

APPLICATION OF NEUROSCIENTIFIC PRINCIPLES IN THE TEACHING OF THE INTEGER NUMBERS.

By Fabio Andrés Molano Sánchez

Summary

The purpose of the article is to communicate the results using principles of neuroscience to design a didactic proposal for the teaching of integer numbers in seventh grade students of a school in Girón (Santander). The proposal is based mainly on two studies: one on sensomotor skills(Sequential Neural Processes in Abacus Mental Addition: An EEG and fMRI Case Study) and the other on visual skills(Logographic Kanji versus Phonographic Kana in Literacy Acquisition. How Important Are Visual and Phonological Skills?). These principles were articulated pedagogically from the idea of "mathematical systems" proposed by Carlos Eduardo Vasco in which the system of integers composed of its own elements, operations and relations, is taught starting with the concrete systems, continuing with the Conceptual systems and finally conclude with symbolic systems. After applying the proposal, improvements in the learning of integer numbers are evident, especially in the concrete system, but in the short term.

APLICACIÓN DE PRINCIPIOS NEUROCIÉNTÍFICOS EN LA ENSEÑANZA DE LOS NÚMEROS ENTEROS.

Resumen

El propósito del artículo es comunicar los resultados al utilizar principios de la neurociencia para diseñar una propuesta didáctica para la enseñanza de los números enteros en estudiantes del grado séptimo de un colegio de Girón (Santander). La propuesta se basa principalmente en dos estudios: uno sobre las habilidades sensomotrices (Sequential Neural Processes in Abacus Mental Addition: An EEG and fMRI Case Study) y el otro sobre las habilidades visuales (Logographic Kanji versus Phonographic Kana in Literacy Acquisition. How

Important Are Visual and Phonological Skills?). Estos principios se articularon pedagógicamente a partir de la idea de “sistemas matemáticos” propuesta por Carlos Eduardo Vasco en la que el sistema de los números enteros compuesto por sus propios elementos, operaciones y relaciones, se enseña comenzando por los sistemas concretos, continuando con los sistemas conceptuales y finalmente concluir con los sistemas simbólicos. Luego de aplicar la propuesta se evidencian mejoras en el aprendizaje de los números enteros sobre todo en el sistema concreto pero a corto plazo.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, los lineamientos curriculares de matemáticas se han basado fuertemente en los conceptos generados por el doctor Carlos Eduardo Vasco quien ha encabezado diferentes comisiones con el fin de encausar hacia un mismo objetivo la educación matemática en la educación básica y media (ACCEFEN, 2016)

El enfoque utilizado por el doctor Vasco se estructura a partir de la idea de entender las matemáticas como una serie de elementos que tienen unas relaciones internas que son más importantes que el agrupamiento en términos de conjunto. A esto lo denominó enfoque de sistemas (Vasco, 1985)

Vasco también propone

“distinguir cuidadosamente entre el sistema simbólico (que se escribe, se pinta o se habla), el sistema conceptual (que se piensa, se construye, se elabora mentalmente) y los sistemas concretos (de donde los niños pueden sacar los conceptos esperados).” (Vasco, 1985)

Estos tres sistemas están conectados pedagógicamente mediante la triada conformada por los conocimientos básicos, los procesos mentales y el contexto de aplicación de lo aprendido (MEN, 1998).

Dentro de los cinco grandes grupos de conocimientos básicos, el primero es el pensamiento numérico y sistemas numéricos. Dentro de este grupo está el tema de los números enteros.

Los números enteros son fundamentales para la construcción conceptual del aprendizaje de otros temas del programa del área: funciones, dominio, rango, estadística, álgebra, representaciones gráficas, matemáticas contables, etc. Su importancia es validada por la incorporación de esta temática dentro de los derechos básicos de aprendizaje, específicamente en los que atañen al grado sexto y séptimo de la educación básica (www.colombiaaprende.edu.co).

La falta en el dominio de ese tema desestabiliza el aprendizaje de los antes mencionados, demorando o impidiendo el desarrollo de las competencias matemáticas más complejas, saliendo de la educación básica y extendiéndose hasta el nivel universitario. Los problemas que subsisten hasta este nivel se relacionan con “calcular raíces de sumas y/o restas de números enteros, realizar operaciones combinadas con números enteros y con resolver potencias con exponentes enteros negativos.”(Pochulu, s.f. p.p 9).

El segundo elemento de la triada pedagógica es el de los procesos mentales. Entre ellos, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) señala que uno de los procesos es el de

“Utilizar diferentes registros de representación o sistemas de notación simbólica para crear, expresar y representar ideas matemáticas; para utilizar y transformar dichas representaciones y, con ellas, formular y sustentar puntos de vista. Es decir dominar con fluidez distintos recursos y registros del lenguaje cotidiano y de los distintos lenguajes matemáticos.” (MEN, 2004,p.p 51)

Los números enteros es uno de los muchos temas que se sustentan en los sistemas de representación y es quizás aquí donde se presenta la mayor debilidad por parte de los estudiantes: en la ausencia o mínima capacidad de cambiar de sistemas de representación. A propósito de esto señala Duval que “en

matemáticas,..., poder cambiar de sistema de representación es una exigencia cognitiva absolutamente necesaria y fundamental” (Duval, 1999,p.p 18).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se ha pensado en un proyecto de investigación que tenga como propósito ayudar a la comprensión de los números enteros y su aritmética básica en estudiantes de grado séptimo, mediante la utilización de diferentes actividades enfocadas en los sistemas de representación y apoyadas en conceptos neurocientíficos relacionados con la memoria visual y las habilidades perceptivo-motrices.

METODOLOGÍA

La neurociencia actual es capaz de obtener imágenes del funcionamiento cerebral para detectar las diferencias cuando se leen ideogramas del chino,coreano o japonés y cuando se leen abecedarios del inglés, el francés o el inglés.

Ayudados con esta ciencia se pueden apreciar las diferentes habilidades requeridas para dominar una lengua logográfica como el japonés o el chino frente a las habilidades necesarias para el correcto uso de una lengua fonográfica. Un estudio de la Universidad de Oxford y de la Universidad de Birmingham (Koyama, Hansen, & Stein, 2008) comparó el sistema de escritura japonés fonográfico denominado "Kana" y el sistema logográfico "kanji" para evaluar la contribución fonológica y el procesamiento visual para la alfabetización en estas dos diferentes formas de escribir para el mismo language.

En el primer grado de escolarización se deben aprender 80 kanjis; ya para el sexto grado se deben haber aprendido 1006 con 2005 pronunciaciones diferentes. (Koyama, Hansen, & Stein, 2008)

Koyama et al (2008) encontraron que el “nivel de suficiencia en la alfabetización por la escritura Kana se predijo de manera significativa por el procesamiento sensorial de bajo nivel (tanto en frecuencia auditiva, sensibilidad de modulación y sensibilidad de movimiento visual), así como la conciencia fonológica, pero no por

la memoria visual.” Este resultado es en gran medida coherente con estudios anteriores en otras escrituras fonográficas como el español o el inglés.

Por el contrario, el nivel de alfabetización Kanji fue “fuertemente predicho por las habilidades relacionadas con la memoria visual pero no por otras habilidades de procesamiento sensorial y de la conciencia fonológica.”

Si se hace un paralelo de la escritura kanji con el sistema simbólico utilizado para las matemáticas basado en la polisemia de un mismo signo (número, paréntesis, operadores lógicos) y la complejidad de la construcción gráfica del signo, se puede pensar que, así como las habilidades para leer en el sistema kanji se ven potenciadas por un gran desarrollo de la memoria visual, así también la comprensión de la escritura matemática se pueden mejorar de la misma manera.

La memoria visual es entonces una estructura cognitiva que impacta fuertemente en el dominio de lenguajes logográficos. Y aunque las matemáticas no son un lenguaje utiliza simbolizaciones que requieren movilizaciones funcionales del mismo tipo que lo hacen idiomas como el coreano, el chino o el japonés. Por lo tanto de la misma forma en que una mejora en la memoria visual de corto y largo plazo mejora el proceso lector de pictogramas y logogramas, así también se pueden mejorar los procesos de notación y comunicación en las matemáticas de los estudiantes del colegio Facundo Navas Mantilla.

Estos resultados junto con la premisa de que la comunicación matemática debe abordarse como se hace con escrituras logográficas definen mayormente la línea de este proyecto: potenciar la memoria visual de corto y largo plazo para mejorar las habilidades comunicativas matemáticas de los estudiantes.

De forma particular este proyecto toma un tema que es complejo para muchos estudiantes como lo es el de los números enteros, que además de las dificultades generales ya mencionadas sobre los aspectos comunicacionales y de notación de las matemáticas, presenta dificultades conceptuales sobre las relaciones propias de este tema como sistema numérico. Al respecto estudios neurocientíficos

muestran que hay una fuerte relación de la ubicación espacial y de la representación de secuencias ordenadas de números.

Al respecto se ha estudiado mucho el efecto SNARC (Spatial Numerical Association of Response Codes; Dehaene, Bossini y Giraux, 1993) que sugiere que la representación mental de los números se hace en la misma zona cerebral relacionada con la ubicación espacial y por lo tanto dependiente de las posiciones relativas izquierda-derecha de sus elementos.¹

Se puede deducir entonces que debido a que nuestro cerebro evolucionó sin la ayuda de las matemáticas y el concepto de número, utilizamos regiones del cerebro (p.e. giro fusiforme) encargadas de asuntos biológicamente importantes como la empleada para la ubicación espacial (consecución de alimento y migraciones) para realizar tareas relacionadas con las secuencias numéricas. (Koyama, Hansen, & Stein, 2008)

Como el cerebro utiliza analogías corporales (izquierda-derecha; arriba-abajo) para organizar números entonces se justifica organizar junto a las actividades para la mejora de la memoria visual, actividades que ayuden a mejorar aspectos perceptivo-motrices como la lateralidad corporal.

Así pues el presente proyecto se basa en la mejora de la memoria visual y de aspectos perceptivo-motrices como la ubicación espacial para mejorar el proceso comunicativo de las matemáticas y con este los demás procesos que hacen matemáticamente competente a un estudiante.

La investigación se desarrolló con 106 estudiantes de grado séptimo de un colegio público del municipio de Girón en el departamento de Santander. Los estudiantes son hombres y mujeres con una edad que está entre los 11 y los 15 años.

Las actividades planteadas comenzaron con un diagnóstico acerca del conocimiento de la aritmética de los números naturales, sistema numérico que

¹<http://www.cienciacognitiva.org/?p=13>

sirve de base a los números enteros y con una evaluación de la ubicación espacial de los niños que forman parte del proyecto.

Luego se diseñaron actividades de desplazamiento espacial, planteadas como recorridos guiados mediante comandos auditivos para salvar obstáculos del terreno. Otras actividades relacionadas buscaban la familiarización de los estudiantes con la recta numérica, elemento central del proyecto para conceptuar los números enteros.

Terminada esta fase, se comenzaron actividades de clase en las que se enseñó la escritura del sistema de representación propio de los enteros para efectuar sumas y restas utilizando la ubicación espacial anteriormente usada.

Las actividades de resolución de ejercicios de sumas y restas combinadas se basaron en la idea de hacer una lectura propia de la matemática además de la puesta en práctica de los algoritmos de resolución que tenían como principio el desplazamiento mental por la recta numérica que a su vez se basó en el afianzamiento corporal y espacial.

Para hacer memoria de trabajo sobre el tema se proponen decenas de ejercicios para que el niño establezca: si hay números enteros positivos o negativos, la operación (suma o resta), y de ser necesaria, la reescritura de la expresión matemática para hacerla más fácil de visualizar. Precisamente en la visualización y observación radican varias de las dificultades observadas en los niños al tratar la matemática formal con ellos.

Las expresiones matemáticas, ecuaciones, representaciones en la recta numérica o el plano cartesiano son textos discontinuos que deben encararse de una manera diferente a como se hace con un texto continuo. La unidad didáctica hace uso de los kanji, caracteres de la escritura japonesa, para que los estudiantes afronten el reto de utilizar un arsenal de herramientas cognitivas con el fin de observar y repetir el trazo de un kanji lo que podría mejorar sus desempeños en el momento de enfrentar la lectura de símbolos matemáticos asociados al tema de los números enteros.

La hipótesis es que si los niños reconocen el número de trazos, su disposición, la dirección en la que se hacen, el orden de ejecución y otras características estarían utilizando áreas extensas de su cerebro y procesos similares a los que se utilizan cuando se explora un texto discontinuo de carácter matemático, en este caso expresiones en las que hay un conjunto de números con su propia simbología y su aritmética.

Para adelantar ese proceso se trabajaron aspectos básicos de los kanji a modo de generalidades. Solamente se trabajaron unos pocos kanji porque la idea era utilizar los ideogramas como un modo de mantener la atención y definir posibles rutas para hacer una lectura de rastreo en la que se buscan y ubican hitos, ciertos aspectos relevantes en la estructura de cada kanji para luego tratar de reproducirlos y finalmente reconocerlos a pesar de sus similitudes.

Luego de llevar a cabo toda la propuesta didáctica se llegaron a las siguientes conclusiones:

- El desempeño de un estudiante en la aritmética de los números naturales puede servir para predecir su desempeño en la aritmética de los números enteros.
- Las actividades de ubicación espacial y de uso de la lateralidad corporal mejoran el desempeño de los estudiantes en el momento de ubicar los números enteros y de ejecutar la operación suma con números enteros si las indicaciones se dan de forma oral.
- Las actividades de observación y de memoria visual mejoran el desempeño de los estudiantes en el momento de leer expresiones aritméticas que contengan números enteros y las dos operaciones del anillo.
- Los resultados en la evaluación de ubicación y aritmética básica de los números enteros son buenos si se hacen inmediatamente después de finalizar las actividades de aprendizaje programadas para desarrollar la propuesta didáctica.

- Los resultados de una evaluación del aprendizaje acerca de la aritmética de los números enteros después de cuatro días de finalizar actividades de la propuesta pedagógica fueron muy deficientes.

BIBLIOGRAFÍA

ACCEFYN. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Consultado en http://www.accefyn.org.co/sp/Vasco_CV.htm.

Dehaene, S., Bossini, S., &Giroux, P. (1993). The mental representation of parity and numbermagnitude. *Journal of Experimental Psychology*, 371-396.

Duval, R. (1999). Los problemas fundamentales en el aprendizaje de las matemáticas y las formas superiores en el desarrollo cognitivo. Santiago de Cali: Universidad del Valle.

Koyama, M., Hansen, P., &Stein, a. J. (2008). LogographicKanji versus PhonographicKana in LiteracyAcquisition. HowImportant Are Visual and PhonologicalSkills? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 41-55.

Ku Y, Hong B, Zhou W, Bodner M, Zhou YD (2012) Sequential Neural Processes in Abacus Mental Addition: An EEG and fMRI Case Study. *PLOS ONE* 7(5): e36410. doi: 10.1371/journal.pone.0036410

MEN. (1998). Lineamientos curriculares de matemáticas. Bogotá. MEN.

MEN. (2004). Estándares básicos de Competencias en Matemáticas. Bogotá: MEN.

Pochulu, M. D. (s.f.). Análisis y categorización de errores en el aprendizaje de la matemática en alumnos que ingresan a la universidad. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1-13.

Vasco, Carlos E. (1985). El enfoque de sistemas en el nuevo programa de matemáticas. *Revista de la Universidad Nacional*. Volumen 1.Número 2. Pp. 45-51. Bogotá

