p. 182)

Para sexto año.

- Aplicar los conceptos de divisibilidad, divisor, factor y múltiplo de un número natural en la resolución de problemas.
- Identificar números primos y compuestos.
- Representar productos con factores iguales como potencia y viceversa.
- Calcular potencias cuya base y exponente sean números naturales no iguales a cero simultáneamente.
- Identificar cuadrados y cubos perfectos de números naturales. (MEP, 2012, p. 187-188)

Además, de acuerdo con dichos programas, el desarrollo de estas habilidades deberá tener como estrategia metodológica principal la resolución de problemas, donde la contextualización activa será un componente pedagógico especial. Además, se indica

Se debe buscar el desarrollo de actitudes y creencias positivas hacia la disciplina de la Matemática, y el desarrollo del gusto por las matemáticas, para ellos se plantean cinco actitudes

a desarrollar: perseverancia, confianza en la utilidad de las Matemáticas, participación activa y colaborativa, autoestima en relación con el dominio de las Matemáticas y respeto, aprecio y disfrute de las Matemáticas. (MEP, 2012, pp. 11-12)

Del mismo modo, se plantea que todo debe trabajarse a partir de cinco procesos centrales, los cuales son: *razonar y argumentar, plantear y resolver problemas, conectar, comunicar y representar*. De ellos, y para efectos del trabajo en este taller, se orientará en los siguientes procesos:

- *Razonar y argumentar*

Esto porque en el desarrollo de las actividades se busca el desarrollo del pensamiento matemático, a partir de acciones que propicien la deducción, inducción, generalización, justificaciones, pruebas, uso de ejemplos y contraejemplos.

Asimismo, el proceso se orientará de manera tal que se permita

la comprensión de lo que es una justificación o prueba en matemática, para desarrollar y discutir argumentaciones matemáticas, para formular y analizar conjeturas matemáticas, para usar fórmulas o métodos matemáticos que permitan la comprensión o desarrollo de informaciones presentes. (MEP, 2012, p. 24)

- *Plantear y resolver problemas*

Esto a partir de estrategias que refieren al planteamiento de problemas y el diseño de estrategias para resolverlos, los cuales considerarán contextos de cotidianidad, así como los propios del área de la Matemática, considerando que el usar problemas extraídos de la realidad, o que se puedan imaginar como reales, promueve acciones cognitivas requeridas para el aprendizaje de las Matemáticas, tal como se propone al señalar que

Se busca potenciar capacidades para identificar, formular y resolver problemas en diversos contextos personales, comunitarios o científicos, dentro y fuera de las Matemáticas. Se trata de capacidades para determinar entonces las estrategias y métodos más adecuados al enfrentar un problema, para valorar la pertinencia y adecuación de los métodos disponibles y los resultados matemáticos obtenidos originalmente, además de la capacidad para evaluar y controlar el desarrollo de su trabajo en la resolución de problemas.

El énfasis que se desea dar a los contextos reales también impulsa una asociación con el desarrollo de capacidades cognitivas para identificar, formular, diseñar, desarrollar y contrastar modelos matemáticos del entorno con complejidad diversa (MEP, 2012, p. 25).

- *Comunicar*

Esto a partir de procesos de discusión entre los participantes, con el objetivo de fortalecer aspectos relacionados con la expresión y comunicación oral y escrita de ideas, resultados y argumentos matemáticos. Esto dado que, a veces, la presencia de simbolizaciones en las Matemáticas hace pensar que no es relevante la comunicación verbal y escrita. Sin embargo, es todo lo contrario, dado que es un proceso central para la generación de la competencia matemática, pues permite esclarecer ideas matemáticas, compartirlas, revelar dimensiones distintas y ampliar la participación estudiantil activa.

Este proceso busca potenciar la capacidad para expresar ideas matemáticas y sus aplicaciones usando el lenguaje matemático (reglas de sintaxis y semántica) de manera escrita y oral a otros estudiantes, docentes y a la comunidad educativa. Pretende que se desarrollen capacidades para consignar y expresar con precisión matemática las ideas, los argumentos y procedimientos utilizados, así como las conclusiones a las que se hayan arribado, así como para identificar, interpretar y analizar las expresiones matemáticas escritas o verbales realizadas por otras personas. (MEP, 2012, p. 25)

2. Forma de trabajo y estrategias metodológicas

El trabajo que se ha propuesto para este taller tendrá como referente lo establecido anteriormente, por lo que será necesaria la disposición, la participación y la colaboración de cada uno de los asistentes para el logro de los objetivos en las actividades planteadas.

Se brindará tiempo para aportar soluciones o estrategias y luego se solicitará que las comuniquen. Lo anterior contribuirá en diversificar las destrezas que podrían emplearse ante la resolución de una situación problema. Al hacer esto, se realiza el proceso de comunicar y en esa contrastación, se ponen en juego otras actividades asociadas a procesos (razonar y argumentar), tal y como lo propone en el MEP en los programas de estudio.

3. Actividades del taller

I Parte

Los participantes de forma individual deberán resolver los siguientes tres problemas, estos les servirán a los expositores como diagnóstico, así como para realizar la introducción al taller.

Tiempo estimado: 15 minutos

Situación problema 1. En cierta actividad de clase, en la cual hay 30 estudiantes, estos deben organizarse en grupos de manera que cada uno de los grupos tenga la misma cantidad de miembros, sin que sobren ni falten. Con base en dicha información determine: ¿cuántos grupos se pueden hacer?, ¿cuántos estudiantes podrían estar en cada grupo?

Situación problema 2. Considere el número 4 620.

- Determine todos los factores primos de dicho número.
- Determine la descomposición prima de dicho número.
- Establezca una estrategia que permita determinar todos los divisores positivos de dicho número.

Situación problema 3. Si el número 1 234 48k es divisible por tres, y se sabe que “k” es el dígito de las unidades. Determine el o los posibles valores para “k”.

Finalizado el proceso de resolución, se realizará un repaso de las reglas de divisibilidad, de algunas de sus propiedades y de los conceptos matemáticos presentes en cada uno de los problemas iniciales.

Además, los participantes podrán comentar las estrategias de solución empleadas en cada uno de los ejercicios. Así como los aciertos y los desaciertos en el proceso

También, se realizará la demostración formal de las reglas de divisibilidad por 2 y por 5.

Tiempo estimado: 20 minutos

II Parte

Los participantes realizarán grupos de máximo 3 personas con el fin de resolver las siguientes situaciones problemas. Los expositores guiarán el proceso y al final cada grupo deberá elegir uno de los problemas para exponer y compartir su estrategia de solución.

Tiempo estimado: 50 minutos

Situación problema 4. Empaque de botellas.

Si se tienen 48 botellas que han sido llenadas con agua y se deben empacar en cajas, pero en cada una deberá haber más de dos unidades y todas las cajas deberán tener la misma cantidad sin que sobren ni falten botellas. Con base en dicha información



- Determine cuáles serían las posibles formas de empacar dichas botellas y cuántas cajas se necesitarían para cada caso.
- Determine cuál es la menor cantidad de cajas que se podrían requerir para empacar las botellas y cuántas botellas se colocarían en cada una de ellas.

Además, determine cuáles conceptos matemáticos están presentes en la solución de esta situación problema.

Situación problema 5. Colocación de matas de china.

En un vivero se compraron 149 matas de chinas de diversos colores y se desean colocar en un solo grupo por medio de filas o hileras. Si se requiere que por fila o hilera no sobren ni falten plantas, ¿de cuántas formas se podrían colocar dichas plantas?



Determine cuáles conceptos matemáticos están presentes en la solución de esta situación problema.

Y si fueran 148 plantas de china, ¿de cuántas formas distintas se podrán colocar?, ¿en qué aspecto cambia el razonamiento?

Situación problema 6. Los chocolates.

Tengo cierta cantidad de chocolates. Si los coloco en cajas de 10 no sobra ninguno y si los coloco en cajas de 8, tampoco sobra ninguno. ¿Cuántos chocolates podré tener?



Además, determine cuáles conceptos matemáticos están presentes en la solución de esta situación problema.

Situación problema 7. Un número divisible por tres.

Un número de la forma $aa682$, con “a” dígito, es divisible por tres. Determine el o los posibles valores para “a”.

Determine cuáles conceptos matemáticos están presentes en la solución de esta situación problema.

Situación problema 8. Un número divisible por seis.

¿Cuántos posibles números de la forma $72a3b$ son divisibles por 6? Si se sabe que “a” y “b” los dígitos de las centenas y de las unidades, respectivamente.

De igual modo, determine cuáles conceptos matemáticos están presentes en la solución de esta situación problema.

Situación problema 9. El menor número.

¿Cuál es el menor número de 4 cifras que es divisible por 2, por 3 y por 5, simultáneamente?

También, determine cuáles conceptos matemáticos están presentes en la solución de esta situación problema.

Situación problema 10. Cantidad de múltiplo menores que cierto número.

- Determine cuántos números son menores o iguales que 20 y son múltiplos de 3.
- Determine cuántos números son menores o iguales que 80 y son múltiplos de 5.
- Diseñe una estrategia que permita determinar la cantidad de múltiplos de “a” que son menores o iguales que cierto número “n” siendo $a \leq n$.

Situación problema 11. Error en fotocopidora.⁷

Por un error en una fotocopidora, en un libro de 1 000 páginas se dejaron en blanco todas las que sus números de página eran múltiplos de 5 o de 7, determine cuántas páginas se fotocopiaron correctamente.

De la misma manera, determine cuántas páginas se fotocopiaron correctamente, si el libro tiene diez mil páginas.

⁷ Este ejercicio fue modificado con base en el presentado en el ítem 18 de I Eliminatoria, I nivel 2014 de Olimpiada Costarricense de Matemática y que se plantea en el documento material de apoyo Teoría de Números, I nivel, I eliminatoria.

Situación problema 12. Divisores de un número y su suma.

Determine todos los divisores positivos de 496. Además, calcule la suma de todos estos divisores, exceptuando el 496. ¿Qué resultado obtiene?, ¿sabe cómo se le llama a este tipo de números?

Además, determine cuáles conceptos matemáticos están presentes en la solución de esta situación problema.

También, determine el resultado de: $1^3 + 3^3 + 5^3 + 7^3$.

Situación problema 13. Cuadrados perfectos.

Considere lo siguiente:

Un número cuadrado perfecto es el que se obtiene al multiplicar un número natural por sí mismo. Por ejemplo, 36 es un cuadrado perfecto porque $6 \cdot 6 = 36$.

Según lo anterior, ¿cuál es el número cuadrado perfecto de 4 dígitos que es divisible por 2, 5 y 7?, ¿existirá alguno de tres dígitos que sea divisible por 2, 5 y 7? Justifique su respuesta.

Situación problema 14. Números primos.⁸

Si se sabe que la suma de tres números primos menores que 100 es 100. Determine dichos números.

Situación problema 15. ¿Por qué número multiplicaría?

Dada la expresión $2^2 \cdot 5^4$ ¿Por cuál habría que multiplicarla para obtener la cantidad de un millón?

Referencias bibliográficas

Artacho, A. (2019). *Criterios de divisibilidad*. <https://matematicascercanas.com/2019/07/29/criterios-de-divisibilidad/>

Ibáñez, R. (2020). *Las curiosas reglas de divisibilidad*. <https://culturacientifica.com/2020/07/15/las-curiosas-reglas-de-divisibilidad/>

Junta de Extremadura. Consejería de Educación y empleo, (2011). *Divisibilidad*. https://emtic.educarex.es/crea/matematicas/divisibilidad/Divisibilidad_ProblemasCotidianos.pdf

Ministerio de Educación Pública. (2012). *Programas de Estudio de Matemáticas. I, II y III Ciclos de la Educación General Básica y Ciclo Diversificado*. <http://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/matematica.pdf>

Ministerio de Educación Pública (MEP). (2019). *Cuadernillos de apoyo Olimpiada de Matemática Primaria*. <https://www.drea.co.cr/matematica/cuadernillos-de-apoyo-olimpiada-de-matem%C3%A1tica-primaria>

⁸ Este ejercicio fue modificado con base en el presentado en el ítem 16. I Eliminatoria, I nivel 2015 Olimpiada Costarricense de Matemática y que se plantea en el documento material de apoyo Teoría de Números, I nivel, I eliminatoria.

- Olimpiada Costarricense de Matemática. (2016). *Teoría de números, I nivel, I eliminatoria*.
<https://olcoma.ac.cr/media/attachments/2021/09/29/n1teo.pdf>
- Padilla, E. (2016). *Material complementario para séptimo año. Proyecto: fortalecimiento del Aprendizaje de la Matemática y su aplicación en la resolución de problemas y actividades de la vida cotidiana* [Material no publicado]. UNED.
- Torres, E. (2015). *El conocimiento del profesor de Matemáticas en la práctica: enseñanza de la proporcionalidad* [Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona].
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/290741/etm1de1.pdf?sequence=1>
- Shulman, L. (2005). Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. *profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 9(2). 1-30.
<https://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART1.pdf>

¿Qué es la Gamificación? La gamificación en los cursos virtuales como ente dinamizador y motivador del aprendizaje

Dr. Salomón Fernando Chaves Cascante

Casio Académico / Universidad Internacional

San Isidro Labrador, Costa Rica

salomon.chaves.cascante@gmail.com

casioacademico@casio.com

Resumen. La gamificación en los cursos virtuales como ente dinamizador y motivador del aprendizaje, está diseñado para que el participante comprenda los aspectos claves que permiten la integración de la mecánica del juego y paralelamente practique con herramientas que les permitirán generar estrategias que puedan implementar en los ambientes virtuales de aprendizaje. Aplicación del taller y poster en el Festival internacional de Matemática.

Palabras clave. Gamificación, recursos tecnológicos, integración curricular didáctica, metodología

1. Introducción

En la actualidad la formación de los futuros profesionales va más allá de que estos adquieran los conocimientos propios del área de estudio, sino que se ha dado un impulso por ende un mayor nivel de importancia, al desarrollo de las habilidades blandas, ya que estas son las que sin duda alguna servirán como parámetro para los profesionales en educación.

Por lo tanto, impulsar el desarrollo de este tipo de habilidades debe ser paralelo a la formación profesional del estudiantado, esta práctica ya la han implementado universidades como Stanford y el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT por las iniciales de su nombre en el idioma inglés Massachusetts Institute of Technology) donde están integrando en sus diseños curriculares los juegos, pues estos han demostrado inculcar en sus alumnos las habilidades blandas.

La educación nos exige aplicar la integración curricular en el aprendizaje significativo de nuestra especialidad y el Ministerio de Educación Pública (MEP) en Costa Rica, en el programa actual para Matemática (2012), busca desarrollar el pensamiento matemático de los jóvenes o niños con alegría y confianza en el futuro y para ello presenta una recopilación de actividades que son resultado de la búsqueda permanente de clarificar conceptos en los que los docentes presentan mayor dificultad en la transferencia a los estudiantes. Es por ello que con afán se desarrollan los proyectos de gamificación, en el que se aplica los elementos de juego para crear una estructura inmersiva y empoderadora.

Aunado a esto, en la actualidad, los estudiantes gustan de procesos educativos que les permitan aprender de forma diferente, que les representen retos, de ahí; que los docentes vean en la gamificación una metodología que les permita innovar sus clases. Esto porque estudios han demostrado que sus implicaciones en el ámbito educativo son variadas, entre ellos; Mayor

compromiso y participación de los estudiantes. Incentiva la superación individual y grupal. Favorece la consecución de metas u objetivos. Adquisición de recompensas como reconocimiento a las labores realizadas.

2. La gamificación

La Gamificación es una técnica de aprendizaje que traslada la mecánica de los juegos al ámbito educativo y profesional con el fin de conseguir mejores resultados, ya sea para absorber mejor algunos conocimientos, mejorar alguna habilidad, o bien recompensar acciones concretas, entre otros muchos objetivos. La mecánica de juego y aplicarla a otras propiedades para aumentar el compromiso, este tipo de aprendizaje gana terreno en las metodologías de formación debido a su carácter lúdico, que facilita la interiorización de conocimientos de una forma más divertida, generando una experiencia positiva en el usuario.

El pedagogo Francesco Tonucci (2008), nos indica que la gamificación significa:

“Todos los aprendizajes más importantes de la vida, se hacen jugando.”

En este sentido, surgió la gamificación, como la técnica que hace referencia al uso de elementos de diseño de juegos en contextos que no son de juego acotan que la gamificación potenciador procesos de aprendizaje utilizando el juego, en particular los videojuegos, logrando que la Gamificación en la enseñanza de la matemática: una revisión sistemática cohesión, integración y la motivación por el contenido sean efectivos. Desde entonces se convirtió en un término popular para mejorar la experiencia de usuarios y el desempeño de diferentes ámbitos de la vida educativa.

La enseñanza de la matemática actual es de la era tecnológica obliga a los docentes a innovar permanentemente, volviéndose imperecedera la incorporación de estrategias que respondan adecuadamente a los procesos formativos y que promuevan la colaboración, criticidad y conocimiento. En este ámbito, consta la técnica de gamificación que utiliza el diseño de los videojuegos para crear un entorno en el que puede desarrollarse una experiencia educativa. Con la revisión sistemática realizada se puede determinar que realmente la gamificación puede incidir significativamente en el rendimiento académico de los estudiantes siempre que las aplicaciones utilizadas estén diseñadas bajo parámetros cognitivos adecuados, se basen en elementos gamificados y el docente acompañe dicho proceso. Cabe mencionar que la gamificación lo que busca es implementar en el proceso educativo los fundamentos del juego para así propiciar un ambiente que favorezca el aprendizaje de los estudiantes.

Esta implementación no solo se limita a los ambientes educativos presenciales, sino que la tecnología ha permitido que esta metodología pueda permear el ambiente virtual, precisamente lo que se busca con este taller es que los participantes puedan conocer las consideraciones pedagógicas, los elementos técnicos que debe tener el entorno virtual y los recursos web que pueden considerarse para el desarrollo de estrategias metodológicas gamificadas.

Fundamentación, contexto y teorías pedagógicas que respaldan la innovación o buenas prácticas, es necesario reseñar que la gamificación, es un término anglosajón, que bien, podría traducirse como ludificación. Además, que en la compilación de las definiciones citadas por Gallego et al. (2014) en la mayoría se infiere que al tratarse de mecánicas de juegos estas deben propiciar que el jugador se sienta involucrado y ser reconocido por sus logros, ello, implica una buena planificación por parte del docente, de manera tal que es necesario diseñar y seleccionar las estrategias y técnicas más adecuadas para

favorecer el aprendizaje y la consecución de los objetivos. Por tanto, tomar en cuenta las características de su población estudiantil es de mucha importancia.

3. El juego y la educación

En el ámbito educativo, el juego se incorpora en primera instancia en el jardín de niños, cuando Friedrich Fröbel un pedagogo alemán reunió a los niños para cuidarlos y generar dinámicas con ellos. Luego otro momento significativo de incorporación de elementos lúdicos en el aprendizaje se da en el momento en que aparecen los videojuegos tanto para niños como para los adultos. Pero es hasta en el siglo XXI que los pedagogos comienzan a considerar la gamificación como una metodología de enseñanza.

Al concentrar esfuerzos para que como educadores juntos podamos realizar cambios y transformaciones en busca de la motivación de nuestros estudiantes, así como adoptar enfoques interdisciplinarios similares a los elaborados en este proyecto STEAM. Las etapas de diseño y planificación son de suma importancia para cumplir las expectativas y responder así a los cambios actuales en educación.

La inclusión de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como principales plataformas de gestión y tratamiento de datos ha transformado los modelos tradicionales de enseñanza dando pautas a un aprendizaje constructivista y significativo; en este contexto se evidencian que las prácticas educativas alineadas a recursos tecnológicos incluyendo la calculadora, cuando son integradas adecuadamente, potencializan el proceso de enseñanza aprendizaje. Además, Aguilar (2012), establece que la implementación de app y recursos tecnológicos incrementan la significancia y concepción educativa rompiendo las barreras del tradicionalismo formativo y más aún cuando se interrelacionan mediante el juego.

La gamificación es fundamental en los procesos pedagógicos de la enseñanza de la matemática, debido a que permite obtener una retroalimentación tanto de los alumnos, las herramientas o juegos para que el docente valore y haga cambios estratégicos con la finalidad de obtener mejores resultados. Según Barrera (2017) las experiencias educativas que se tienen alrededor de la gamificación afirman que es una herramienta interactiva que genera habilidades como la concentración, la coordinación entre ojos y manos, la visión espacial, la sensibilidad y respuesta ágil al movimiento, el manejo adecuado de los tiempos de respuesta, la motivación por el cumplimiento de objetivos y por la mejora en el rendimiento.

Se ha demostrado que la gamificación posee efectos positivos en la motivación, participación y clima de aula siempre que se use adecuadamente, y que la predisposición del alumnado sea bastante favorable hacia su implantación. En educación, Kapp (2012), señala que “el uso de las bases del juego, las mecánicas, la estética, y el pensamiento de juego para involucrar a las personas, motivarlas a actuar y favorecer el aprendizaje y la resolución de problemas” (p. 9).

Por tanto, la gamificación se centra en el logro de aprendizaje por medio de la motivación del estudiante, ya que se trata de una metodología de formación lúdica que propicia el logro de mejores resultados en cuanto a construcción de conocimientos y desarrollo de habilidades, por medio de recompensar el avance y el logro de objetivos.

De esta forma y de acuerdo con Borrás (2015), la gamificación permite motivación para el estudiante hacia el aprendizaje, al propiciar un contexto educativo más significativo y atractivo. Retroalimentación constante. Compromiso con el aprendizaje y fidelización o vinculación del estudiante con el contenido y

con las tareas en sí. Resultados más medibles (niveles, puntos y badges). Generar competencias adecuadas y alfabetizan digitalmente Aprendices más autónomos. Generan competitividad a la vez que colaboración. Capacidad de conectividad entre usuarios en el espacio online Quizás por ello, es que en gran medida muchos desarrolladores se han preocupado por generar herramientas que permitan propiciar en entornos virtuales la posibilidad de gamificar las experiencias de aprendizaje. De ahí que actualmente, existan aplicaciones móviles y herramientas que permiten integrarse a la educación matemática actual.

Cabe mencionar que las herramientas son grandes potenciadores de las actividades lúdicas, la forma en la que se aborda por parte del docente es sumamente importante ya que la gamificación implica el uso de la motivación y la técnica del juego en contextos educativos y ambientes de aprendizaje, principalmente en línea. Gaitán (2013), afirma que este tipo de aprendizaje gana terreno en las metodologías de formación debido a su carácter lúdico, que facilita la interiorización de conocimientos de una forma más divertida, generando una experiencia positiva en el usuario. A través de los años, la experiencia docente nos demuestra que el aprendizaje por medio del juego motiva a los alumnos y despierta en ellos un interés nato por el aprendizaje.

Para propiciar esto en el contexto educativo es necesaria la planificación e implementación de estrategias que dinamizan el juego como estrategia para propiciar el logro de los aprendizajes.

Ruiz (2012), anota algunas de las consideraciones que deben tomar en cuenta los docentes al momento de generar estrategias de gamificación exitosas: Metas: Un juego debe tener un propósito final con el que hay que cumplir. Reglas: Establecen los límites y acciones posibles para que el juego funcione. Conflicto, competencia y colaboración: Un conflicto se presenta como un reto a vencer donde el ideal es lograr la meta con el desempeño de uno mismo. Tiempo: El tiempo es un motivador que obliga al usuario a priorizar tareas para resolver el problema en cuestión. Estructura de premios: no es el fin por sí mismo, sirve para reforzar lo que estamos haciendo correctamente en el juego (comportamiento). Retroalimentación: En un juego es relevante saber qué es lo que estamos haciendo bien o mal para lograr la meta. Niveles: Estos dan un sentido de progresión en el juego. Historia: La narrativa pone en contexto al juego y le da significado.

Aunado a esto se debe rescatar que a partir de la versión 4.0 de la educación actual, se incorporan componentes y herramientas que potencian la integración de la gamificación como estrategia educativa en los entornos virtuales de aprendizaje.

- Insignias (Badges): Herramientas de creación y su integración.
- Herramienta barra de control del progreso.
- Restricciones de acceso y avance a una actividad.
- Estado de finalización de una actividad y del curso

4. Descripción de la metodología de implementación de un taller en el evento

El participante de este taller y poster vivirá una experiencia metodológica que combina la teoría y la práctica alrededor del tema de gamificación. Además, que se propiciará la participación colaborativa donde el aprendizaje se hará bajo un ambiente lúdico. Los protagonistas de este taller serán los participantes, por lo que todas las actividades se centran en que sean ellos los más activos durante toda la actividad, de forma tal que puedan participar de la experiencia y así desarrollar habilidades que les permitan emularlas en sus entornos virtuales.

De ahí que el papel de los facilitadores será de mediadores e impulsores de los participantes, para ello, les ofrecerá apoyo teórico y diseñará experiencias de aprendizaje que les permita comprender la temática a abordar. Además, dará asistencia técnica y monitorea el trabajo de los participantes.

El taller y el poster están diseñados para que participen aproximadamente 25 personas que por la dinámica que se ejecutará en el taller (el poster es la recreación del taller) estas deben tener experiencia en formación a través entornos virtuales de aprendizaje. Además de poseer conocimientos técnicos, en un nivel básico, de las plataformas virtuales.

La actividad está planeada para ejecutarse en aproximadamente 2 horas, por lo que se han planteado dos periodos claves, el primero teórico-lúdico donde se permitirá al participante conocer las implicaciones operativas a tomar en cuenta al desarrollar una experiencia de este tipo. El segundo será un espacio totalmente lúdico donde los participantes en forma colaborativa crearán una experiencia de gamificación para entornos virtuales. Para cumplir con el desarrollo del taller se ha distribuido el tiempo de la forma en que se presenta en la tabla 1:

Tabla 1

Distribución de tiempo y actividades del taller

Tiempo	Tema	¿Cómo?	¿Quién?	Recursos
5'	Bienvenida y presentación del taller.	De forma oral las facilitadoras dan la bienvenida al grupo, explican el objetivo del taller y la dinámica de trabajo.	Facilitador	Presentación
10'	Concepto e implicaciones de la Gamificación como metodología de aprendizaje.	Plenaria se discute sobre las ventajas de implementar esta metodología en los procesos de aprendizaje.	Todo el equipo	Plenaria
5'	Período de preguntas	Los participantes plantean preguntas a las facilitadoras en caso tengan alguna duda o	Todo el equipo.	-

		consulta.		
5'	Herramientas de que permiten la gamificación	Los participantes escuchan una explicación breve con apoyo de una PPT, que permite explicar las herramientas y sus funcionalidades para propiciar la gamificación de cursos virtuales.	Facilitador	Presentación Plataforma virtual
20'	Practica de construcción de insignias.	Los estudiantes de forma individual construirán su insignia y la colocarán en un entorno virtual	Participantes y facilitadoras	Entorno de Moodle
25'	Herramientas web que facilitan la gamificación.	Los estudiantes recibirán una ficha con herramientas web que facilitan la gamificación. Además participan de una dinámica de exploración de las herramientas.	Participantes y facilitador	Internet Fichas de herramientas
5'	Socialización de la experiencia con el uso de la herramienta.	Los participantes en una plenaria expondrán sus impresiones con respecto a la herramienta.	Facilitador y participantes	
30'	Generación colaborativa de espacios lúdicos	Los participantes en grupos de 4 personas resolverán de forma colaborativa algunos casos que se pueden solucionar con metodologías lúdicas.	Facilitadores y participantes	Hojas blancas Fichas con casos. Matriz de solución del caso
10'	Cierre del taller	Los facilitadores solicitarán a los grupos que externen las soluciones a los casos.	Facilitador y participantes	

4.1.Requerimientos para el desarrollo del taller

Conexión a internet 10 o más MB y Computadora para cada participante.

4.2.Perfil de los participantes

Experiencia previa en mediación de entornos virtuales de aprendizaje.

Conocimiento en el uso de herramientas que ofrecen las plataformas LMS para el desarrollo de actividades de aprendizaje.

4.3.Productos esperados

Al término del taller, los participantes contarán con:

- Conocimiento teórico-práctico sobre el tema de la gamificación.
- Conocimiento técnico de las herramientas en la plataforma LMS Moodle para integrar elementos de gamificación en la oferta de cursos y asignatura en línea.
- Estrategias para implementar la gamificación dentro de los entornos virtuales de cursos o asignaturas para propiciar procesos de construcción motivadores para los estudiantes por medio del juego y la competencia.

5. Conclusión

Al final se concluyó que aplicar la estrategia de Gamificación como apoyo a las clases presenciales y a la virtualidad toma un papel protagónico en las clases virtuales desarrolla la competencia matemática: Plantear y Resolver Problemas, mejora el desempeño académico e incrementa la motivación en los estudiantes. De tal manera que el educando podrá interpretar, resolver y comunicar la matemática por lo tanto llega a la demostración y evaluación correcta de algoritmos matemáticos.

Referencias bibliográficas

- Borrás, O. (2015). *Fundamentos de la Gamificación*. http://serviciosgate.upm.es/docs/asesoramiento/Gamificar_Moodle.pdf
- Gaitán, V. (2013). *Gamificación: El aprendizaje divertido*. <http://www.educativa.com/blog-articulos/gamificacion-el-aprendizaje-divertido/>
- Horizon. (2015). *Horizon Report. Educación Superior*. <http://www.funciva.org/wp-content/uploads/2016/11/Horizon-Repor-2015.pdf>
- Ruiz, A. (2013). *Elementos para una estrategia de gamificación exitosa*. <http://www.altonivel.com.mx/34277-elementos-para-una-estrategia-de-gamificacion-exitosa/>
- Universia. (02 de agosto del 2014). *93% de las empresas buscan candidatos con habilidades blandas*. <http://noticias.universia.cl/empleo/noticia/2014/08/02/1108972/93-empresas-buscan-candidatos-habilidades-blandas.html>

Red UNA STEM: una iniciativa de fomento de habilidades STEM de la Universidad Nacional

Irene Hernández Ruiz
Universidad Nacional, Costa Rica
irene.hernandez.ruiz@una.cr

Christian Chaverri Ramos
Universidad Nacional, Costa Rica
ccramos@una.ac.cr

Resumen: Las STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática, por sus siglas en inglés) buscan desarrollar las habilidades científico-tecnológicas de estudiantes que se convertirán en profesionales capaces de resolver problemáticas actuales y futuras de una forma innovadora y sostenible. La Red UNA STEM⁹ nace como una propuesta multidisciplinaria que busca apoyar y fortalecer, con actividades diversas, iniciativas de mejoramiento y capacitación en las habilidades que se buscan desarrollar desde las STEM. Este trabajo da a conocer el concepto de STEM, algunos ejemplos para su aplicación y dos herramientas para lograrlo.

Palabras clave: STEM, Proyecto, Programación, Ferias Científicas, Escuelas, Colegios

1. Introducción

Durante los años 90s, según Sanders (2008) the National Science Foundation (NSF) forjó el acrónimo “STEM” para agrupar los términos Ciencia (Science), Tecnología (Technology), Ingeniería (Engineering) y Matemáticas (Mathematics). En consecuencia, la educación STEM para Sanders(2008) y Tsupros (2009) corresponde a una agrupación de áreas temáticas que conforman un marco de referencia de construcción del conocimiento. La construcción de conocimiento es integrado y coordinado entre diferentes disciplinas para solucionar problemas de la vida real; es decir transdisciplinar, dentro de un proceso activo.

Motivar el estudio de las STEM permitirá aumentar las formas de divulgación del conocimiento científico. Para esto, es importante realizar cambios en las estructuras del quehacer científico: capacitar a científicas y científicos en la academia, y a estudiantes universitarios para valorar la comunicación de la ciencia y los esfuerzos en divulgación, apoyar las iniciativas de grupos multidisciplinarios e incorporar a diferentes poblaciones en actividades de ciencia y tecnología en donde puedan interactuar directamente con personas investigadoras, entre otros (Forrester, 2014).

Con el fin de crear capacidades en el área STEM se creó en el año 2020 la Red para el Fortalecimiento y Divulgación de las Competencias STEM de Jóvenes y Docentes (Red UNA STEM), una propuesta multidisciplinaria de la Universidad Nacional (UNA). Esta red tiene como objetivo generar apreciación por la ciencia en el estudiantado de primaria y secundaria costarricense, en el progreso científico y generar y dar a conocer las oportunidades de aprendizaje en el área científica. Está conformada por académicos de la Facultad de Tierra y Mar y la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. La red busca incorporar activamente a miembros de la academia y el estudiantado de áreas STEM en actividades de

⁹ Más información y redes sociales: <https://linktr.ee/redunastemcr>

intercambio directo con la sociedad, particularmente la niñez y adolescencia. Además, de divulgar de una forma interactiva el conocimiento en áreas de STEM que producen las comunidades académicas y estudiantil de la Universidad Nacional, al mismo tiempo que fomenta la apreciación de estos conocimientos en la niñez y adolescencia.

Con el uso masificado de las redes sociales, sobre todo en estos tiempos debido a la pandemia producto de la COVID-19, se ha organizado una serie de publicaciones, llamada «*Viernes de Ciencia*», en la cual se dan a conocer recursos en línea que buscan ayudar a estudiantes de escuela y colegio a ampliar los conocimientos científicos-tecnológicos, adquiridos en el aula de clases, de una manera más informal, pero si perder el rigor científico. Pero también estos recursos sirven para que cualquier persona con interés conozca las diversas formas con las que se puede divulgar el conocimiento generado en las áreas STEM. En los «*Viernes de Ciencia*» se han podido publicar iniciativas de divulgación en formatos tan diversos como canales de Youtube, podcasts, blogs, perfiles de redes sociales, entre otros; así como infografías en temas actuales de interés científico.

Una de las áreas de STEM es el área de la tecnología en la cual, debido a la pandemia de la COVID-19, se ha formado su desarrollo a nivel mundial. Para el proyecto el área de la tecnología se ha preocupado por llevar este tema específicamente en motivar el estudio de la programación y dándola a conocer de una manera llamativa y sencilla de introducir. En ese sentido para se han diseñado talleres con Scratch y con Scratch Jr que son entornos de programación por bloques los cuales facilitan por su estructura de colores y formas introducir los conceptos iniciales en el área de la programación. Así como a largo plazo se pretende también desarrollar talleres en el área de robótica educativa de una manera virtual con el software OpenRoberta.

El siguiente trabajo se encuentra estructurado de la siguiente forma: la importancia de enseñar STEM, competencias para el futuro, la importancia de enseñar a programar, herramientas para el desarrollado de actividades STEM, trabajo a futuro y conclusiones.

2. Importancia del STEM

Algo que hay que tomar en cuenta es que la enseñanza STEM va más allá de los cursos que se imparten en escuelas, colegios y universidades. Las habilidades que se pueden desarrollar en STEM permiten guiar la forma de pensar y actuar ante los diferentes desafíos que existen y aparecen en nuestra sociedad.

Cada una de las áreas STEM contribuye de forma particular a una educación integral:

- **Ciencia:** brinda una comprensión profunda del mundo que nos rodea, así como a mejorar las habilidades en investigación y pensamiento crítico.
- **Tecnología:** ofrece la preparación necesaria para un correcto desenvolvimiento en entornos de innovación tecnológica.
- **Ingeniería:** fomenta las habilidades en resolución de problemas y la aplicación de soluciones.
- **Matemática:** proporciona las herramientas para el análisis de información, descartar errores o datos incorrectos y la toma de decisiones consciente al momento de diseñar soluciones.

El fomento de estas habilidades en STEM permite la vinculación de todas estas disciplinas en un sistema cohesivo, que ayuda a la formación de profesionales capaces de transformar la sociedad con soluciones innovadoras y sostenibles.

La enseñanza en STEM busca potenciar la curiosidad, la creatividad y el pensamiento divergente para la generación de ideas y nuevas tecnologías. Aparte, permite desarrollar habilidades en comunicación, trabajo en equipo, toma de decisiones basadas en evidencias, conciencia social y la generación de soluciones sostenibles (White, 2014).

3. Herramientas para el desarrollo de actividades STEM

3.1. Herramienta Scratch¹⁰

Scratch es un lenguaje de programación visual desarrollado por el Grupo Lifelong Kindergarten del MIT Media Lab., el cual permite explicar de una manera lúdica los principales aspectos de programación, permitiéndole a una persona que desee aprender una experiencia agradable y sencilla de entender. Scratch fue creado por el Grupo Lifelong Kindergarten del MIT (Instituto Tecnológico de Massachussets), en el año 2005. A mediados de mayo del 2007, fue colocado en el mercado, como una herramienta de programación visual para todas las edades (Tsupros,2009).

En la figura 1 se visualiza un producto elaborado por la Red UNA STEM para el año 2021, en la cual se diseñaron las tortugas que visitan las playas de Costa Rica para el desove de esta forma se logra visualizar el enlace desde la parte de la tecnología con el área de la ciencia desde la perspectiva STEM.

Figura 1

Imagen de las tortugas creada en el proyecto



¹⁰ <https://scratch.mit.edu/studios/1866686/>

3.2. Scratch Jr¹¹:

Este programa está más orientado para los niños de más corta edad, en la figura 2 se visualiza la programación de dos personajes, los cuales se pueden personificar, brindar instrucciones para programación y las acciones correspondientes de movimiento. Esta herramienta ha sido utilizada para brindar los talleres para el día del niño y la niña.

Figura 2

Programación de dos personajes



3.3. Open Roberta Lab¹²

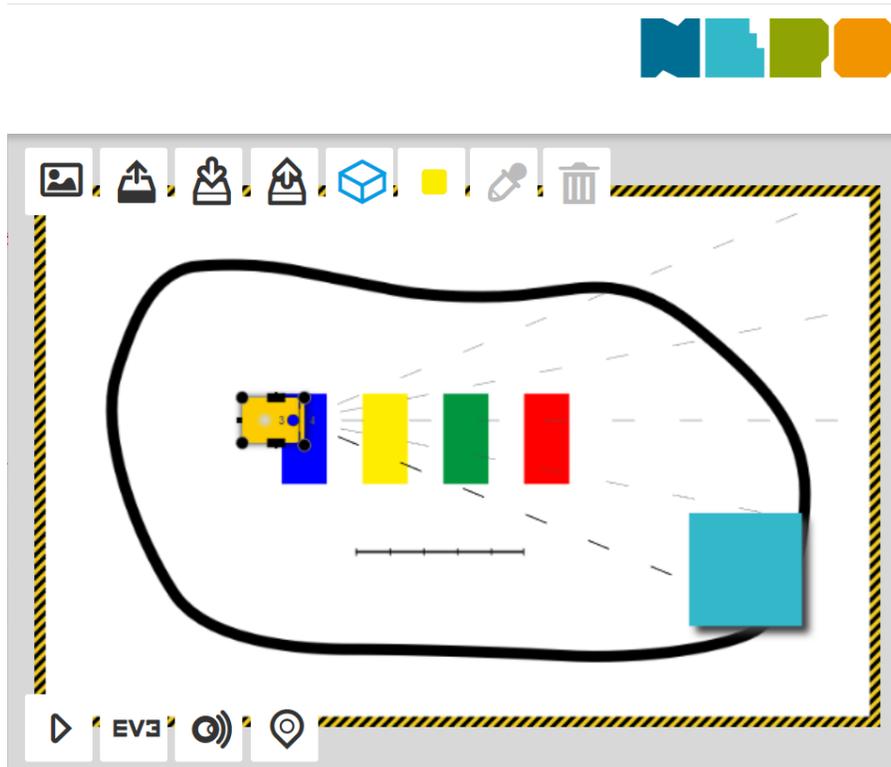
Es una herramienta que permite la simulación de los robots en la cual se puede brindar un conjunto de instrucciones en la parte de programación en la cual el robot puede llevar a cabo una tarea en específica. En la figura 3, se visualiza una imagen del robot el cual se ha trabajado en los talleres de programación

¹¹ <https://www.scratchjr.org/>

¹² <https://lab.open-roberta.org/>

Figura 3

Imagen del robot en los talleres de programación



4. Trabajo a futuro

La Red UNA STEM viene organizando actividades que buscan acercar cada vez más a estudiantes a todo lo que involucra las STEM, y a su vez aprovechar el recurso humano de la Universidad Nacional para fomentar sinergias a diferentes niveles.

La Red tiene como uno de sus objetivos colaborar estrechamente con el Programa Nacional de Ferias Científicas y Tecnológicas (PRONAFECYT) a través de actividades que faciliten la implementación adecuada de los proyectos de investigación desarrollados por estudiantes de escuela y colegio. Estas actividades se apoyan fuertemente de la colaboración de la comunidad académica y estudiantil de la UNA: juzgamiento, tutorías, consultas, talleres, charlas, asesoramiento, entre otras.

Como Red planteamos la importancia de desarrollar actividades que permitan el acercamiento de la comunidad científica hacia la población en general, pero principalmente hacia estudiantes y docentes del Ministerio de Educación Pública (MEP), de tal forma que perciban cercanas cualquiera de las áreas de las STEM.

5. Conclusiones

La Red UNA STEM es una iniciativa multidisciplinaria que ha logrado realizar actividades en beneficio de estudiantes de escuela y colegio con el apoyo del personal académico y estudiantil de la Universidad Nacional. Esto ha permitido un acercamiento cada vez mayor de la comunidad universitaria para una mejor divulgación del quehacer académico.

Las actividades llevadas a cabo hasta el momento, junto con las herramientas que se han trabajado, ha permitido llevar a la práctica los conceptos de programación, relacionarlos con las ciencias y las matemáticas, logrando que la Red UNA STEM pueda ser un ejemplo en la cual logre generar recursos y espacios lúdicos para la enseñanza y aprendizaje de las STEM.

Queda claro la gran importancia de fomentar las habilidades STEM en la población estudiantil, y sobre todo en un momento como el actual, que les permita acceder al conocimiento y las herramientas que los lleve a un mayor empoderamiento, lo cual les permita desarrollar mejores capacidades de comunicación, pensamiento crítico e innovador.

Agradecimientos

A todas las personas que han participado en nuestros talleres y se han visto beneficiadas por el conocimiento adquirido.

Al grupo de estudiantes asistentes quienes han colaborado en la creación de materiales y el desarrollo de las diversas actividades.

Al Departamento de Física (DF), la Escuela de Informática (EI), la Escuela de Ciencias Biológicas (ECB) y al Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET), unidades académicas a la cual pertenece la Red UNA STEM.

A la Vicerrectoría de Investigación de la UNA por lo fondos adquiridos a través del Concurso UNA-Redes.

Referencias bibliográficas

- Forrester, N. (2017). *The next generation of science outreach: Naturejobs blog*. nature.com blogs. <https://blogs.nature.com/naturejobs/2017/04/14/the-next-generation-of-science-outreach/>
- Sanders, M. (2008). *STEM, STEM Education, STEMmania*. Virginia Tech. <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/51616/STEMmania.pdf>
- Tsupros, N., Kohler, R., & Hellinen, J. (2009). *STEM education: A project to identify the missing components*. Carnegie Mellon University. <https://www.cmu.edu/gelfand/documents/stem-survey-report-cmu-iu1.pdf>
- White, D. W. (2014). What is STEM education and why is it important?. *Florida Association of Teacher Educators Journal*, 1(14), 1-8. <http://www.fate1.org/journal>

Secuencia didáctica para la enseñanza de la resolución de ecuaciones de segundo grado en una variable

Allan 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: La enseñanza de la resolución de las ecuaciones de segundo grado, por lo general, se ha limitado al empleo de la fórmula general, las fórmulas de Vieta y la factorización, sin embargo, las dificultades en dicho proceso de resolución por parte del estudiantado han sido diversas. Ante esta situación se propone una secuencia didáctica, la cual ya ha sido implementada con personas docentes en ejercicio, y consideran que sí se puede llevar a las aulas y que además podría contribuir con minimizar las dificultades que presenta el estudiantado. La propuesta involucra las diversas técnicas de resolución, así como otra estrategia novedosa desarrollada en el 2019 por el matemático e investigador Po-Shen Loh. El objetivo de este artículo es brindar a la persona docente más herramientas tanto desde el área disciplinar como desde la didáctica, para que las pueda emplear en las aulas, ante la resolución de este tipo de ecuaciones.

Palabras clave: Ecuaciones de segundo grado, fórmulas de Vieta, método de Po-Shen Loh, didáctica del álgebra, fórmula general.

1. Introducción

Sin pretender ser exhaustivos con la historia, se puede indicar que el primer conocimiento que se tiene respecto al uso del álgebra y al trabajo con la resolución de ecuaciones proviene de hace unos 5 000 años y está relacionado con la civilización de los sumerios, de acuerdo con González (1994) “concretamente en Álgebra, fueron capaces de resolver ecuaciones lineales, de segundo, tercero y hasta cuarto grado, evitaron las soluciones menores que cero, así como las ecuaciones cuadráticas cuyas raíces no fueran reales.” (p. 7)

En relación con la resolución de las ecuaciones de segundo grado y los babilonios, Hergatacorzian y Alarcón (2015) señalan:

El primer registro conocido de resolución de problemas que involucra lo que hoy llamamos ecuación de segundo grado data del 1 700 a. C. En la tablilla BM 13901, que se encuentra en el Museo Británico, aparece el siguiente problema: “He sumado la superficie y mi lado de cuadrado: 45”.

Recordamos que esta civilización utilizaba un sistema de numeración sexagesimal, lo cual se traduciría a: he sumado la superficie y mi lado de cuadrado: $3/4$. Esto equivale a resolver la ecuación de segundo grado $x^2 + x = \frac{3}{4}$ (p. 548).

Si bien la regla para resolver estas ecuaciones, enunciada en los textos babilónicos, coincide esencialmente con la moderna, no se sabe cómo llegaron a obtenerla. Además, debe considerarse que como no tenían una notación algebraica para expresar la solución, esta aparece en los diversos escritos de forma verbal (lenguaje coloquial).

En cuanto al aporte de los griegos, PRO Ciencia-Conicet (1987, como se citó en Ochoviet, 2007) indica que:

La civilización griega (500 a 200 a. C.) utilizó procedimientos geométricos para resolver muchos problemas, entre ellos la resolución de ecuaciones de primer y segundo grado. Esto se debería a la aparición de los números irracionales unido a la falta de practicidad del sistema de numeración griega. Quizás esto hizo que los griegos se sintieran más seguros ante las figuras geométricas que ante los números y por ello Euclides desarrolló gran parte de la aritmética y de la teoría de números con una perspectiva geométrica. Las magnitudes eran representadas por segmentos y el producto de dos magnitudes a y b era representado por el rectángulo de lados a y b . Los griegos advirtieron que, mientras que la ecuación $x^2 = 2$ no admitía solución racional, tenía una solución trivial desde el punto de vista geométrico, pues x es la diagonal de un cuadrado de lado unidad (p. 5).

En la proposición 28 del libro VI de Euclides, de acuerdo con Hergatacorzian y Alarcón (2015), se plantea la siguiente situación: “Dividir una recta dada de manera que el rectángulo contenido por sus segmentos sea igual a un espacio dado. Ese espacio no debe ser mayor que el cuadrado de la bisección de la línea.” (p. 549). Además, señalan que en el proceso de solución se obtiene una expresión muy similar a lo que en la actualidad se le conoce como “discriminante”, y la restricción final en la proposición anterior no es otra cosa que la condición para que una ecuación de segundo grado tenga dos raíces reales.

Entre los siglos II y I a. C. los matemáticos chinos, a partir de lo compilado por varias generaciones de escribas, escribieron el libro titulado “Los nueve capítulos sobre el arte matemático” en el que plantearon diversos métodos para resolver ecuaciones algebraicas de primero y segundo grado.

Para el siglo III d. C. Diofanto de Alejandría trató de una forma rigurosa no sólo las ecuaciones de primer grado, sino también las de segundo. Es quien introduce un simbolismo algebraico muy elemental al designar la incógnita con un signo que es la primera sílaba de la palabra griega arithmos, siendo este quien le dio un mayor impulso al tema. Además, se destacó entre los griegos por ser el único que utilizó los números independizándose de su representación geométrica y en obtener reglas para trabajar con ellos. Aunque solo consideró las soluciones positivas, dio con una fórmula que resuelve casi todas las ecuaciones de segundo grado.

Ya en el siglo séptimo el matemático indio Brahmagupta (628 d. C.), según lo indica Meavilla (2022) para resolver la ecuación $x^2 - 10x = -9$ utilizaba el siguiente procedimiento:

Multiplica el número absoluto, -9 , por el [coeficiente del] cuadrado, 1 ; el resultado es -9 . Añádelo al cuadrado de la mitad [del coeficiente del] término medio, 25 , y resulta 16 ; cuya

raíz cuadrada, 4, menos la mitad del [coeficiente de la] incógnita, - 5, es 9; y dividido por el [coeficiente del] cuadrado, 1, da como resultado el valor de la incógnita, 9 (p. 2).

Además, se indica que expuso la regla general para las soluciones de ecuaciones cuadráticas reducidas a una sola forma canónica, regla que coincide esencialmente con la utilizada en la actualidad. De acuerdo con Ochoviet (2007) los aportes de Al-Khwarizmi (780- 850 d. C.) en este campo no pueden pasar desapercibidos dado que:

Aborda la resolución de seis tipos diferentes de ecuaciones (con coeficientes numéricos). Los diferentes tipos surgen a partir de que este matemático no consideraba el cero ni números negativos. Usando lenguaje actual estas ecuaciones serían de la forma: $ax^2 = bx$, $ax^2 = c$, $bx = c$, $ax^2 + bx = c$, $ax^2 + c = bx$, $ax^2 = bx + c$. Describe en forma retórica la regla para resolver cada tipo de ecuación, no usa ningún tipo de simbolismo y los números que utiliza en los enunciados los escribe usando palabras (p. 10).

Al-Khwarizmi, como todos los matemáticos anteriores al siglo XVII, no tiene en cuenta el cero como solución, probablemente porque en tareas prácticas específicas, no importa. Además, evitó el uso de números negativos y da una prueba para cada ejemplo que consiste en el método geométrico de completar un cuadrado. Basándose en el trabajo de Al-Khwarizmi, el matemático judeoespañol Abraham Bar Hiyya, en su *Liber embadorum*, discute la solución de las ecuaciones de segundo grado; y la historia le atribuye el haber introducido la solución de estas en Europa.

La fórmula general, parece ser obra del matemático hindú Bhaskara (1114-1185) quien:

Escribe su famoso “Siddhanta Siroman” en el año 1150. Dicho libro se divide en 4 partes, Lilavati (aritmética), Bijaganita (álgebra), Goladhyaya (globo celestial), y Grahaganita (matemáticas de los planetas). La mayor parte del trabajo de Bhaskara en el Lilavati y Bijaganita procede de matemáticos anteriores, pero los sobrepasa sobre todo en la resolución de ecuaciones. Es aquí, donde aparece la fórmula general que permite resolver una ecuación de segundo grado (Zaragoza y Puerta, 2011, p. 54).

El aporte de los matemáticos de la escuela italiana tales como: Scipione del Ferro, Niccolò Fontana, Rafael Bombelli y Gerolamo Cardano, siglo XVI, fue valioso dado que lograron resolver por radicales las ecuaciones de tercer y cuarto grado. Precisamente fue Gerolamo Cardano y Rafael Bombelli quienes se dieron cuenta que el uso de los números imaginarios era indispensable para poder resolver todas las ecuaciones de segundo, tercero y cuarto grado.

En el siglo XVIII Carl Friedrich Gauss publicó la demostración de que toda ecuación polinómica tiene al menos una raíz en el plano complejo, que es lo que se conoce como: Teorema Fundamental del Álgebra.

Este desarrollo histórico permite establecer que el estudio de la solución de las ecuaciones de segundo grado en una variable, es un tema que ha sido abordado por siglos y analizado por varios matemáticos desde diversas perspectivas o corrientes, pero no todo estaba escrito, dado que en el 2019, el matemático e investigador Po-Shen Loh, aprovechando el conocimiento del pasado, propuso un método alternativo para resolverlas, lo cual se constituye en otra estrategia didáctica que podría ser implementadas en las aulas.

Por otra parte, al realizar una propuesta didáctica, no se puede dejar de lado el abordar la temática de las dificultades que presenta el estudiantado, dado que el considerarlas y analizarlas brindan un aporte que podría contribuir con la toma de decisiones respecto a las estrategias de mediación que se pueden implementar en el proceso de enseñanza y que puedan minimizar dichas problemáticas.

2. Dificultades ante la resolución de ecuaciones de segundo grado con una incógnita

Como bien se sabe, las ecuaciones de segundo grado se pueden aplicar en la resolución de diversidad de problemas en áreas como: física, deporte, salud, economía, administración y electrónica, entre muchas más; sin embargo, el resolverlas ha presentado una serie de dificultades en las personas estudiantes, las cuales pueden estar relacionadas con diversos aspectos tal como lo evidencian Ávila et al. (2018) en sus estudios:

- Las relacionadas con los conocimientos previos: confundir las propiedades y las diferencias entre ecuación, igualdad e inecuación, confundir términos semejantes dentro de una expresión algebraica, operar y simplificar erróneamente expresiones algebraicas, aplicar de manera errónea los casos de factorización en un ejercicio y resolver erróneamente una ecuación de primer grado.
- Las relacionadas con realizar operaciones con expresiones algebraicas: trasponer incorrectamente los términos en el despeje de una incógnita, operar incorrectamente expresiones que estén dentro de paréntesis, aplicar erróneamente métodos algebraicos para convertir a la forma canónica una ecuación cuadrática, despejar incorrectamente una incógnita en una ecuación cuadrática, aplicar incorrectamente las propiedades de las igualdades en la solución de ecuaciones cuadráticas y aplicar incorrectamente la propiedad distributiva en expresiones algebraicas.
- Las relacionadas con calcular valores numéricos: operar los números reales del discriminante de manera incorrecta, calcular incorrectamente las raíces de una ecuación cuadrática y reemplazar incorrectamente los resultados obtenidos en la ecuación cuadrática inicial.
- Las relacionadas con identificar la estructura y los elementos de una ecuación cuadrática: identificar incorrectamente los términos de una ecuación cuadrática, confundir entre si los parámetros a , b y c dentro de una ecuación cuadrática, reemplazar equivocadamente los parámetros a , b y c en la fórmula general, dificultad para aplicar el método indicado a la solución de una ecuación cuadrática. (pp. 1-5)

Las dificultades señaladas por Ávila et al. (2018), guardan relación con los diversos métodos de resolución que se emplean, por lo que es necesario diseñar e implementar algunas estrategias que podrían contribuir con minimizarlas o bien solventarlas.

A continuación, se propone una secuencia didáctica mediante la cual se puede orientar el proceso de enseñanza de la resolución de las ecuaciones de segundo grado en una variable con el estudiantado. Cabe señalar que estas ideas ya han sido implementadas con personas docentes en ejercicio, mediante procesos de capacitación en el Colegio Técnico Profesional de Buenos Aires y Colegio Técnico Profesional de Limón bajo la modalidad de taller e impartidos por uno de los autores de este material.

Se debe destacar que la propuesta ha tenido una aceptación positiva, dado que como parte de las actividades se aplicó un cuestionario y se les solicitó indicar en escala de uno a cinco, donde uno era poco útil y cinco muy útil, respecto a cómo consideraban la propuesta para que sea implementada en las aulas y de los 26 participantes 25 señalaron que era muy útil y que además el taller era provechoso el tanto desde el punto de vista de actualización como desde la didáctica.

3. Solución de ecuaciones de segundo grado con una incógnita: diversas estrategias para un mismo objetivo

Con el objetivo de brindar a las personas docentes diversas estrategias que podría emplear en las aulas al momento de impartir la temática de resolver ecuaciones de segundo grado en una variable, para lo cual se establecerá una secuencia didáctica que contribuya a que las personas estudiantes puedan desarrollar dicha habilidad. En este contexto se considerará el término secuencia didáctica como:

El resultado de establecer una serie de actividades de aprendizaje que tengan un orden interno entre sí, con ello se parte de la intención docente de recuperar aquellas nociones previas que tienen los estudiantes sobre un hecho, vincularlo a situaciones problemáticas y de contextos reales con el fin de que la información que a la que va acceder el estudiante en el desarrollo de la secuencia sea significativa, esto es tenga sentido y pueda abrir un proceso de aprendizaje, la secuencia demanda que el estudiante realice cosas, no ejercicios rutinarios o monótonos, sino acciones que vinculen sus conocimientos y experiencias previas, con algún interrogante que provenga de lo real y con información sobre un objeto de conocimiento (Díaz-Barriga, 2013, p. 4).

3.1. Completar cuadrados y la fórmula general

La fórmula general, sin duda, es una de las estrategias que se utiliza con mayor frecuencia cuando se trata de resolver ecuaciones de segundo grado con una incógnita. No obstante, de acuerdo con las dificultades señaladas por Ávila et al. (2018) y directamente relacionadas con este método se tienen: operar los números reales del discriminante de manera incorrecta, calcular incorrectamente las raíces de una ecuación cuadrática, confundir entre si los parámetros a , b y c dentro de una ecuación cuadrática y reemplazarlos de forma incorrecta en la fórmula general, así como reemplazar incorrectamente los resultados obtenidos en la ecuación cuadrática inicial. Además, es común que la persona estudiante olvide el más menos que aparece en dicha fórmula. Estos errores quizá se deben a que, por lo general, esta estrategia de resolución se enseña promoviendo la memorización, sin motivar la comprensión del porqué de cada una de las expresiones que en ella se presentan, por lo que se considera pertinente, desde un punto de vista didáctico, mostrar el cómo se obtienen dichos valores, una de las formas podría ser a partir de la siguiente secuencia didáctica.

Se inicia con el proceso de trabajar algunas expresiones algebraicas en las cuales se solicita aplicar la técnica de completar cuadrados. Dicho conocimiento se considera previo dado que de acuerdo con los Programas de Estudio del Ministerio de Educación Pública (MEP) corresponde a la habilidad 4 del tema relaciones y álgebra para noveno año en la que se señala “4. Expresar $x^2 + px + q$ como $(x + h)^2 + k$.” (MEP, 2012, p. 338) y el trabajo con las fórmulas notables se realiza, de acuerdo con dichos programas, en octavo año.

Ejercicio 1. Expresar $x^2 + 3x + 2$ de la forma $(x + h)^2 + k$, con h y k números reales.

Solución

En el proceso de mediación el recordar que $x^2 + 2xh + h^2 = (x + h)^2$, cumple un rol fundamental, es por ello que quizá según el diagnóstico que se realice se deben trabajar algunos ejercicios relacionados con este tema. El objetivo es que sea la persona estudiante quien descubra la expresión que deberá agregar en dicha construcción, para lo cual nótese que $x^2 + 3x + \frac{9}{4} - \frac{9}{4} + 2 = \left(x^2 + 3x + \frac{9}{4}\right) - \frac{1}{4} = \left(x + \frac{3}{2}\right)^2 - \frac{1}{4}$.

Ejercicio 2. Expresar $x^2 + x - \frac{15}{4}$ de la forma $(x + h)^2 + k$, con h y k número reales.

Solución

Nótese que $x^2 + x + \frac{1}{4} - \frac{1}{4} - \frac{15}{4} = \left(x^2 + x + \frac{1}{4}\right) - 4 = \left(x + \frac{1}{2}\right)^2 - 4$.

A partir de estos ejemplos la idea es motivar a la generalización de la estrategia y así poder determinar el término que se debe “sumar y restar” para construir la expresión $(x + h)^2$, con todo esto claro se puede proceder como se propone a continuación.

Considere la expresión $ax^2 + bx + c$, con a, b y c , números reales y $a \neq 0$, así

$$ax^2 + bx + c = x^2 + \frac{bx}{a} + \frac{b^2}{4a^2} - \frac{b^2}{4a^2} + \frac{c}{a} = \left(x^2 + \frac{bx}{a} + \frac{b^2}{4a^2}\right) - \frac{b^2}{4a^2} + \frac{c}{a} = \left(x + \frac{b}{2a}\right)^2 - \frac{b^2}{4a^2} + \frac{c}{a}$$

Por tanto, la expresión que se debe sumar o restar para completar el cuadrado corresponde a $\frac{b^2}{4a^2}$. Así la estrategia de completar cuadrados y esta secuencia didáctica podría emplearse en los cursos o asignaturas iniciales de la educación superior. La cantidad de ejemplos y ejercicios que se deben emplear en el proceso para el logro del objetivo dependerá del avance de las personas estudiantes.

Volviendo a la secuencia, se empleará dicha estrategia de completar cuadrados para resolver ecuaciones de segundo grado en una variable. Tal como se propone en los siguientes ejercicios.

Ejercicio 3. Aplique la técnica de completar cuadrados para resolver $x^2 + 3x + 2 = 0$.

Solución

$$\begin{aligned}
 x^2 + 3x + 2 &= 0 \\
 \Leftrightarrow x^2 + 3x + \frac{9}{4} - \frac{9}{4} + 2 &= 0 & \Leftrightarrow \sqrt{\left(x + \frac{3}{2}\right)^2} &= \sqrt{\frac{1}{4}} \\
 \Leftrightarrow \left(x + \frac{3}{2}\right)^2 - \frac{1}{4} &= 0 & \Leftrightarrow \left|x + \frac{3}{2}\right| &= \frac{1}{2} \\
 \Leftrightarrow \left(x + \frac{3}{2}\right)^2 &= \frac{1}{4} & \Leftrightarrow x + \frac{3}{2} &= \pm \frac{1}{2}
 \end{aligned}$$

Por tanto, las soluciones son $x_1 = -\frac{3}{2} + \frac{1}{2} = -1$ y $x_2 = -\frac{3}{2} - \frac{1}{2} = -2$.

Nota: a partir de este procedimiento se puede hacer énfasis en que $\sqrt{a^2} = |a|$ y en que $|a| = \pm a$, ambos considerados conocimientos previos.

Ejercicio 4. Aplique la técnica de completar cuadrados para resolver $x^2 + 5x - 14 = 0$.

Solución

$$\begin{aligned}
 x^2 + 5x - 14 = 0 &\Leftrightarrow x^2 + 5x + \frac{25}{4} - \frac{25}{4} - 14 = 0 \Leftrightarrow \left(x + \frac{5}{2}\right)^2 - \frac{81}{4} = 0 \\
 \Leftrightarrow \left(x + \frac{5}{2}\right)^2 &= \frac{81}{4} \Leftrightarrow \sqrt{\left(x + \frac{5}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{81}{4}} \Leftrightarrow \left|x + \frac{5}{2}\right| = \frac{9}{2} \Leftrightarrow x + \frac{5}{2} = \pm \frac{9}{2}
 \end{aligned}$$

Por tanto, las soluciones son $x_1 = \frac{-5}{2} - \frac{9}{2} = -7$ y $x_2 = \frac{-5}{2} + \frac{9}{2} = 2$.

Esta estrategia se puede analizar desde el punto de vista geométrico, tal como lo hacían las civilizaciones antiguas y se muestra seguidamente al emplear el mismo ejemplo 4.

Dado que $x^2 + 5x - 14 = 0 \Leftrightarrow x^2 + 5x = 14$, para obtener su solución se bosqueja un cuadrado cuya área sea x^2 unidades cuadradas y se une dos rectángulos de ancho x unidades y de longitud $\frac{5}{2}$ lo cual al sumar sus áreas genera el término $5x$, todo esto con base en la expresión $x^2 + 5x$, lo cual puede apreciar en la figura 1.

Note que cada lado del cuadrado mide $\frac{5}{2} + x$ y que el $\frac{25}{4}$ corresponde al área, en unidades cuadradas, del cuadro de color blanco, esto porque cada uno de sus lados mide $\frac{5}{2}$ unidades lineales. Así, desde el punto de vista geométrico, para completar el cuadrado debe agregarse esas unidades cuadradas, obteniéndose que

$$x^2 + 5x = 14 \Leftrightarrow x^2 + 5x + \frac{25}{4} = 14 + \frac{25}{4} \Leftrightarrow \left(x + \frac{5}{2}\right)^2 = \frac{81}{4} \Leftrightarrow x + \frac{5}{2} = \pm \frac{9}{2}$$

Por tanto, las soluciones son $x_1 = \frac{-5}{2} - \frac{9}{2} = -7$ y $x_2 = \frac{-5}{2} + \frac{9}{2} = 2$.

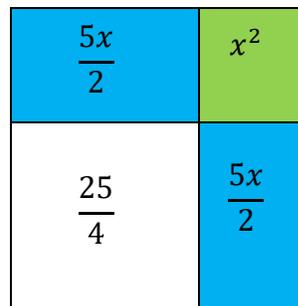
Este tipo de estrategias le permite a la persona estudiante comprender el término “completar cuadrados” a partir de este apoyo visual.

Ahora partiendo de la ecuación $ax^2 + bx + c = 0$, con a, b y c constantes reales, $a \neq 0$, al dividir la ecuación por a se tiene que $x^2 + \frac{b}{a}x + \frac{c}{a} = 0$, al expresar el miembro de la izquierda como el cuadrado de un binomio, se recurre a la técnica de completar cuadrados. Se puede recordar la generalización que ya se había trabajado en la primera parte de la secuencia didáctica respecto a que se debe sumar y restar la expresión $\frac{b^2}{4a^2}$, y se procede tal como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} x^2 + \frac{b}{a}x + \frac{b^2}{4a^2} - \frac{b^2}{4a^2} + \frac{c}{a} &= 0 \\ \Leftrightarrow x^2 + \frac{b}{a}x + \frac{b^2}{4a^2} &= \frac{b^2}{4a^2} - \frac{c}{a} \\ \Leftrightarrow \left(x + \frac{b}{2a}\right)^2 &= \frac{b^2 - 4ac}{4a^2} \\ \Leftrightarrow \left|x + \frac{b}{2a}\right| &= \sqrt{\frac{b^2 - 4ac}{4a^2}} \\ \Leftrightarrow x + \frac{b}{2a} &= \pm \sqrt{\frac{b^2 - 4ac}{4a^2}} \\ \Leftrightarrow x &= -\frac{b}{2a} \pm \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ \Leftrightarrow x &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \end{aligned}$$

Figura 1

Construcción de cuadrado como estrategia geométrica resolver una ecuación cuadrática



Al analizar la expresión $b^2 - 4ac$ a la cual se le denomina discriminante y se denota con la letra griega delta ($b^2 - 4ac = \Delta$), se tiene:

- Sí $\Delta \geq 0$ la ecuación $ax^2 + bx + c = 0$ tendrá soluciones reales.
- Sí $\Delta < 0$ la ecuación $ax^2 + bx + c = 0$ tendrá soluciones imaginarias no reales.

En ambas situaciones, las soluciones corresponden a $x_1 = \frac{-b+\sqrt{\Delta}}{2a}$ y $x_2 = \frac{-b-\sqrt{\Delta}}{2a}$.

Es claro que este tipo de estrategias favorece, entre otros aspectos: la comprensión de las fórmulas, el saber de dónde proviene cada expresión y tener otro procedimiento para resolver la ecuación. Además, como parte del proceso, si se denota con S a la suma de estas soluciones, entonces $S = x_1 + x_2 = -\frac{b}{a}$ y al realizar el producto y denotarlo con P , se tiene $P = x_1 \cdot x_2 = \frac{c}{a}$.

Ejercicio 5. Utilice las fórmulas de Vieta para resolver $x^2 + 3x - 4 = 0$.

Solución. Supóngase que x_1 y x_2 son sus raíces, dado que

- $x_1 + x_2 = \frac{-b}{a} \Rightarrow x_1 + x_2 = -3$
- $x_1 \cdot x_2 = \frac{c}{a} \Rightarrow x_1 \cdot x_2 = -4$

Así el ejercicio se reduce a encontrar el valor de x_1 y de x_2 que satisfacen ambas igualdades, estos son $x_1 = 1$ y $x_2 = -4$, que corresponden a las soluciones de la ecuación. Es probable que al inicio podría resultar lento el proceso de determinar dichos valores, pero con la práctica se notará que se mejora considerablemente.

Téngase en cuenta que la cantidad de ejemplos y ejercicios que se deben emplear en el proceso para el logro del objetivo seguirá dependiendo del avance de las personas estudiantes.

Continuando con la secuencia didáctica, otro método que se emplea con mucha frecuencia, para resolver estas ecuaciones es el de factorización por inspección, pero por lo general no se les explica a las personas estudiantes el proceso del porqué funciona, aunque esto contribuye a justificar tanto la factorización como el empleo de la propiedad del elemento absorbente de la multiplicación (productos nulos), lo cual podría favorecer el aprendizaje y uso de la técnica.

3.2. Factorización por inspección

Se parte de los conocimientos previos de octavo año según los Programas de Estudio de Matemáticas. Para ello, considérese la ecuación dada por $ax^2 + bx + c = 0$, si se buscan números reales p, q, r y s tales que $p \cdot q = a$ y $r \cdot s = c$, y además se satisface que $p \cdot s + r \cdot q = b$. Así, se cumple que $ax^2 + bx + c = (px + r)(qx + s)$, entonces las soluciones estarían dadas por $x = \frac{-r}{p}$ y $x = \frac{-s}{q}$. Lo anterior se aplica en los siguientes ejercicios.

Ejercicio 6. Resolver $6x^2 + 7x + 2 = 0$.

Solución. Primero se determinarán los números p y q tales que multiplicados den 6, luego dos números r y s que al multiplicarlos den 2, quizá hasta aquí existirán muchas posibilidades, pero también debe cumplirse que $p \cdot s + r \cdot q = 7$, condición que hace que se restrinjan las opciones.

Al resolver $p \cdot q = 6$, puede considerarse $p = 3$ y $q = 2$ y al resolver $r \cdot s = 2$, una opción es $r = 2$ y $s = 1$. Además, como debe satisfacerse que $p \cdot s + r \cdot q = 7$, al verificar para este caso específico se tiene que $3 \cdot 1 + 2 \cdot 2 = 7$. Por tanto, las soluciones corresponden a $x = \frac{-r}{p} = \frac{-2}{3}$ y $x = \frac{-s}{q} = \frac{-1}{2}$.

Si $ax^2 + bx + c$ se puede expresar de la forma $(px + r)(qx + s)$ es frecuente que al aplicar esta técnica se proceda tal como se indica a continuación:

$$6x^2 + 7x + 2 = 0 \Leftrightarrow (3x + 2)(2x + 1) = 0$$

Luego al aplicar la propiedad del elemento absorbente de la multiplicación, y resolver las ecuaciones

lineales se obtiene que $\begin{cases} 3x + 2 = 0 \Rightarrow x = \frac{-2}{3} \\ 2x + 1 = 0 \Rightarrow x = \frac{-1}{2} \end{cases}$, obteniéndose así las soluciones de la ecuación. Esta

técnica, por lo general, se emplea tal como se muestra en el ejercicio 7.

Ejercicio 7. Resolver $2x^2 + 9x + 7 = 0$

Solución. Aplicando el mismo principio de expresar $ax^2 + bx + c$ de la forma $(px + r)(qx + s)$ se puede considerar que $2x^2 = 2x \cdot x$ y $7 = 7 \cdot 1$, además $2x + 7x = 9x$

$$2x^2 + 9x + 7 = 0$$

$$\begin{array}{ccc} 2x & \nearrow & 7 \\ x & \searrow & 1 \end{array}$$

Así, $2x^2 + 9x + 7 = 0 \Leftrightarrow (2x + 7)(x + 1) = 0$, con lo cual se obtiene $x = \frac{-7}{2}$ y $x = -1$.

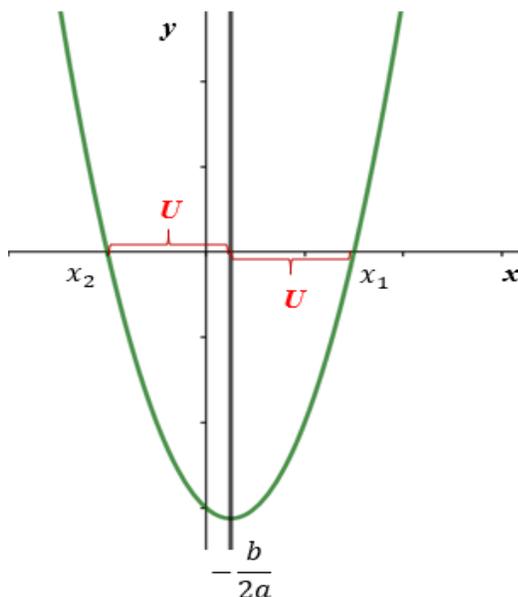
Se finaliza esta secuencia didáctica con el método desarrollado en 2019 por el matemático e investigador estadounidense Po-Shen Loh.

3.3.El método alternativo de Po-Shen Loh

Este método se puede trabajar en noveno año tomando como conocimiento previo lo realizado con la habilidad establecida en los Programas de Estudio de Matemática “2. Representar tabular, algebraica y gráficamente una función cuadrática.” (MEP, 2012, p. 337), dado que dicha propuesta parte de obtener el punto medio de las soluciones de la ecuación cuadrática (eje de simetría en la gráfica de la función). Así, si x_1 y x_2 son las soluciones de la ecuación, entonces al denotar con P_m el punto medio de ellas se tiene que $P_m = \frac{x_1 + x_2}{2} = -\frac{b}{2a}$. Si se denomina con U la distancia entre el punto medio de las soluciones y cada una de ellas entonces gráficamente se tiene lo mostrado en la figura 2.

Figura 2

Punto medio de las soluciones de la ecuación de segundo grado



Además de las fórmulas de Vieta para las ecuaciones de segundo grado: $S = x_1 + x_2 = -\frac{b}{a}$ y $P = x_1 \cdot x_2 = \frac{c}{a}$. Por tanto $x_1 = -\frac{b}{2a} + U$ y $x_2 = -\frac{b}{2a} - U$.

$$\begin{aligned} \left(-\frac{b}{2a} + U\right)\left(-\frac{b}{2a} - U\right) &= \frac{c}{a} \\ \Rightarrow \left(\frac{b}{2a}\right)^2 - U^2 &= \frac{c}{a} \\ \Rightarrow U^2 &= \left(\frac{b}{2a}\right)^2 - \frac{c}{a} \end{aligned} \quad \begin{aligned} \Rightarrow U &= \pm \sqrt{\left(\frac{b}{2a}\right)^2 - \frac{c}{a}} \\ \Rightarrow U &= \sqrt{\left(\frac{b}{2a}\right)^2 - \frac{c}{a}} \end{aligned}$$

En la ecuación anterior solo se considera la solución positiva dado que U representa una distancia. Por tanto, $x_1 = \frac{S}{2} + U$ y $x_2 = \frac{S}{2} - U$. En los siguientes ejercicios se empleará este método para resolver algunas ecuaciones.

Ejercicio 8. Resolver $x^2 + 2x - 8 = 0$

Solución. $P_m = -\frac{b}{2a} = -\frac{2}{2 \cdot 1} = -1$

$$\begin{aligned} (-1 + U)(-1 - U) &= P & \Rightarrow U^2 &= 1 + 8 \\ \Rightarrow (-1 + U)(-1 - U) &= -8 & \Rightarrow U &= \sqrt{9} = 3 \\ \Rightarrow (-1)^2 - U^2 &= -8 \end{aligned}$$

Así las soluciones son $x_1 = -1 + 3 = 2$ y $x_2 = -1 - 3 = -4$

Ejercicio 9. Resolver $x^2 - 5x + 6 = 0$

Solución:

$$P_m = -\frac{b}{2a} = -\frac{-5}{2 \cdot 1} = \frac{5}{2}$$

$$\left(\frac{5}{2} + U\right)\left(\frac{5}{2} - U\right) = 6 \Rightarrow \left(\frac{5}{2}\right)^2 - U^2 = 6 \Rightarrow U^2 = \frac{25}{4} - 6 \Rightarrow U = \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2}$$

Con lo cual las soluciones son $x_1 = \frac{5}{2} + \frac{1}{2} = 3$ y $x_2 = \frac{5}{2} - \frac{1}{2} = 2$.

4. Conclusiones y reflexiones

El empleo de la historia como recurso didáctico podría contribuir con comprender que la Matemática es fruto de un proceso que ha llevado muchos siglos; de acuerdo con Martínez y Chavarría (2012) con esta “la matemática se muestra como producto de la actividad humana, generada a partir de diferentes necesidades a través de muchos siglos de civilización” (p. 2), además contribuye a que en el proceso de aprendizaje se logre entender mejor los conceptos y las teorías, dado que se da a conocer la forma en que estos se desarrollaron. También, puede aportar elementos que enriquecen los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la Matemática.

En todo proceso de aprendizaje el considerar y analizar cuáles son los conocimientos previos que se requieren para el desarrollo de una temática, así como saber si las personas estudiantes lo poseen es fundamental. En caso de no poseerlos es necesario el desarrollo de actividades que logren nivelarlos. Ausubel (1983, como se citó en Villalobos y García, 2021) señalaba “Si tuviese que reducir toda la psicología educativa en un solo principio, enunciaría éste: El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente.” (p. 6)

En el diseño de los procesos de mediación es necesario considerar las dificultades que presenta el estudiantado respecto a cualquiera de los temas, contenidos o habilidades que se desean desarrollar, dado que el considerarlas y analizarlas contribuye con la toma de decisiones respecto a las estrategias didácticas que se pueden implementar en el proceso de enseñanza y que puedan minimizar dichas problemáticas.

El trabajo de las secuencias didácticas en el proceso de enseñanza, sin duda, va desde considerar los conocimientos previos, el análisis de la estrategia de mediación por implementar, el investigar respecto a las dificultades de aprendizaje que se ha presentado en la enseñanza del tema, así como considerar las que como docentes notan en las aulas. Estas deben llevar un hilo conductor entre cada una de las actividades que se proponen tal como se realizó en la propuesta realizada en este artículo.

La capacitación y formación continua debe ser fundamental para la persona docente, esto le permitirá estar actualizado respecto a las líneas de acción no solo desde el ámbito de la Educación Matemática, sino además desde la misma disciplina de la Matemática; al respecto Nieva y Martínez (2016) indican:

La formación docente permanente es una necesidad. Las demandas del desarrollo y la transformación social exigen un cambio en su concepción que requiere un enfoque que priorice al docente como agente activo de su aprendizaje, desde las potencialidades de su desarrollo, con carácter autotransformador y transformador de la realidad social. (p. 20)

Referencias bibliográficas

- Ávila, C., León L. y Rodríguez D. (2018). *Ecuaciones cuadráticas con una incógnita con raíces reales*. http://funes.uniandes.edu.co/11770/2/G4_A01_ErroresDificultades.pdf
- Díaz-Barriga, Á. (2013). *Guía para la elaboración de una secuencia didáctica*. Universidad Autónoma Nacional de México. http://www.setse.org.mx/ReformaEducativa/Rumbo%20a%20la%20Primera%20Evaluaci%C3%B3n/Factores%20de%20Evaluaci%C3%B3n/Pr%C3%A1ctica%20Profesional/Gu%C3%ADa-secuencias-didacticas_Angel%20D%C3%ADaz.pdf
- González, F. (1994). *Álgebra*. Editorial EUNED.
- Hergatacorzian, A. y Alarcón, C. (2015). Resolución de la ecuación de segundo grado: una alternativa a Bhaskara. En *SEMUR, Sociedad de Educación Matemática Uruguaya* (Ed.), *Actas del 5º Congreso Uruguayo de Educación Matemática* (pp. 547-554). <http://funes.uniandes.edu.co/17772/1/Hergatacorzian2015Resolucion.pdf>
- Martínez, M. y Chavarría, J. (2022). Usos de la historia en la enseñanza de la matemática. En *Actas del VIII Festival Internacional De Matemática*. <https://www.cientec.or.cr/matematica/2012/ponenciasVIII/Margot-Martinez3.pdf>
- Meavilla, V. (2022). *Historia de las matemáticas*. <https://virtual.uptc.edu.co/ova/estadistica/docs/autores/pag/mat/Ruffini2.asp.htm>
- Ministerio de Educación Pública [MEP]. (2012). *Programas de Estudio de Matemáticas. I, II y III Ciclos de la Educación General Básica y Ciclo Diversificado*. <http://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/matematica.pdf>
- Nieva, J. y Martínez, O. (2016). Una nueva mirada sobre la formación docente. *Universidad y Sociedad*, 8(4). pp. 14-21. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n4/rus02416.pdf>
- Ochoviet, C. (2007). De la Resolución de Ecuaciones Polinómicas al Álgebra Abstracta: un Paseo a Través de la Historia. *Revista Digital Matemática, Educación e Internet*, 8(1), pp. 1-19. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/matematica/article/view/2049/1858>
- Po-Shen, L. (2019). *A Simple Proof of the Quadratic Formula*. <https://arxiv.org/pdf/1910.06709.pdf>
- Po-Shen, L. (Posted Dec 5, 2019). *A Different Way to Solve Quadratic Equations*. <https://www.poshenloh.com/quadratic/>

- Villalobos, M. y García, M. (2021). El aprendizaje significativo de contenidos matemáticos para nivel medio superior en escenarios educativos virtuales. *Revista Educación Creadora*, 1, pp. 43-53. <http://www.educacion-creadora.com/attachments/article/6/El%20aprendizaje%20significativo%20de%20contenidos%20matem%C3%A1ticos%20para%20nivel%20medio%20superior%20en%20escenarios%20educativos%20virtuales.pdf>
- Zaragoza, A. y Puertas, M. (2011). *Resúmenes de matemáticas aplicadas a las ciencias sociales I con notas históricas*. Visión libros.

Una tarea STEAM para su uso en el aula de primaria

Karen Porras Lizano
Universidad Nacional
Ministerio de Educación Pública
Costa Rica
karen.porras.lizano@una.ac.cr

Elena Castro-Rodríguez
Universidad de Granada
España
elenacastro@ugr.es

Resumen: La educación STEAM es un enfoque interdisciplinario que permite relacionar los conceptos académicos con elementos del mundo real a través de la aplicación de la ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas. Una de las cualidades de esta educación, es que promueve la conexión entre la escuela, la comunidad, el trabajo y la empresa. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos llevados a cabo en diversos países por desarrollar una educación STEAM, la investigación destaca las dificultades que tienen los maestros para llevar a cabo este tipo de enfoque metodológico. Entre las distintas causas, se encuentra el tiempo insuficiente o la falta de materiales educativos adecuados para implementarla. Por ello, intentando salvar tales dificultades y dada la problemática actual del COVID-19, en este trabajo presentamos una tarea para educación primaria basada el enfoque STEAM para educación primaria con la finalidad de ayudar a la enseñanza bajo este enfoque.

Palabras clave: STEAM, tarea para maestros, educación primaria.

1. Introducción

En la actualidad, muchos de los enfoques educativos estimulan la integración de disciplinas que antes tradicionalmente se trabajaban en forma separada. Uno de estos enfoques es STEM, el cual se concibe como una tendencia mundial que promueve la enseñanza de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (por sus siglas en inglés) como pilares para el desarrollo sostenible y bienestar social. El origen de este enfoque data desde la década de 1990, cuando la National Science Foundation comenzó a utilizar el acrónimo “SMET”, pero por razones fonéticas decide cambiarlo por STEM (Martín-Páez et al., 2019).

Sin embargo, STEM ha estado en una continua evolución. Recientemente STEM ha venido incorporado la A de artes, surgiendo el acrónimo STEAM para hacer evidente la presencia del pensamiento creativo y del desarrollo de las habilidades socioemocionales y artísticas. Además, a nivel mundial han surgido movimientos que buscan estimular la creación de iniciativas relacionadas con el enfoque STEAM, un ejemplo particular es el Movimiento STEAM en el país de México. Involucra a los diferentes actores de la sociedad como lo son las empresas, el gobierno, organizaciones, profesores, padres de familias y estudiantes; impulsando la educación bajo el enfoque STEAM, cuyo aprendizaje sea basado en la solución de problemas, donde se desarrolla habilidades indispensables para competir en el mundo laboral del siglo XXI con visión social e incluyente, como lo son el pensamiento crítico, la resolución de problemas, informática, comunicación, creatividad, trabajo en equipo, entre otras.

Asimismo, algunos beneficios de la educación STEAM para estudiantes son destacados por Martín-Páez et al. (2019), en el área cognitiva, procedimental y actitudinal. En la parte cognitiva, el estudiante mejora

el rendimiento académico y capacidad para aplicar el conocimiento, enriquece y establece conexiones con las disciplinas STEAM. En el área procedimental, incrementa las habilidades tecnológicas, desarrolla la creatividad, imaginación e invención, permite la acumulación de experiencia práctica y estimula la creación de las inteligencias múltiples. Por último, en cuanto a lo actitudinal mejora la motivación al aprendizaje, promueve el compromiso emocional que repercute en aspectos cognitivos y aspectos conductuales, aumenta el interés y la curiosidad hacia las carreras STEAM y fomenta las actitudes positivas hacia las disciplinas STEAM.

Además, según Martín-Páez et al. (2019) al integrar STEAM en el currículo se puede establecer "conexiones" entre el contenido y las habilidades en una amplia variedad de contextos para desarrollar sus habilidades de resolución de problemas. También, los mismos autores establecen que se pueden trabajar con diferentes combinaciones de las disciplinas STEAM, a la vez se puede enfatizar en una disciplina sobre otras. Por ejemplo, el utilizar la ingeniería con la finalidad de desarrollar conceptos científicos y matemáticos en ambientes interdisciplinarios, a través de representaciones del mundo real, donde el uso de múltiples sistemas de representación y proporcionar traducciones entre ellos, sean apoyados por el uso de la tecnología (Martín-Páez et al., 2019).

A pesar de esto, el sistema educativo de muchos países, conciben las disciplinas en forma separada, siendo esto una inconsistencia en el tipo de formación que requiere que los estudiantes posean, en virtud de que los problemas del mundo real involucran a las disciplinas en forma integral y no en forma separada (Martín-Páez et al., 2019).

Y aunque existen muchos esfuerzos e investigaciones acerca de la educación y beneficios del enfoque STEAM, múltiples investigadores reportan sobre las dificultades de los profesores con la educación STEAM. Por ejemplo, la falta de tiempo y de materiales educativos como tareas de aula hacen muy difícil desarrollar este enfoque en su extrema plenitud (Geum y Bae, 2012), además de que los programas de formación de profesores no se enseñan bajo este enfoque, lo que provoca un desconocimiento de estrategias metodológicas (Lee, 2014). Además, dado que el maestro no posee muchos conocimientos de las disciplinas de la educación STEAM, requiere de la colaboración y trabajo en equipo de profesores de otras materias debido a las diferentes culturas y naturalezas de las disciplinas (Noh y Paik, 2014).

Por tanto, en este trabajo pretendemos brindar un ejemplo de tarea STEAM que el maestro de primaria puede implementar o adaptar en su aula, con la finalidad de ayudar a la enseñanza bajo este enfoque.

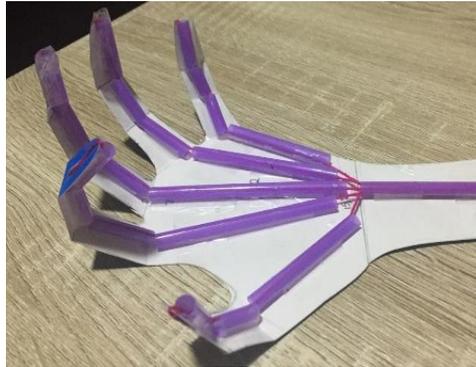
2. Actividad de la Mano Biomecánica: Una propuesta de tarea STEAM

La actividad propuesta surge con la finalidad de proponer una tarea que ayude a los maestros a implementar el enfoque STEAM en el aula, mostrando a la vez su relación con entre las distintas disciplinas. Además, dada la problemática actual del COVID-19 también consideramos que esta actividad puede servir para que los padres de familia participen en el proceso enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de primaria.

Consiste en elaborar una simulación de una mano real. Para esto se utilizó materiales de fácil acceso como lo son una caja de cartón delgado, tijeras, Lápiz, regla, 10 pajillas, hilo Pluma y cinta adhesiva. En la figura 1, se presenta el resultado final de la mano biomecánica que se propone en la actividad.

Figura 1

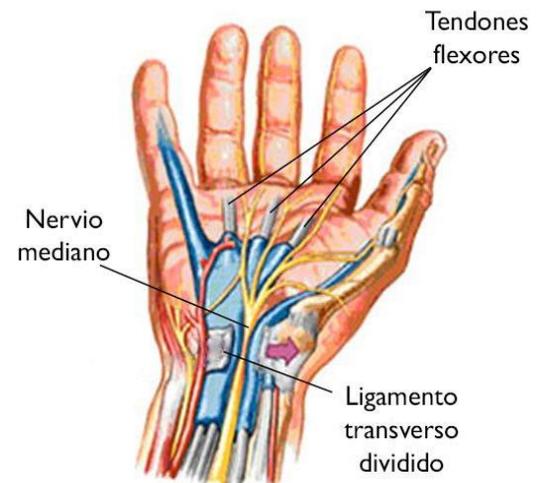
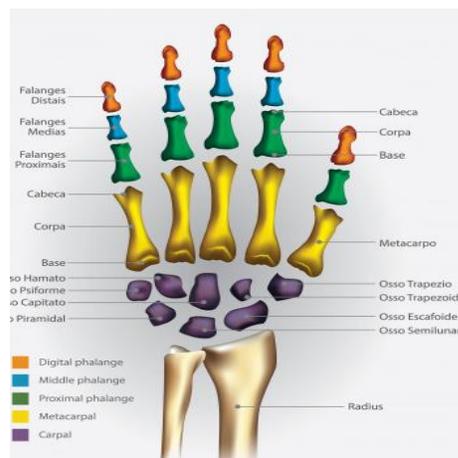
Simulación de la mano biomecánica



La actividad involucra las disciplinas de ciencias, ingeniería, artes y matemática. En la figura 2, se expone como se observa la relación de estas disciplinas con los contenidos propuestos en la actividad:

Figura 2

*Tipos de huesos de la mano y componentes del sistema muscular de la mano*¹³



En el caso de la disciplina de Ciencias, se involucra en la actividad al trabajar el sistema óseo y muscular de la mano. Por ejemplo, las pajillas simulan los huesos falanges medio, distal y proximal, el hilo simulan los tendones flexores que posee la mano. En cuanto, al currículo la actividad se puede trabajar con contenidos del nivel tercer año de primaria, cuya habilidad es reconocer algunos huesos y músculos, como parte de la comprensión y cuidado del cuerpo humano. También puede servir para trabajar la habilidad describir algunas funciones de los huesos y músculos que permiten realizar actividades cotidianas. Y en relación con esto, se puede desarrollar la habilidad valorar el cuidado y protección de

¹³ Información tomada de https://www.freepik.es/vector-premium/anatomia-humana-hueso-mano_4481953.htm

Información tomada de <https://orthoinfo.aaos.org/es/diseases--conditions/sindrome-del-tunel-carpiano-carpal-tunnel-syndrome/>

los huesos y músculos del cuerpo humano para mantener una buena salud, para destacar la importancia de una fractura o rompimiento de algunas de las partes que conforman la mano.

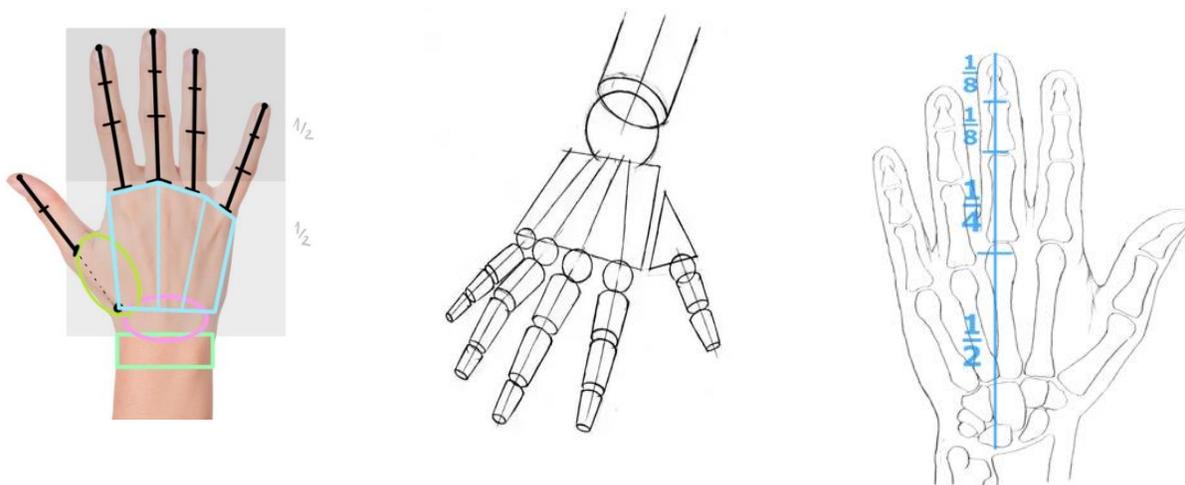
Con respecto a la ingeniería, esta disciplina la relacionamos en la actividad con el diseño, construcción y ensamble de las piezas para formar la mano biomecánica. Además, de que al colocar las pajillas estas debían ser menor que las falanges, sino la mano podría cerrar.

En el caso del arte, al dibujar la mano se estimula el desarrollo del pensamiento creativo, las habilidades socioemocionales y artísticas.

En el caso de matemática podemos destacar que la actividad se puede relacionar con el aprendizaje de temas como las figuras geométricas como se observa en figura 3, con las operaciones básicas con números en representación decima y fraccionaria, comparación de medidas, proporciones y la razón Áurea. En cuanto al currículo en el área de matemática se propone la actividad para trabajar habilidades a nivel de sexto año de educación primaria como es resolver problemas donde se requiera el uso de la combinación de operaciones suma, resta, multiplicación y división de números naturales y con decimales. También el resolver y plantear problemas donde se requiera el uso de la suma, la resta, la multiplicación y la división de fracciones y números con decimales.

Figura 3

Figuras geométricas en la mano, boceto previo de un dibujo artístico y proporciones que se muestran en la mano¹⁴.



Por último, aunque en la tarea se deja de lado la relación con la tecnología, pues la actividad se creó para el uso de los maestros en el aula de primaria y padres de familia ante el panorama actual del COVID 19, sin conocimientos superiores de informática o programación. Sin embargo, consideramos que esta

¹⁴ Información tomada de <https://design.tutsplus.com/es/tutorials/how-to-draw-anime-hands-and-feet--cms-31925>
 Información tomada de <https://www.quora.com/How-did-you-learn-to-draw-from-imagination>
 Información tomada de <https://ox.pe/dibujando-manos/>

actividad se puede trabajar en niveles superiores donde se muestre una relación más visible con la tecnología.

A continuación se muestran las instrucciones con ejemplos de la construcción de la mano biomecánica y además, al final se brindan unos ejercicios matemáticos que pueden servir a modo de ejemplo para trabajar en el aula.

3. Actividad la mano biomecánica

Instrucción

1. Dibujar la silueta de una de las manos en el cartón y recortarla. Debe realizar las líneas divisoras que poseen los dedos (estas serán los límites de los huesos falange distal, falange medio y falange proximal que posee los dedos de la mano), como se muestra en las siguientes figuras:

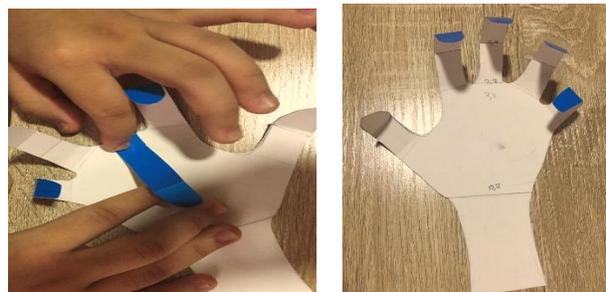
Ejemplo



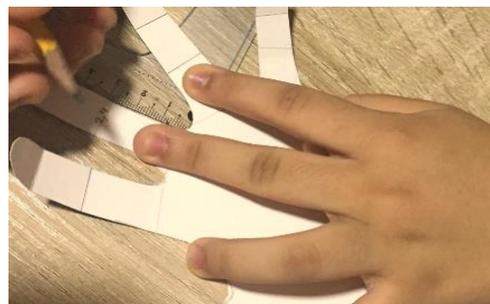
Instrucción

2. Realizar un doblez en las líneas divisoras de los dedos, como se muestra en las siguientes figuras:

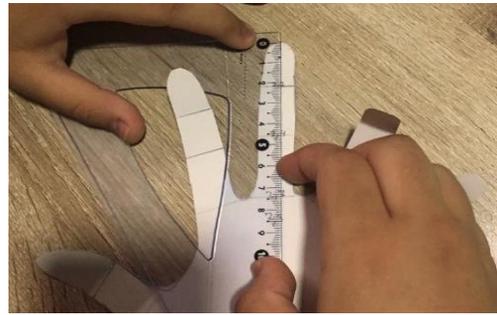
Ejemplo



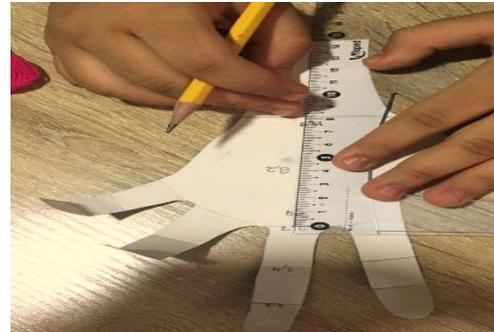
3. Medir y anotar las medidas de las distancias entre las líneas divisoras de los dedos, es decir, la medida de los huesos falange distal, falange medio y falange proximal, como se muestra a continuación:



4. Medir y anotar la medida del dedo corazón, como se muestra en la siguiente figura:



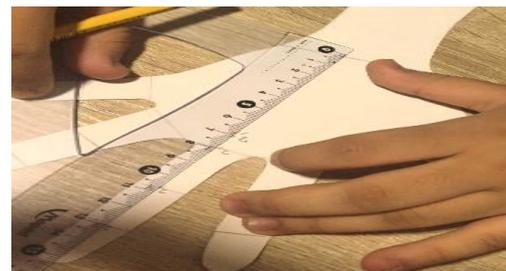
5. Medir y anotar la medida de la palma de la mano, como se muestra a continuación:



Instrucción

6. Medir y anotar la medida del inicio del dedo corazón y hasta el final de la palma de la mano, como se sugiere en la siguiente figura:

Ejemplo



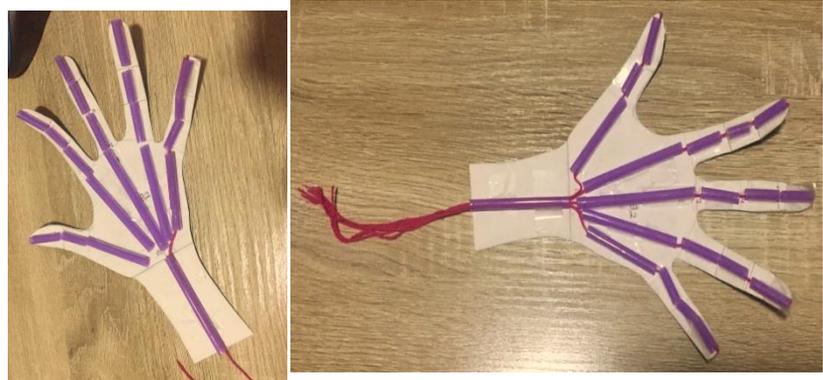
7. Anotar las medidas en la siguiente tabla:

Nombre	Medida del total de la mano	Medida de la palma de la mano	Medida del dedo corazón	Medida del Falange distal	Medida del Falange medio	Medida del Falange proximal
Yo						

8. Cortar y pegar con cinta adhesiva las pajillas como se sugieren en las siguientes imágenes. Las partes de la pajilla deben un 1cm más pequeño al inicio y al final, con la finalidad de que la mano logre cerrar



9. Colocar el hilo uniendo cada una de las partes de las pajillas para cada dedo, sujetándolo con cinta adhesiva al inicio de cada dedo. Todos los hilos se deben ingresar en la pajilla de la muñeca.



10. Con las medidas realizadas de la actividad anterior, llenar la primera fila de la siguiente tabla. Además, recoger otras observaciones de las medidas de las manos de otros miembros de tu familia.

Nombre	Medida del total de la mano	Medida de la palma de la mano	Medida del dedo corazón	Medida del Falange distal	Medida del Falange medio	Medida del Falange proximal
Yo	15,7	8,3	7,4	2,2	2,4	2,8
Mamá						
Papá						
Hermano						

Con la información anterior contestar las siguientes preguntas:

- a) ¿Cuál es el resultado al sumar la medida de la palma de mi mano con la medida del dedo corazón?

Realiza todos los procedimientos de la operación matemática en el siguiente espacio:

- b) ¿El resultado de la operación matemática anterior es mayor o menor o igual a la medida con la medida del total de la mano?

c) Al realizar la siguiente suma, ¿Cuál es el resultado final?



**Hueso
falange
proximal**

**Hueso
falange
medio**

**Hueso
falange distal**

¿El resultado de la operación matemática anterior es mayor o menor o igual a la medida con la medida del total del dedo corazón?

¿Sucedo lo mismo en el caso de la mano de mamá? ¿Y de Papá? ¿Y tu hermano?

4. Conclusiones

En este trabajo se plantea una tarea STEAM para maestros del nivel de primaria que puede ser aplicada con estudiantes de sexto año y con algunas adaptaciones en otros niveles educativos. La finalidad principal de la tarea es contribuir a la enseñanza bajo el enfoque STEAM y más aún dada la problemática actual del COVID-19. En este trabajo se muestra como podemos involucrar las distintas disciplinas STEAM en una sola tarea, con lo cual coincidimos con Martín-Páez, Aguilera, Perales-Palacios y Vílchez-González (2019), en que con este tipo de actividades se puede establecer "conexiones" entre el contenido y las habilidades propuestas en el currículo. A la vez, propone el desarrollo de conceptos científicos y matemáticos en un ambiente interdisciplinario, en la cual se puede relacionar con representaciones del mundo real, a la vez que se incentiva el desarrollo de habilidades indispensables para el futuro profesional.

Consideramos que la actividad propuesta puede ayudar a solucionar parcialmente las dificultades encontradas por los maestros al enseñar bajo el enfoque STEAM. Sin embargo, consideramos que aún hace falta mucha investigación en este campo, el cual se vislumbra de gran interés por parte de los profesores e investigadores.

Referencias bibliográficas

- Geum, Y. y Bae, S. (2012). The recognition and needs of elementary school teachers about STEAM education. *Journal of the Korean Institute of Industrial Educators*, 37(2), 57-75.
- Lee, M.-S. (2014). The effect of teachers' training and teaching experience for integrative education on teacher's concerns regarding STEAM. *Korean Journal of Educational Research*, 52(1), 251-271.
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, FJ. y Vílchez-González, JM. What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*. 2019; 103: 799– 822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Noh, H. J. y Paik, S. H. (2014). STEAM experienced teachers' perception of STEAM in secondary education. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 14(10), 375-402.

Unidad Didáctica Interactiva mediante un Paisaje de Aprendizaje y tareas de invención de problemas

Lic. Argenis Méndez Villalobos

Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica

mendezvilla89@outlook.com

Dr. Johan Espinoza González

Universidad Nacional, Costa Rica

johan.espinoza.gonzalez@una.cr

Resumen: La presente investigación, expone los resultados obtenidos en la aplicación de una Unidad didáctica Interactiva que emplea los Paisajes de Aprendizaje e involucra la invención de problemas para abordaje de la habilidad de resolver problemas con ecuaciones de primer grado con una incógnita en estudiantes de octavo nivel de la educación media de Costa Rica. También, muestra algunos recursos como la gamificación que permite desarrollar un entorno virtual que incentiva en los estudiantes distintos elementos neurodidácticos como la motivación, la empatía y una visión positiva hacia la Matemática.

Palabras clave: Paisaje de Aprendizaje, gamificación, invención de problemas, inteligencias múltiples, Unidad Didáctica Interactiva.

1. Introducción

La resolución de problemas es una estrategia utilizada a nivel escolar y está presente en gran cantidad de los currículos de Matemática a nivel internacional. Costa Rica no es la excepción, ya que los programas vigentes para la enseñanza de esta disciplina proponen la resolución de problemas en contextos reales como estrategia metodológica principal y el planteamiento de problemas como uno de los procesos matemáticos centrales (MEP, 2012). Sin embargo, algunos autores (De La Rosa, 2007; Calvo, 2008) señalan que este tipo de tareas generan dificultades, principalmente en aspectos como la interpretación del problema, elaboración de estrategias, entre otros.

Así, tomando en cuenta esta problemática, se propone una Unidad Didáctica Interactiva (UDI) basada en un paisaje de aprendizaje que involucra actividades de invención de problemas, cuyo propósito es disminuir las dificultades que tienen los estudiantes cuando se enfrentan a la resolución de problemas que implican el planteo de ecuaciones de primer grado. Dicha unidad didáctica se enmarca en la técnica de aprendizaje de gamificación, que incentiva mediante el juego, la motivación, empatía y curiosidad del estudiante.

Debido a la problemática abordada en esta propuesta, la revisión de literatura se basa principalmente en los constructos: gamificación y paisaje de aprendizaje invención de problemas y la Unidad Didáctica Interactiva.

2. Objetivo general

Mediar pedagógicamente una UDI en un paisaje de aprendizaje que involucra actividades de invención de problemas matemáticos, para el abordaje de la habilidad de resolución de problemas con ecuaciones de primer grado en estudiantes de octavo año de tres colegios de la Dirección Regional de Educación de Coto en el año 2021.

3. Objetivos específicos

Diagnosticar información necesaria para la selección, elaboración e implementación de una UDI basada en un paisaje de aprendizaje que involucra actividades de invención de problemas matemáticos para el abordaje de la habilidad de resolución de problemas con ecuaciones de primer grado en estudiantes de octavo año de la Educación General Básica (EGB) de tres colegios de la Dirección Regional de Educación de Coto en el año 2021.

Diseñar una UDI basada en un paisaje de aprendizaje que involucra actividades de invención de problemas matemáticos para el abordaje de la habilidad de resolución de problemas con ecuaciones de primer grado en estudiantes de octavo año de la EGB de tres colegios de la Dirección Regional de Educación de Coto en el año 2021.

Validar con expertos en la temática la UDI basada en un paisaje de aprendizaje que involucra actividades de invención de problemas matemáticos para el abordaje de la habilidad de resolución de problemas con ecuaciones de primer grado en estudiantes de octavo año de la EGB de tres colegios de la Dirección Regional de Educación de Coto en el año 2021.

Implementar una UDI basada en un paisaje de aprendizaje que involucra actividades de invención de problemas matemáticos para el abordaje de la habilidad de resolución de problemas con ecuaciones de primer grado en estudiantes de octavo año de la EGB de tres colegios de la Dirección Regional de Educación de Coto en el año 2021.

4. Pregunta de investigación

¿Cómo mediar pedagógicamente una UDI basada en un paisaje de aprendizaje que involucra actividades de invención de problemas matemáticos, para el abordaje de la habilidad de resolución de problemas con ecuaciones de primer grado en estudiantes de octavo año de la EGB de tres colegios de la Dirección Regional de Educación de Coto en el año 2021?

5. Referentes teóricos

5.1. Gamificación y paisaje de aprendizaje

En el siglo XXI se observa la gran transformación que surge en las mentes de los jóvenes. Por esta razón, la educación exige un esfuerzo en el desarrollo de nuevas estrategias que fomenten: la creatividad, la motivación, la investigación y la empatía, entre otras. La gamificación se muestra como un recurso que permite incentivar las competencias emocionales, debido a que describe un proceso donde introduce el pensamiento del juego y utiliza sus mecanismos para atraer a los usuarios y hacerlos resolver problemas (Zichermman y Cunningham, 2011).

Una estrategia que permite ordenar los procesos de gamificación son los paisajes de aprendizaje. Esta se define como la forma de representar de forma visual un contenido, tomando en cuenta elementos gráficos, enlaces a otras páginas y recursos que nos recuerdan a los mapas conceptuales, pero que se enmarcan en el enfoque de la gamificación (Mosquera, 2019).

Este mismo autor considera que un paisaje de aprendizaje se produce al realizar un cruce entre las inteligencias múltiples y la taxonomía de Bloom, que se crean al realizar una matriz de 48 casillas (ver figura 1). Esto permite una planificación en las actividades generando un proceso escalonado en el desarrollo de habilidades, propiciando que todos los elementos del currículo se relacionen y converjan en el contexto creado por el docente.

Figura 1

Matriz de programación

Matriz de programación

	Linguística	Lógico	Espacial	Musical	Naturalista	Kinestesica	Interpersonal	Intrapersonal
CREAR								
EVALUAR								
ANALIZAR								
APLICAR								
COMPRENDER								
RECORDAR								

Con respecto a las características de un paisaje de aprendizaje, González (2020) menciona las siguientes:

- Contenido interactivo: Crea toda una experiencia de aprendizaje donde se puede contextualizar la información. Entre sus beneficios se puede destacar: el pensamiento crítico, la creatividad, la personalización del aprendizaje, la participación y la motivación.
- Contenido animado: Permite que la atención de los estudiantes aumente, enfocándolos al descubrimiento de la información. Además, incrementa la concentración y la motivación.
- Integración de los contenidos: Integra diferentes elementos en una imagen interactiva como videos, presentaciones, infografías, recorridos virtuales, entre otros, permitiendo así una amplia selección de recursos para generar un contenido lúdico.

5.2. Invención de problemas

En el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas es importante emplear estrategias que permitan estimular el desarrollo de habilidades. En este sentido los estándares profesionales para la enseñanza de la Matemática (NCTM, 1989, 1999, 2000) sugieren incorporar la invención de problemas con el fin de que los estudiantes tengan una mayor participación en la construcción del conocimiento y desarrollo de habilidades.

Este proceso se define como una tarea matemática compleja en el que se logran formular enunciados a partir de la interpretación personal o significado que le da un sujeto a una situación concreta o a un problema previamente dado, el cual puede ocurrir antes, durante o después del proceso de resolución (Espinoza et al., 2016).

Para emplear esta estrategia en clases de Matemática se pueden utilizar diferentes reactivos mediante los cuales los estudiantes inventan problemas. Al respecto Espinoza (2018) cita los siguientes:

- Inventar problemas sin ninguna restricción.
- Completar un problema agregando la pregunta que falta.
- Inventar problemas que encajen con una solución, enunciado, contexto, pregunta, operaciones aritméticas, datos, modelo, proceso de resolución, concepto o procedimiento matemático.
- Inventar problemas basados en imágenes, tablas o gráficos estadísticos, gráficas de funciones, figuras o relaciones geométricas, regiones sombreadas, datos contextualizados en situaciones reales, etc.
- Inventar problemas con base en un problema dado o mal formulado.
- Reformular un problema durante el proceso de resolución o a partir de unos que ya han inventado.
- Resolver un problema y luego realizar algunos cambios al mismo con el propósito de inventar problemas más complejos.

5.3.Unidad didáctica interactiva

En la actualidad, las tendencias internacionales y nacionales en materia educativa incentivan el uso de las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas que promueve un cambio en la forma tradicional de enseñar. Por esto, el adoptar el uso de las TIC representa un medio para romper las brechas digitales de la sociedad con esto, propiciar ambientes de aprendizaje más atractivos y lúdicos (Hernández, 2017).

Es así como una UDI representa un sitio web educativo que ofrece un entorno virtual que contiene actividades interactivas como textos, URL, foros, videos, chats y libros electrónicos, entre otros (Osorio, 2017).

5.4.Descripción del paisaje

Primero se tienen un video introductorio acerca de la misión universal, este explica cada una de las tareas que debe resolver el estudiante para alcanzar el objetivo de impedir la invasión alienígena.

Cada tarea tendrá un video de inicio (actividades de apoyo) donde se describe la tarea a realizar y un video de cierre con retroalimentación, en el nivel 1 se propone un problema donde el estudiante realiza una propuesta de solución y la comparte por medio de un grupo de Geogebra y contrastarla con la realizada por sus compañeros.

En el nivel 2, debe participar en el juego de la ruleta, donde debe reconocer frases con sentido matemático dentro de situaciones de la vida cotidiana. Además, debemos ayudar a una chef, a realizar sus compras en el supermercado, donde a lo largo de la visita surgen interrogantes que deben solucionar.

En el nivel 3, deben derrotar a los alienígenas invasores en el super quiz, donde aparecen expresiones matemáticas que debes traducir a un lenguaje cotidiano.

Por último, el nivel final, donde deben construir un problema utilizando diferentes reactivos o situaciones de invención de problemas.

También se proponen una serie de retos donde el estudiante pone a prueba los conocimientos que va adquiriendo durante el desarrollo de la estrategia didáctica (Paisaje de aprendizaje: <https://view.genial.ly/600d8d8d187d550d2174eeeb>)

Dentro de los instrumentos utilizados se encuentran un pretest, la validación de expertos por medio de una rubrica, las tareas realizadas en la UDI y registradas en el cuaderno de trabajo, un postest y finalmente, la valoración de los estudiantes por medio de una rúbrica en escala Likert. También, la población de estudiantes que participo en el estudio pertenece a la Región Educativa de Coto en Costa Rica.

6. Resultados

En lo que respecta a los resultados, los estudiantes participantes muestran una mejora significativa a la hora interpretar el problema, elaborar estrategias y resolver la ecuación, tal y como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Análisis del desempeño de los estudiantes en el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas.

Habilidad	Cantidad de estudiantes que lo dominaron	%	Cantidad de estudiantes que no dominaron	%
Comprensión de enunciados	13	86,67	2	13,33
Elaboración de estrategias	13	86,67	2	13,33
Resolver correctamente la ecuación	11	73,33	4	26,67

7. Conclusiones

Finalmente, dentro de las conclusiones tenemos que:

- Utilizar la metodología de los Paisajes de Aprendizaje fue adecuada para la planificación de la UDI, por medio de su aplicación se logró evidenciar como los estudiantes desarrollan habilidades necesarias para resolver e inventar problemas.
- Luego de aplicar la UDI se logra evidenciar que los Paisajes de aprendizaje, gamificación e invención de problemas mejoraron los procesos de resolución de problemas con ecuaciones de primer grado con una incógnita en los estudiantes de octavo de EGB.
- Utilizar elementos de la gamificación desarrolló actitudes positivas como la motivación, empatía, entre otras. En la aplicación de la UDI, los estudiantes de secundaria hicieron comentarios positivos y, además, les gustaría que las herramientas del juego fueran más utilizadas durante los procesos de aprendizaje.
- El uso de la invención de problemas desarrolló capacidades de interpretación, elaboración de estrategias y en general, mejoró la habilidad de los estudiantes para resolver problemas con ecuaciones de primer grado con una incógnita.
- Este proyecto permitió evidenciar de una manera diferente la mediación pedagógica que, a través de juegos, videos interactivos e inventar problemas, se desarrollan capacidades superiores y también, se incentiva la motivación, la empatía y el disfrute del estudio de las matemáticas.
- En términos generales la UDI desarrolló la motivación en los estudiantes debido a que las herramientas utilizadas son recursos que se encuentran inmersas en cada una de las actividades cotidianas de los jóvenes

- La UDI presentada en este trabajo sirve de insumo para que otros docentes implementen recursos similares en sus clases de matemáticas y, además, sirvan de recurso didáctico en los procesos de aprendizaje a distancia.

Referencias bibliográficas

- Ayllón, M.F. y Gómez I.A. (2014). La invención de problemas como tarea escolar. *Escuela abierta*, 17, 29-40.
- Calvo, M. (2008). Enseñanza eficaz de la resolución de problemas en matemáticas. *Revista Educación*, 32(1), 123 – 128.
- De La Rosa, J (s/f). Didáctica para La Resolución de Problemas. <https://es.scribd.com/document/186071790/Didactica-para-la-Resolucion-de-Problemas-Jose-de-la-Rosa>
- Espinoza, J. (2017). La resolución y planteamiento de problemas como estrategia metodológica en clases de matemática. *Atenas*, 39(3). 64-79
- Espinoza, J. (2018). *Caracterización de estudiantes con talento en matemática mediante tareas de invención de problemas* [Tesis de Doctorado]. Universidad de Granada.
- González, M. (2020, 6 noviembre). *Guía para crear paisajes de aprendizaje*. Instituto para el futuro de la Educación. <https://observatorio.tec.mx/edu-bits-blog/guia-para-crear-paisajes-de-aprendizaje-digitales>.
- Hernando, A. (2015). *Viaje a la escuela del siglo XXI*. Fundación Telefónica.
- Hernández, R. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. *Propósitos y Representaciones*, 5(1), 325 – 347. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2017.v5n1.149>
- Mosquera, I. (2019, abril 1). *Paisajes de aprendizaje: personalización y atención a la diversidad*. <https://www.unir.net/educacion/revista/paisajes-de-aprendizaje-personalizacion-y-atencion-a-la-diversidad/>
- Ministerio de Educación Pública de Costa Rica (2012). *Programas de estudio de Matemáticas*. <https://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/matematica.pdf>
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. https://www.nctm.org/uploadedFiles/Standards_and_Positions/PSSM_ExecutiveSummary.pdf
- Osorio, H. (2017). *Unidad Didáctica Interactiva para la enseñanza y aprendizaje de los ecosistemas colombianos en sexto grado* [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Manizales.
- Zichermann, G. y Cunningham, C. (2011). *Gamification by design*. http://storage.libre.life/Gamification_by_Design.pdf