

Aplicación de la Metodología Neuroestimuladora en la Enseñanza de las Matemáticas

Mgs. Marcel Oswaldo Méndez-Mantuano,

Mgs. José Luis Alcivar Macías,

Docentes Investigadores del Instituto Superior
Tecnológico Juan Bautista Aguirre, Ecuador

Ing. Amanda Yolanda Lozada Valdez,

Lic. Jennifer Lisenya Mantuano Flores,

Ec. Carlos Enrique Paredes Yuqui,

Docentes Investigadores de la Unidad Educativa Galo Plaza Lasso, Ecuador

Doi:10.19044/esj.2020.v16n22p52

[URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n22p52](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n22p52)

Resumen

La magia por los números se ha diluido, sin embargo la magia de los números sigue intacta. Bajo este contexto, las investigaciones neuroeducativas aportan nuevas estrategias metodológicas, que permiten el entrelazamiento entre el aprendizaje, la memoria y las emociones. La presente investigación aborda el nivel de aprendizaje de varios conceptos matemáticos a través de dos metodologías, donde se contrastaron los resultados alcanzados en cada una de ellas. Por un lado, la metodología neuroestimuladora buscaba enlazar emociones con los fundamentos matemáticos, mientras que en la tradicional se transmitieron contenidos bajo la forma estándar de aprendizaje. Se aplicaron 2 encuestas para conocer el grado motivacional inicial y final en la aplicación de las metodologías diferenciadas, a 272 estudiantes del décimo año de Educación General Básica de 4 diferentes instituciones educativas de los cantones Daule y Santa Lucía de la provincia del Guayas (Ecuador), además se aplicó una evaluación a 20 estudiantes para corroborar el nivel de entendiendo de los contenidos expuestos. Entre los resultados más relevantes se encontró que al 28 % de la población estudiantil no le gusta la asignatura de Matemáticas, solamente al 13 % le parece divertida y el 47 % de los estudiantes en ocasiones ha experimentado sentimientos de frustración o enojo al no realizar ejercicios prácticos de la manera indicada. Por otro lado, al 38 % de los estudiantes les pareció divertida la exposición de los contenidos a través de la matemagia, frente al 16 % que opinó lo mismo con la metodología estándar. Además, el 62 % de los participantes consideró que es necesario el involucramiento emocional dentro del aprendizaje. Finalmente se estableció

que los estudiantes que interactuaron con los trucos “matemáticos”, tuvieron un mejor desempeño en la evaluación de los contenidos.

Palabras clave: Aprendizaje, emociones, magia, matemáticas, metodologías

Application of Neurostimulatory Methodology in the Teaching of Mathematics

Mgs. Marcel Oswaldo Méndez-Mantuano,

Mgs. José Luis Alcivar Macías,

Docentes Investigadores del Instituto Superior
Tecnológico Juan Bautista Aguirre, Ecuador

Ing. Amanda Yolanda Lozada Valdez,

Lic. Jennifer Lisenya Mantuano Flores,

Ec. Carlos Enrique Paredes Yuqui,

Docentes Investigadores de la Unidad Educativa Galo Plaza Lasso, Ecuador

Abstract

The magic of numbers has been diluted, yet the magic of numbers remains intact. In this context, neuroeducational research contributes new methodological strategies, which allow the intertwining of learning, memory and emotions. This research addresses the level of learning of various mathematical concepts through two methodologies, where the results achieved in each of them were contrasted. On the one hand, the neurostimulatory methodology sought to link emotions with the mathematical foundations, while in the traditional one content was transmitted in the standard form of learning. Two surveys were applied to know the initial and final motivational degree in the application of the differentiated methodologies, to 272 students of the tenth year of Basic General Education from 4 different educational institutions of the Daule and Santa Lucía cantons of the province of Guayas (Ecuador), in addition an evaluation was applied to 20 students to corroborate the level of understanding of the exposed contents. Among the most relevant results, it was found that 28 % of the student population did not like the subject of Mathematics, only 13 % thought it was fun and 47 % of the students had occasionally experienced feelings of frustration or anger when not doing exercises practical in the way indicated. On the other hand, 38 % of the students found the content exposition through mathematics fun, compared to

16 % who thought the same with the standard methodology. Furthermore, 62 % of the participants considered that emotional involvement within learning is necessary. Finally, it was established that the students who interacted with the “mathemagics” tricks performed better in the evaluation of the contents.

Keywords: Learning, emotions, mathemagic, mathematics, methodologies

Introduction

Durante las últimas décadas han existido notables avances en el entendimiento de la estructura y funcionamiento del cerebro humano, especialmente en áreas afines a la medicina. Esto ha contribuido al mejoramiento de la calidad de vida de las personas, ya que enfermedades procedentes de esta área pueden ser diagnosticadas y tratadas de manera oportuna (en la mayoría de los casos); sin embargo, aún existen muchas incógnitas que giran alrededor de este maravilloso órgano, que no deja de asombrarnos, o de que cuestionemos postulados previamente establecidos.

A pesar de notables esfuerzos por desentrañar los misterios ocultos detrás de las funciones cognitivas que realizamos de manera innata, muchas de estas aplicaciones se encuentran relegadas de las funciones y actividades educativas. Por lo tanto, las actuales propuestas neuroeducativas intentan articular el conocimiento que poseemos del cerebro con el ámbito pedagógico, e intentan construir fundamentos conceptuales de como “aprende el cerebro”.

En esta época de grandes y acelerados cambios sociales y tecnológicos, existe una preocupación de parte de la colectividad sobre la efectividad de las prácticas educativas, ya que a pesar de estar acompañados de computadores, smartphone e internet, estas no difieren de las usadas desde los siglos pasados, llegándose a cuestionar los resultados en estos procesos (Díaz, 2017).

De aquí nace la neuroeducación, la cual trata de enlazar postulados científicos del cerebro con la *praxis* dentro de las aulas, evitando la multiplicación de los “neuromitos” (ideas erradas sobre el aprendizaje del cerebro) alrededor de las neurociencias, los cuales son perjudiciales para los individuos y por ende para su proceso de enseñanza y aprendizaje (Méndez, et al., 2019).

Se puede definir a la neuroeducación como una visión de enseñanza enfocada en el cerebro humano. Por ende, la neuroeducación se “apodera” de los conocimientos científicos derivados de la psicología, la sociología, la medicina, etcétera; y los integra bajo los procesos de aprendizajes, con el propósito de mejorar y potenciar las habilidades de la memoria, el pensamiento, el análisis crítico, la creatividad, entre otros aspectos (Mora, 2013).

La neuroeducación puede aportar de manera significativa en asignaturas como Matemáticas, entendiendo que existen dos vías cerebrales

diferentes, pudiéndose enseñar de manera diferenciada en cada una de ellas. Los conocimientos que son integrados en la neuroeducación son la estructura de la emociones, la atención y de la memoria (Férrandez, 2010).

La práctica educativa exige la reflexión previa de parte del docente, donde analiza y diseña la programación didáctica que se llevará a cabo en las aulas de clases. La programación detalla los objetivos propuestos, los contenidos a abordar, las competencias a alcanzar y las metodologías acompañadas de los recursos necesarios y disponibles. Sin embargo, las estrategias parecen diferir cuando se trata de áreas afines a las matemáticas, ya que el profesorado se centra en las tipologías y redacción de los enunciados, las formas de resolución y la secuenciación de las actividades (Castejón, 2016).

La psicología ha estudiado los sentimientos que generan los estudiantes durante su aprendizaje, donde se evidencia que los resultados positivos (alcanzados en las aulas) provocan sentimientos de orgullo y satisfacción, mientras que los resultados negativos causan vergüenza, insatisfacción o frustración. La angustia ha sido uno de los sentimientos más abordados por los investigadores, ya que la misma se encuentra de manera preponderante entre los estudiantes (independiente del nivel de estudio), la cual es dividida en: la angustia facilitadora de la actividad y en la angustia inhibidora de la misma (Castejón, 2016).

Los estudiantes que se enfrentan a la resolución de ejercicios matemáticos, lo realizan de manera cognitiva bajo las siguientes fases: la inicial o de contacto con el problema, la de desarrollo en la que resuelve el enunciado propuesto (a través de herramientas aprendidas) y por último, cuando alcanza el resultado (donde se pueden diseñar conclusiones). Los efectos de estas fases, son denominados como “las emociones del mapa del humor”, donde se proyectan sentimientos diferentes de acuerdo al nivel de comprensión del problema, desde la satisfacción, hasta sentimientos como el enojo y la frustración, los cuales pueden desencadenar depresiones a corto y largo plazo. Desde siempre, se ha contemplado que la racionalidad y la lógica son componentes elementales para la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, excluyéndose factores emocionales, sentimentales o afectivos. Donde la rigurosidad y exactitud de los postulados, prescinde de manera directa de las emociones (Gómez-Chacón, 2008).

Sin embargo, las matemáticas al igual que en las otras ciencias, poseen un grado emocional, que sirve como “combustible motivacional”, el cual determina el grado afectivo que tendrán los estudiantes con una determinada asignatura. Estos efectos sentimentales, determinan el entendimiento en un área determinada, sobre otras (sin excluir otros factores involucrados en la enseñanza-aprendizaje). Esto podría responder a la paradoja del “fracaso” estudiantil en áreas numéricas, donde los malos resultados dentro del aula de

clases, responden a la nula integración afectiva y cognitiva entre estudiante-asignatura-docente.

La hipótesis anterior se ve respaldada por el siguiente enunciado:

Es una realidad que las emociones intervienen en el aprendizaje de manera significativa ya sea facilitándolo u obstaculizándolo, desempeñando un papel en la comunicación de intenciones de los estudiantes hacia los demás; pero en el ámbito de la investigación en educación matemática, los aspectos afectivos todavía no encuentran un eco amplio, por lo que se han realizado pocas investigaciones que se centran en esta dimensión. En gran parte, esto tal vez se deba al popular mito de que las matemáticas son algo puramente intelectual donde el comportamiento relativo a las emociones no desempeña un papel esencial (Larios, 2005).

Aunque el tipo de “educación estándar” dada a los estudiantes, es un factor determinante para la creación de aprendizajes significativos, es también conocido que la memoria tiene “plasticidad”, eso significa que la estructura y conectividad cerebral pueden cambiar de acuerdo a las experiencias de las personas, donde los cambios más notables ocurren en los primeros años de vida y durante la adolescencia (Howard-Jones, 2011). Esta característica inherente del cerebro puede ser aprovechada en el contexto educativo, para “modelar” contenidos que no han sido asimilados de manera correcta por la memoria, a través de nuevas metodologías que permitan enlazar emociones.

La presente investigación analiza la aplicación de una metodología “neuroestimuladora” (con elementos de “matemagia”) en paralelo de la metodología tradicional, en la enseñanza de la asignatura de matemáticas en estudiantes del décimo nivel (según el sistema ecuatoriano) en diferentes instituciones educativas, y se evalúa el nivel emocional de los estudiantes antes y después de las clases (a través de encuestas). En primera instancia, se detallan las metodologías de las clases aplicadas, en donde se especifican los temas abordados y los tentativos resultados de aprendizajes a desarrollar, con especial énfasis en la metodología basada en la matemagia. Posteriormente se puntualizan los resultados de las encuestas y evaluaciones, aplicadas a los estudiantes del nivel educativo seleccionado. Finalmente se realiza un análisis de los resultados y se los interpreta a través de postulados neurocientíficos aplicados a las ciencias de la educación.

Metodología

El enfoque de la investigación fue mixto, ya que se abordaron elementos de manera cualitativa como cuantitativa.

Los elementos cualitativos se los evidenció en la estructuración de las metodologías que se aplicaron dentro de este estudio, las cuales tenían las siguientes características:

- Metodología neuroestimuladora.- basada en la utilización de 3 “trucos matemáticos” (con una planificación de la clase y de los resultados de aprendizajes), los cuales fueron instrumentos metodológicos para enseñar principios matemáticos a diferentes estudiantes del décimo año de Educación General Básica (según el Ministerio de Educación de Ecuador), de 4 instituciones fiscales de los cantones Daule y Santa Lucía (provincia del Guayas). Se la realizó durante una exposición de 2 horas de duración y los recursos fueron barajas francesas, piezas de ajedrez y cubos rubik.
- Metodología tradicional.- consistió en la exposición de los contenidos de la forma estándar como la realizan los docentes, es decir, ayudados por la planificación previa, de libros de textos y diapositivas de apoyo para visualizar ciertos conceptos o imágenes. La clase tuvo una duración aproximada de 2 horas.

La interrelación entre los 2 tipos de metodologías aplicadas y sus respectivos resultados alcanzados, también poseen elementos interpretativos de carácter cualitativo, ya que se dieron aproximaciones basadas en el análisis bibliográfico.

Por otro lado, los elementos cuantitativos fueron claramente expuestos en la ejecución de 2 encuestas (en cada aula) aplicadas a los estudiantes, una de ellas al iniciar la clase y otra al finalizar la misma. Adicionalmente se aplicó una evaluación al culminar la exposición, con el objetivo de determinar el grado de entendimiento de los estudiantes con las dos metodologías.

Se escogieron 4 instituciones educativas fiscales (públicas), que posean al menos 2 aulas (cursos) con estudiantes del décimo año de Educación General Básica, donde a cada aula se les realizó la exposición de una de las dos metodologías en análisis. El número de estudiantes en cada institución y aula fueron los siguientes:

Tabla 1. *Número de estudiantes por institución y por aula en cada una de las metodologías analizadas*

Institución	Número de estudiantes	
	Metodología neuroestimuladora	Metodología tradicional
A	34	38
B	28	31
C	37	35
D	33	36

Los 4 diferentes establecimientos pertenecen a las jurisdicciones políticas de los cantones Daule y Santa Lucía, los cuales presentaron similares características en relación al número de estudiantes por aula, nivel socioeconómico de los estudiantes, etcétera. Esta estandarización de las particularidades de las instituciones ayudó a generalizar los resultados encontrados.

Las encuestas de los anexos 1 y 2 (al iniciar y finalizar la clase con la aplicación de una de las metodologías diferenciadas) fueron estructuradas en base a un cuestionario mixto con preguntas dicotómicas y de escalas (basadas en la encuesta de Fernández y Lahiguera, 2015).

Los resultados de las encuestas fueron tabulados y presentados en gráficos estadísticos.

Se utilizó la plataforma educativa “Kahoot.com” para elaborar 10 preguntas relacionadas a los temas abordados, las cuales eran mostradas en una laptop (cada pregunta correcta equivalía a 1 punto). A los estudiantes se les proporcionó teléfonos móviles con internet, para que eligieran la opción que consideren apropiada, tal como se muestra en la siguiente imagen:



Figura 1. Plataforma Kahoot visualizada desde el móvil (izquierda) y desde la laptop (derecha)

La imagen de la izquierda es como se visualizan las respuestas en el móvil, la imagen de la derecha es la imagen que se muestra en la laptop.

En la evaluación se realizaron 10 preguntas (anexo 3), con igual ponderación de puntos (1 punto).

Resultados

Detalle de las metodologías

En las 2 metodologías abordadas entre los estudiantes, se expusieron los siguientes conceptos matemáticos:

1. Coordenadas cartesianas, pendiente de la recta y distancia entre dos puntos
2. Análisis combinatorio (permutaciones y combinaciones)
3. Sistema lineal de ecuaciones

Con la metodología neuroestimuladora, se aplicó la siguiente planificación:

Tabla 2. *Detalle del tema 1 de la metodología neuroestimuladora*

TEMA 1: Coordenadas cartesianas, pendiente de la recta y distancia entre dos puntos

Truco matemático

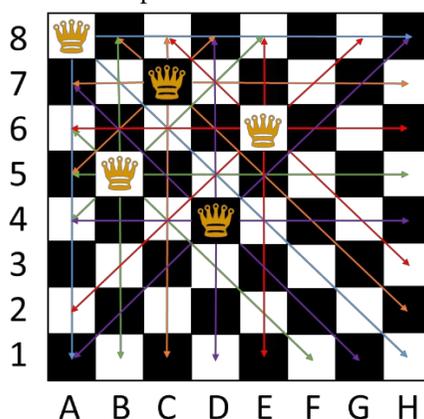
1. Se explica de manera breve la historia del ajedrez
 2. Se detalla cada una de las piezas y sus movimientos respectivos
 3. Se hace énfasis en que la “Dama” puede moverse como todas las otras piezas, excepto como el “Caballo”
 4. Se coloca en el tablero de ajedrez 5 piezas de la Dama, y se les pide a los estudiantes que las coloquen dentro del tablero, de tal forma que ninguna de las piezas sea capaz de “capturar” a otra pieza (considerando que todas las piezas se mueven como Dama)
-

Principios matemáticos

1. Se explica el concepto de coordenadas con la ayuda del tablero de ajedrez, mencionando que el eje de las “x” y de las “y” se lo puede visualizar en los cuadros dentro del tablero
 2. Se colocan dos piezas dentro del tablero y se preguntan en que coordenadas del tablero se encuentran
 3. Se explica el concepto de pendiente de una recta con la respectiva fórmula ($m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$)
 4. Se explica que la distancia es la aplicación del teorema de Pitágoras ($d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$) en un sistema de coordenadas cartesianas
-

Explicación del truco matemático e interrelación con los conceptos matemáticos

Se explica que la posiciones de las 5 piezas dentro del tablero deberían ser las siguientes:



Se visualiza que ninguna de las 5 piezas, toca una diagonal directa con otra. Se pueden determinar las coordenadas de las piezas individualmente y determinar las pendientes entre dos coordenadas seleccionadas.

Resultados esperados

Que los estudiantes puedan entender las aplicaciones de estos conceptos en la vida real y su importancia en las tecnologías actuales, por ejemplo en los GPS.

Tiempo estimado: 40 minutos

Tabla 3. Detalle del tema 2 de la metodología neuroestimuladora

TEMA 2: Análisis combinatorio (permutaciones y combinaciones)

Truco matemático

1. Se les enseña a los estudiantes el siguiente cubo rubik:



2. Se deja caer el cubo y se lo atrapa con las manos antes que toque el suelo
3. Se muestra nuevamente la figura del cubo (pero armado en su totalidad en menos de un segundo):



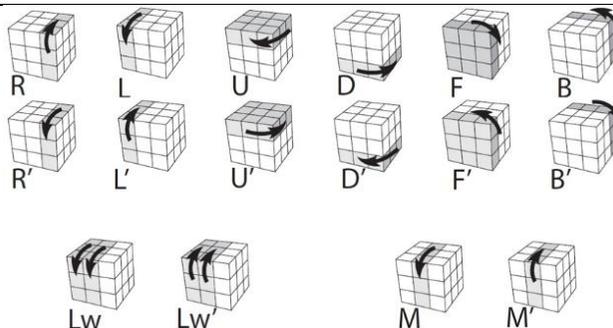
Principios matemáticos

1. Se indica que existen 8 esquinas en un cubo rubik, donde cada pieza puede estar en cualquiera de las 8 esquinas y para contarlas se usan las permutaciones. Es decir, el número de combinaciones que pueden existir en las 8 esquinas, o $8!$ (factorial, $8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$); pero cada esquina tiene tres colores, por lo cual, existen 3 diferentes orientaciones o 3^8 posibilidades en cada permutación. También se indica que existen 12 aristas o $12!$ ($12 \cdot 11 \cdot 10 \cdot 9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$), donde únicamente se pueden orientar de 2 formas ($2!$). Pero no todas las formas son posibilidades dentro de un cubo ($1/3$ respeta la combinación de esquinas, $1/2$ respeta la combinación de aristas y $1/2$ la relación original), por lo que el cálculo de posibles combinaciones es: $\frac{8! \cdot 3^8 \cdot 12! \cdot 2^{12}}{3 \cdot 2 \cdot 2} = 43 \cdot 10^{30}$ (Romero, 2013)
2. Se realiza una breve explicación de las combinaciones con la respectiva fórmula estándar ($C_r^n = \frac{n!}{(n-r)! \cdot r!}$)
3. Se analizan las diferencias entre las permutaciones y las combinaciones, se detallan los posibles campos de aplicación

Explicación del truco matemático e interrelación con los conceptos matemáticos

Se menciona que se aplicó un algoritmo (movimientos fijos) para resolver el cubo de rubik mientras este caía en el aire, el cual fue: $R' \cdot M' \cdot D' \cdot U' \cdot M'$. Se recalca que inicialmente se aplicó el siguiente algoritmo al cubo rubik: $M \cdot U \cdot D \cdot M \cdot R$.

El diagrama de movimientos generales del cubo rubik es el siguiente:



Se especifica que las posiciones de los cuadrillos del cubo son permutaciones y en algunos casos combinaciones especiales.

Resultados esperados

Que los estudiantes sepan realizar cálculos de permutaciones y combinaciones, además que puedan enlazar diferencias prácticas entre ellas.

Tiempo estimado: 40 minutos

Tabla 4. Detalle del tema 3 de la metodología neuroestimuladora

TEMA 3: Sistema lineal de ecuaciones

Truco matemático

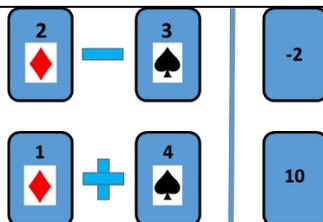
1. Se solicita un voluntario entre los estudiantes y se le pide que seleccione 16 cartas al azar del mazo de cartas
2. De las 16 cartas elegidas por el participante, se le indica que debe memorizar una de ellas, posteriormente se solicita que enseñe la carta a los compañeros (se excluye a quien realiza el truco)
3. Se agrupan las cartas en 4 grupos (4 cartas por grupo) de la siguiente manera (los números y símbolos de las cartas deben ser visibles):



4. Se pide al participante que indique en que grupo de cartas se encuentra la que escogió
5. Se agrupan las cartas y nuevamente se realizan 4 grupo de cartas, se pide que indique en que grupo está la carta escogida
6. Se le solicita al participante que mezcle las 16 cartas (como desee)
7. Finalmente se le presenta la carta seleccionada por el participante

Principios matemáticos

1. Se realiza una introducción sobre expresiones algebraicas, de tal forma que cada símbolo representa la parte literal dentro de la expresión, la misma que puede ser sumada restada, multiplicada y dividida
2. Se especifican los elementos de una ecuación por medio de las cartas, y se detalla un sistemas de 2 ecuaciones con 2 incógnitas, de la siguiente manera:



3. Se indica que la línea vertical representa al signo igualdad (=) y que cualquier carta que sea cambiada a la derecha o izquierda de la línea, deberá cambiar de signo (se utilizaron monedas para indicar que una carta es de signo negativo)
4. Con ese diagrama se explicó el método de resolución de ecuaciones lineales con 2 incógnitas por el método de reducción

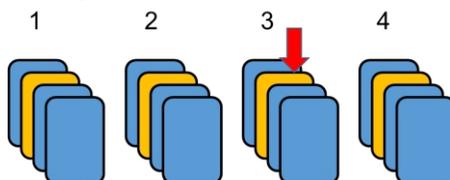
Explicación del truco matemático e interrelación con los conceptos matemáticos

En la primera agrupación de cartas el participante escoge uno de los 4 grupos. Cada grupo con las 4 cartas debe mantenerse de la misma forma, seguidamente se escoge cualquiera de los otros tres grupos (se excluyen el seleccionado por el participante), y debajo de este se coloca el grupo de cartas que indicó el estudiante, finalmente se añaden debajo los dos grupos restantes.

Sin alterar ese orden se coloca nuevamente las cartas en 4 filas, la carta seleccionada estará en una de las siguientes posiciones:



Se pide al participante que indique nuevamente en que grupo se encuentra la carta. Si por ejemplo, menciona que se encuentra en el grupo 3, la carta será la segunda de dicho grupo (de arriba hasta abajo), de la siguiente manera:



Después de esta operación, no importa si las cartas son cambiadas o mezcladas, ya se puede determinar la carta seleccionada por el estudiante.

Esta correlación de disposición de las cartas, se las puede relacionar con las ecuaciones lineales, ya que el orden de las expresiones cambia el resultado de la igualdad, pero se mantiene la misma.

Resultados esperados

Que los estudiantes interpreten las relaciones existentes en las ecuaciones lineales, además que formulen de manera correcta la resolución de 2 ecuaciones con 2 incógnitas por el método de reducción.

Tiempo estimado: 40 minutos

Para la metodología tradicional, se consideró seguir un plan estructurado de la clase, bajo las siguientes premisas generales de la investigadora educativa Karen Martínez (2020):

Tabla 5. Detalle de la metodología tradicional utilizada

Fase	Partes de la planificación (¿Qué se hace?)	Detalle	Taxonomía de Bloom
Inicio	Objetivos de aprendizaje (se establecen los objetivos de la clase)	Identificar los elementos matemáticos para la resolución de: coordenadas cartesianas, pendiente de la recta y distancia entre dos puntos, análisis combinatorio (permutaciones y combinaciones) y sistema lineal de ecuaciones	Recuerdo
	Motivación (actividades que permitan conectar al estudiante con lo que va a aprender)	Se realiza un pequeño crucigrama. En la parte inferior del mismo, se encuentran los conceptos que serán abordados en la clase, en los “cuadritos” del crucigrama se encuentran referencias a los conceptos (resúmenes), y el estudiante deberá completarlos de acuerdo a su comprensión. Se especifica que los primeros en lograrlo, tendrán una bonificación en sus resultados de la evaluación al finalizar la clase.	
	Activación del conocimiento previo (recordar los conocimientos anteriormente adquiridos)	Se realiza una pequeña retroalimentación de coordenadas cartesianas, combinaciones y expresiones algebraicas, ya que estas nociones sostienen los contenidos que se desean impartir. Observación: muchos de los contenidos abordados no pertenecen a clases previas, algunos fueron abordados en niveles inferiores.	
Desarrollo	Nuevo conocimiento (se explica el tema)	Se explican los conceptos y las aplicaciones de: coordenadas cartesianas, pendiente de la recta y distancia entre dos puntos, análisis combinatorio (permutaciones y combinaciones), y del sistema lineal de ecuaciones	Comprensión
	Modelación (se realizan ejemplos de lo que se espera realice el estudiante)	Se realizan ejercicios prácticos de los temas analizados. De manera general se realizan 3 ejercicios de cada tema, con diferentes variantes.	
	Ejercitación (el estudiante practica lo aprendido, con ayuda de los compañeros o docentes)	Se selecciona al azar a 3 estudiantes (1 por tema), para que realicen un ejercicio al frente de la clase, donde pueden ser ayudados por el docente o los compañeros.	Aplicación
	Aplicación (el estudiante es capaz de realizar solo las actividades)	Se muestran 15 ejercicios, de los cuales los estudiantes deben seleccionar uno por cada tema, y realizarlo de manera autónoma.	Análisis
Cierre	Evaluación (es transversal en todo el proceso, se evalúa si se cumplió el objetivo de aprendizaje, además el estudiante especifica nuevas alternativas para cumplir dicho objetivo)	Se realiza la evaluación detallada en la “metodología” del presente trabajo de investigación. Los 5 estudiantes seleccionados, indican los aspectos que facilitaron o dificultaron el aprendizaje y mencionan las “mejoras” que consideran que deben aplicarse para futuras clases.	Evaluación y Creación

El tiempo estimado: 2 horas tiempo reloj

Resultados de la encuesta y evaluaciones

Los resultados de las encuestas (antes de empezar con la aplicación de las metodologías) a los 272 estudiantes se muestran de manera unificadas, y son los siguientes (todos los resultados se encuentran en porcentajes):

1 ¿Te gusta la asignatura de matemáticas?

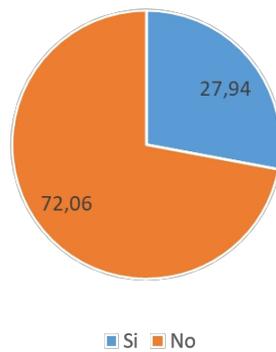


Figura 2. Porcentajes de las opciones individuales de la pregunta 1 (E.1)

2 ¿Cómo describes que son las clases de matemáticas?

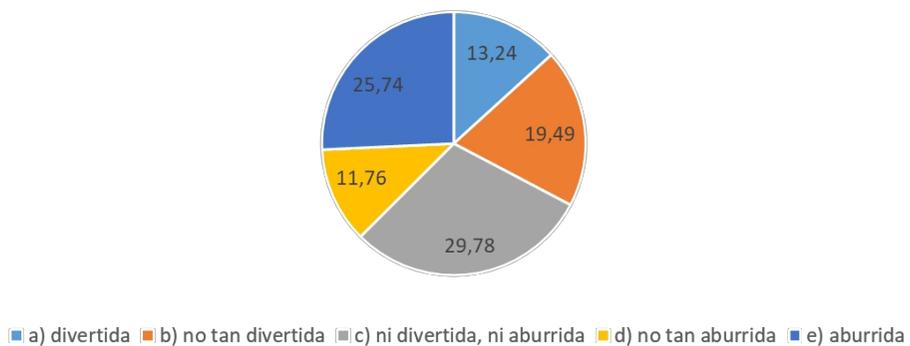


Figura 3. Porcentajes de las opciones individuales de la pregunta 2 (E.1)

3 ¿En los últimos años de estudios, los docentes han utilizado juegos o trucos de “magia” para enseñar matemáticas?

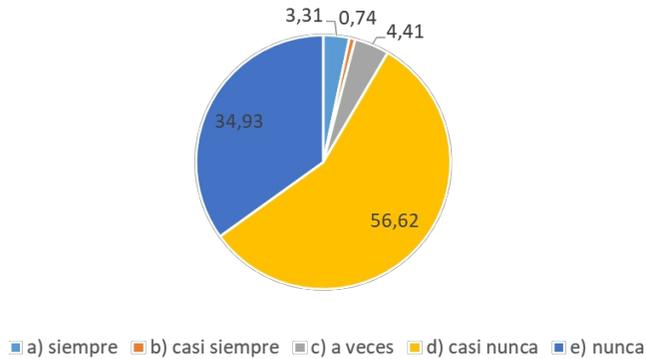


Figura 4. Porcentajes de las opciones individuales de la pregunta 3 (E.1)

4 ¿Realizas actividades de matemáticas en tu hogar, aunque no sean obligatorias?

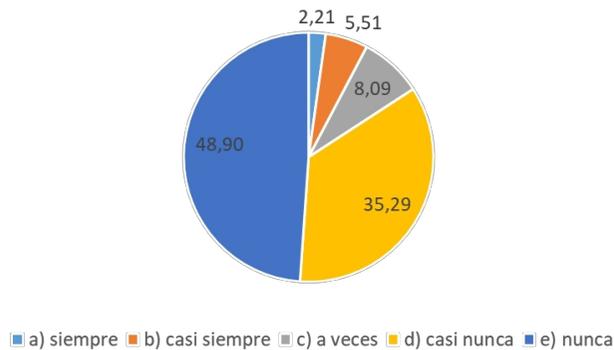


Figura 5. Porcentajes de las opciones individuales de la pregunta 4 (E.1)

5 ¿Has visto en el internet o en las redes sociales trucos para aprender matemáticas?

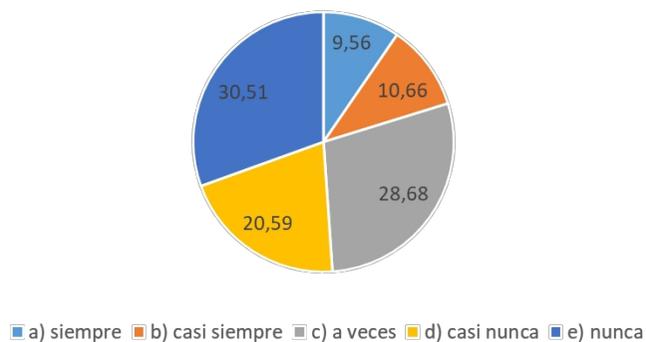


Figura 6. Porcentajes de las opciones individuales de la pregunta 5 (E.1)

6 ¿Cómo consideras que es tu nivel actual en matemáticas?

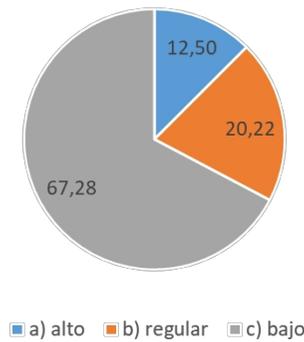


Figura 7. Porcentajes de las opciones individuales de la pregunta 6 (E.1)

7 ¿Has experimentado sentimientos de enojo o frustración al no poder realizar de manera correcta los ejercicios de matemáticas?

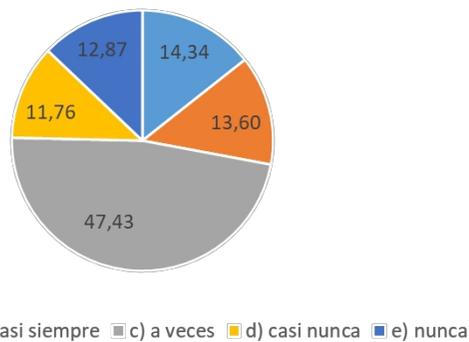


Figura 8. Porcentajes de las opciones individuales de la pregunta 7 (E.1)

8 ¿Consideras que para aprender es necesario involucrar a las emociones?

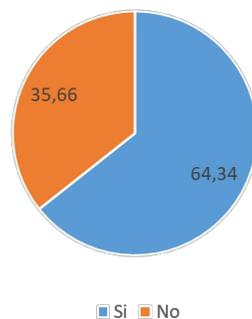


Figura 9. Porcentajes de las opciones individuales de la pregunta 8 (E.1)

9 ¿Tienes algún aprendizaje que se haya reforzado por alguna emoción o sentimiento?

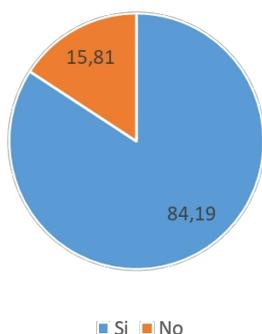


Figura 10. Porcentajes de las opciones individuales de la pregunta 9 (E.1)

Los resultados de la segunda encuesta, después de la aplicación de las metodologías son los siguientes:

1 ¿Cómo describes que fue la clase de matemáticas?

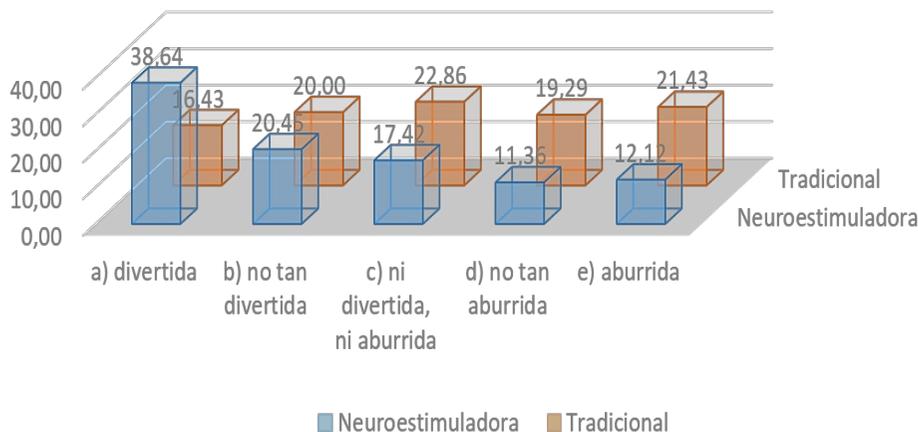


Figura 11. Porcentajes comparativos de las opciones individuales de la pregunta 1 (E.2)

2 ¿Crees que los contenidos expuestos fueron entendibles?

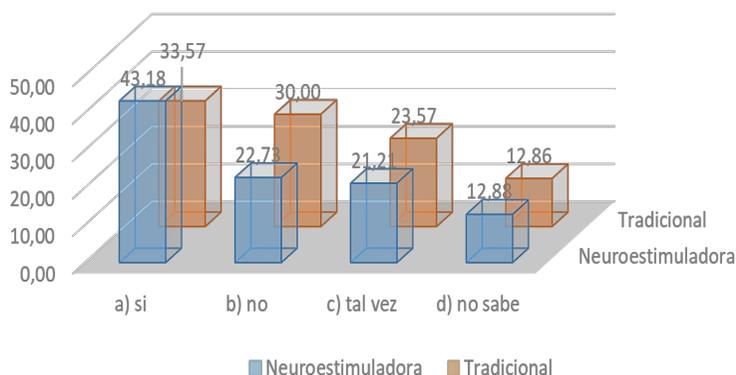


Figura 12. Porcentajes comparativos de las opciones individuales de la pregunta 2 (E.2)

3 ¿Crees que las técnicas divertidas deben estar dentro de la metodología de enseñanza?

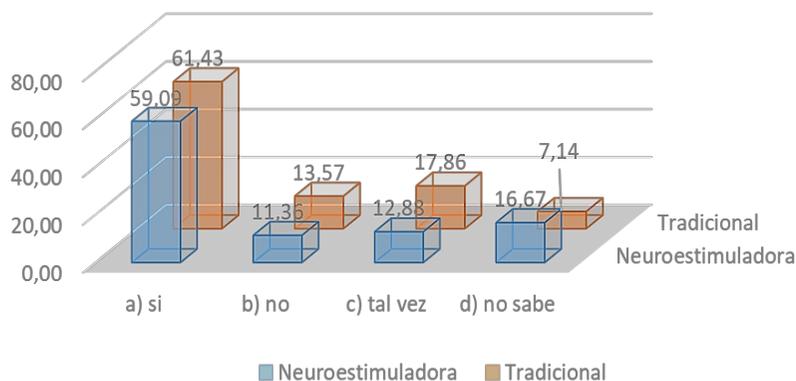


Figura 13. Porcentajes comparativos de las opciones individuales de la pregunta 3 (E.2)

4) Consideras que la mayoría de los contenidos expuestos se mantendrán en tu memoria por:

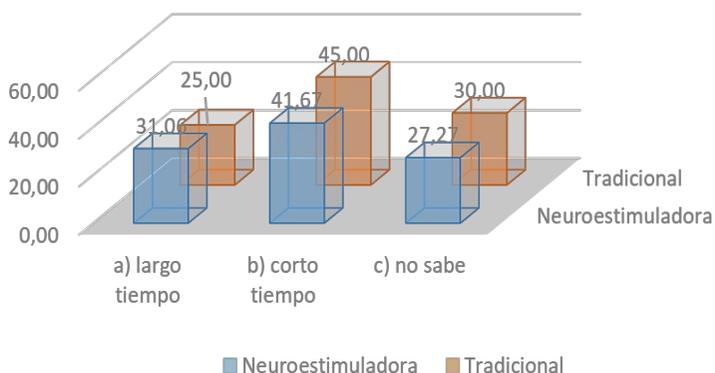


Figura 14. Porcentajes comparativos de las opciones individuales de la pregunta 4 (E.2)

5 ¿Con qué herramientas aprenderías de una forma más eficiente?

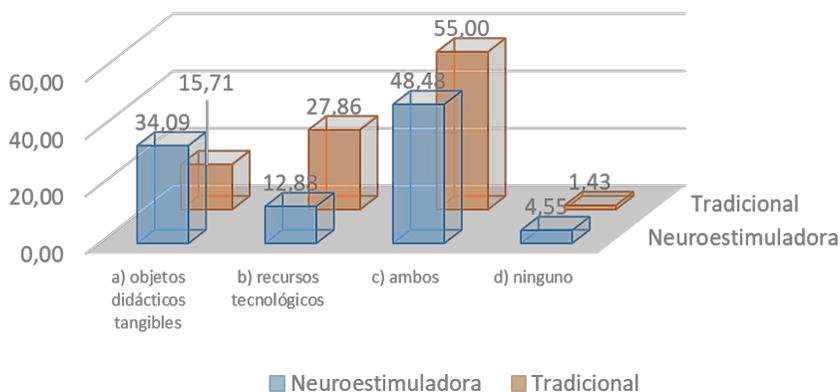


Figura 15. Porcentajes comparativos de las opciones individuales de la pregunta 6 (E.2)

Los 20 resultados de las evaluaciones en cada metodología se los sometió a una prueba de significancia estadística (40 datos en total), dando los siguientes resultados:

Tabla 6. Análisis de ANOVA

F. de V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. Cal.	F. "T"	
					5 % (*)	1 % (**)
Tratamiento	1	22,5	22,5	4,61 *	4,1	7,35
Error	38	185,4	4,88			
Total	39	207,9				

G. L. (Grados de Libertad), S. C. (Suma de Cuadrados), C. M. (Cuadrado Medio), F. Cal (F Calculada).

Discusión

En la actualidad aún se considera que las matemáticas son un área misteriosa, que únicamente pueden ser interpretadas y entendidas por personas con talentos especiales, pero nuevas investigaciones científicas demuestran conclusiones diametralmente opuestas (Fernández y Lahiguera, 2015). Estas teorías han sido reforzadas por procesos de enseñanzas deficientes, en que los profesores exponen los contenidos que desean impartir, y los estudiantes son meros autómatas que resuelven los “problemas” matemáticos ayudados por procesos estandarizados (sin llegar a entender sus aplicaciones prácticas), y pocas veces se realizan análisis críticos de los fundamentos originales que diseñaron dichos postulados. Por lo tanto, las matemáticas han quedado relegadas a un reducido círculo de influencia (personas), que entiende la importancia de esta asignatura en la sociedad moderna.

Tampoco es inconcebible fusionar las palabras matemáticas y magia (matemagia), ya que no es menos cierto que muchos de los axiomas son fantásticos para la mente humana, la misma que recrea en la imaginación fenómenos abstractos (no tangibles para el mundo físico), establece las relaciones de orden, encuentra propiedades entre los números, además, es de las pocas ciencias que permite realizar proyecciones futuras de las causalidades de un objeto o fenómeno, dándole sentido a un mundo caótico.

En sus orígenes, el componente de la diversión no estaba excluido del aprendizaje matemático, sino que era un factor inclusivo dentro del mismo, por eso tenemos a pensadores chinos, babilónicos, o griegos que asombraban con las propiedades de las figuras geométricas y de los números reales.

En la antigüedad a los números se les otorgó de un aura mística, ya que la mayoría de la población no sabía la razón por que ocurrían las cosas. La magia y las matemáticas se encuentran entrelazadas, mientras que la primera trata de causar asombro e intriga, la segunda trata de explicar de manera lógica los eventos: “*la ciencia de la ilusión versus la ilusión de la ciencia*” (Alegría y Ruiz, 2002).

En la enseñanza tradicional de matemáticas, existe la nula incorporación de técnicas que permitan “ilusionar” al estudiante, las cuales podrían ser elementos que despierten el interés en los cálculos. La matemagia incorpora elementos distractores (trucos) que permiten desarrollar y entender conocimientos numéricos, por medio de estímulos al cerebro, el cual genera pensamientos críticos (no lineales o mecanicistas), imaginación e interpretación de los hechos. Estos estímulos están asociados a las emociones que se generan antes, entre y después de un truco matemático, entre las que estarían involucradas la alegría, sorpresa e intriga, las cuales serían como anclajes emocionales (positivos) que generan la memoria a largo plazo.

Según las proyecciones estadísticas de la investigación, cerca de 3 de cada 10 estudiantes les gusta estudiar matemáticas (figura 2), y

aproximadamente a 1 (valor redondeando) de los mismos 10 les parece divertida (figura 3). Existiendo una conocida interrelación entre el nivel de recreación que genera una determinada actividad y las preferencias de parte de los estudiantes con esta. El bajo nivel de distracción que generan las matemáticas, consiente que los estudiantes la perciban como aburrida o monótona, ya que los procesos de enseñanza poseen un alto nivel de rigor académico debido a su exactitud, donde los resultados “positivos” se limitan a un resultado exclusivo, descartando (en la mayoría de los casos) los procesos implícitos para llegar a ellos.

Dentro de la siquis humana existen dos tipo de mentes, una que “piensa” y otra que “siente”, donde la primera razona, comprende, medita, pondera y reflexiona en los hechos; mientras que la otra crea lazos afectivos y emocionales. Y de manera romántica se creó un simbolismo entre la cabeza y el corazón, para representar esta fascinante interacción (Alsina, 2006). Se relaciona la inteligencia racional y lógica, con destrezas en operaciones de cálculo numérico, pudiéndose llegar a conclusiones sesgadas, donde se crean expectativas de aprendizajes de acuerdo a los resultados que tengan los estudiantes en materias como matemáticas; en otras palabras no es “mejor” estudiante el que responde eficazmente en ejercicios matemáticos, sino que el desempeño académico posee otras aristas que no serán analizadas en estos postulados. Estas expectativas son establecidas de manera inconscientes por los docentes, creando “etiquetas” emocionales dentro de los estudiantes, y estos asocian que entender a los números es sinónimo de excelencia académica, alejándolos de ciencias tan importantes como las matemáticas, ya que en la práctica, la mayoría “fracasa” cuando se enfrenta a retos numéricos. Esto respondería por qué a la mayoría de los estudiantes no les gusta, ni les divierten este tipo de asignaturas.

No se discute que el principal factor motivador dentro del aula son los docentes, sin embargo, siempre ha existido la premisa de “como” motivar dentro de asignaturas numéricas, por ello, se ha empezado a crear nuevas estrategias metodológicas, que permitan captar la atención del estudiantado. Entre las nuevas propuestas se encuentra la gamificación y la matemagia, siendo las siguientes las principales diferencias entre ellas:

- La gamificación consiste en trasladar diferentes estrategias y recursos a través de juegos al ámbito educativo, para aumentar la motivación de los estudiantes, de tal manera que se favorezca el trabajo autónomo y significativo (Ortiz, et al., 2018; Pérez-Jorge, et al., 2020).
- La matemagia usa principalmente técnicas visuales para mantener la atención del estudiante, donde el suspenso es la principal herramienta emocional. De tal manera, que sean los estudiantes los que indaguen de manera inicial cuales fueron los principios aplicados para realizar

el truco y así intentar reproducirlo, posteriormente el docente dirige estos conocimientos a la aplicabilidad.

De manera general la gamificación no está limitada a una determinada asignatura, por ello, sus técnicas son muy flexibles y adaptables a los contenidos; mientras que la magia se enfoca únicamente en conceptos numéricos que deben ser asimilados por los estudiantes.

Las estrategias anteriormente mencionadas no han calado dentro de las aulas (al menos no entre los encuestados), ya que aproximadamente el 90 % de los estudiantes consideró que “nunca” y “casi nunca” se utilizaron juegos o trucos en la enseñanza de matemáticas. Concluyéndose que la poca motivación que presentan los estudiantes en el aprendizaje, guarda una proporcionalidad directa con los incentivos motivacionales que encuentran dentro de sus clases.

Un factor preocupante, es que a menudo las clases de matemáticas generan sentimientos negativos, lo cual es corroborado en la figura 8, donde aproximadamente 7 de cada 10 estudiantes los ha experimentado en algún momento explícito al resolver ejercicios propuestos. La mente emocional actúa como un bloqueador de la mente racional, es decir, mientras existan más sentimientos que causen enojo o frustración al estudiante, existe menos probabilidad que permanezcan dentro de la memoria a largo plazo, siendo esto una limitante de la labor docente, la misma que trata de lograr progresos significativos en todos los contenidos curriculares (Alsina, 2006).

Existe lo que se denomina “memoria afectiva”, la cual enlaza las situaciones vividas con los sentimientos, incluso aspectos indirectos relacionados a esta memoria, como la temperatura, los olores, los sabores y el lugar, pueden provocar placer o estrés cuando se recuerda un momento específico (pudiendo ser de manera inconsciente), hasta llegar a moldear los comportamientos de las personas. Evidencias científicas han demostrado que en el aprendizaje de las matemáticas, los sentimientos tienen un rol fundamental, cuyas vivencias forjan memorias (emocionales) positivas o negativas dentro de los estudiantes (Kandel, 2008).

Al contrastarse las dos metodologías, se observa que en la neuroestimuladora, donde se utilizaron trucos para enseñar conceptos y procedimientos, el 39 % de los estudiantes percibieron que fue divertida, en comparación del 16 % que respondió de manera favorable con la metodología bajo el procedimiento de enseñanza tradicional. La mayor aceptación en la metodología neuroestimuladora, fue dada por la potenciación de sentimientos positivos como la alegría, ya que las risas fueron un denominador común en las clases. Estas emociones deben ser cultivadas dentro de las aulas, sin embargo, son excluidas por los paradigmas previos que aluden la exenta emotividad en ciencias numéricas. Por ello, el profesorado considera que el

propósito preponderante de la enseñanza en matemáticas, es que los estudiantes desarrollen los procedimientos que llevan a los resultados, cuando el principal enfoque debe ser el razonamiento lógico e intuitivo, la fragmentación del problema, la observación crítica, entre otros; es decir, que se priorice el análisis sobre el procedimiento. Y todo esto puede ser logrado con el anclaje emocional positivo, que debe ser generado durante la clase, admitiendo que una clase donde los estudiantes se muestran apáticos, es una clase donde no existirán aprendizajes significativos, por lo cual, los conocimientos no perdurarán por mucho tiempo en la memoria de los individuos.

La memoria es muy selectiva y solo almacena lo que es “significativo”, por lo tanto, los docentes deben potenciar las experiencias significativas dentro del aula, para focalizar la atención y permitir que el estudiante sea consciente de lo que desea guardar en su memoria de largo plazo. Una de las estrategias utilizadas son las acciones que generen un “error de predicción”, es decir, actividades fuera de la rutina, donde el estudiante diverge de manera interna entre lo que espera y lo que realmente sucede. La “sorpresa” en el aprendizaje debe estar enlazada con sentimientos positivos, lo que permitirá mejores resultados en asignaturas rutinarias y mecánicas (Morgado, 2014).

Toda metodología educativa que potencie el desarrollo a nivel cognitivo-emocional de los estudiantes, debe ser considerada como neuroestimuladora. Donde los sentimientos positivos son los mecanismos que permiten que la memoria a largo plazo, sirva como una gran biblioteca mental que almacene los conocimientos significativos. Con esta premisa, se consideró que la magia podría generar “sorpresa”, la cual funcionaría como enganche para atraer la atención de los estudiantes, y con el foco de atención en el truco, se puede dirigir conocimientos específicos (previamente planificados). La meta final es la satisfacción de los estudiantes, el cual considera que las emociones son importantes durante el aprendizaje (figura 9), de tal manera que deben estar involucradas durante el mismo, ya que las emociones y sentimientos serán los libros de la biblioteca mental.

Los resultados son claros, estudiantes felices, rinden de formas más eficientes. Se denota en los resultados de la evaluación realizada a los estudiantes, los cuales demuestran diferencias entre los promedios entre las dos metodologías. El promedio de la metodología neuroestimuladora fue de 6,2 puntos, mientras que en la tradicional fue de 4,7 puntos. Además se comprueba que los resultados son significativos (*) entre las dos metodologías (tabla 6).

Conclusiones

La metodología neuroestimuladora aplicó 3 trucos matemáticos, para desarrollar un estímulo positivo de aprendizaje entre los estudiantes (basado

en las emociones), con el objetivo de ilustrar los temas de: coordenadas cartesianas, pendiente de la recta y distancia entre dos puntos, análisis combinatorio (permutaciones y combinaciones) y sistema lineal de ecuaciones. La metodología tradicional abordó los mismos temas, desde la visión estándar de enseñanza, la cual se aplica en la mayoría de las instituciones educativas que fueron objeto de estudio.

Existen diferencias entre los resultados de las encuestas aplicadas a los estudiantes (en cada una de las metodologías), donde la mayoría considera que la aplicación neuroestimuladora es más divertida, con contenidos explícitos, y con mayor probabilidad de permanencia en la memoria a largo plazo. Los resultados de la evaluación, determinaron que existe mayor comprensión en aquellos estudiantes a los cuales se les explicó usando la magia.

Los cimientos pedagógicos durante la vida del estudiante, son los que crean las percepciones positivas o negativas en una determinada asignatura. Por lo cual, debe abandonarse la rigidez tácita de la neutralidad emocional que deben tener los estudiantes en asignaturas numéricas y permitir que los docentes diseñen arquetipos que potencien las emociones durante el proceso de enseñanza.

En la actualidad existen posturas tradicionalistas que impiden la innovación pedagógica, lo que ha logrado mantener dogmas educativos utilizados desde hace décadas (ignorando que la educación debe actualizarse de manera conjunta a la tecnología), manteniendo falacias en las metodologías de enseñanzas, obligando a la docencia a continuar metas ilusorias y dantescas.

Este trabajo investigativo trata de animar a los docentes a buscar nuevas y mejores formas de enseñar tan importante ciencia, no profesando que se encontró el “santo grial” educativo, sino asumiendo que las premisas enunciadas deben ser sostenidas por un gran número de investigadores, y teniendo la humildad de aceptar que existen o existirán mejores procedimientos para alcanzar la meta propuesta, la cual es, aprender divirtiendo y sorprendiendo, esa es la magia de las matemáticas en la magia.

References:

1. Alegría, P., y Ruiz, J. (2002). La magia desvelada. *Sigma*, 21, 145-174.
2. Alsina, C. (2006). La matemática hermosa se enseña con el corazón. *Sigma*, 29, 143-150.
3. Arias, F. (1999). *El proyecto de investigación*. Episteme Oriol Ediciones.
4. Borda, P. (2016). *El proceso de investigación. Visión general de su desarrollo*. Universidad del Norte.

5. Castejón, J. (2016). *Psicología y educación: presente y futuro*. Asociación Científica de Psicología y Educación.
6. Díaz, B. (2017). La escuela tradicional y la escuela nueva: "análisis desde la pedagogía crítica". Universidad Pedagógica Nacional.
7. Fernández, R., y Lahiguera, F. (2015). Matemagia y su influencia en la actitud hacia las matemáticas en la escuela rural. *Revista Didáctica de Matemáticas*, 89, 33-53.
8. Fernández, J. (2010). Neurociencias y Enseñanza de la Matemática. Prólogo de algunos retos educativos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 51(3), 1-12.
9. Gómez, L. (2010). Un espacio para la investigación documental. *Revista Vanguardia Psicológica Clínica Teórica y Práctica*, 1(2), 226-233.
10. Gómez-Chacón, I. (2008). *Matemática emocional. Los afectos en el aprendizaje matemático*. Narcea.
11. Howard-Jones, P. (2011). *Investigación neuroeducativa. Neurociencia, educación y cerebro: de los contextos a la práctica*. La Muralla S.A.
12. Kandel, E. (2008). *En busca de la memoria. El nacimiento de una nueva ciencia de la mente* (Primera ed.). Katz Editores.
13. Larios, E. (2005). Reseña. *Educación Matemática*, 17(1), 185-189.
14. Martínez, K. (5 de marzo de 2020). *Cómo planificar las clases de manera eficiente*. Obtenido de Web del maestro: <https://webdelmaestrocmf.com/portal/como-planificar-las-clases-de-manera-eficiente/>
15. Méndez, M., Apolo, D., Viteri, R., Quijije, G., Cortez, M., y Mantuano, J. (2019). Diseño de neuromicrocurrículos para carreras de educación superior. *European Scientific Journal*, 15(19), 22-40. doi:<https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n19p22>
16. Mora, F. (2013). *Neuroeducación*. Alianza Editorial.
17. Morgado, I. (2014). *Aprender, Recordar y Olvidar. Claves cerebrales de la memoria y la educación*. Ariel.
18. Ortiz, A., Jordán, J., y Agredal, M. (2018). Gamificación en educación: una panorámica sobre el estado de la cuestión. *Educ. Pesqui*, 44, 1-17.
19. Pérez-Jorge, D., González-Dorta, D., Rodríguez-Jiménez, MDC, y Fariña-Hernández, L. (2020). Formación del profesorado de resolución de problemas, efecto del Programa ProyectaMates en Tenerife. *Educación 3-13*, 1-15. <https://doi.org/10.1080/03004279.2020.1786427>
20. Romero, E. (2013). Juegos Matemáticos: Las matemáticas del cubo Rubik. *Pensamiento Matemático*, 3(2), 97-110.

Anexo 1: Encuesta 1 (inicio de clase)

1 ¿Te gusta la asignatura de matemáticas?

Opciones: a) si, b) no.

2 ¿Cómo describes que son las clases de matemáticas? (sin tomar en consideración al docente)

Opciones: a) divertida, b) no tan divertida, c) ni divertida, ni aburrida, d) no tan aburrida, e) aburrida.

3 ¿En los últimos años de estudios, los docentes han utilizado juegos o trucos de “magia” para enseñar matemáticas?

Opciones: a) siempre, b) casi siempre, c) a veces, d) casi nunca, e) nunca.

4 ¿Realizas actividades de matemáticas en tu hogar, aunque no sean obligatorias?

Opciones: a) siempre, b) casi siempre, c) a veces, d) casi nunca, e) nunca.

5 ¿Has visto en el internet o en las redes sociales trucos para aprender matemáticas?

Opciones: a) siempre, b) casi siempre, c) a veces, d) casi nunca, e) nunca.

6 ¿Cómo consideras que es tu nivel actual en matemáticas?

Opciones: a) alto, b) regular, c) bajo.

7 ¿Has experimentado sentimientos de enojo o frustración al no poder realizar de manera correcta los ejercicios de matemáticas?

Opciones: a) siempre, b) casi siempre, c) a veces, d) casi nunca, e) nunca.

8 ¿Consideras que para aprender es necesario involucrar a las emociones?

Opciones: a) si, b) no.

9 ¿Tienes algún aprendizaje que se haya reforzado por alguna emoción o sentimiento?

Opciones: a) si, b) no.

Anexo 2: Encuesta 2 (finalizar clase)

1 ¿Cómo describes que fue la clase de matemáticas? (sin tomar en consideración al docente)

Opciones: a) divertida, b) no tan divertida, c) ni divertida, ni aburrida, d) no tan aburrida, e) aburrida.

2 ¿Crees que los contenidos expuestos fueron entendibles?

Opciones: a) si, b) no, c) tal vez, d) no sabe.

3 ¿Crees que las técnicas divertidas deben estar dentro de la metodología de enseñanza?

Opciones: a) si, b) no, c) tal vez, d) no sabe.

4) Consideras que la mayoría de los contenidos expuestos se mantendrán en tu memoria por:

Opciones: a) largo tiempo, b) corto tiempo, c) no sabe.

5 ¿Con que herramientas aprenderías mejor?

Opciones: a) objetos didácticos tangibles (cartas, dados, piezas de dómimo, tableros, etc.), b) recursos tecnológicos (computadores, tablet, proyectores, etc.), c) ambos, d) ninguno.

Anexo 3: prueba de evaluación al finalizar las clases

- 1 ¿Cuál es la fórmula de pendiente de la recta?
- 2 ¿Cuál es la distancia entre los puntos: A (2,-3), B (-1,4)?
- 3 ¿Cuál es la distancia entre (4, 7) y (2,2)?
- 4 ¿Cuántos números de 5 cifras diferentes se puede formar con los dígitos: 1, 2, 3, 4, 5?
- 5 ¿Cuántos números de 5 cifras diferentes se puede formar con los dígitos: 1, 2, 3, 4, 5? Es un ejercicio de:
- 6 ¿De cuántas formas distintas pueden sentarse ocho personas en una fila de butacas?
- 7 ¿Cuál es la respuesta de la expresión algebraica: $2x + 6y - 14m - 13m + 2x - 9m + 8y - 15x + 6m - 4x + m - 3y - 3x$?
- 8 ¿Cuál es el valor de las incógnitas en el siguiente sistemas de ecuaciones: $2x + 3y = 8$; $x - 4y = -7$?
- 9 ¿Cuál es el valor de las incógnitas en el siguiente sistemas de ecuaciones: $5x - 4y = -3$; $9x - y = 7$?
- 10 ¿Cuál de los siguientes ejemplos puede representarse como un sistema de ecuaciones lineales?