

# Interfaz Móvil para el Aprendizaje en Circunstancias Epidemiológicas del SARS-CoV-2

Dra. Griselda Cortés Barrera <sup>1</sup>, Mtra. Ruth Anel Gutiérrez González <sup>2</sup>,  
Dr. Francisco Jacob Ávila Camacho <sup>3</sup>, Dra. Mercedes Flores Flores <sup>4</sup>



## Acerca de los autores...

<sup>1,2,3,4</sup> Académico del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (México)

## Resumen

Desde la aparición del virus SARS-CoV-2 causante de la enfermedad Covid-19, la educación en México y en el mundo ha obligado a los estudiantes a regresar a casa para continuar su educación en línea. Por ello, surge la preocupación respecto a la búsqueda de alternativas educativas y el fortalecimiento de los métodos de enseñanza-aprendizaje. El país ha realizado varios esfuerzos para que la educación sea relevante (principalmente en matemáticas). Además, diversas instituciones gubernamentales en México y la Secretaría de Educación Pública (SEP)

se han preocupado por reforzar este proceso, situación que motiva a investigadores de diversas áreas (Psicología, Neurociencia, Pediatría, entre otras) a buscar estrategias para fortalecer el desarrollo del cálculo matemático en infantes (si las estructuras cerebrales están maduras). Una característica importante del cerebro es la plasticidad neuronal, por ello, el presente trabajo converge en el desarrollo de una aplicación móvil, basada en el Modelo Educativo y la propuesta curricular obligatoria de la SEP, que contribuya a la regeneración funcional de las células nerviosas en niños hasta los seis años y la estimulación sensorial para reforzar el pensamiento epistémico matemático, manteniendo así las neuronas activas, evitando que la capacidad de retención disminuya con la edad, además de garantizar la neuroplasticidad, gracias a la implementación de técnicas para estimular y reforzar las habilidades cognitivas (atención, percepción y memoria). Los resultados obtenidos en la 1ª y 2ª fase de las pruebas, aumentaron un 8%, 6% y 5% en los alumnos de 1º, 2º y 3º; respectivamente.

**Palabras clave:** Inteligencia Artificial, Neurociencia cognitiva, Habilidades cognitivas matemáticas

## Abstract

*Since the appearance of the SARS-CoV-2 virus that causes the Covid-19 disease, education in Mexico and in the world has forced students to return home to continue their education online. For this reason, concern arises regarding the search for educational alternatives and the strengthening of teaching-learning methods. The country has made various efforts to make education relevant (mainly in mathematics). In addition, various government institutions in Mexico and the Ministry of Public Education (SEP) have been concerned with reinforcing this process, a situation that motivates researchers from various areas (Psychology, Neuroscience, Pediatrics, among others) to seek strategies to strengthen the development of the mathematical calculation in infants (if the brain structures are mature). An important characteristic of the brain is neuronal plasticity, therefore, the present work converges in the development of a mobile application, based on the Educational Model and the mandatory curricular proposal of the SEP, which contributes to the functional regeneration of nerve cells in children up to six years of age and sensory stimulation to reinforce mathematical epistemic thinking, thus keeping neurons active, preventing retention capacity from decreasing with age, as well as guaranteeing neuroplasticity, thanks to the implementation of techniques to stimulate and reinforce the cognitive skills (attention, perception and memory). The results obtained in the 1st and 2nd phase of the tests increased by 8%, 6% and 5% in the 1st, 2nd and 3rd grade students; respectively.*

**Keywords:** Artificial Intelligence, Cognitive Neuroscience, Cognitive Mathematical Skills.

## Introducción

En México, la educación básica tradicional no implicó el uso de tecnologías de la información al 100%. En este siglo, y con la llegada de la pandemia Covid-19, el mundo tuvo que evolucionar (Khattar, 2020), enfrentar nuevos desafíos y buscar nuevas alternativas para garantizar la continuidad en la educación (Alam, 2020). La forma de obtener un aprendizaje cambió drásticamente. Esto quiere decir que el enfoque pedagógico actual se centra en la transmisión del conocimiento, pero ya no con el enfoque donde se privilegiaba la memorización, sino por diferentes métodos donde se contempla: a) que la información aumenta cada día, b) el discernimiento se genera a una velocidad sin precedentes, y c) que la tecnología está cambiando drásticamente.

Así se inicia la revolución educativa inclusiva, con la evaluación y actualización del Modelo Educativo Nacional (SEP, 2019) ahora conocido como “La Nueva Escuela



Mexicana”, que orienta la práctica pedagógica y puede servir de referencia a padres y alumnos sobre la formación que se busca lograr. La idea es que los alumnos sean instruidos con calidad y de manera integral, generando las bases para desenvolverse en su entorno.

Investigadores, especialistas en educación en diversas ciencias (Toto-Carbajal, 2012), (Zona Próxima, 2014) (Colectivo de Educación Infantil y TIC, 2014), México y otras instituciones (SEP, UNESCO, Nokia) por mencionar algunos, apoyan la premisa “los niños primero”, y en cumplimiento del plan curricular propuesto por la SEP en el 2019, contribuir al fortalecimiento didáctico y promover el uso de los avances tecnológicos, ayudando a perfeccionar la enseñanza, la práctica docente, así como la mejora de la calidad educativa en todo el mundo [6], además de lograr que los estudiantes participen de manera activa y autónoma en su cognición y motivación bajo la competencia clave de “aprender a aprender”.

Investigaciones recientes (Zadiba, 2015) (Sebastián, 2016), (Cerde, 2017) han incursionado en este enfoque, basado en el fomento de la formación neurocientífica, pedagógica y cognitiva. También

afirman que el ser humano puede comprender y recordar a través de la reproducción continua de patrones obtenidos a través de estímulos externos, generados por recuerdos o experiencias. Además, el trabajo de Carasatorrea (2016) indica que los cambios realizados en la corteza cerebral (prefrontal e hipocampo, donde se cimienta la mentalización) podrán influir en el desarrollo cognitivo a largo plazo.

Desafortunadamente, nuestro país no ha explorado estas líneas de investigación. Por tanto, el objetivo es establecer un trabajo colaborativo relacionando e introduciendo la tecnología móvil, la neurociencia cognitiva educativa y el currículo nacional de nivel básico propuesto por la Guía Pedagógica vigente de la Secretaría de Educación Pública (SEP), y desarrollar una herramienta en Android para generar un repositorio y con él, capacitar a una Red Neuronal Artificial (RNA) para medir el nivel de conocimientos matemáticos con base en las habilidades cognitivas (atención, percepción y memoria) de los estudiantes de tres a seis años.

El presente artículo está estructurado de la siguiente manera: Sección 1. Estado del arte, se presenta un panorama general y relevante de la propuesta, al mismo tiempo, que se destacan los problemas recientes y cómo han sido abordados por los autores; en la Sección 2. Método propuesto, se dan a conocer sus fases y los principales componentes del método para construir una aplicación matemática neurocognitiva para medir el nivel cognitivo a través de una técnica de Inteligencia Artificial (ANN); en la Sección 3. Se presentan los resultados que demuestran la funcionalidad de la propuesta. Finalmente, en la última sección, Conclusiones del documento, se busca aportar orientaciones para el trabajo futuro.

## **1. Revisión de la literatura (o estado del arte) o antecedentes**

1. La naturaleza de los desafíos educativos se ha ido transformando. Hasta hace un par de décadas, el esfuerzo educativo nacional se centró en la alfabetización. Si bien la tarea de inclusión educativa aún no se ha completado para todos los grupos de población, es incuestionable que hoy el mayor desafío es mejorar la calidad de la educación, por lo que han surgido actualizaciones de los modelos educativos centrados en tres aprendizajes: lenguaje y comunicación, pensamiento lógico

matemático y comprensión del mundo natural y social. (GOB.mx, 2016), (DOF, 2013) y (SEP, 2016).

En 2015, se investigó la efectividad de la semántica Web basada en habilidades cognitivas y se identificó que el desarrollo temprano del bebé comienza a desplegar sus habilidades cognitivas a través de indagar, explorar, investigar y descubrir el mundo que lo rodea. También abordan la cuestión del papel emergente de la neurociencia educativa en la reforma educativa para la formación adecuada de neurocientíficos educativos (Zadina, 2015).

La investigación más reciente ha abordado el problema de los déficits cognitivos en adultos (Boyd, 2016). En 2020, resuelven este problema mediante el desarrollo de aplicaciones Android que pueden ser utilizadas por estudiantes de primaria y basadas en la teoría cognitiva para ayudar a los estudiantes a aprender (Xu, 2020) y mejorar sus habilidades cognitivas, especialmente en niños autistas (Yi, 2020).

En 2016 se construyó un modelo de evaluación que ayuda a comprender, analizar y evaluar objetivamente los niveles de aprendizaje y las habilidades de los estudiantes con respecto al contenido conceptual y al dominio de conocimientos específicos (Adoalela, 2010). En el mismo año, la investigación de Karal (2014), se interesó en la dificultad de resolver correctamente la suma y resta de fracciones comunes, mediante el algoritmo o mediante procesos no convencionales. Los resultados revelan una fuerte correlación positiva entre las variables cognitivas y las operaciones, lo que significa que el desarrollo de éstas, cataliza positivamente el aprendizaje significativo de las operaciones matemáticas referidas y viceversa.

Recientemente, investigadores han creado trabajos relacionados con la educación y el uso de técnicas de Inteligencia Artificial (IA). En 2014 se resolvieron las dificultades que enfrentaban los estudiantes al momento de aprender matemáticas, enfocándose en evaluar el sistema de educación a distancia, diseñado para desarrollar habilidades de resolución de problemas matemáticos, a través de IA y sistemas expertos, demostrando funcionalidad para identificar si el nivel de las preguntas es apropiado para el alumno y si no, adaptarse a él (Montiel, 2014). La IA ha contribuido a la investigación de los procesos de enseñanza y aprendizaje, mediante el uso de software y materiales educativos computarizados, para determinar el nivel cognitivo del estudiante, ayudar a identificar sus debilidades y trabajar en ellas para lograr un mayor nivel de aprendizaje (González, 2008).

Con base en dichos trabajos, la realización de esta propuesta de investigación se orienta a utilizar las ANN como herramientas para medir las habilidades cognitivas de los estudiantes de nivel básico.

## **2. Método propuesto**

Actualmente, la tecnología educativa se ha utilizado como material didáctico, esto justifica la necesidad de una propuesta que integre las técnicas estratégicas del cognitivismo en el mapeo curricular, apoyándose en la tecnología móvil, para reforzar el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de las Matemáticas a nivel básico (Figura 1).

### **Modelado y construcción de simulación**

La Figura 1 muestra que la neurociencia permitirá el desarrollo de estrategias didácticas en matemáticas ya que asume la tarea de penetrar la estructura, el funcionamiento del cerebro humano y los mecanismos biológicos subyacentes de la cognición, de tal manera que afecta el comportamiento del individuo a través de emociones sapientes producidas por la red neuronal biológica (Véase Figura 1 ).



Figura 1

Método propuesto para medir el nivel cognitivo matemático.

Mogollón apoya este enfoque basado en (Mogollón, 2010):

1) Integración de procesos cognitivos, tales como: (Cerde, 2017):

- a) *Memoria*: función en la que la información almacenada en el cerebro vuelve a la conciencia, es decir, almacena y evoca contenidos asimilados, permitiendo así la ejecución de tareas epistémicas (razonamiento, comprensión y resolución de problemas).
- b) *Atención*: esfuerzo que los individuos ejercen para establecerse en una determinada parte de la experiencia, como la capacidad de concentrarse o mantenerse enfocados en una actividad, esto se logra utilizando medios externos para la estimulación sensorial, logrando la activación dopaminérgica de forma natural a través de la motivación.
- c) *Percepción*: proceso mental que transforma los estímulos físicos en información que pasa a la conciencia, formando ambientes visuales que provocan alteraciones positivas, logrando plasticidad cerebral.
- d) Integrar el modelo educativo y las técnicas de recepción de conocimiento en el generador de estímulos en diferentes temas como:

a. La Tabla 1 muestra el modelado del eje de números con el tema de Números (1-20); el objetivo es comunicar, escribir, comparar y clasificar colecciones e identificar monedas.

**TABLA 1**  
**MODELADO DE APLICACIONES CONSIDERANDO LOS EJES DEL PENSAMIENTO MATEMÁTICO EN EL TEMA NÚMEROS.**

**Herramientas generales: Baterías y pruebas de evaluación, gráficos, imágenes, audios.**

Representar dígitos con respecto al número de objetos, relacionarlos con su representación escrita, identificar entre las letras y trazar en relación con la dirección indicada.

Mostrar colecciones para indicar el número de elementos (mayor o menor), utilizar objetos móviles para ordenar (aumentar o disminuir), eliminar o colocar según sea necesario, relacionar considerando una secuencia numérica e indicar su antecesor y sucesor.

Identificar la relación de equivalencia entre las monedas (\$0.5 a \$ 10), identificar operadores y realizar operaciones (suma, resta), reforzando el tema de las colecciones.

b. La Tabla 2 muestra el modelado de forma, espacio y eje de medida con el tema Magnitudes y Medidas; el objetivo es ordenar los eventos del día, y comparar la capacidad directamente con unidades no convencionales.

**TABLA 2**

**MODELADO DE APLICACIONES CONSIDERANDO EL EJE DEL PENSAMIENTO MATEMÁTICO**

Ordenar varias actividades dentro de los periodos (vacaciones, días, semanas, meses, y estaciones del año).

Comparar longitudes. Identificar el orden, cantidad masiva de objetos y capacidad de identificación con unidades no convencionales.

c. La Tabla 3 muestra el modelado de forma, espacio y eje de medida con el tema de Figuras Geométricas; el objetivo es establecer relaciones espaciales y puntos de referencia, así como desarrollar la percepción geométrica a través de la construcción y reproducción de figuras, y comparar longitudes.

**TABLA 3**

**MODELADO DE APLICACIONES CONSIDERANDO EL EJE DEL PENSAMIENTO MATEMÁTICO**

Reforzamiento de los conceptos de derecha, izquierda, centro, en el medio, arriba, abajo, pequeño, mediano, grande, cercano y lejano.

Reproduce figuras y objetos en el excedente de uno existente (corazón, luna, estrella, tachado, óvalo, círculo, cuadrado, rectángulo y triángulo). Primero lo conoce, dibuja y construye las mismas cosas, agregando colores.

Referencia e identifica objetos y clasifica por escala de medida.

El Modelo propuesto por la SEP contiene el enfoque pedagógico, la reorganización del sistema escolar general y las políticas públicas, donde se establecen las direcciones a seguir. Asimismo, el plan de estudios prevé los puntos de referencia alcanzados en el dominio de las competencias esperadas en los estudiantes, de tal manera que se perfeccionen en su carrera universitaria y, a través de planes y programas de estudio, contribuyan al desarrollo de los estudiantes (SEP, 2019).

- a) Orientar el currículo considerando el perfil del infante (habilidades digitales y pensamiento matemático).
- b) Realizar el mapeo curricular en tres componentes: aprendizaje clave, autonomía curricular, desarrollo personal y social. Emplear los principios y procesos de las ciencias duras en sus ejes principales del Modelo Educativo: a) las nociones de número y b) forma, espacio y medida.
- c) El teléfono inteligente se considera un estimulador, se utilizará para motivar al aprendiz, logrando plasticidad neuronal, preparando la mente y el cuerpo de los bebés para pensar de manera crítica, reflexiva, autónoma; logrando retener la mayor cantidad de información posible.
- d) Medir los conocimientos adquiridos: aquí intervienen los actores (la SEP, escuelas públicas y privadas, psicólogos, neurocientíficos, pedagogos, profesores,

padres, alumnos, directivos y empresarios, quienes convivirán armónicamente en el proceso docente que contempla la estructura y la funcionamiento de la mente), aportando sus conocimientos y junto a los diferentes instrumentos de evaluación estandarizados (Amador, 1995), (Forner, 1983). La necesidad de estimar el porcentaje de éxito, se puede vislumbrar así:

$$x\% = \frac{ac - er}{ac - om} \quad (1)$$

Donde x% representa el porcentaje obtenido de la actividad evaluada, ac las respuestas correctas, y correspondientes al número de respuestas correctas en cada actividad, er el número de respuestas incorrectas y om el número de respuestas omitidas. Para completar la evaluación de (1), es necesario considerar el tiempo de respuesta en algunas actividades: 1) del eje temático y 2) el nivel de complejidad. Finalmente, se estimará con un porcentaje de acierto: mayor a 80 (alto), mayor a 60 y menor a 80 (medio) y menor a 60 (bajo).

### 2) Diseño y construcción del simulador de base de datos

Cada eje temático [3] estará centrado en las tres competencias, y se basa en diferentes actividades que necesitan ser evaluadas y motivadas al máximo. Luego, es necesario: a) identificar el eje, b) utilizar los instrumentos recomendados, logrando con ellos motivar al infante en el tema a discutir; punto relevante para lograr plasticidad cerebral, c) determinar el número máximo de reactivos continuos exitosos, para incrementar el grado de complejidad y así conocer los diferentes prototipos que se presentarán en cada etapa, d) evaluar, en algunos casos el tiempo es determinante, e) la ecuación (1) mide el proceso de enseñanza-aprendizaje en función de la capacidad de ser reforzado manualmente. En esta fase del proyecto y para un ejemplo de aplicación, se presenta el modelado del contenido (magnitudes y medidas) correspondiente al eje: Forma, espacio y medida (Figura 2).

Figura 2

Medidas por a) peso b) mayor capacidad, c) menor capacidad. Seleccionar objetos d) equivalencias medidas y f) capacidad.



El objetivo es asignar una actividad que permita realizar comparaciones de capacidad o cantidad de masa que tiene un objeto, utilizando unidades de medida no convencionales (Figura 2). Para reforzar las habilidades cognitivas se consideró lo siguiente:

*Percepción:* esto se mide usando baterías de evaluación para hacer las preguntas: ¿Qué fruta es la más pesada? ¿Qué contenedor tiene menos? y ¿En qué recipiente cabe menos? (Figuras 2a, b y c, respectivamente).

*Atención:* una serie de actividades realizadas, tales como: relacionar imágenes equivalentes (Figura 2d), seleccionar los objetos en función de su tamaño o capacidad (Figura 2e)

*Memoria:* se basa en juegos como: el memorama (Figura 3a) o mazo, este último simula cartas donde se mostrarán diferentes imágenes en un lapso de n segundos (asignados según la complejidad de la actividad); pasado el tiempo, se presenta otra tarjeta con nuevas imágenes y algunas de las anteriores; el infante elegirá solo las que se mostraron al inicio (Figura 3b) y de acuerdo con los aciertos obtenidos, se evaluará el refuerzo.



Figura 3

a) Encontrando pares, b) Imágenes de muestra y mixtas.

El modelado de la base de datos (DB), véase Figura 4, contempla las siguientes entidades: el eje contiene varios valores: sentido numérico, figuras geométricas, entre otros; cada uno de éstos tiene varios temas asociados: comunicar y escribir los primeros 10 números, comparar, emparejar y clasificar colecciones basadas en los elementos, resolver problemas de restas y sumas; cada uno de ellos está asociado a una actividad, habilidad (atención, percepción y memoria) y complejidad (baja, media y alta).

Cada usuario registrado tendrá un resultado y detalles de la actividad realizada, obteniendo las variables: aciertos, errores, tiempo, nivel de complejidad obtenido durante la ejecución. Con lo anterior se genera el DB para la integración del proyecto.

Con base en el análisis y diseño descrito, se desarrolla la aplicación “RemaAP” disponible en la “Play Store” y al utilizarla es necesario el apoyo de los padres o

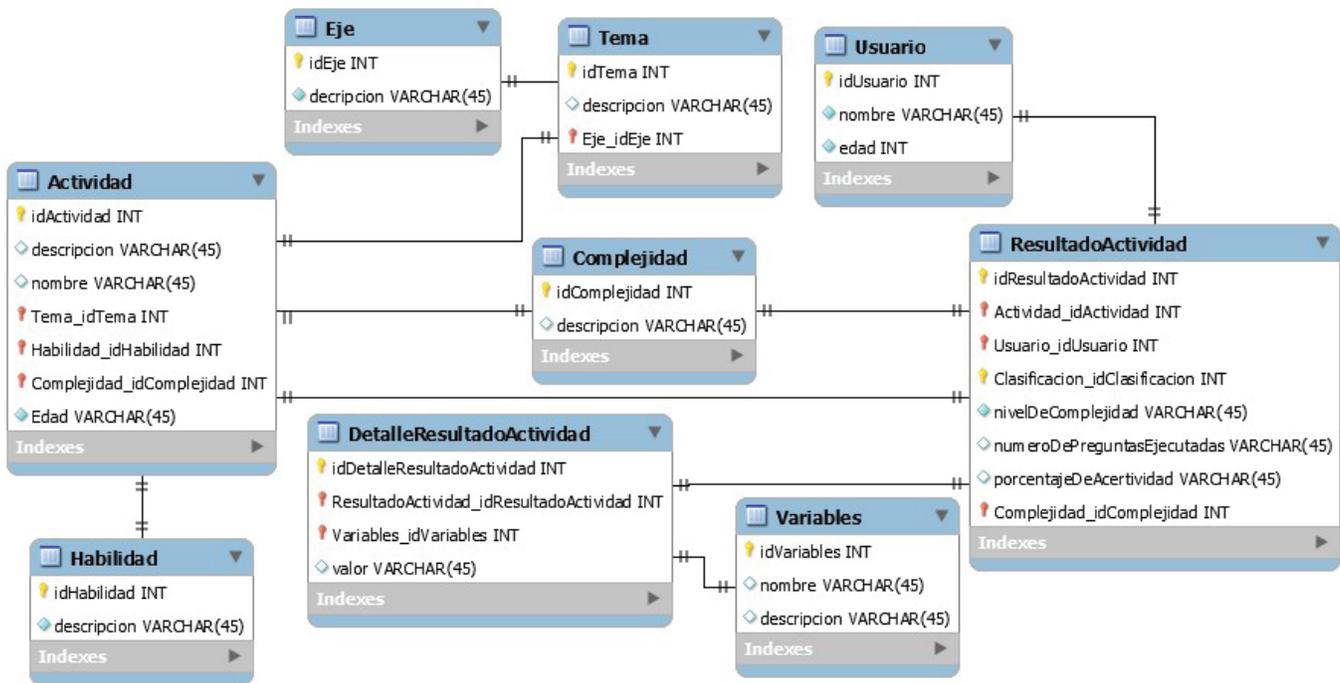


Figura 4

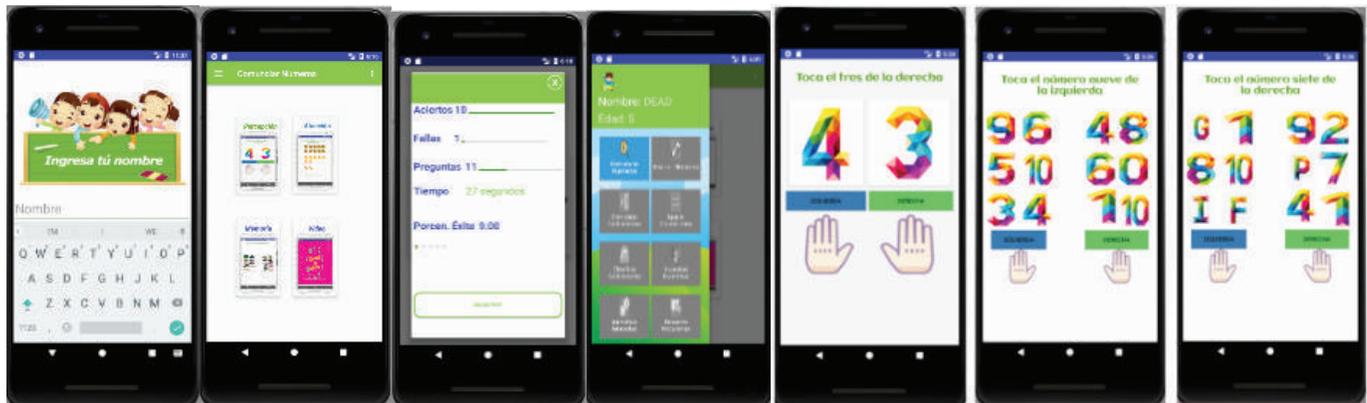
Modelo E-R de la aplicación.

pedagogos para la descarga, instalación y registro del infante para lo cual se solicita el nombre, género y edad (Figuras 5a, b y c, respectivamente).

Al final de este proceso (Figura 5d), será posible identificar y realizar un seguimiento de todos los usuarios. Para empezar a utilizar la aplicación, se despliega un menú (Figura 5e), donde se seleccionará la acción a realizar según la capacidad a reforzar (percepción, atención, memoria) y ésta se presenta según la edad del infante. Además, se consideró un video motivador para revisar los números en caso de que aún persistan dificultades en el tema. Una vez finalizada la interacción en cada actividad, se genera un resumen (Figura 5f) de los errores, respuestas correctas, porcentaje de acierto, entre otros, los cuales se registran en la base de datos para ser analizados.

Figura 5

Interfaz de aplicación a) Registro de usuarios, b) Menú de actividades basado en las tres habilidades cognitivas, c) Informe final, d) Módulos pendientes, f) Actividades



## A. Pruebas y generación de repositorio

Las pruebas se llevaron a cabo con estudiantes del jardín de niños Frida Kahlo, con una matrícula actual de 63 alumnos en el curso escolar 2018-2019: 17 son de 1º, 24 son de 2º y 22 son de 3º. Inicialmente se realizaron tres pruebas: dos manuales (de inicio y a las tres semanas) entregando tres actividades en papel y otro con la aplicación para los tres grados. En cada actividad se evalúan las tres habilidades cognitivas (atención, percepción y memoria).

Las pruebas con la aplicación se realizaron solicitando a los tutores que los estudiantes llevaran a cabo las pruebas utilizando teléfonos inteligentes con el sistema operativo Android, en el que se descargó la aplicación, para que niños de tres a seis años la manipularan; en total se generaron 290 registros en la DB.

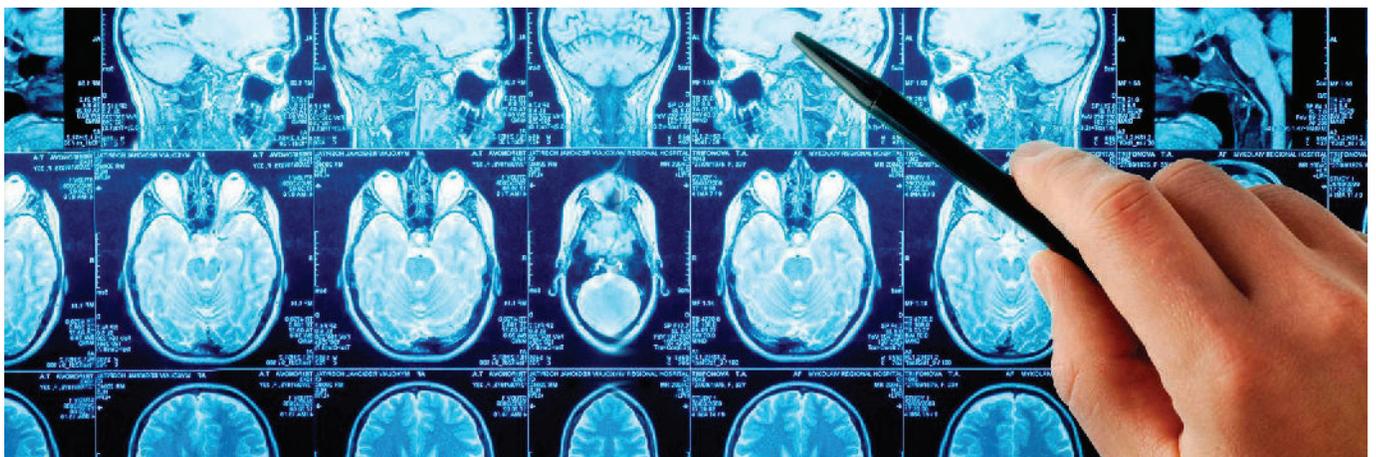
Para que la ANN obtenga resultados precisos, es necesario realizar un preprocesamiento (depuración y normalización de la DB) para generar un repositorio en formato .csv, para ello fue necesario realizar un análisis de las variables y registros del DB. Además, se recuperaron los rasgos característicos más útiles: edad, aciertos, errores, número de preguntas, porcentaje de éxito, número y duración de la actividad, número de ejecuciones por usuario y dominio del nivel de conocimiento.

El atributo clasificador (nivel de competencia) contiene las calificaciones propuestas en el plan de estudios de la SEP, el valor de este criterio se obtiene en la aplicación a través de (1).

### ANN para clasificación por nivel de conocimiento

Para ANN, se consideraron nueve atributos, uno de ellos corresponde a la clase que determina el nivel de conocimientos (NI, NII, NIII, NIV) que tiene el niño, y se interpreta como dominio alcanzado: pobre ( $\leq 5$ ), básico ( $> 5$  y  $\leq 7$ ), satisfactorio ( $> 7$  y  $\leq 9$ ) y sobresaliente ( $> 9$ ); respectivamente).

Una vez estandarizado el repositorio, el entrenamiento se realiza con diferentes métodos de clasificación (Perceptrón multicapa o MLP), Vecino más cercano (LinearNNSearch), Funciones de base radial (RBF), Máquinas de vector soporte SMO y red neuronal con procesamiento dendral (NNMD), para verificar que los atributos seleccionados son los adecuados, además de identificar cuál presenta mejor desempeño y está implementado en la aplicación.



Los criterios utilizados para cada método de clasificación son:

*MLP*: el algoritmo utilizado fue backpropagation, éste se evalúa con una tasa de aprendizaje de 0.3, y se aplica un impulso de 0.2, 500 capas para entrenar, un umbral de validación de 20, y un total de nueve capas ocultas.

*Búsqueda Lineal NN*: la distancia Euclidiana fue el algoritmo de búsqueda y  $K = 1$  fue usado para la clasificación de este grupo.

*AAH*: algoritmo de aprendizaje híbrido, dos clusters (grupos de clusters), con una función de activación gaussiana.

*SMO*: complejidad=1.0, tolerancia=0.001, Epsilon=1.0E-12, núcleo polinomial=1.

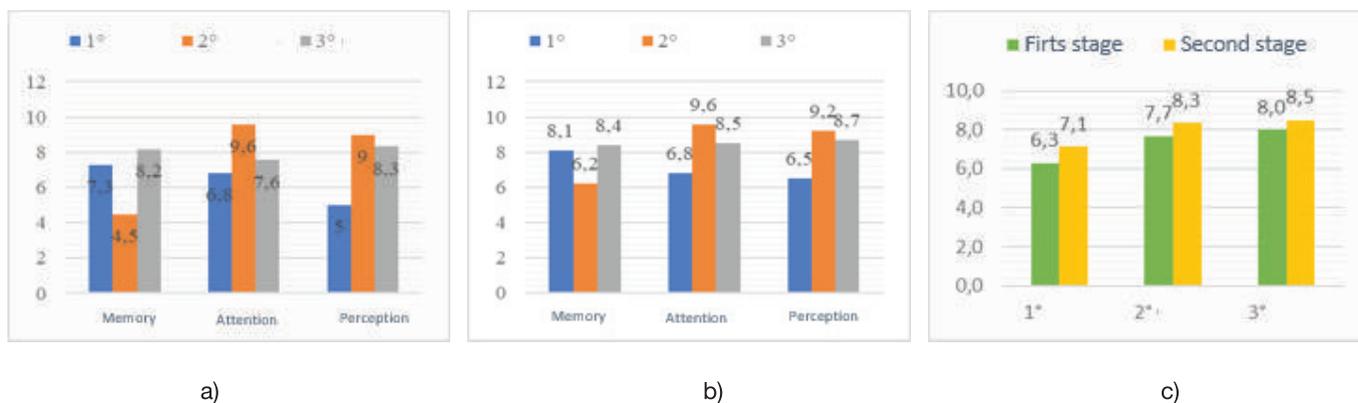
*NNMD*: *propuesto por Sossa (2014)*; los porcentajes de datos para las pruebas fueron: 100%, 80%, 70%, 50%, generando 94, 35, 46 y 57 hipercajas, respectivamente.

### 3. Resultados

En este punto, se demuestra la funcionalidad de la presente investigación. En la fase uno se realizaron pruebas manuales y del total de matrículas solo las cumplió el 86% de los estudiantes, observándose que los del 1o año superaron a los del 2o y 3o en la primera habilidad; los estudiantes de 2o año obtuvieron la mayor puntuación en atención, y la tasa de éxito del 3° en la atención fue de 8.3 (Figura 6). En la segunda prueba manual (Figura 6b), se observa que en los niños de los tres grados la atención no cambia considerablemente.

**Figura 6**

Fase 1 Resultados: a) Primera evaluación, b) Segunda evaluación, c) Cuando se utilice la aplicación.



De acuerdo con las observaciones realizadas por los profesores, los estudiantes del 3° grado tienen dificultades para seguir las instrucciones, los del 1° grado completaron los ejercicios sin problemas, gracias al apoyo de los profesores, y los del 2° grado fueron más accesibles para trabajar.

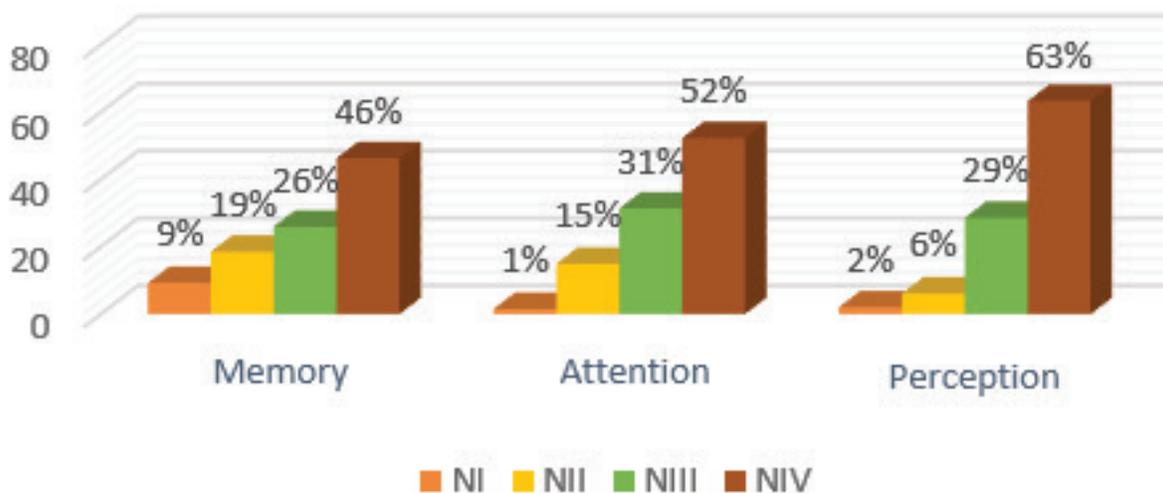
En la segunda fase, solo el 68% descargó y utilizó la aplicación, y en comparación con las pruebas manuales, su rendimiento mejoró, aumentando en promedio de las tres habilidades el 0,8%, 0,7% y 1,8% en 1°, 2° y 3°; respectivamente (Fig. 6c).

Hasta el momento, el aprendizaje se ha medido con (1), pero el objetivo de esta investigación es medir el nivel y reforzar el aprendizaje cognitivo matemático mediante técnicas de Inteligencia Artificial. Por lo tanto, el repositorio se evaluó con diferentes métodos de clasificación, utilizando el 100%, 80%, 70%, 50% de las muestras para entrenamiento y el porcentaje restante para pruebas (Tabla 2).

**TABLA 2**  
**RESULTADOS DEL PROCESO DE ENTRENAMIENTO CON DIFERENTES MÉTODOS CLASIFICADORES.**

Métodos Clasificadores	Media Aritmética	% de clasificación correcta			
		100%	80%	70%	50%
Vecino más cercano	99.75%	99%	100%	100%	100%
PMC	99.25%	100%	100%	99%	98%
MVS	96.25%	98%	98%	95%	94%
Búsqueda lineal	96.75%	100%	98%	95%	94%
Red Neuronal con BF	99.5%	100%	100%	100%	98%

Como se puede observar en la Tabla 2, el repositorio está bien normalizado, ya que el porcentaje de clasificación de los métodos seleccionados es alto, esto garantizará una buena precisión en su implementación en la aplicación. Asimismo, se midió el nivel de conocimiento por habilidad cognitiva, considerando 290 registros etiquetados por habilidad y nivel de dominio y se demostró cómo fueron superando la habilidad obtenida hasta alcanzar un nivel de aprendizaje sobresaliente (Figura 7).



*Figura 7*

Resultados por nivel de conocimiento y capacidad cognitiva.

## Conclusiones y trabajos futuros

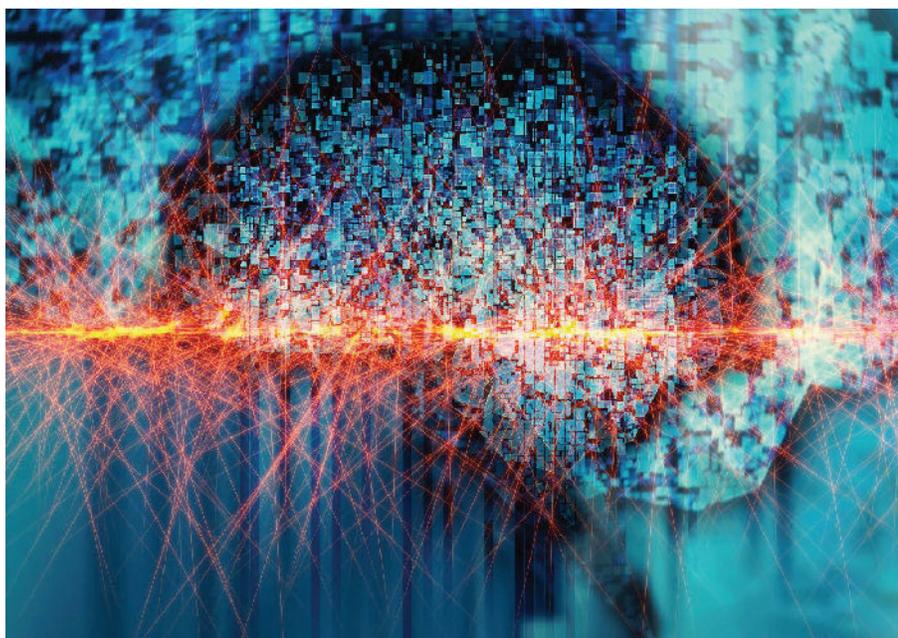
La educación y formación integral de niños y niñas será siempre un factor trascendente en el mundo. La Nueva Escuela Mexicana sólo será una realidad con el compromiso y participación de todos [3]. En el contexto actual de México, es urgente desarrollar y aplicar estrategias que promuevan la importancia del desarrollo cognitivo complejo en los estudiantes, desde el nivel básico, para que el crecimiento de nuestro país sea en beneficio de toda la sociedad, y enfrente el efecto en la educación en México por la pandemia Covid-19.

El principal aporte de esta investigación fue lograr la interacción de la neurociencia, la educación y la tecnología actual, para reforzar los conocimientos básicos de las ciencias exactas, las habilidades cognitivas (atención, percepción y memoria) y las habilidades del infante. Este trabajo impacta a las instituciones públicas y privadas en México, porque los temas están enfocados en el modelo educativo actual propuesto por la SEP.

Por ello se presenta una aplicación matemática neurocognitiva que mide el nivel de conocimiento adquirido con base en técnicas de Inteligencia Artificial (DMNN). Para futuras investigaciones, ésta se convertirá en una Interfaz Cerebro-Computadora y mediante electroencefalografía portátil (EMOTIV EPOC de 14 canales) se medirán las ondas cerebrales, además se implementarán técnicas de neurofeedback para estimular el cerebro y con mapeo cerebral para demostrar que el niño reforzará lo aprendido, reteniéndolo a largo plazo.

## Agradecimientos

Griselda Cortés, Jacob Ávila, y Mercedes Flores, agradecen al Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec por el apoyo para esta investigación; de igual forma, la Ing. Ruth A. Gutiérrez, agradece al COMECYT por el gran apoyo para sus estudios de maestría en Ingeniería en Sistemas Computacionales.



## Referencias

1. A. Khattar, P. R. Jain and S. M. K. Quadri, "Effects of the Disastrous Pandemic COVID 19 on Learning Styles, Activities and Mental Health of Young Indian Students - A Machine Learning Approach," 2020 4th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), Madurai, India, 2020, pp. 1190-1195, doi: 10.1109/ICICCS48265.2020.9120955.
2. A. S. Alam, E. Lau, C. Oh and K. K. Chai, "An Alternative Laboratory Assessment Approach for Multimedia Modules in a Transnational Education (TNE) Programme during COVID-19," 2020 Transnational Engineering Education using Technology (TREET), Glasgow, United Kingdom, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/TREET50959.2020.9189756.
3. Secretaría de Educación Pública, «Hacia una nueva escuela mexicana,» Perfiles educativos, vol. 41, n° 166, 2019
4. L. A. Toro-Carvajal, H. H. Ortiz-Álvarez, F. N. Jiménez-García y J. d. J. AgudeloCalle, "Los sistemas cognitivos artificiales en la enseñanza de la matemática", *Educación y Educadores*, vol. 15, n° 2, pp. 167-183, 2012.
5. Colectivo Educación Infantil y TIC, "Recursos educativos digitales para la educación infantil", *Zona Próxima*, n° 20, pp. 1-21, 2014.
6. UNESCO, 2013. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002196/219637s.pdf>.
7. J. N. Zadina, "The emerging role of educational neuroscience in education reform", *Psicología Educativa*, vol. 21, n° 2, pp. 71-77, Diciembre 2015.
8. L. Sebastián J, "Introducción: Actualizaciones en neurociencia educacional", *Propuesta Educativa*, n° 46, pp. 6-13, Noviembre 2016.
9. Cerda, Gamal; Pérez, Carlos; Romera, Eva M.; Ortega-Ruiz, Rosario; Casas, José A., "Influencia de variables cognitivas y motivacionales en el rendimiento académico en matemáticas en estudiantes chilenos", *Educación XX1*, vol. 20, n° 2, pp. 365-385, 2017.
10. M. Carasatorrea, V. Ramírez-Amaya y S. Cintra, "Structural synaptic plasticity in the hippocampus induced by spatial experience and its implications in information processing", *Neurología*, vol. 31, n° 8, pp. 543-549, 2016.
11. GOB, "gob.mx", 21 Julio 2016. <https://www.gob.mx/7prioridadessep/articulos/4-modelo-educativo-y-propuesta-curricular>.
12. Diario Oficial de la Federación, "Programa sectorial de educación 2013-2018", 13 de diciembre del 2013. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5326568&fecha=13/12/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5326568&fecha=13/12/2013).
13. SEP, 2016a. <https://www.gob.mx/cms/uploads/docs/Propuesta-Curricular-baja.pdf>.
14. J. Zadina, "The emerging role of educational neuroscience in education reform", *Psicología Educativa*, vol. 21, n° 2, pp. 71-77, 2015.
15. A. Boyd, J. Synnott, C. Nugent, D. Elliott and J. Kelly, "Community-based trials of mobile solutions for the detection and management of cognitive decline," in *Healthcare Technology Letters*, vol. 4, no. 3, pp. 93-96, 6 2017, doi: 10.1049/htl.2016.0102.
16. Y. Xu and L. Shi, "Research and Design of APP for Primary School Students' Safety Education Based on Embodied Cognitive Theory," 2020 IEEE 2nd International Conference on Computer Science and Educational Informatization (CSEI), Xixiang, China, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/CSEI50228.2020.9142491.
17. C. Yi, F. Ruan, Y. Gao, X. Hei and C. Zhang, "QiFei: Assisting to Improve Cognitive Abilities for Autism Children Using a Mobile APP," 2020 Information Communication Technologies Conference (ICTC), Nanjing, China, 2020, pp. 297-301, doi: 10.1109/ICTC49638.2020.9123255.
18. R. Aboalela y J. Khan, "Model of Learning Assessment to Measure Student Learning: Inferring of Concept State of Cognitive Skill Level in Concept Space", *IEEE Xplore Digital Library*, 2016.
19. H. Karal, V. Nabiyev, A. Erümit, S. Arslan y A. Çebi, "Students' Opinions On Artificial Intelligence Based Distance Education System (Artimat)", *ScienceDirect*, vol. 136, pp. 549-553, 9 Julio 2016.
20. L. Montiel y V. Riveros, "Omnia", 2014. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73731653002>.
21. A. C. González y E. P. Hernández, Desarrollo cerebral y cognitivo, *ELSEVIER*, 2008, pp. 281-414.
22. E. Mogollón, "Aportes de las neurociencias para el desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje", *Revista Electrónica Educare*, vol. XIV, N° 2, pp. 113-124, 2010.
23. J. Amador, M. Forns y T. Kirchner, "Repertorios cognoscitivos de atención, percepción y memoria", 1995.
24. A. Forner, "Valoración diagnóstica de la batería Piaget-Head", 1983. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/668604.pdf>.
25. H. Sossa y E. Guevara, "Efficient training for dendrite morphological neural networks", *Neurocomputing*, pp. 132-142, 2014.