

El cálculo y las funciones neurocognitivas en alumnos universitarios de nuevo ingreso

VARELA-CERVANTES, Luis†, RIOS-VALLES, José*, HERNANDEZ-TINOCO, Jesús, VAZQUEZ-SOTO, Marco

Universidad Juárez del Estado de Durango

Recibido Mayo 28, 2016; Aceptado Agosto 17, 2016

Resumen

Identificar la relación entre las funciones neurocognitivas y el cálculo evaluados con la batería neuropsicológica breve en español NEUROPSI y comparar las funciones neurocognitivas en agrupamientos por sexo, estatus escolar y promedio escolar. Estudio transversal exploratorio, descriptivo, comparativo y correlacional en una muestra no probabilística por conveniencia de 38 alumnos universitarios de recién ingreso. Se observó correlación positiva, entre débil y media con una p al 0.05, de la variable cálculo con las variables codificación (.377), escritura (.324), secuenciación (.402) y funciones motoras por movimiento alterno de las manos (.350) y una correlación positiva entre media y considerable con una p al 0.01 en funciones ejecutivas (.675) e igualmente con una correlación entre débil y media con una p de 0.01 se encontró la variable estado de alerta (.421). En el análisis comparativo por t de Student no se observó diferencia significativa en la variable cálculo, entre alumnos con estatus regular y estatus no regular, igual sucedió al realizar comparación por promedio y por sexo.

Cálculo, estudiantes universitarios, desempeño escolar

Abstract

Identify the relation between neurocognitive functions and calculation evaluated with the brief neuropsychological battery in Spanish NEUROPSI and compare neurocognitive functions in clusters by gender, educational status and scholar average. Exploratory, descriptive, comparative and correlational cross-sectional study in a sample not by convenience of 38 freshmen college students. Positive correlation between weak and medium was observed with a 0.05 p , the calculation variable with the variables coding (.377), write (.324), sequencing (.402) and motor functions by alternating hand movements (.350) and a positive correlation between medium and significant at p 0.01 in executive functions (.675) and also a correlation between weak and medium with a 0.01 p the alertness variable (.421) was found. In the comparative analysis Student t no significant difference was observed in the calculation variable, between students with regular status and non-regular status, as happened when making comparison by scholar average and sex.

Calculation, college students, school performance

Citación: VARELA-CERVANTES, Luis, RIOS-VALLES, José, HERNANDEZ-TINOCO, Jesús, VAZQUEZ-SOTO, Marco. El cálculo y las funciones neurocognitivas en alumnos universitarios de nuevo ingreso. Revista Contemporánea 2016. 3-8: 22-30.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: alexriva@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La acalculia y la discalculia son trastornos en los que el individuo tiene incapacidad total o parcial para realizar procesos matemáticos, esto puede estar relacionado con daños cerebrales.

Pueden ser incapacitantes pues muchas actividades cotidianas dependen de tener capacidades y habilidades matemáticas mínimas: por ejemplo para contar dinero, para entender los precios de los artículos y compararlos, para marcar números telefónicos, para leer y decir la hora, para pagar un artículo y revisar el cambio recibido, para tramitar cheques y consignaciones bancarias, para retirar dinero de cajeros electrónicos, para recordar fechas, para programar citas, etc. (Vargas, 2013)

En la actualidad, la Neuropsicología cognitiva considera que el procesamiento del cálculo corre a cargo de un sistema especializado que incluye un componente de procesamiento de los símbolos aritméticos, un almacén de representaciones de hechos, por un lado, y de procedimientos aritméticos, por otro, y unos procesadores.

De éstos, unos permiten computar las cantidades representadas por los operandos, de acuerdo con el tipo de operación indicada por los símbolos aritméticos, guiándose para ello por los correspondientes procedimientos. (Pastor, 2008)

En otras palabras, se considera que el procesamiento numérico y el cálculo es un sistema formado por distintos elementos que pueden funcionar de manera independiente ya que son susceptibles de dañarse selectivamente. (McCloskey, 1985; M.P. Salguero-Alcañiz J. L.-M.B., 2004, 2003, 2013)

La topografía cerebral de la aritmética, aunque incompleta todavía, permite afirmar, por ejemplo, que el sentido numérico se asocia al lóbulo parietal inferior y que la resolución de cualquier tarea aritmética, por simple que sea, no supone la activación de una única área cerebral, sino la participación de varias áreas que, formando partes de distintos circuitos, constituyen el sustrato neuronal de los distintos procesos cognitivos elementales que conforman esa tarea. (D. Alonso, 2001)

Procesamiento numérico y del cálculo

El conocimiento del número comprende diferentes formatos bajo los cuales está representado en nuestro cerebro, y estas informaciones se almacenan en memorias de largo plazo. El formato representacional puede ser de tipo arábigo (45), verbal oral (/kuarentaisinko/) o verbal escrito (cuarenta y cinco) y un modo más abstracto ligado a la magnitud representada, independiente de los símbolos convencionales. Además de su función específica para referir cantidades, algunos numerales tienen una función nominal para referirse a conocimientos enciclopédicos como una fecha patria (25 de Mayo de 1810) o una línea de colectivos (Línea 60). Los dos primeros tipos, arábigo y verbal, son específicos de los humanos adultos alfabetizados en una lengua dada y en un sistema numérico culturalmente definido. (Jacubovich, 2006)

Salguero-Alcañiz y sus colaboradores establecen que el procesamiento numérico se asocia, normalmente, con el manejo de símbolos y palabras "...que representan cantidades y pueden manipularse mediante procedimientos de cálculo. Los números son símbolos y por tanto, al igual que las palabras, están formados por significado y significante". (M.P. Salguero-Alcañiz, 2004)

Dobato expone que, “la memoria de largo plazo intervendría en las funciones de cálculo de dos formas distintas: por un lado aportando información acerca de las reglas generales de cálculo de una operación concreta, y por otro, recordando los resultados de operaciones elementales (tablas aritméticas), que generalmente se han aprendido en la infancia”. (J.L. Dobato, 2000)

Agrupan las funciones cognitivas referidas en dos sistemas:

- Sistema de procesamiento numérico que estaría encargado de la comprensión y producción de números gráficos y verbales junto con las reglas de valoración de cantidades y de dígitos, en función de su situación en una cifra de varios números, según el sistema arábigo decimal usado en nuestra cultura.
- Sistema de cálculo encargado de la comprensión y recuerdo de símbolos y principios de las operaciones matemáticas; recuerdo de hechos matemáticos (por ejemplo el resultado de tablas aritméticas) y la ejecución de los procesos matemáticos (por ejemplo llevarse cantidades a la siguiente columna, alineación correcta de las cantidades parciales en las multiplicaciones “por más de un dígito” o de los restos en las divisiones). (J.L. Dobato, 2000)

A pesar de la importancia de los procesos cognitivos implicados en el cálculo numérico, no son demasiados los estudios dedicados a este tema en comparación con los que estudian otros procesos cognitivos como, por ejemplo, el lenguaje. Así, mientras que los modelos de procesamiento del lenguaje están bastante bien asentados, no ocurre lo mismo con los modelos de procesamiento de números arábigos o de operaciones aritméticas. La aritmética implica distintos procesos cognitivos y estrategias dependiendo del tipo de operación, símbolo numérico usado, etc. (López, 2009)

Lo que parece intuitivo es que los procesos aritméticos están relacionados de alguna manera con los procesos lingüísticos: aprendemos a multiplicar con estrategias verbales; contar es aparentemente una tarea verbal pura; los números también son, en definitiva, palabras... Sin embargo, esta relación entre lenguaje y aritmética no está clara. (López, 2009)

En palabras de McCloskey (1985), el procesamiento del sistema de numeración comprende los mecanismos de comprensión y producción de los números, mientras que el sistema de cálculo consiste en los hechos y los procedimientos requeridos específicamente para la realización de cálculos. Dentro de los mecanismos de comprensión y producción arábigo y verbal distinguimos componentes de procesamiento léxico-sintácticos.

El procesamiento léxico implica la comprensión o la producción de los elementos individuales en un número (por ejemplo, el dígito 3 o la palabra tres). El procesamiento sintáctico, por otra parte, implica el procesamiento de las relaciones entre los elementos con el fin de comprender o producir un número como un todo. (McCloskey, 1985)

Existe un claro problema a la hora de baremar la habilidad numérica en una población, debido a la gran heterogeneidad de la misma. Las diferencias entre ambos sexos, sin embargo, no son iguales en todos los tests, ya que las mujeres puntúan más alto en pruebas de razonamiento matemático, lo cual podría reflejar el uso de estrategias verbales para resolver este tipo de problemas. Los varones puntúan significativamente mejor en problemas de geometría, estadística y probabilidad, en posible relación con una estrategia visuoespacial utilizada. Todo esto pone de manifiesto la dificultad para estructurar el estudio de la capacidad matemática.

Es entonces que la capacidad de cálculo debería considerarse más como un conjunto de habilidades que como una habilidad única. (P.E. Bermejo-Velasco, 2006)

Modelos explicativos del procesamiento numérico y el cálculo

Dentro de los modelos que han sido referentes para el conocimiento del procesamiento numérico y del cálculo cabe destacar el modelo cognitivo (McCloskey, et, al. 1985) y el modelo del triple código (Dehaene y Cohen, 1991).

Modelo cognitivo

Los autores proponen una organización modular del procesamiento numérico dividida en tres compartimentos: – Sistema de procesamiento numérico. Se divide, a su vez, en dos subsistemas distintos, de entrada (input) y de salida (output). Ambos proponen módulos separados para el procesamiento del código arábigo y del código verbal, en sus modalidades fonológica (oral) y escrita (ortográfica). (McCloskey, 1985; Jacobovich, 2006; D. Alonso, 2001)

- Sistema de representaciones semánticas. Ejerce de intermediario en la traducción de códigos de un input a un output, mediante la codificación de magnitudes. También actúa de intermediario durante la resolución del cálculo aritmético.
- Sistema de cálculo. Divide cálculo mental y cálculo escrito en dos subsistemas independientes. Ambos incluyen las capacidades básicas para el acceso a los hechos aritméticos, la comprensión de los signos y los algoritmos matemáticos adecuados, todos ellos básicos para la resolución de las operaciones aritméticas.

Modelo cognitivo del triple código

El modelo anatómico-funcional (Dehaene y Cohen, 1995) sitúa en la representación analógica de la magnitud la representación de la cantidad, que permite la manipulación interna de cantidades, junto con la información de carácter enciclopédico o autobiográfico y otros datos no-cuantitativos. (María Pilar Salguero Alcañiz, 2010; Serra-Grabulosa, 2010; D. Alonso, 2001) La representación analógica de la cantidad es la responsable de dos tipos de actividades o conocimientos fundamentalmente:

a) Manipulación interna de cantidades, que es la encargada de dos grandes grupos de tareas:

- Comprensión numérica, como comparación, proximidad, bisección, etc., son tareas que requieren acceder a la cantidad que representa un número y ponerla en relación con otras cantidades.
- Operaciones aritméticas que requieren elaboración semántica: principalmente la resta.

b) Conocimiento numérico léxico no cuantitativo, es decir, conocimiento numérico de carácter enciclopédico, autobiográfico, etc.

En la forma visual-arábica los números son representados como cadenas de dígitos, es una representación de carácter visoespacial. Se localiza en las áreas occipito-temporal inferior ventral de ambos hemisferios.

La estructura verbal de la palabra es la representación de los números en forma de secuencias de palabras organizadas sintácticamente. Se localiza en las áreas perisilvianas clásicas del lenguaje del hemisferio izquierdo.

Por último, en la representación analógica de la magnitud es donde está representado el significado de los números, ya que ni la forma numérica arábiga ni la estructura verbal de la palabra contienen información semántica. (Salguero Alcañiz María Pilar, 2010,)

Sustrato neural del procesamiento numérico y del cálculo

Los circuitos neurales del procesamiento numérico se localizan principalmente en el lóbulo parietal, aunque otras regiones cerebrales, como la corteza prefrontal, la parte posterior del lóbulo temporal, la corteza cingulada y distintas regiones subcorticales también contribuyen al correcto funcionamiento de estas capacidades.

Lóbulo parietal.

En él se han identificado dos regiones fundamentales durante la realización de tareas numéricas: el segmento horizontal del surco intraparietal (SHSIP) y el giro angular. (Ardila A, 2002)

Surco intraparietal.

Sustentaría la representación interna de las cantidades y la relación existente entre éstas. El SHSIP presenta mayor actividad cuando se compara la magnitud de dos números que cuando se leen, y cuando los participantes estiman un resultado aproximado respecto a cuándo realizan un cálculo exacto. La actividad en el surco intraparietal y en el giro angular se relaciona directamente con el grado de complejidad aritmética. La ejecución de tareas de cálculo complejo también activa la región inferior frontal izquierda, área vinculada a la memoria de trabajo y al procesamiento lingüístico. (Serra-Grabulosa, 2010; Luis Radford, 2009)

Existe un patrón madurativo de inicio frontal y que progresivamente se especializa a un procesamiento parietal, una vez automatizada la relación entre los símbolos numéricos y las magnitudes que representan. Este surco aparece alrededor de la semana 29 de gestación. (Serra-Grabulosa, 2010)
Giro angular

El giro angular, especialmente el izquierdo, muestra una elevada activación en procesos mediados por el lenguaje, como la lectura o las tareas verbales de memoria a corto plazo. Desempeña funciones relacionadas en concreto con aquellas tareas que requieren un procesamiento verbal. La activación del giro angular es mayor en tareas de cálculo exacto que aproximado. El cálculo exacto ('hechos numéricos') consiste en operaciones aritméticas sencillas y automatizadas almacenadas en la memoria verbal. El giro angular parece relacionarse con el procesamiento verbal que requieren determinadas tareas aritméticas, en especial los 'hechos matemáticos' (multiplicación y adición de pequeñas cantidades). Existen evidencias que vinculan esta región a la representación numérica espacial y a la resolución de tareas aritméticas complejas previamente entrenadas. (Serra-Grabulosa, 2010)

Lóbulo frontal.

El lóbulo frontal participa también en el procesamiento aritmético. La activación de la corteza prefrontal –regiones lateral y ventral– parece estar vinculada a funciones relacionadas con la memoria de trabajo, como el mantenimiento provisional de los resultados intermedios, la planificación y la ordenación temporal de los componentes de las tareas, o la comprobación de resultados y la corrección de errores. (Serra-Grabulosa, 2010)

La corteza cingulada también desempeña un papel relevante en las tareas de procesamiento numérico, y se activa al realizar tareas aritméticas simples o de elevada complejidad aritmética. Actúa como 'soporte', al estar implicada en funciones necesarias para llevar a término adecuadamente el cálculo, como la atención, la memoria de trabajo, la toma de decisiones, la monitorización o la selección de respuestas. (Serra-Grabulosa, 2010) Cada procedimiento numérico está vinculado a un código de entrada y de salida específico. Es decir, cada tarea numérica se puede descomponer en una secuencia de procesos que requieren un formato de entrada numérico específico. (Alameda-Bailén, 2013)

El formato en que se manipulan los números puede ser evaluado de forma independiente para cada componente de tarea:

1. Los dos hemisferios tienen mecanismos de identificación visual. El sistema visual del hemisferio izquierdo puede reconocer todos los dígitos simples, números de varios dígitos, y las palabras escritas. La contraparte en el hemisferio derecho puede identificar símbolos visuales, tales como dígitos arábigos, números con varios dígitos, y algunas palabras. (Pastor, 2008) (Alameda-Bailén, 2013)
2. Los dos hemisferios tienen una representación analógica de cantidades o magnitudes numéricas. Estos procesos se encuentran en las áreas corticales de la intersección parietooccipital-temporal en ambos hemisferios, aunque el hemisferio derecho puede procesar cantidades mejor que el de la izquierda.
3. Sólo el hemisferio izquierdo puede representar la secuencia de palabras que corresponden a los números verbales y los procedimientos con el fin de identificar y producir números por vía oral.

4. El cálculo mental está estrechamente vinculado al lenguaje y a las representaciones verbales de los números; es decir, la recuperación de los datos aritméticos de la memoria se encuentra en las áreas del lenguaje en el hemisferio izquierdo y esto no se puede hacer por el hemisferio derecho. Los procedimientos de cálculo con números de varios dígitos son más complejos e implican la coordinación de las representaciones visoespaciales y verbales de dígitos.

5. En el hemisferio izquierdo, las representaciones verbales, visuales y de magnitud están interconectados y pueden intercambiar información directamente a través de vías de recodificación. En el hemisferio derecho, las representaciones visuales y de magnitud analógica también están conectadas entre sí.

6. Las representaciones visuales de ambos hemisferios están interconectados a través del cuerpo calloso. La información en forma visual en el hemisferio derecho debe pasar a través del cuerpo calloso para llegar a la forma visual en el hemisferio izquierdo, y desde allí, acceder al sistema lingüístico, que es exclusiva para el hemisferio izquierdo. (Alameda-Bailén, 2013; Pastor, 2008)

Los mecanismos responsables de la producción y comprensión numérica operan al mismo tiempo, y cada uno de ellos se compone de unidades de procesamiento sintácticas y léxicas.

Por lo tanto, existe un módulo para la comprensión de números arábigos y otro módulo para los números verbales, y cada uno de ellos se compone de un léxico y un subproceso sintáctico.

Del mismo modo, existe un módulo para la producción de números arábigos y otro para números verbales. (Alameda-Bailén, 2013)

Metodología

Se realizó una investigación de tipo cuantitativa, exploratoria, transversal, descriptiva, correlacional y comparativa. La muestra se obtuvo de manera no probabilística por conveniencia.

Los criterios de inclusión considerados fueron: alumnos de reciente ingreso al nivel de educación superior de la ciudad de Durango que aceptaran voluntariamente participar en el estudio, excluyendo alumnos de intercambio estudiantil y eliminando a aquellos que decidieran retirar su participación en el estudio así como aquellos que no contestaron en su totalidad los reactivos de la encuesta; con base en este último criterio se eliminaron 3 casos, quedando una muestra total de 35 participantes.

El análisis estadístico empleado fue descriptivo con medidas de tendencia central y de variabilidad, así como frecuencias y proporciones. También se empleó análisis de correlación de Pearson con un p de 0.05. Por último se realizó análisis comparativo por t de Student agrupando, por sexo, promedio (los alumnos con una calificación mayor a la media del promedio general contra los alumnos con calificación menor a la media) y estatus escolar (alumnos de estatus escolar regular contra estatus escolar no regular). (Hernández Sampieri Roberto, 2014)

Procedimiento

Se invitó a participar en este estudio a alumnos universitarios de nuevo ingreso, en dos universidades, una pública y otra privada, de la universidad privada fueron 10 alumnos y 28 de la universidad pública. Previa firma del consentimiento informado, los 38 aceptaron participar.

La aplicación del instrumento de evaluación de funciones neurocognitivas (Neuropsi Breve en Español) se realizó del día 02 al día 29 de mayo del 2016.

Evaluación

La batería neuropsicológica breve en español NEUROPSI fue empleada en el proyecto para la evaluación de las funciones neurocognitivas, considerando de manera específica la variable cálculo. Las variables empleadas para la caracterización de la muestra fueron: sexo, edad, Estatus escolar (Regular y No regular) y Promedio escolar.

Resultados

De los 38 alumnos evaluados, del sexo masculino fueron 16 (42.11%) y del sexo femenino 22 (57.89%).

Las edades de los participantes fluctuaron entre los 18 y los 50 años de edad: 8 con 18 años (21.05%), 11 con 19 años (28.94%), 6 con 20 años (15.79%), 3 con 21 años (7.89%), 3 con 22 años (7.89%) y 7 que están dentro del rango de 23 a 50 años de edad (15.79%).

La media de la edad fue de 21.31 años, moda de 19, mediana de 19.5 y desviación estándar de 5.63 años.

De los alumnos participantes, 15 fueron de estatus escolar no regular (42.86%) y 20 regulares (57.14%). En esta variable se perdió la información de 3 participantes que no proporcionaron su estatus escolar. El promedio escolar en los 35 alumnos estudiados se observó en un rango mínimo de 6.6 y rango máximo de 9.3, media de 8.23, moda de 8, mediana de 8.3 y desviación estándar de 0.57.

En base con los resultados obtenidos de la variable cálculo, en los 38 alumnos evaluados, se obtuvo una media de 2.21, moda y mediana de 2, desviación estándar de 0.74, el rango mínimo de 1 y el rango máximo de 3. La distribución de frecuencias en la variable cálculo se comportó de la siguiente manera: con 1 punto hubo 7 alumnos (18.42%), con 2 puntos 16 (42.11%) y con 3 puntos 15 (39.47%).

Correlación.

En esta sección de resultados se revisaron a los 38 participantes, ya que en esta parte del estudio se dispuso de la información completa, observándose una correlación positiva, entre débil y media, de la variable cálculo con las variables estado de alerta, codificación, escritura, secuenciación, y Funciones motoras (FM) por movimiento alterno de las manos (MAM); y una correlación positiva, entre media y considerable, de la variable cálculo con la variable Funciones Ejecutivas. (ver tabla 1).

	Cálculo
Estado de alerta	.421**
Codificación	.377*
Escritura	.324*
Secuenciación	.402*
FM MAM	.350*
Funciones Ejecutivas	.675**

Tabla 1 de correlación del cálculo

*Correlación significativa al 0,05 (bilateral)

** Correlación significativa al 0,01 (bilateral)

En el análisis comparativo por t de Student no se observó diferencia significativa en la variable cálculo, entre alumnos con estatus regular y estatus no regular, igual sucedió al realizar comparación por promedio escolar y por sexo.

Agradecimientos

Al Instituto de Investigaciones Científicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) y a la Facultad de Psicología y Terapia de Comunicación Humana de la UJED.

Conclusiones

En el presente trabajo se observó una correlación positiva entre débil y media de la variable cálculo con las variables estado de alerta, codificación, escritura, secuenciación y funciones motoras de movimientos alternos de manos y una correlación entre media y considerable con la variable funciones ejecutivas.

No se encontraron diferencias significativas al comparar los valores de la media obtenidos en la variable cálculo entre los grupos formados a partir de la variable sexo, promedio y estatus escolar.

Con los resultados anteriormente referidos se puede considerar la importancia de un estado de alerta en máxima eficiencia para el ejercicio de las habilidades neurocognitivas relacionadas con el cálculo, sin observar alguna diferencia de importancia en cuanto a la habilidad para el cálculo entre hombres y mujeres, ni por estatus escolar ni por promedio escolar.

Referencias

- Alameda-Bailén, M. P.-A. (2013). Independence of basic arithmetic operations: evidence from cognitive neuropsychology. *anales de psicología*, 1006-1012.
- Ardila A, R. M. (2002). Acalculia and dyscalculia. *Neuropsychology*, 179-231.

D. Alonso, L. F. (2001). Mecanismos cerebrales del pensamiento matemático. *Revista de Neurología*, 568-576.

Hernández Sampieri Roberto, F. C. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

J.L. Dobato, A. H.-L. (2000). Acalculia. Bases neurológicas, evaluación y trastornos. *Revista de Neurología*, 483-486.

Jacobovich, S. (2006). Modelos actuales de procesamiento del número y el cálculo. *Revista Argentina de Neuropsicología*, 21-31.

López, J. D. (2009). ¿Qué código subyace a las Multiplicaciones? Evidencias de una tarea de magnitud con priming enmascarado. *Escritos de Psicología*, 27-34.

M.P. Salguero-Alcañiz, J. L.-M. (2003). Procesamiento numérico y cálculo: evidencia de un caso desde la Neuropsicología cognitiva. *Revista de Neurología*, 817-820.

M.P. Salguero-Alcañiz, J. L.-M.-B. (2004). Independencia funcional del conocimiento numérico léxico y la representación de la magnitud: evidencia de un caso. *Revista de Neurología*, 1038-1042.

María Pilar Salguero Alcañiz, J. R. (2010,). Diferencias neuroanatómicas y funcionales entre razonamiento numérico y cálculo: evidencia de doble disociación. *Análisis y Modificación de Conducta*, 33-42.

McCloskey, M. C. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, 4, 171-196.

P.E. Bermejo-Velasco, L. C.-M. (2006). Acalculia: clasificación, etiología y tratamiento clínico. *Revista de Neurología*, ;43 (4): 223-227.

Pastor, I. G. (2008). Alteraciones en el procesamiento del cálculo en pacientes con demencia tipo Alzheimer. Madrid, España: IMERSO.

Salguero-Alcañiz MP, A. B. (2013). Sistema de procesamiento numérico y cálculo: evidencia desde la neuropsicología cognitiva. *Revista de Neurología*.

Serra-Grabulosa, J. A.-P. (2010). Bases neurales del procesamiento numérico y del cálculo . *Revista de Neurología*, 39-46.

Vargas, R. A. (2013). Matemáticas y neurociencias: una aproximación al desarrollo del pensamiento matemático desde una perspectiva biológica. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 37-46.