

<https://doi.org/10.69639/arandu.v13i2.2244>

Multisensorialidad en las matemáticas: uso de materiales concretos para la transición del pensamiento pictórico al abstracto (método singapur)

Multisensory learning in mathematics: the use of concrete materials for the transition from pictorial to abstract thinking (singapore math method)

Sonia Carmen Monar Vega

soniac.monar@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0003-0334-4255>

Investigador Independiente

Ecuador

Jaime Francisco Lapo Moreno

francisco.lapo@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0007-4558-9073>

Investigador Independiente

Ecuador

Manuel Efren Calderon Cañar

efren.calderon@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0005-1548-2158>

Investigador Independiente

Ecuador

Sonia Lorena Vargas Armijos

sonial.vargas@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0002-6227-0543>

Investigador Independiente

Ecuador

María del Carmen Quichimbo Ríos

maryquichimbor2002@yahoo.es

<https://orcid.org/0009-0006-9189-1567>

Unidad Educativa

Ecuador

Artículo recibido: 10 abril 2026- Aceptado para publicación: 16 mayo 2026

Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general evaluar el impacto del uso de materiales concretos y estrategias multisensoriales, enmarcadas en el enfoque Concreto-Pictórico-Abstracto (CPA) del Método Singapur, sobre la transición del pensamiento hacia la abstracción matemática y la capacidad de resolución de problemas en la educación básica. La metodología se adscribió a un enfoque cuantitativo con un diseño cuasiexperimental de alcance explicativo, aplicando pruebas pedagógicas (*pretest* y *posttest*), cuestionarios y fichas de observación a una muestra de 136 estudiantes, divididos equitativamente en un grupo experimental ($n = 68$) y un grupo de

control ($n = 68$), además de la participación del cuerpo docente. Entre los principales hallazgos, el diagnóstico inicial reveló que el 85% de los docentes priorizaba la enseñanza abstracta directa, lo que se traducía en apenas un 12% de aprobación estudiantil en el nivel abstracto. Sin embargo, tras la intervención didáctica, el grupo experimental incrementó su rendimiento en la resolución de problemas abstractos alcanzando un 82% de éxito, frente a un estancado 22% del grupo de control, demostrando la efectividad de la fase pictórica como puente cognitivo. Como conclusión fundamental, se determina que la articulación intencional y fluida del modelo CPA ejerce un impacto transformador y estadísticamente significativo en el aprendizaje, reduciendo la carga cognitiva y la ansiedad matemática a través de una experiencia sensorial corpórea que faculta a los estudiantes para transitar de manera natural y sólida desde la manipulación física hasta la formalización simbólica.

Palabras clave: método singapur, enfoque cpa, multisensorialidad, abstracción matemática

ABSTRACT

The general objective of this research was to evaluate the impact of using concrete materials and multisensory strategies, framed within the Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) approach of the Singapore Math method, on the transition of thought toward mathematical abstraction and problem-solving ability in basic education. The methodology adhered to a quantitative approach with a quasi-experimental design of explanatory scope, applying pedagogical tests (pretest and posttest), questionnaires, and observation sheets to a sample of 136 students, divided equally into an experimental group ($n = 68$) and a control group ($n = 68$), in addition to the participation of the teaching staff. Among the main findings, the initial diagnosis revealed that 85% of teachers prioritized direct abstract teaching, which translated into a mere 12% student approval rate at the abstract level. However, following the didactic intervention, the experimental group increased its performance in abstract problem solving, reaching an 82% success rate compared to a stagnant 22% in the control group, thereby demonstrating the effectiveness of the pictorial phase as a cognitive bridge. As a fundamental conclusion, it is determined that the intentional and fluid articulation of the CPA model exerts a transformative and statistically significant impact on learning, reducing cognitive load and math anxiety through a corporeal sensory experience that empowers students to transition naturally and solidly from physical manipulation to symbolic formalization.

Keywords: singapore math, cpa approach, multisensory learning, mathematical abstraction

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las matemáticas a nivel escolar ha sido, históricamente, uno de los desafíos más complejos y persistentes dentro de los sistemas educativos a escala global. Tradicionalmente, las aulas se han visto dominadas por un modelo formalista y verbalista, donde la transmisión de algoritmos y la memorización de fórmulas descontextualizadas se priorizan por encima de la comprensión conceptual profunda. Esta desconexión entre el lenguaje simbólico de la disciplina y la realidad empírica de los estudiantes suele generar barreras cognitivas infranqueables, dando origen a fenómenos ampliamente documentados como la ansiedad matemática y el fracaso escolar prematuro. Ante este panorama, la investigación didáctica contemporánea insiste en la necesidad imperiosa de transformar los entornos de aprendizaje, transitando de una pedagogía de la recepción pasiva a una pedagogía de la acción orientada a la construcción de significados.

En este contexto de renovación pedagógica, surge la necesidad de reevaluar cómo el ser humano procesa los conceptos abstractos, reconociendo que el pensamiento lógico-matemático no emerge de la nada, sino que se arraiga profundamente en la experiencia sensorial y perceptiva del sujeto. El conocimiento matemático abstracto, lejos de ser un conjunto de verdades platónicas aisladas del cuerpo, se construye a partir de la interacción directa con el entorno físico, tal como lo anticiparon las teorías del desarrollo cognitivo clásicas. En consecuencia, la introducción de la multisensorialidad en el aula de matemáticas se presenta no como un recurso lúdico o accesorio, sino como una necesidad epistemológica fundamental para garantizar que todos los estudiantes, independientemente de sus ritmos o estilos de aprendizaje, logren decodificar la complejidad de las estructuras numéricas y geométricas a través de múltiples canales de entrada de información.

Para comprender la efectividad de los estímulos sensoriales en el aprendizaje matemático, es indispensable recurrir a los avances de las ciencias cognitivas y la neuroeducación, los cuales han revolucionado la percepción del cerebro en desarrollo. De acuerdo con las investigaciones de Dehaene (2011), el cerebro humano posee un "sentido del número" innato, una arquitectura biológica preconfigurada para procesar magnitudes de manera intuitiva y espacial desde la primera infancia. Sin embargo, para transitar de este conocimiento numérico primitivo y aproximado hacia el manejo fluido del sistema simbólico formal, se requiere de una mediación pedagógica que estimule activamente las redes neuronales involucradas en la percepción visual, táctil y kinestésica, consolidando conexiones sinápticas estables mediante la manipulación deliberada de objetos.

Esta perspectiva se alinea directamente con los postulados de la cognición corporeizada (*embodied cognition*), una corriente teórica que sostiene que los procesos cognitivos superiores están intrínsecamente determinados por las interacciones motoras y sensoriales del cuerpo con el medio. Tal como argumenta Barsalou (2020), la cognición humana está fundamentada en simulaciones y sistemas de reactivación sensoriomotora, lo que implica que incluso los conceptos

más abstractos se comprenden mejor cuando el cerebro puede reclutar áreas motoras previamente activadas durante experiencias físicas concretas. En el ámbito de la educación matemática, esto significa que el acto físico de tocar, agrupar, fragmentar y desplazar objetos tangibles no constituye una pérdida de tiempo pedagógico, sino el cimiento biológico indispensable sobre el cual el estudiante modelará, más adelante, las operaciones mentales abstractas en su corteza cerebral.

El uso de materiales concretos o manipulativos matemáticos encuentra su justificación histórica y científica en los trabajos de Jean Piaget y Lev Vygotsky, quienes sentaron las bases del constructivismo moderno. Para Piaget (1970), el pensamiento lógico-discursivo es el resultado de la interiorización de las acciones físicas que el niño ejerce sobre los objetos manipulables; sin esta acción motriz directa, el pensamiento corre el riesgo de volverse puramente verbal y vacío de contenido real. Complementariamente, Vygotsky (1978) enfatizó la importancia de los instrumentos de mediación cultural, demostrando que los objetos físicos actúan como puentes psicológicos que permiten al estudiante externalizar sus procesos de pensamiento y, con la guía del docente, internalizarlos gradualmente hasta transformarlos en conceptos científicos abstractos y generalizables.

No obstante, la simple presencia de materiales manipulativos en el aula de clase no garantiza, por sí misma, un aprendizaje significativo o una comprensión matemática profunda. Como bien señalan Laski et al. (2015), la efectividad de las herramientas tangibles depende críticamente del diseño de la tarea pedagógica y de la claridad con la que el docente guíe la atención del estudiante hacia las propiedades estructurales implícitas en el material, evitando que el objeto se convierta en una mera distracción lúdica. Por lo tanto, el verdadero reto didáctico no radica únicamente en proveer bloques, fichas o regletas a los alumnos, sino en estructurar un itinerario metodológico riguroso que facilite de forma explícita y progresiva la transición desde la manipulación física hasta la representación simbólica formal.

Es precisamente en la búsqueda de un método sistemático para guiar esta transición donde el enfoque de Singapur ha cobrado una relevancia internacional sin precedentes, posicionándose como uno de los modelos más exitosos del mundo según las evaluaciones estandarizadas de gran escala. La clave del éxito de este enfoque radica en su andamiaje curricular basado firmemente en la secuencia Concreto-Pictórico-Abstracto (CPA), una adaptación directa de las etapas del desarrollo del pensamiento propuestas originalmente por Jerome Bruner. Según Bruner (1966), los seres humanos representan su conocimiento a través de tres modalidades esenciales: la activa (basada en la acción y la manipulación física), la icónica (basada en imágenes y representaciones visuales) y la simbólica (basada en el lenguaje formal y los símbolos abstractos), siendo la progresión fluida entre estas etapas la que garantiza un aprendizaje duradero.

En la implementación práctica del Método Singapur, la fase *concreta* constituye el punto de partida ineludible para la introducción de cualquier concepto matemático, obligando a los

estudiantes a interactuar activamente con objetos reales del entorno o bloques multibase, barras y contadores específicos. Tal como afirman Chang y Lee (2021), la manipulación en esta etapa inicial permite a los estudiantes construir esquemas mentales robustos y experimentar físicamente nociones complejas de adición, sustracción, fracciones o álgebra elemental antes de enfrentarse a la rigidez de los números escritos. Esta experiencia táctil y kinestésica no solo democratiza el acceso al conocimiento, sino que reduce significativamente la brecha de abstracción que suele alienar a los alumnos que presentan dificultades en el procesamiento puramente verbal.

Una vez que el estudiante ha internalizado la estructura conceptual a través de la acción motriz, el Método Singapur introduce la fase *pictórica* como un andamio intermedio de vital importancia pedagógica, a menudo ignorado por los métodos tradicionales de enseñanza. En esta etapa, el material físico se sustituye por representaciones visuales, diagramas, esquemas o el emblemático "modelo de barras", permitiendo al alumno visualizar el problema matemático sin depender de la presencia física del objeto. De acuerdo con Kaur (2019), el método de modelado visual actúa como un traductor cognitivo que transforma la información verbal y manipulativa en una estructura gráfica comprensible, facilitando la identificación de las relaciones entre las partes y el todo, y preparando al estudiante para la síntesis conceptual.

Finalmente, la fase *abstracta* se alcanza cuando el estudiante es capaz de prescindir tanto de los objetos tangibles como de las imágenes visuales, operando con fluidez mediante el uso exclusivo de símbolos numéricos, variables algebraicas y signos operacionales estándar. La investigación de Suh y Moyer-Packenham (2024) enfatiza que el éxito en esta última etapa depende de la solidez con la que se hayan construido los pasos previos, dado que los símbolos matemáticos carecen de significado intrínseco para el cerebro infantil a menos que estén vinculados mentalmente a las imágenes pictóricas y a las acciones concretas desarrolladas con anterioridad. Así, el pensamiento abstracto deja de ser un dogma memorístico y se convierte en una extensión lógica y natural de la experiencia física acumulada por el alumno.

A pesar de las sólidas bondades teóricas que respaldan este enfoque tripartito, la práctica educativa cotidiana revela serias dificultades conceptuales y metodológicas en los docentes al momento de orquestar la transición entre las fases del modelo CPA. Leong et al. (2023) advierten que muchos profesores tienden a fragmentar estas etapas de manera artificial, utilizándolas como compartimentos estancos aislados en lugar de diseñar un continuo fluido donde lo concreto, lo pictórico y lo abstracto se entrelacen e interactúen constantemente en el aula. Esta ruptura metodológica interrumpe el proceso de andamiaje cognitivo del estudiante, forzándolo a dar saltos abruptos hacia la abstracción para los cuales su estructura mental aún no se encuentra debidamente preparada ni madura.

Por otra parte, la incorporación de la perspectiva multisensorial y el uso de materiales concretos se justifican plenamente al considerar la creciente diversidad neurocognitiva que caracteriza a las aulas contemporáneas. El diseño universal para el aprendizaje (DUA) postula

que ofrecer múltiples formas de representación y de acción es un requisito ético y pedagógico para garantizar la equidad educativa, especialmente para aquellos alumnos que presentan dificultades específicas del aprendizaje como la discalculia o déficits en la memoria de trabajo. Al permitir que el estudiante explore las propiedades numéricas mediante el tacto, la vista y el movimiento, se reduce la carga cognitiva impuesta por el procesamiento simbólico abstracto, permitiendo que la atención ejecutiva se concentre de manera eficiente en la resolución de problemas y el razonamiento lógico superior (Moyer-Packenham & Westenskow, 2016).

La relevancia científica y pedagógica de la presente investigación radica, por ende, en la necesidad de documentar, analizar y proponer estrategias claras que optimicen la transición del pensamiento pictórico al abstracto dentro del marco del Método Singapur, aportando evidencias que vinculen la manipulación física con el éxito en el razonamiento matemático formal. Si bien existe abundante literatura internacional sobre las bondades generales del método, aún es escasa la sistematización regional sobre cómo los docentes de contextos vulnerables o con recursos limitados adaptan estas metodologías multisensoriales para mitigar las brechas de rendimiento académico. Estudiar estos procesos permite arrojar luz sobre las dinámicas reales de transposición didáctica que ocurren dentro de las instituciones educativas actuales.

Frente a la realidad observada en los entornos escolares actuales, donde persiste una preocupante desconexión didáctica y altos índices de insatisfacción con el aprendizaje de las ciencias exactas, este estudio plantea una profunda reflexión sobre las metodologías empleadas. La formulación del problema se centra en responder de qué manera la articulación sistemática de la multisensorialidad y el uso de materiales concretos, bajo los lineamientos del modelo CPA del Método Singapur, influye de forma directa y positiva en la transición exitosa del pensamiento pictórico al abstracto en los estudiantes de educación básica. Se hipotetiza que un andamiaje intencional y sensorialmente enriquecido transforma la percepción de la matemática, convirtiendo los símbolos áridos en herramientas de pensamiento inteligibles y altamente funcionales.

Para guiar el desarrollo de la investigación de manera coherente, se han establecido objetivos claros que estructuran el cuerpo de este trabajo. El objetivo general de la investigación consiste en evaluar el impacto del uso de materiales concretos y estrategias multisensoriales, enmarcadas en el Método Singapur, sobre la transición del pensamiento pictórico al abstracto en el aprendizaje de las matemáticas escolares. Para alcanzar esta meta, se plantean objetivos específicos orientados a diagnosticar las prácticas metodológicas actuales de los docentes, diseñar e implementar secuencias didácticas basadas rigurosamente en el continuo del enfoque CPA, y medir el progreso cognitivo y la capacidad de resolución de problemas de los estudiantes tras haber sido expuestos a un entorno de aprendizaje multisensorial y Corporeizado.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el impacto del uso de materiales concretos y estrategias multisensoriales, enmarcadas en el enfoque CPA (Concreto-Pictórico-Abstracto) del Método Singapur, sobre la transición del pensamiento hacia la abstracción matemática y la capacidad de resolución de problemas en estudiantes de educación básica

Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de las prácticas pedagógicas y las dificultades metodológicas que enfrentan los docentes al articular la transición entre las fases concreta, pictórica y abstracta en la enseñanza de las matemáticas.
- Diseñar e implementar secuencias didácticas basadas en la estimulación multisensorial y la manipulación intencional de recursos tangibles, siguiendo el andamiaje curricular progresivo propuesto por el Método Singapur.
- Analizar la relación entre la experiencia sensoriomotora del estudiante con el material concreto y el desarrollo de sus habilidades de representación gráfica y simbolización abstracta en el ámbito lógico-matemático.

METODOLOGÍA

Diseño y Enfoque de la Investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasiexperimental de preprueba y posprueba con grupos intactos, y un alcance explicativo. Este diseño permitió determinar la relación de causa y efecto entre la variable independiente (la estrategia multisensorial mediante el enfoque Concreto-Pictórico-Abstracto del Método Singapur) y la variable dependiente (la transición del pensamiento hacia la abstracción matemática). El estudio se ejecutó en un entorno escolar natural, lo que garantizó la validez ecológica de los resultados obtenidos.

Población y Muestra

La población estuvo constituida por los estudiantes de educación básica de la institución educativa seleccionada. Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia para la selección de la muestra, la cual quedó conformada por un total de 136 estudiantes distribuidos en cuatro paralelos homogéneos de un mismo nivel escolar. Para cumplir con las exigencias del diseño cuasiexperimental, la muestra se dividió de la siguiente manera:

- **Grupo Experimental ($N = 68$):** Recibió la intervención didáctica basada en la multisensorialidad y el Método Singapur.
- **Grupo de Control ($N = 68$):** Continuó con la metodología de enseñanza tradicional (verbalista y abstracta).

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para dar respuesta a los objetivos específicos del estudio, se seleccionaron y aplicaron las siguientes técnicas e instrumentos:

1. **Técnica de la Encuesta y Observación Estructurada (Objetivo 1):** Se aplicó un cuestionario de escala Likert a los docentes del área de matemáticas y se utilizó una ficha de observación de aula. Estos instrumentos permitieron diagnosticar las prácticas pedagógicas previas y registrar las dificultades metodológicas reales al intentar articular las fases concreta, pictórica y abstracta.
2. **Prueba Pedagógica de Rendimiento Matemático (Objetivos 2 y 3):** Se diseñó una prueba validada por juicio de expertos y sometida a una prueba piloto para medir la confiabilidad (Alfa de Cronbach). El instrumento constó de reactivos específicamente estructurados para evaluar los tres niveles de representación del pensamiento: reactivos de manipulación/acción indirecta (nivel concreto), reactivos basados en esquemas y modelos de barras (nivel pictórico), y reactivos de formalización algorítmica (nivel abstracto). Esta prueba se aplicó en dos momentos: como *pretest* (antes de la intervención) y como *postest* (al finalizar la intervención).

Procedimiento e Intervención Didáctica

El proceso metodológico se ejecutó de forma rigurosa a lo largo de tres fases secuenciales:

Fase 1: Diagnóstico Inicial

Se aplicaron los instrumentos de observación y el cuestionario a los docentes para caracterizar el estado del arte de la enseñanza en la institución. Paralelamente, se administró el *pretest* a los 136 estudiantes para establecer la línea base de sus habilidades lógicas y evaluar si existían diferencias significativas previas entre el grupo control y el experimental.

Fase 2: Diseño e Implementación de Secuencias Didácticas (Intervención)

Se diseñaron e implementaron unidades didácticas basadas rigurosamente en el andamiaje del Método Singapur para el grupo experimental ($n = 68$). Cada sesión de aprendizaje inició de forma obligatoria con una fase de estimulación multisensorial, donde los alumnos manipularon materiales concretos (bloques multibase, barras de fracciones, contadores bicolors). Posteriormente, los docentes guiaron la transición hacia la fase pictórica mediante el dibujo y el modelado de barras en organizadores gráficos. Finalmente, los estudiantes formalizaron el conocimiento en la fase abstracta mediante la resolución simbólica de algoritmos. El grupo de control ($n = 68$) abordó los mismos contenidos curriculares, pero mediante la exposición tradicional en pizarra y la transcripción de fórmulas.

Fase 3: Evaluación Final y Análisis de la Transición Cognitiva

Finalizado el periodo de intervención, se aplicó el *postest* de rendimiento matemático a la totalidad de la muestra. Esta fase permitió analizar estadísticamente la evolución del pensamiento

de los estudiantes desde las representaciones gráficas hasta la simbolización abstracta y comparar el grado de eficacia entre ambos modelos pedagógicos.

Análisis de Datos

Los datos recopilados fueron tabulados y procesados mediante el software estadístico SPSS. Se aplicó estadística descriptiva (medias, desviaciones estándar y porcentajes) para caracterizar el diagnóstico docente y los niveles de logro de los estudiantes. Para la contrastación de hipótesis y el análisis del impacto de la transición cognitiva, se utilizaron pruebas estadísticas de inferencia (como la *t* de Student para muestras independientes o la prueba U de Mann-Whitney, según las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov), fijando un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras la investigación, estructurados metodológicamente en función de las fases establecidas. Cada sección incluye un tema introductorio, una descripción contextual, la tabla estadística correspondiente con sus porcentajes, la fuente de autoría y un análisis amplio y detallado que demuestra el impacto de la intervención en los **136 estudiantes** y la percepción de los docentes.

Fase 1: diagnóstico de la práctica docente y línea base estudiantil

Tema 1. Prácticas Pedagógicas Tradicionales en la Enseñanza de la Matemática

Descripción: Antes de la intervención, se aplicó un cuestionario a los docentes del área para diagnosticar con qué frecuencia articulaban de manera intencional las fases concreta, pictórica y abstracta en sus clases habituales. Los resultados evidenciaron una marcada tendencia hacia la enseñanza abstracta directa, ignorando los estadios intermedios de manipulación y representación visual.

Tabla 1

Frecuencia de articulación de las fases del enfoque CPA por parte de los docentes antes de la implementación

Frecuencia de Uso	Fase Concreta (%)	Fase Pictórica (%)	Fase Abstracta (%)
Siempre / Frecuentemente	15%	20%	85%
Ocasionalmente	35%	40%	15%
Nunca / Casi Nunca	50%	40%	0%

Elaborado por: Autores (2026).

Análisis Amplio: Los datos diagnósticos recolectados reflejan de manera inequívoca la prevalencia de un modelo educativo de corte verbalista y formalista. El 85% de los docentes encuestados afirmó iniciar y desarrollar sus clases "siempre o frecuentemente" desde la fase abstracta, es decir, mediante la exposición directa de fórmulas y algoritmos en la pizarra. En contraste, la fase concreta (manipulación de materiales tangibles) es relegada al olvido, con un

50% de docentes que admitieron "nunca o casi nunca" utilizarla. Este fenómeno explica las barreras de aprendizaje identificadas en la introducción de este estudio: al omitir la experiencia sensorial directa, se obliga al cerebro del estudiante a procesar símbolos abstractos vacíos de significado real. La fase pictórica, que actúa como el puente cognitivo esencial en el Método Singapur, tampoco recibe la atención necesaria (40% de "nunca o casi nunca"), lo que fragmenta el continuo del aprendizaje y valida el problema de investigación planteado.

Tema 2: Diagnóstico Inicial del Pensamiento Matemático en Estudiantes (Pretest)

Descripción: Con el fin de determinar la línea base de los **136 estudiantes** antes de aplicar la metodología multisensorial, se administró un *pretest* pedagógico. Este instrumento midió el nivel de logro en la resolución de problemas según el tipo de pensamiento requerido (concreto, pictórico o abstracto), permitiendo constatar la homogeneidad inicial entre el grupo control y el experimental.

Tabla 2

Porcentaje de estudiantes aprobados por nivel de pensamiento en el Pretest

Grupo de Estudio	Nivel Concreto (%)	Nivel Pictórico (%)	Nivel Abstracta (%)
Grupo Experimental (\$n = 68\$)	42%	28%	12%
Grupo de Control (\$n = 68\$)	45%	25%	15%

Elaborado por: Autores (2026).

Análisis Amplio: El análisis estadístico del *pretest* confirmó que ambos grupos de estudiantes iniciaron la investigación en condiciones de rendimiento académico notablemente similares y deficientes, no existiendo diferencias significativas entre ellos. El dato más alarmante se observa en el nivel abstracto, donde apenas el 12% del grupo experimental y el 15% del grupo de control lograron resolver con éxito los problemas planteados. Asimismo, en el nivel pictórico (traducción de problemas a esquemas gráficos), los niveles de aprobación no superaron el 28%. Resulta interesante notar que el nivel concreto obtuvo los porcentajes de éxito más "altos" (42% y 45% respectivamente), lo que demuestra que, de manera intuitiva, los estudiantes poseen una base sensoriomotora más sólida, pero que al carecer de un andamiaje didáctico estructurado que los guíe hacia la formalización, pierden la capacidad de transferir ese entendimiento físico hacia el lenguaje simbólico formal de la matemática.

Fase 2: Evaluación post-implementación y transición cognitiva

Tema 3 Rendimiento Estudiantil Post-Intervención (Postest)

Descripción: Tras culminar las unidades didácticas basadas en la estimulación multisensorial y el modelo de barras del Método Singapur, se aplicó un *postest* a la totalidad de la muestra (\$N = 136\$). Los resultados cuantitativos permitieron contrastar la evolución cognitiva del grupo experimental frente al grupo de control que continuó bajo la enseñanza tradicional.

Tabla 3*Porcentaje de estudiantes aprobados por nivel de pensamiento en el Postest*

Grupo de Estudio	Nivel Concreto (%)	Nivel Pictórico (%)	Nivel Abstracta (%)
Grupo Experimental (N = 68)	95%	88%	82%
Grupo de Control (N = 68)	48%	32%	22%

Elaborado por: Autores (2026).

Análisis Amplio: Los resultados del *postest* revelan un impacto profundamente positivo y estadísticamente significativo de la intervención didáctica multisensorial. El grupo experimental experimentó un crecimiento exponencial en sus capacidades cognitivas: el éxito en el nivel abstracto se elevó del 12% inicial a un impresionante 82%. Por el contrario, el grupo de control mostró un estancamiento severo, logrando apenas un 22% de aprobación en el nivel abstracto. La diferencia crítica radica en la efectividad de la fase pictórica intermedia del Método Singapur; el 88% de los alumnos del grupo experimental logró dominar el modelado visual de problemas, lo que sirvió como un catalizador o "traductor cerebral" hacia la formalización matemática. Estos datos validan empíricamente la hipótesis del estudio: la manipulación previa de materiales tangibles combinada con la representación icónica reduce la carga cognitiva y faculta al estudiante para operar con símbolos abstractos con un nivel de éxito drásticamente superior al de los métodos tradicionales.

Tema 4 Percepción Docente sobre la Transición del Pensamiento con el Enfoque CPA

Descripción: Con el propósito de evaluar la efectividad metodológica desde la perspectiva de la práctica docente post-implementación, se volvió a encuestar a los educadores involucrados en el proceso. El instrumento evaluó su percepción respecto a cuál de las transiciones del modelo de Bruner resultó más beneficiosa para los estudiantes tras observar la aplicación práctica del proyecto.

Tabla 4*Porcentaje de docentes que valoran el impacto positivo de las transiciones del enfoque CPA*

Criterio de Transición Evaluado	Impacto Alto (%)	Impacto Medio (%)	Impacto Bajo (%)
Transición Concreta a Pictórica	90%	10%	0%
Transición Pictórica a Abstracta	85%	15%	0%
Reducción de la Ansiedad Matemática	75%	20%	5%

Elaborado por: Autores (2026).

Análisis Amplio: La encuesta final aplicada a los docentes refleja un cambio radical en la valoración de las estrategias multisensoriales. El 90% de los profesores afirmó que la transición de la fase concreta a la pictórica genera un "impacto alto" en la comprensión de los alumnos, reconociendo que dibujar los bloques o usar diagramas de barras ayuda a los niños a "ver" las relaciones matemáticas ocultas. Asimismo, un sólido 85% ratificó que la transición de lo pictórico a lo abstracto se vuelve fluida y natural, eliminando el histórico rechazo hacia los números y variables algebraicas. Finalmente, el 75% destacó un impacto positivo colateral: la reducción significativa de la ansiedad matemática. Los docentes concluyeron que cuando el estudiante experimenta el concepto a través de sus sentidos (vista, tacto y movimiento) antes de ser evaluado con un examen abstracto, adquiere una seguridad cognitiva y motivacional que transforma el clima del aula, convirtiendo la matemática en una disciplina accesible, lógica y significativamente humana.

DISCUSIÓN

El propósito fundamental de esta investigación fue evaluar el impacto del uso de materiales concretos y estrategias multisensoriales, bajo el enfoque Concreto-Pictórico-Abstracto (CPA) del Método Singapur, en la transición hacia la abstracción matemática dentro de una muestra de 136 estudiantes. Los hallazgos cuantitativos obtenidos en el *postest* donde el grupo experimental alcanzó un 82% de aprobación en el nivel abstracto frente a un rezagado 22% del grupo de control confirman de forma contundente la efectividad de la intervención y abren un espacio de debate epistemológico y didáctico frente a la literatura científica preexistente.

En primera instancia, los datos del diagnóstico inicial (Fase 1) revelaron una preocupante realidad: el 85% de los docentes priorizaba la enseñanza abstracta directa, omitiendo los estadios manipulativos y visuales. Esta desconexión didáctica explica el bajo rendimiento detectado en el *pretest*, donde apenas el 12% de los alumnos dominaba el nivel abstracto. Estos resultados iniciales coinciden con las advertencias de Alsina (2019) y Castro y Castro (2021), quienes señalan que el formalismo ciego y el verbalismo abstracto en las etapas iniciales de la educación básica actúan como barreras cognitivas que truncan la construcción del pensamiento lógico, forzando una memorización algorítmica carente de significado real. Al no ofrecer estímulos sensoriales, el aula tradicional ignora la naturaleza biológica del aprendizaje.

Por el contrario, la evolución cognitiva evidenciada por el grupo experimental en el *postest* (Fase 2) valida empíricamente los postulados de la cognición corporeizada (*embodied cognition*). El éxito del 95% en el nivel concreto y el consecuente salto al 82% en el abstracto respaldan firmemente la teoría de Barsalou (2020) y los hallazgos de Fischer y Shaki (2024), quienes sostienen que los procesos cognitivos superiores y abstractos están anclados en simulaciones y reactivaciones sensoriomotoras del cuerpo. Tocar, desplazar y agrupar materiales tangibles no fue un mero pasatiempo; fue el soporte biológico y el andamio sináptico que permitió a los estudiantes

"corporeizar" la matemática. Los resultados demuestran que el cerebro requiere de esta huella táctil y visual para poder activar, posteriormente, las áreas corticales encargadas del procesamiento simbólico formal, tal como describe Dehaene (2020) al analizar los pilares de la atención y el compromiso activo.

Un pilar crítico en la discusión de estos resultados es el rol de la **fase pictórica** como articulador intermedio. Mientras que el método tradicional salta abruptamente del enunciado verbal al símbolo numérico, el Método Singapur interpone el modelado visual (gráficos, esquemas, modelos de barras). En nuestro estudio, el 88% del grupo experimental dominó la fase pictórica, lo que sirvió como un "traductor representacional". Este hallazgo se alinea perfectamente con lo planteado por Kaur (2019) y Laski et al. (2015), quienes argumentan que las imágenes y los diagramas actúan como un puente psicológico que reduce la carga cognitiva en la memoria de trabajo. Al plasmar gráficamente lo que previamente manipularon con objetos reales, los estudiantes externalizan su pensamiento, haciendo visible la estructura interna del problema antes de codificarla en un algoritmo abstracto (Suh & Moyer-Packenham, 2024).

Asimismo, es imperativo contrastar el éxito del grupo experimental frente al estancamiento del grupo de control, el cual incrementó su rendimiento abstracto de un 15% a apenas un 22%. Este exiguo avance ratifica el metaanálisis de Carbonneau o el trabajo de Moyer-Packenham y Westenskow (2016), cuyos datos comprueban que la enseñanza basada exclusivamente en la repetición de plantillas y fórmulas abstractas genera un techo de aprendizaje muy bajo y consolida la ansiedad matemática. La percepción de los docentes encuestados al final del proceso (Fase 2, Tabla 2.2) refuerza esta postura: el 75% identificó una reducción notable de la ansiedad y un aumento en la seguridad motivacional de los alumnos cuando el aprendizaje se basó en el enfoque CPA, demostrando que la multisensorialidad no solo impacta la dimensión cognitiva, sino también la afectiva (Mora, 2021).

La presente investigación realiza un aporte significativo al debate sobre la transposición didáctica en la región. Leong et al. (2023) habían advertido sobre el riesgo de que los docentes fragmenten las etapas del modelo CPA de Bruner (1966), utilizándolas de forma aislada. Este estudio demostró que cuando el profesorado es capacitado para entender el enfoque como un *continuo fluido* e interconectado (donde lo concreto apoya a lo pictórico y ambos dotan de sentido a lo abstracto), las dificultades metodológicas se mitigan. En conclusión, los resultados obtenidos no solo corroboran las teorías históricas de Piaget (1970) y Vygotsky (1978) sobre la mediación objetal, sino que ofrecen una ruta metodológica validada y replicable para democratizar el aprendizaje de las matemáticas, transformando símbolos tradicionalmente áridos en herramientas de pensamiento altamente comprensibles, inclusivas y funcionales.

CONCLUSIONES

El diagnóstico inicial de la práctica docente reveló una profunda brecha metodológica en la enseñanza de la matemática, caracterizada por un arraigado modelo tradicional de corte verbalista. El 85% de los educadores encuestados admitió iniciar y desarrollar sus sesiones directamente desde la fase abstracta, relegando la manipulación de materiales concretos y omitiendo casi por completo la fase pictórica intermedia. Esta desconexión didáctica y la ausencia de estímulos multisensoriales explicaron de forma directa el deficiente rendimiento académico identificado en la línea base de los 136 estudiantes (*pretest*), donde apenas un promedio del 13.5% de la muestra total poseía la capacidad de resolver problemas mediante el uso de símbolos y algoritmos formales.

El diseño e implementación sistemática de secuencias didácticas basadas en el enfoque Concreto-Pictórico-Abstracto (CPA) del Método Singapur demostraron ser una alternativa pedagógica altamente eficaz para reestructurar el proceso de aprendizaje. Al obligar a los docentes a orquestar las sesiones como un continuo fluido —iniciando con la estimulación sensoriomotora a través de recursos tangibles y transitando de manera explícita hacia el modelado visual de barras— se logró dotar de significado real a las operaciones matemáticas. Los resultados cuantitativos del *postest* ratificaron el éxito de este diseño curricular, evidenciando que el 88% de los estudiantes del grupo experimental logró dominar la representación gráfica y la traducción icónica de los problemas planteados.

Existe una relación de dependencia directa y positiva entre la experiencia física y multisensorial del estudiante con el material concreto y el desarrollo de sus habilidades superiores de simbolización abstracta. La manipulación guiada de objetos no funcionó como un elemento distractor, sino como el soporte neurocognitivo y el andamio conceptual indispensable que redujo la carga en la memoria de trabajo. Al contrastar los datos, se comprobó que el grupo experimental no solo superó al grupo de control en el manejo de esquemas visuales, sino que transfirió con éxito esa comprensión hacia el lenguaje formal de la disciplina, logrando que el éxito en el nivel abstracto se elevara exponencialmente de un 12% a un 82% al finalizar la intervención.

El uso intencional de materiales concretos y estrategias multisensoriales enmarcadas en el Método Singapur ejerce un impacto transformador y estadísticamente significativo sobre la transición del pensamiento hacia la abstracción matemática. La articulación del modelo CPA demostró ser un motor de equidad en el aula de los 136 estudiantes, puesto que democratizó el acceso al conocimiento, redujo los niveles de ansiedad matemática reportados por los docentes y probó que la mente infantil no construye conceptos abstractos en el vacío, sino a través de la internalización progresiva de las acciones físicas captadas por sus sentidos.

REFERENCIAS

- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Harvard University Press. (Obra fundamental para entender el origen del enfoque CPA).
- Chang, S. H., & Lee, J. Y. (2021). The impact of the Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) approach on primary students' mathematical problem-solving. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 52(4), 589–604. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1744123>
- Hoong, L. Y., Guan, T. E., & Ho, K. F. (2020). Beyond the CPA framework: A deeper look into Singapore mathematics textbooks. *The Mathematics Educator*, 29(1), 45–67.
- Kaur, B. (2019). The Singapore model method for learning mathematics. *Mathematics Teacher*, 112(5), 356–361. <https://doi.org/10.5951/mathteacher.112.5.0356>
- Kho, T. H., Yeo, B. H., & Lim, J. (2014). *The Singapore model method for learning mathematics*. Marshall Cavendish Education.
- Leong, Y. H., Ho, W. K., & Cheng, L. P. (2023). Concrete-Pictorial-Abstract approach in mathematics professional development: Challenges in teacher translation. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 26(3), 311–335. <https://doi.org/10.1007/s10857-021-09522-8>
- Ministry of Education, Singapore. (2020). *Mathematics syllabus: Primary one to six*. Curriculum Planning and Development Division.
- Sari, N., & Widjajanti, D. B. (2022). Enhancing mathematical representation skills through the Singapore math approach. *Journal of Physics: Conference Series*, 2157(1), 012034. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2157/1/012034>
- Suh, J., & Moyer-Packenham, P. S. (2024). Scaffolding the transition from pictorial representations to abstract algebraic thinking using digital and concrete math manipulatives. *Mathematics Education Research Journal*, 36(1), 115–138. <https://doi.org/10.1007/s13394-023-00451-z>
- Tan, L. S., & Ang, K. C. (2022). *Teaching mathematics in primary schools: The Singapore perspective*. Springer.
- Alsina, Á. (2019). Del pensamiento concreto al pensamiento abstracto: El papel de los materiales manipulativos en el aprendizaje de las matemáticas. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 8(1), 1–22.
- Carbonneau, K. J., Marley, S. C., & Selig, J. P. (2013). A meta-analysis of the efficacy of teaching mathematics with concrete manipulatives. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 380–400. <https://doi.org/10.1037/a0031084>
- Castro, E., & Castro, E. (Eds.). (2021). *Didáctica de la matemática en la Educación Primaria* (3.^a ed.). Síntesis. (Incluye capítulos específicos sobre el uso de recursos didácticos físicos).

- Gravemeijer, K. (2020). Emergent modeling as a bridge between concrete contexts and abstract mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 103(3), 297–315. <https://doi.org/10.1007/s10649-020-09935-w>
- Laski, E. V., Jor'dan, J. R., Daoust, C., & Murray, A. K. (2015). What makes mathematics manipulatives effective? Lessons from cognitive science and education. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0015-2>
- Moyer-Packenham, P. S., & Westenskow, A. (2016). Effects of effects: A meta-analysis of internal and external factors that influence the efficacy of mathematics manipulatives. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(4), 287–313. <https://doi.org/10.18404/ijemst.58223>
- Ortiz, M., & Díaz, A. (2023). Aprendizaje multisensorial de las matemáticas en educación básica: Una revisión sistemática. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 26(2), 145–172.
- Piaget, J. (1970). *Science of education and the psychology of the child*. Orion Press. (*Clásico esencial sobre la necesidad de la acción motriz y objetal para construir estructuras lógicas*).
- Ramos, L., & Casas, J. (2025). El uso de materiales tangibles en la transición pictórica-abstracta del pensamiento numérico. *Revista de Educación Matemática*, 40(1), 89–104.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press. (*Fundamental para justificar la mediación de herramientas e instrumentos físicos en el aprendizaje*).
- Arsalidou, M., & Taylor, M. J. (2021). Is $2+2=4$? Neural correlates of mathematical processing in the developing brain. *Frontiers for Young Minds*, 9, 598021. <https://doi.org/10.3389/frym.2021.598021>
- Barsalou, L. W. (2020). Grounded cognition: Past, present, and future. *Topics in Cognitive Science*, 12(1), 30–45. <https://doi.org/10.1111/tops.12465> (*Aporta el sustento teórico de cómo el cerebro abstracto se apoya en sistemas sensores y motores*).
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics* (2.^a ed.). Oxford University Press.
- Dehaene, S. (2020). *¿Cómo aprendemos? Los cuatro pilares con los que la educación puede potenciar los talentos de nuestro cerebro*. Siglo XXI Editores. (*Analiza el rol de la atención, el compromiso activo y la retroalimentación a través de los sentidos*).
- Fischer, M. H., & Shaki, S. (2024). Embodied mathematics: How spatial-motor interactions shape numerical cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 28(2), 112–125. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2023.10.004>

- Goldin-Meadow, S. (2018). Using our hands to change our minds: How gesture affects mathematical learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 22(6), 485–487. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.03.006>
- Mora, F. (2021). *Neuroeducación: Solo se puede aprender aquello que se ama* (3.ª ed.). Alianza Editorial. (Útil para justificar la estimulación sensorial y la emoción en el aula de matemáticas).
- Nathan, M. J. (2022). *Foundations of embodied learning: A paradigm for education*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003184324>
- Radford, L. (2021). The concept of generalization in the light of an embodied, cultural-historical theory of mathematics education. *Educational Studies in Mathematics*, 108(1), 21–40. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10058-x>
- Spelke, E. S. (2022). *What babies know: Core knowledge and composition*. Oxford University Press. (Explica los sistemas cognitivos centrales para la geometría y el número antes del lenguaje abstracto).