

Alteraciones del cálculo aritmético en lesionados cerebrales

Silvia Jacubovich¹, Jesica Formoso^{1,2}, Samanta Leiva¹ e Irene Injoque-Ricle^{1,2}

¹Facultad de Psicología, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina

Resumen

Dentro del marco de la Neuropsicología Cognitiva se han formulado diferentes modelos de procesamiento numérico. McCloskey, Caramazza y Basili (1985) proponen un modelo amplio que abarca los procesos de cálculo. Dehaene y Cohen (1997) plantean la existencia de una doble vía para la resolución de operaciones aritméticas simples: una implicada en sumas y multiplicaciones, y otra en las restas. Dentro de este marco y la metodología más pormenorizada que supone, realizamos un estudio de caso aislado de dos sujetos adultos lesionados cerebrales, con alteraciones del lenguaje y del procesamiento numérico, con el objeto de verificar la independencia e interacción de los componentes relacionados con el cálculo aritmético postulados por los modelos citados, que involucran tres componentes: un mecanismo para procesar símbolos y palabras operacionales, otro para la recuperación de hechos aritméticos y un componente ligado a los procedimientos que implica la ejecución de los distintos tipos de operaciones aritméticas. Nuestro interés se centró en investigar, a través de pruebas ad hoc, si en los pacientes estudiados el reconocimiento de símbolos y palabras operacionales se altera en forma selectiva respecto de la capacidad para realizar cálculos y/o de la recuperación de hechos aritméticos por una parte y, por la otra, observar diferencias de rendimiento ante las diferentes operaciones y modalidades de ejecución de cálculo. Por último, comparar el rendimiento entre los sujetos estudiados. Los resultados obtenidos muestran alteraciones disociadas de los componentes mencionados en cada uno de los sujetos y el hallazgo de una doble disociación entre ambos, que aporta sustento al modelo.

Palabras clave: lesión cerebral – acalculia - símbolos operacionales - operaciones aritméticas - doble disociación.

Correspondencia con los autores: sjacubov@gmail.com

Artículo recibido: 1 de marzo de 2017

Artículo aceptado: 30 de mayo de 2017

<http://www.revneuropsi.com.ar>

ISSN: 1668-5415

Abstract

Alterations of arithmetic calculation in brain injuries. Within the theoretical framework of Cognitive Neuropsychology different numerical processing models have been formulated. McCloskey, Caramazza and Basili (1985) propose a broad model that comprises the calculation processes. Dehaene and Cohen (1997) consider the existence of a dual route for solving simple arithmetic operations: one involved in sums and multiplications, and another in the subtractions. Within this framework and the more detailed methodology involved, we conducted single-case studies of two brain injured adult patients, with impairments in language and numerical processing, in order to investigate the independence and interaction of the components related to the Arithmetic calculation models, involving three components: a mechanism for processing symbols and operational words, another for the recovery of arithmetic facts and a component linked to the procedures involved in the execution of the different types of arithmetic operations. Our interest was to see whether, in these patients, the recognition of symbols and operational words are selectively altered in relation to the ability to perform calculations and / or recovery of arithmetic facts on the one hand and, on the other hand, to observe differences in performance for different operations and calculation execution modalities. Finally, we compared the performance between the subjects. The results show dissociated alterations of the components mentioned in each of the subjects and a double dissociation between both. These findings provide evidence that supports the model.

Keywords: Brain injury – Acalculya - Operational symbols - Arithmetical operations - double dissociation.

1. Introducción

El estudio de las alteraciones del procesamiento numérico y de las facultades matemáticas en adultos lesionados cerebrales ha quedado muchas veces en un plano secundario, por su frecuente asociación con las alteraciones del lenguaje o el dominio del código escrito. Respecto de este último, es necesario mencionar que existe una gran cantidad de personas que, aun analfabetas –es decir, carentes del dominio del código escrito–, alcanzan niveles avanzados de habilidad en el cálculo numérico (Gelman & Butterworth, 2005) o utilizan algún sistema de conteo, suma, sustracción o de representación simbólica para manejarse con cantidades, así como individuos que tras una lesión cerebral ven afectado su lenguaje y conservan aún su capacidad para realizar cálculos numéricos, o viceversa.

Si bien el lenguaje parece ser de gran importancia para incorporar y utilizar el procesamiento numérico y, con él, el cálculo exacto, a partir de un estudio sobre las diferencias entre aritmética exacta y aproximada Dehaene y colaboradores (1999) concluyen: “*La aritmética exacta se basa fuertemente en representaciones lingüísticas específicas (...) Muchos otros dominios matemáticos, como el cálculo,*

<http://www.revneuropsi.com.ar>

ISSN: 1668-5415

también dependen fundamentalmente de la invención de un lenguaje matemático adecuado. La aritmética aproximada, en cambio, no muestra dependencia del lenguaje y se basa principalmente en una representación de cantidad” (p. 973).

Respecto de las relaciones entre el lenguaje y el número, entonces, surgen preguntas tales como: ¿qué sucede cuando, tras una lesión cerebral, el lenguaje se altera y da lugar a un cuadro de afasia? ¿Implica también la alteración de las facultades matemáticas?

Basso, Burgio y Caporali (2000) estudiaron 76 sujetos lesionados cerebrales con alteraciones neuropsicológicas y observaron disociaciones entre los trastornos del lenguaje y del cálculo. También Cappelletti, Butterworth y Kopelman (2012) analizaron la función numérica en 36 pacientes con trastornos cerebrales adquiridos, tanto neurodegenerativos como lesiones focales. Sus resultados mostraron que todos los pacientes conservaban un adecuado procesamiento de las cantidades, incluso aquellos con lesiones corticales parietales (área relacionada con el procesamiento numérico), y que los pacientes con déficit del conocimiento semántico conservaban mucho más el conocimiento numérico. En el mismo sentido, Dansilio (2008) propone que la mera asociación sindrómica no es suficiente para plantear que, conceptualmente, haya una acalculia afásica, o una acalculia aléxica. Podría tratarse de una coocurrencia por yuxtaposición topográfica lesional, o inclusive por compartir el lenguaje y el cálculo recursos cognitivos generales comunes, que se diferencian en procesos específicos para resolver distintos problemas en diferentes dominios.

Actualmente, se incluyen en el concepto de *acalculia* dificultades de distinto tipo: alteraciones semánticas que refieren a la magnitud que implica una cantidad expresada, déficit en la comprensión y expresión de números, ya sea en forma verbal o arábiga, y/o dificultades relacionadas con la ejecución de cálculos aritméticos. Estas diferenciaciones quedan expuestas en los modelos teóricos de tipo modular propuestos por McCloskey, Caramazza, y Basili (1985); Dehaene y Cohen (1995) y Cipolotti y Butterworth (1995).

Tal como surge de los postulados básicos de los modelos modulares, los componentes y subcomponentes de un sistema cognitivo pueden alterarse en forma independiente. A partir de esta premisa, es posible encontrar disociaciones entre habilidades o tareas de modo que una esté afectada y otra preservada. En este sentido, el hallazgo de una disociación doble, aunque se reduzca a dos pacientes y no vuelva a observarse ese mismo patrón de alteración en otros sujetos, es suficiente para postular la existencia de módulos o procesos diferenciados.

En esta línea, consideramos el presente trabajo como un aporte para la discusión de los modelos vinculados con el procesamiento del número. La investigación que presentamos en este artículo aborda el estudio de un aspecto en particular del procesamiento numérico: el del reconocimiento de símbolos y palabras operacionales, la realización de cálculos y la recuperación de hechos aritméticos en dos sujetos lesionados cerebrales con afasia. Nuestras hipótesis conductoras implican la posibilidad de describir y explicar alteraciones del cálculo como resultado del déficit

predominante de uno de los componentes del procesamiento, con conservación relativa de los otros.

Modelos de procesamiento de números y del cálculo

McCloskey, Caramazza y Basili (1985) propusieron el primer modelo de procesamiento de números y del cálculo basado en las disociaciones observadas en pacientes que presentaban *acalculia*. En la Figura 1 pueden observarse los elementos generales que lo componen.

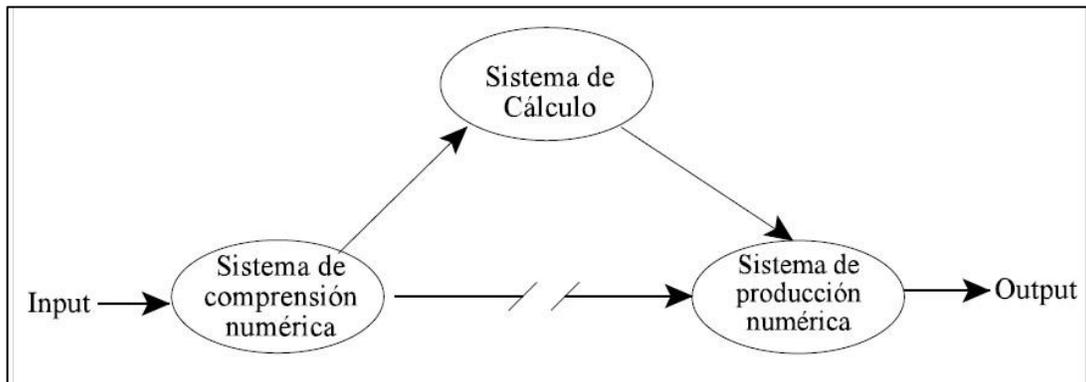


Figura 1. Representación esquemática del modelo de Procesamiento Numérico y Cálculo de McCloskey (1992)

El *Sistema de Cálculo* está conformado por tres componentes:

- Mecanismo para procesar símbolos aritméticos (+; -; x) y palabras referentes a operaciones aritméticas (más; menos; por). Estas indican qué tipo de operación se realizará. No se explicita si también forman parte del mismo los nombres de las operaciones (suma o adición; resta o sustracción; multiplicación).
- Mecanismo para la recuperación de hechos aritméticos (factores de multiplicación, cálculos muy sencillos y automatizados, por ejemplo: 2+2).
- Componente de cálculo propiamente dicho o Mecanismo para la ejecución de los procedimientos aritméticos.



Figura 2. Componentes del Sistema de Cálculo según el modelo de McCloskey, Caramazza y Basili (1985)

Los hechos aritméticos serían parte de la memoria semántica, mientras que los procedimientos aritméticos, en cambio, formarían parte de la memoria procedimental, son específicos de cada una de las operaciones aritméticas e involucran la información concerniente al espacio relativo que ocupan los componentes de la operación en el espacio, si se trata de cálculo escrito, el lugar por el que se comienza a operar y la dirección en que se continúa, qué es lo que se debe hacer y cómo. Cuando se trata de operaciones sencillas o sobre-aprendidas como $4+2$, el procesamiento de sus representaciones abstractas y la activación de la operación que implica el signo aritmético desencadenarían la recuperación del hecho aritmético.

Es de interés agregar aquí algo de historia sobre estos mecanismos: Ferro y Botello (1980) propusieron que los símbolos aritméticos conforman un sistema de notación ideográfica en el que cada símbolo posee un valor universal y no se combina con otros. Publicaron entonces los casos de AL y MA, quienes habían mostrado errores en tareas de identificación y denominación de símbolos operacionales aritméticos y, aunque eran capaces de resolver adecuadamente cálculos aritméticos, lo hacían interpretando erróneamente el signo; es decir, ante el cálculo propuesto “ $28-13$ ” realizaban correctamente la suma de los operandos volcando un resultado erróneo respecto de lo esperado, pero correcto si se suponía una suma ($28 + 13 = 41$). Es claro que eran capaces de procesar correctamente los números, y conservaban los hechos y procedimientos aritméticos. Ferro y Botello verificaron que el déficit de AL y MA no podía atribuirse a afasia, dado que pudieron identificar otros símbolos verbales y realizar cálculos mentales. Por lo tanto, determinaron que se trataba de un déficit selectivo para la asignación del valor simbólico correcto a los símbolos aritméticos.

Dehaene y Cohen (1995) postulan el modelo de Triple Código (Figura 3) en el cual existen tres códigos mentales para la representación de números:

- *Código verbal (fonológico y grafémico)*. Forma parte de los módulos verbales generales, constituye el acceso principal a los hechos aritméticos (factores o tablas aritméticas y cálculos simples). Puede alterarse en los casos en que una lesión cerebral de lugar a la alteración del lenguaje (afasia).
- *Código visual arábigo*. La representación de un número consiste en un conjunto ordenado de los dígitos que lo conforman, cada símbolo representa una palabra (no una unidad fonológica). Por ser un sistema especializado, sus alteraciones se disociarían de las alteraciones del lenguaje.

- *Código Analógico de la Magnitud.* Las cantidades que se asocian con un numeral están representadas en forma analógica como distribuciones locales de activación a lo largo de una línea numérica orientada de izquierda a derecha, en la que la distancia entre números consecutivos va disminuyendo a medida que crecen sus valores. Estas representaciones involucran el conocimiento semántico de las cantidades numéricas, tales como la proximidad o las relaciones de magnitud entre dos cantidades. De éste dependen la estimación (de cantidades y de resultados de cálculo) y la comparación de magnitudes.

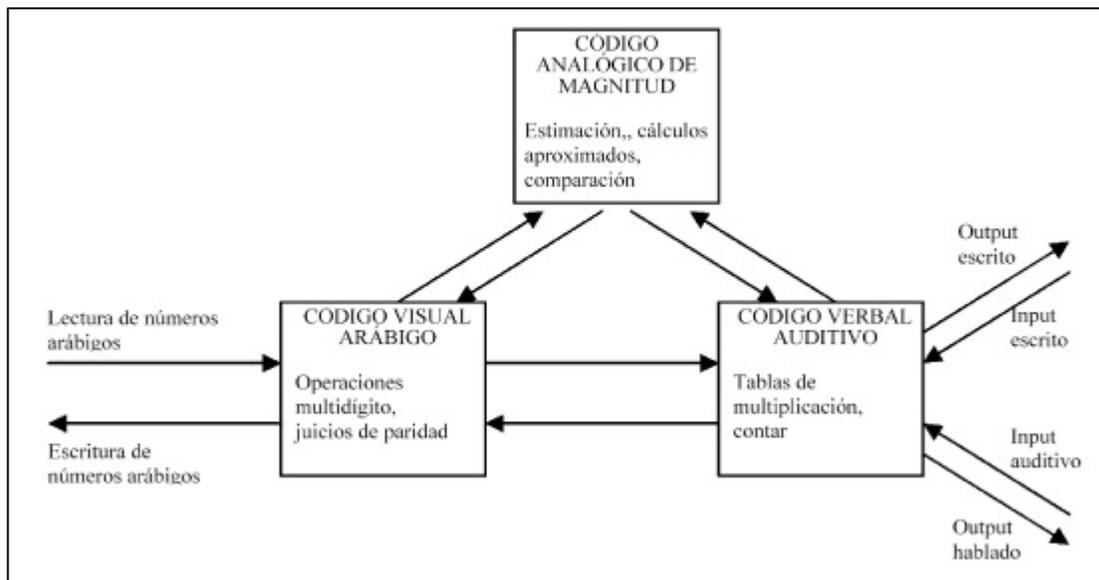


Figura 3. Modelo de Triple Código, de Dehaene (1992) y Dehaene y Cohen (1995).

Como en el caso del modelo anterior, atentos a los objetivos de este trabajo, detallamos también en éste los aspectos ligados al *cálculo*, para el que propone dos rutas (Dehaene & Cohen, 1997, 2000) (ver Figura 4). De acuerdo a las cuales postula que las tareas de medición, comparación o cálculo aproximado utilizan una modalidad *aproximativa* basada en el acceso y manipulación de un modelo mental de cantidades aproximadas similar a una *línea numérica* mental. Con este fin, los numerales arábigos y los verbales se traducen primero a un código analógico de magnitud –es decir, a una codificación analógica– que hace posible dejar de lado las modalidades y comparar magnitudes. De este modo, si se consideran dos vías diferentes para procesar números, una analógica y otra simbólica, debería ser posible observar su disociación en pacientes neuropsicológicos.

El paciente NAU estudiado por Dehaene y Cohen (1991), que demuestra buena comprensión y producción de números, puede resolver adecuadamente las tareas que requieren procesamiento aproximado de las magnitudes (como las de comparación o las de cálculo aproximado de cantidades continuas), pero no las que requieren procesamiento exacto. Se pone de manifiesto así la alteración del sistema de procesamiento normal de números y cálculo y la preservación de la representación analógica de sus valores.

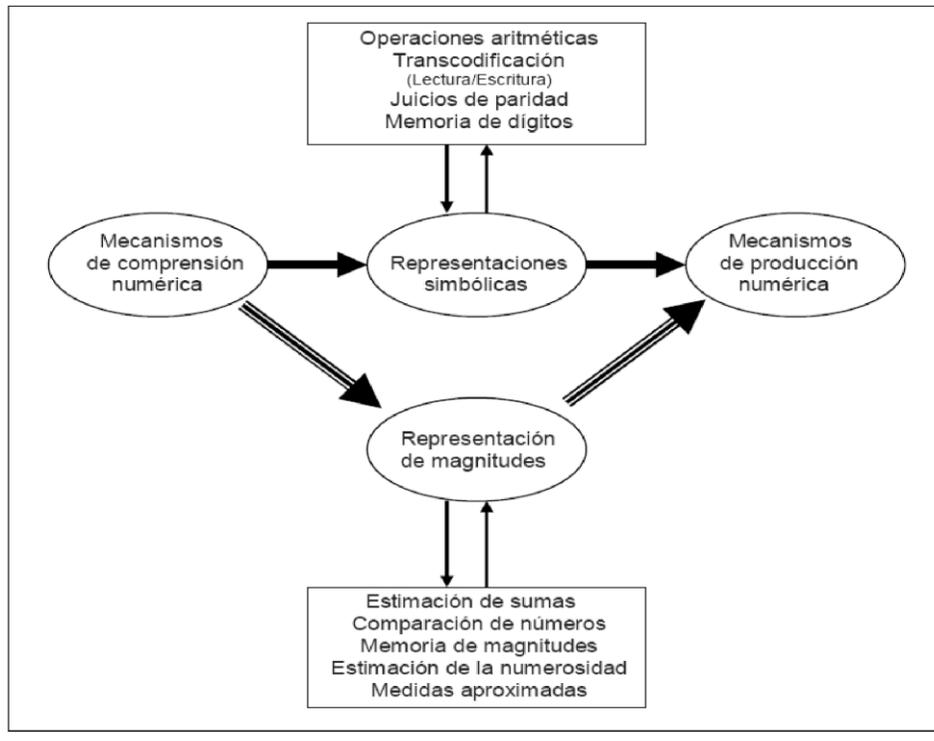


Figura 4. Esquema de doble ruta del cálculo de Dehaene y Cohen (1997)

Estas dos rutas procesan en forma paralela los números y el cálculo. Una interviene en el procesamiento simbólico exacto y la otra, en la manipulación de magnitudes numéricas aproximadas. En la Figura 4 se especifican las tareas en las que cada una de ellas participa:

- *Ruta directa o asemántica*, utilizada para el cálculo sobreaprendido (sumas y multiplicaciones de un solo dígito)
- *Ruta indirecta o semántica*. Utilizada ante cálculos que no pueden resolverse en forma directa con la activación de hechos aritméticos. En ella se codifican los operandos como cantidades: Activación de representaciones de cantidades y operaciones específicas. Por ejemplo, realizar una operación de sustracción como $11 - 7$ implica, en primer lugar, la activación de la representación de la cantidad

que corresponde a 11, desde la que luego se va disminuyendo unidad por unidad, hasta alcanzar la cantidad 7, lo que implica que se habrá realizado esa operación cuatro veces. Este resultado puede luego ser transferido al código verbal para su verbalización.

Dehaene y Cohen (1995) consideran probable que en la mayoría de los casos las operaciones de cálculo se lleven a cabo con la participación de ambas rutas. Así, ante cálculos de un solo dígito que implicarían el uso de la ruta directa, el código de magnitud podría actuar como guía si esta activación no sucede en forma automática, realizando una elaboración semántica del mismo.

Los conocimientos semánticos (aproximados y exactos) se disocian de los hechos aritméticos, ya que las multiplicaciones y sumas sencillas se activan en forma automática por estar incluidas en la memoria a largo plazo. Las restas, divisiones y sumas complejas no son de recuperación automática y requieren manipulación semántica de las cantidades numéricas, además del uso de estrategias como la del conteo.

Las disociaciones entre operaciones aritméticas se explicarían por los distintos tipos de procesamiento que implican:

- a. El déficit de la ruta directa o asemántica afecta en forma selectiva a la multiplicación y las sumas sencillas (hechos aritméticos).
- b. El déficit de la ruta indirecta o semántica afecta selectivamente a las sumas complejas, restas y divisiones.
- a./b. Aun cuando no sea posible utilizar la ruta directa para recuperar los hechos aritméticos, es posible resolverlos realizando las operaciones pertinentes a través de la ruta indirecta o semántica. Por este motivo, si un paciente no logra resolver un cálculo sencillo como $2 + 4$, será un indicador de la alteración de las dos rutas.
- c. Las alteraciones del cálculo por déficit de dominio específico (verbal, arábigo) afectan el conocimiento semántico de los números, por lo que se altera la ruta indirecta o semántica que utiliza los procedimientos del cálculo. Aun así, podrían realizarse cálculos por la vía indirecta de recuperación de hechos aritméticos.
- d. Las alteraciones del cálculo por déficit de dominio inespecífico no sólo afectarían a la ruta directa, sino también al resto de las series automatizadas del lenguaje, como los días de la semana o los meses. Sin embargo, aún sería posible la realización de cálculos no automatizados.

Dehaene y Cohen (1997) dan fundamento a la disociación planteada a través del estudio de dos casos cuyas características principales se señalan a continuación.

Caso MAR:

- Déficit en la resolución de tareas cuantitativas, como juicios de magnitud, proximidad y transcodificación arábigo verbal escrita.
- Preservación en tareas verbales no numéricas, secuenciales, sobreaprendidas (series como meses y días de la semana).

- Cálculo. Mejor resolución de operaciones de multiplicación que de operaciones de sustracción (resta severamente alterada).

Caso BOO:

- Preservación en la comprensión de magnitudes.
- Alteración severa en la recuperación de hechos aritméticos y de secuencias sobreaprendidas (ni aun la del alfabeto).
- Cálculo. Alteración total para la operación de multiplicación.
- Preservación relativa de adición y sustracción.

MAR y BOO mostraron patrones opuestos que corroboran la disociación propuesta y dan fundamento a la postulación de dos rutas para la realización de cálculos. Sin embargo, es necesario precisar que MAR sí fue capaz de resolver algunas de las tareas que implican el procesamiento de magnitudes. Estas tareas, en su totalidad, requerían la comprensión de la cantidad correspondiente a cada uno de los números, pero no requerían de la producción verbal de las palabras- número para transmitir los resultados, lo que indicaría, por un lado, que tal vez MAR hubiera perdido parte y no todo su conocimiento cuantitativo, y, por otro, que el conocimiento cuantitativo que aún conservaba no podía ser comunicado a través del sistema verbal. En tal caso, podría tratarse de una desconexión entre un sistema parcialmente dañado (sistema cuantitativo) y otro intacto (sistema verbal).

Sobre la base de los modelos teóricos planteados, este trabajo tiene por objeto conocer el rendimiento de sujetos afásicos y acalcúlicos ante tareas que implican la activación de los distintos componentes que participan del cálculo aritmético, para observar la presencia de disociaciones dependientes de la alteración de un/unos componentes y la preservación de otro/s, ya que consideramos que:

- El conocimiento de signos y palabras operacionales puede alterarse con independencia de la presencia o no de déficits en el procesamiento del cálculo, y viceversa.
- Estas alteraciones se diferenciarán de acuerdo con la modalidad de resolución según sea mental o escrita.

Se diferenciarán también en función del tipo de operación aritmética.

2. Método

Participantes

Se estudiaron 2 pacientes lesionados cerebrales, un hombre (ECC) y una mujer (KM) con afasia crónica. Dado que se trata de un estudio de casos únicos, la inclusión de los datos de sujetos sin lesión cerebral se realizó al solo efecto de obtener puntajes de corte en las pruebas utilizadas. Se trabajó con 30 sujetos apareados por sexo, edad

y escolaridad (14 mujeres -46.70%– y 16 varones), con una edad media de 56.83 años ($DE = 10.16$).

Para verificar que tanto los participantes como los sujetos control no presentaran alteraciones cognitivas que pudieran interferir ostentosamente con la evaluación específica a través de la cual se recogen los datos para la presente investigación, se evaluaron las siguientes funciones cognitivas: lenguaje, lectura, escritura, memoria de trabajo, ubicación témporo-espacial y habilidades visuo-espaciales, con una selección de pruebas de diferentes baterías de evaluación. Del *Test de Boston para el diagnóstico de la afasia* (Goodglass; Kaplan & Barresi, 1996) se utilizaron las pruebas de comprensión de palabra aislada, comprensión de oraciones, ejecución de órdenes, denominación, descripción de lámina, series, repetición de frases, repetición de palabras y no palabras, y pruebas de lectura y escritura. De la WMS-R (Wechsler, 1987) se tomaron las pruebas de amplitud de dígitos directa e inversa, y del ACE-R (Mioshi et al., 2006), las pruebas de orientación temporal y orientación espacial, y las de habilidades visuo-espaciales (pentágonos superpuestos, cubo, reloj, conteo de puntos e identificación de letras).

Paciente KM

Mujer, 48 años de edad, dominancia izquierda, estudios secundarios completos y estudios musicales avanzados. Lesión: ACV hemorrágico con lesión fronto-témporo-parietal a predominio temporal. Como secuela de la lesión presenta afasia leve, con 17 años de evolución.

Lenguaje: Adecuada comprensión de palabra aislada y buena ejecución de órdenes, con deterioro leve en la comprensión de oraciones. En la producción oral presenta leves dificultades para la evocación de palabras (anomias). No muestra déficits gramaticales en la organización de las oraciones. La producción de series es adecuada. La repetición de palabras y no palabras es correcta y la repetición de oraciones esta levemente alterada. El reconocimiento y la lectura de palabras, así como la lectura en voz alta no presentan dificultades. La escritura de palabras esta conservada.

Amplitud atencional auditiva: *span* de dígitos directo, 4. *Span* inverso, 3.

Orientación temporal: 5/5 O. espacial: 5/5 Pruebas visuo-espaciales: 16/16.

Paciente ECC

Varón, 70 años, diestro, con estudios universitarios completos. ACV isquémico, con lesión parietal en el hemisferio izquierdo. Como secuela de la lesión, presenta afasia tipo Broca, de 12 años de evolución.

Lenguaje: deterioro leve en la comprensión, tanto en palabra aislada como en oraciones y en ejecución de órdenes. En la producción oral presenta moderadas dificultades para la evocación de palabras, con errores fonológicos y una adecuada organización gramatical de las oraciones. La producción de series es adecuada. La repetición se encuentra alterada para las palabras, no palabras y oraciones.

El reconocimiento y la lectura comprensiva de palabras es adecuado, en tanto que la lectura de no palabras está alterada. En el caso de la lectura en voz alta presenta dificultades fonológicas ocasionadas por su deterioro en la producción oral. La escritura es dificultosa con numerosos errores de omisión y sustitución de grafemas.

Amplitud atencional auditiva: *span* de dígitos directo, 3. *Span* inverso, 3.

Orientación temporal: 5/5 O. espacial: 5/5 Pruebas visuo-espaciales: 15/16.

Instrumentos

Diseñamos un conjunto de pruebas generales para evaluar las habilidades en el procesamiento de números y otro de pruebas específicas de procesamiento de símbolos y palabras operacionales, hechos aritméticos y ejecución de cálculos.

Pruebas Generales

Conocimiento numérico: Conteo, Enumeración y Movilidad.

Conocimiento numérico léxico: utilización de números como etiquetas verbales.

Comprensión de magnitud: Estimación, Identificación, Proximidad, Comprensión de magnitudes con entrada arábigo-ortográfica-auditiva.

Transcodificaciones arábigo-verbal y verbal-arábigo.

Pruebas Específicas

Reconocimiento de signos operacionales

Objetivo: evaluar el reconocimiento de los signos operacionales a partir del nombre que los mismos toman en las operaciones.

Administración: en la pantalla de una computadora se muestran encolumnados los cuatro signos de las operaciones aritméticas básicas (+; -; x; /). En la parte superior aparece escrita la misma palabra que el evaluador dice al sujeto; luego se solicita el señalamiento del signo que representa aquella palabra oída y leída.

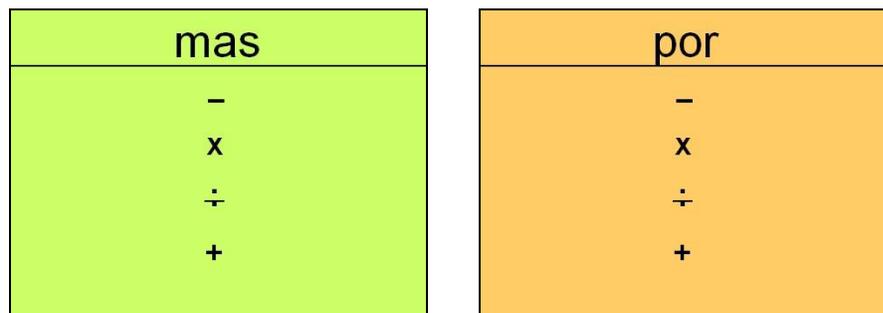


Figura 5. Ejemplos de imágenes presentadas en la Prueba de Reconocimiento de signos operacionales.

Reconocimiento de palabras operacionales

Objetivo: evaluar el reconocimiento de las palabras operacionales a partir del nombre de la operación en que participan.

Administración: se muestran encolumnadas las cuatro palabras operacionales “más”, “dividido”, “por” y “menos”. En la parte superior aparece escrita la misma palabra que el evaluador dice al sujeto, correspondiente al nombre de una operación básica. Se solicita el señalamiento de la palabra operacional que representa aquella palabra oída y leída.



Figura 6. Ejemplos de imágenes presentadas en la Prueba de Reconocimiento de palabras operacionales

Reconocimiento de Operaciones

Objetivo: evaluar la asociación de cálculos aritméticos con el nombre de la operación que involucran.

Administración: se muestran encolumnadas cuatro operaciones aritméticas que contienen, en todos los casos, los mismos numerales y se diferencian por el tipo de signo operacional que los relaciona. En la parte superior aparece escrita la misma palabra que el evaluador dice al sujeto, correspondiente al nombre de una operación básica; se solicita el señalamiento de la operación que representa aquella palabra oída y leída.

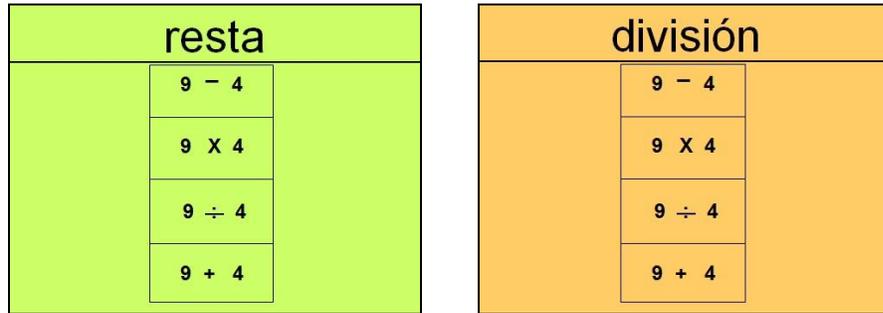


Figura 7. Ejemplos de imágenes presentadas en la Prueba de Reconocimiento de operaciones

Juicios Si/No de palabras operacionales

Objetivo: evaluar la habilidad para el adecuado reconocimiento de la asociación entre el nombre de una operación y un cálculo que la exprese, en el que las dos partes se presentan con palabras.

Administración: se muestra expresado de modo verbal ortográfico un cálculo; en la parte inferior, se muestra el nombre de una operación; por ejemplo, “suma”. Luego se solicita al sujeto que indique si la asociación es o no correcta.



Figura 8. Ejemplos de imágenes presentadas en la Prueba de Juicios Sí/No de palabras operacionales.

Elección de signo operacional

Objetivo: evaluar el reconocimiento de los signos operacionales que expresan el tipo de operación que implica un cálculo aritmético dado.

Administración: se muestran encolumnados los cuatro signos de las operaciones aritméticas básicas (+; -; x; /). En la parte superior aparece escrita la expresión de un cálculo aritmético que el evaluador a su vez lee en voz alta. Luego se solicita el señalamiento del signo que se asocia con aquel cálculo.



Figura 9. Ejemplos de imágenes presentadas en la Prueba de Elección de signo operacional.

Prueba de Recuperación de Hechos aritméticos

Recuperación de factores aritméticos

Objetivo: evaluar la conservación de factores aritméticos, hechos aritméticos básicos sobreaprendidos.

Administración: se solicita la producción oral de dos tablas de multiplicar (bajas).

Pruebas de cálculo mental

La administración de las siguientes cuatro pruebas es idéntica: se propone verbalmente un cálculo y se solicita al sujeto que exprese el resultado del mismo preferentemente en voz alta, aunque otras modalidades de respuesta son aceptadas, siempre que no se realice un cálculo escrito o de colección de elementos.

Cálculo Mental Suma. CMS

Objetivo: evaluar la capacidad para realizar sumas sencillas mentalmente; los estímulos están compuestos por cálculos en los que ambos sumandos tienen extensión de un solo dígito y por cálculos en los que el primer sumando tiene una extensión de dos dígitos y el segundo de un solo dígito.

Cálculo Mental Resta. CMR

Objetivo: evaluar la capacidad para realizar restas sencillas mentalmente; los estímulos están compuestos por cálculos en los que minuendo y sustraendo tienen extensión de un solo dígito y por cálculos en los que el minuendo tiene una extensión de dos dígitos y el sustraendo de un solo dígito.

Cálculo Mental Multiplicación. CMM

Objetivo: evaluar la capacidad para realizar multiplicaciones sencillas mentalmente; los estímulos están compuestos por cálculos en los que los factores tienen extensión de un solo dígito, lo que asemeja esta prueba a la Prueba 32 de recuperación de factores aritméticos, aunque en aquella se solicitan series completas.

Cálculo Mental División. CMD

Objetivo: evaluar la capacidad para realizar divisiones sencillas mentalmente; los estímulos están compuestos por cálculos en los que el dividendo tiene extensión de

un dígito o de dos dígitos, y el divisor siempre tiene extensión de un solo dígito; en todos los casos se trata de divisiones exactas, sin resto.

Pruebas de cálculo escrito

La administración de las siguientes cuatro pruebas es idéntica: se presenta escrito en color negro con fuente Times New Roman tamaño 20 en una hoja de papel blanca un cálculo aritmético al que le falta el resultado. Se solicita al sujeto que realice el cálculo y coloque el resultado.

Cálculo Escrito Suma. CES

Objetivo: evaluar la capacidad para realizar sumas escritas. Los estímulos presentan cuatro niveles de complejidad diferentes (suma simple directa, suma simple con procedimiento de “llevar”, suma compleja por la inclusión del numeral cero en alguno de los sumandos y suma compleja con procedimiento de “llevar”) y se presentan horizontalmente con la intención de observar su reorganización y resolución vertical como parte de los procedimientos. La extensión de los sumandos va de 2 a 4 dígitos.

Cálculo Escrito Resta. CER

Objetivo: evaluar la capacidad para realizar restas escritas. Los estímulos presentan cuatro niveles de complejidad diferentes (resta simple directa, resta simple con procedimiento de “pedir”, resta compleja por la inclusión del numeral cero en alguno de los componentes y resta compleja con procedimiento de “pedir”) y se presentan horizontalmente con la intención de observar su reorganización y resolución vertical como parte de los procedimientos a evaluar. La extensión de los minuendos y sustraendos va de 2 a 4 dígitos.

Cálculo Escrito Multiplicación. CEM

Objetivo: evaluar la capacidad para realizar multiplicaciones escritas. Los estímulos presentan cuatro niveles de complejidad diferentes (multiplicación simple directa, multiplicación simple con procedimiento de “llevar”, multiplicación compleja por la inclusión del numeral cero en alguno de los componentes y multiplicación compleja con procedimiento de “llevar”) y se presentan horizontalmente con la intención de observar su reorganización y resolución vertical como parte de los procedimientos. La extensión de los componentes va de 2 a 4 dígitos. Durante la ejecución de esta prueba, en la pantalla de una computadora quedan expuestas las tablas de multiplicar necesarias en cada caso, con el objeto de poder observar la ejecución de los procedimientos de cálculo dejando de lado la habilidad para la recuperación de factores aritméticos.

Cálculo Escrito División. CED

Objetivo: evaluar la capacidad para realizar divisiones escritas. Los estímulos presentan cuatro niveles de complejidad diferentes (división simple directa, división simple con restos intermedios, división compleja por la inclusión del numeral cero en el dividendo y división compleja con resto intermedio) y se presentan horizontalmente con la intención de observar su reorganización y resolución vertical como parte de los procedimientos. La extensión de los dividendos es siempre de 3

dígitos y la de los divisores de 1 solo dígito que en todos los casos es menor que 5. Los resultados correctos de todos los cálculos de división que se presentan son enteros, con lo que no queda resto. Durante la ejecución de esta prueba, en la pantalla de una computadora quedan expuestas las tablas de multiplicar necesarias en cada caso, con el objeto de poder observar la ejecución de los procedimientos de cálculo dejando de lado la habilidad para la recuperación de factores aritméticos.

Análisis de datos

A partir del rendimiento de los sujetos del grupo control, se estimaron puntos de corte para cada prueba. Los mismos se calcularon a partir de restarle 1.5 desvío estándar a la media. Para la comparación de rendimiento intra e inter-pruebas se realizaron chi cuadrados. En los casos de comparaciones múltiples, se ajustó el nivel de significación según la corrección de Bonferroni, dividiendo el p valor por la cantidad de comparaciones realizadas.

3. Resultados

Paciente KM

Resolvió adecuadamente las tareas de conocimiento numérico y conocimiento numérico léxico. Su rendimiento ante las pruebas que evalúan la semántica numérica fue, en la mayoría de ellas, adecuado, sólo mostró muy pocos errores en la comparación de magnitudes desde una entrada auditiva. En el proceso de transcodificación arábigo verbal mostró un porcentaje de acierto de 65,71 y en el verbal arábigo de 37,33%.

Respecto de los diferentes aspectos relacionados con el cálculo KM (Tabla 1) tuvo un rendimiento inferior al puntaje de corte en todas las pruebas que evalúan el conocimiento o reconocimiento de los signos operacionales. Por otra parte, su recuperación de hechos aritméticos fue adecuada. En las pruebas de cálculo mental, resolvió adecuadamente las sumas y restas, en tanto que su rendimiento fue inferior en operaciones de multiplicación y división. En los cálculos escritos, por el contrario, su rendimiento fue inferior al puntaje de corte en todas las operaciones; particularmente en la multiplicación y en la división no logró resolver correctamente ni siquiera uno de los estímulos.

Tabla 1. Rendimiento de KM en las pruebas específicas de cálculo

Prueba	Puntaje de Corte	KM			
		Puntaje	% Aciertos	Rdto. Prom	Rdto. Inferior
Rec. Signos Operacionales	4.000	2.000	50.00%		X
Rec. Palabras Operacionales	4.000	0.000	0.00%		X
Rec. Operaciones	4.000	2.000	50.00%		X
Juicios Si/No Pal. Operacionales	4.000	1.000	25.00%		X
Elección Símbolo Operacional	4.000	3.000	75.00%		X
Recup. Hechos Aritméticos	1.553	2.000	100.00%	X	
Cálculo Mental Suma	6.693	7.000	100.00%	X	
Cálculo Mental Resta	6.074	7.000	100.00%	X	
Cálculo Mental Multiplicación	6.442	5.000	71.43%		X
Cálculo Mental División	5.828	4.000	57.14%		X
Cálculo Escrito Suma	12.000	11.000	91.66%		X
Cálculo Escrito Resta	11.553	6.000	50.00%		X
Cálculo Escrito Multiplicación	9.808	0.000	0.00%		X
Cálculo Escrito División	10.124	0.000	0.00%		X

Comparación del rendimiento entre las distintas tareas de cálculo

Con el fin de determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de los diferentes aspectos involucrados en el cálculo, se compararon las puntuaciones obtenidas en las pruebas de conocimiento de signos y palabras operacionales, cálculo mental y cálculo escrito.

La comparación inicial arrojó que existen diferencias significativas entre el conjunto de puntuaciones ($\text{Chi}^2_{(2)} = 9.605, p < .01$).

El análisis *pos hoc* permitió observar que en la paciente KM la diferencia significativa entre las puntuaciones fue entre conocimiento de signos y palabras operacionales y cálculo mental ($\text{Chi}^2_{(1)} = 9.059, p < .05$), mostrando un mejor rendimiento en las tareas de cálculo mental que en las de conocimiento de signos y palabras operacionales (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis pos hoc en tareas de cálculo (KM)

	Chi ²	gl	p
SO vs. CM	9.059	1	.003*
SO vs. CE	4.227	1	.040
CM vs. CE	0.931	1	.335

Nota. SO = Símbolos y palabras operacionales,

CM = Cálculo mental, CE = Cálculo escrito

* $p < .05$ según corrección de Bonferroni

Comparación entre tipos de operaciones en cálculo escrito

Con el objeto de verificar si existen diferencias en el rendimiento entre los distintos tipos de operaciones en el cálculo escrito se compararon las puntuaciones obtenidas. KM sólo pudo resolver las operaciones de suma y resta, observándose un mejor rendimiento en suma que en resta ($\text{Chi}^2_{(1)} = 5.455, p = .02$).

Paciente ECC

Mostró dificultades en la movilidad numérica, aunque logró enumerar y contar; presentó errores también en el conocimiento numérico léxico. Su rendimiento ante las pruebas que evalúan la semántica numérica mostró pocos errores en estimación y comparación de magnitudes desde una entrada ortográfica. En el proceso de transcodificación arábigo verbal mostró un porcentaje de acierto de 80,00% y en el verbal arábigo de 71,33%.

Respecto de los diferentes aspectos relacionados con el cálculo, ECC tuvo un rendimiento acorde al puntaje de corte en todas las pruebas que evalúan el conocimiento de los signos operacionales y en la recuperación de hechos aritméticos.

En las pruebas de cálculo mental, por el contrario, su rendimiento fue inferior al puntaje de corte en todas las operaciones, en tanto que en las de cálculo escrito, alcanzó el puntaje de corte para las operaciones de suma y multiplicación, pero fue inferior al puntaje de corte en resta y división.

Tabla 3. Rendimiento de ECC en las pruebas específicas de cálculo

Prueba	Puntaje de Corte	ECC			Rdto. Inferior
		Puntaje	% Aciertos	Rdto. Prom	
Rec. Signos Operacionales	4.000	4.000	100,00%	X	
Rec. Palabras Operacionales	4.000	4.000	100,00%	X	
Rec. Operaciones	4.000	4.000	100,00%	X	
Juicios Si/No Pal. Operacionales	4.000	4.000	100,00%	X	
Elección Símbolo Operacional	4.000	4.000	100,00%	X	
Recup. Hechos Aritméticos	1.553	2.000	100,00%	X	
Cálculo Mental Suma	6.693	6.000	85,71%		X
Cálculo Mental Resta	6.074	6.000	85,71%		X
Cálculo Mental Multiplicación	6.442	6.000	71,42%		X
Cálculo Mental División	5.828	5.000	71,42%		X
Cálculo Escrito Suma	12.000	12.000	100,00%	X	
Cálculo Escrito Resta	11.553	11.000	91,66%		X
Cálculo Escrito Multiplicación	9.808	12.000	100,00%	X	
Cálculo Escrito División	10.124	10.000	83,33%		X

Comparación del rendimiento de ECC entre las distintas tareas de cálculo

En ECC se observaron diferencias significativas entre el rendimiento de las tres tareas de cálculo ($\chi^2_{(2)} = 8.196, p = .02$). El análisis *pos hoc* mostró una diferencia significativa entre el rendimiento en la tarea de conocimiento de signos y palabras operacionales y en la de cálculo mental ($\chi^2_{(1)} = 7.073, p < .05$) –mejor para signos y palabras operacionales– (ver Tabla 4).

Tabla 4. Análisis pos hoc en tareas de cálculo (ECC)

	Chi ²	gl	p
SO vs. CM	7.073	1	.008*
SO vs. CE	2.147	1	.143
CM vs. CE	3.752	1	.053

Nota. SO = Símbolos y palabras operacionales,

CM = Cálculo mental, CE = Cálculo escrito

* $p < .05$ según corrección de Bonferroni

Comparación entre tipos de operaciones en cálculo escrito:

ECC no mostró diferencias significativas en el rendimiento entre los cuatro tipos de operaciones ($\text{Chi}^2_{(3)} = 4.746, p = .19$).

4. Discusión

El rendimiento de KM ante las pruebas específicas muestra que realiza una adecuada recuperación de hechos aritméticos, en contraste con su bajo rendimiento en las pruebas que dependen de la activación del mecanismo para procesar símbolos y palabras operacionales. El análisis comparativo del rendimiento entre las distintas tareas de cálculo pone en evidencia diferencias significativas entre la activación de los diferentes mecanismos involucrados en el cálculo, ya que en la comparación de las puntuaciones obtenidas en las pruebas de conocimiento de signos y palabras operacionales y las de cálculo mental en su conjunto, la diferencia a favor de este último fue estadísticamente significativa, ($p < .05$). Así, KM muestra disociaciones que corroboran los mecanismos diferenciados de cálculo propuestos en el Modelo teórico planteado por McCloskey, Caramazza y Basili (1985). Por otra parte, al interior del cálculo mental, el rendimiento de KM no es parejo, sino que puede observarse muy adecuado para las operaciones de adición y sustracción en tanto que las de multiplicación y división no alcanzan el puntaje de corte. Algo relativamente similar ocurre al comparar el rendimiento entre tipos de operaciones en cálculo escrito, ya que KM, aún sin alcanzar los puntajes de corte, pudo resolver en parte las operaciones de suma y resta en tanto que le fue imposible realizar las de multiplicación y división. Estas últimas comparaciones muestran otra disociación que permite corroborar en parte los postulados del Modelo propuesto por Dehaene y Cohen (1997), ya que las diferencias entre tipos de operaciones se asemejan a las del paciente BOO estudiado por ellos, quien mostrara también alteración total para

realizar operaciones de multiplicación al tiempo que la adición y la sustracción se encontraban relativamente preservadas.

KM muestra disociación entre recuperación de hechos aritméticos, reconocimiento de signos y palabras operacionales y cálculo mental. Dentro del cálculo se expresa otra disociación entre tipos de operaciones: mejor rendimiento en sumas y restas que en multiplicaciones y divisiones, tanto para la modalidad mental como para la escrita.

El paciente ECC tuvo un rendimiento acorde al puntaje de corte en todas las pruebas que evalúan el conocimiento de los signos operacionales y en la recuperación de hechos aritméticos. En las pruebas de cálculo mental su rendimiento fue algo inferior al puntaje de corte en todas las operaciones, pero sí alcanzó los puntajes de corte en las sumas y multiplicaciones cuando éstas se le presentaron en forma escrita. El rendimiento de ECC ante las distintas pruebas de cálculo mostró diferencias significativas, particularmente su actuación en las tareas de conocimiento de signos y palabras operacionales fue mejor que en las de cálculo mental ($p < .05$). En el cálculo escrito ECC no mostró diferencias significativas entre los tipos de operaciones. También los resultados de ECC muestran una disociación que corrobora los mecanismos diferenciados de cálculo propuestos en el Modelo teórico planteado por McCloskey, Caramazza y Basili (1985), al menos entre la recuperación de hechos aritméticos y el reconocimiento de signos y palabras operacionales por un lado y la ejecución de cálculos por el otro. En el cálculo escrito ECC no mostró diferencias significativas entre los tipos de operaciones.

La comparación del rendimiento de KM y de ECC ante las pruebas de reconocimiento de símbolos y palabras operacionales muestra una doble disociación que corrobora el planteo de un módulo diferenciado en el Modelo propuesto por McCloskey, Caramazza y Basili (1985).

Bibliografía

Basso, A., Burgio, F., & Caporali, A. (2000). Acalculia, Aphasia and Spatial Disorders in Left and Right Brain-Damaged Patients. *Cortex*, 36(2), 265-280. doi:10.1016/s0010-9452(08)70528-8.

Cappelletti, M., Butterworth, B., & Kopelman, M. (2012). Numeracy skills in patients with degenerative disorders and focal brain lesions: A neuropsychological investigation. *Neuropsychology*, 26(1), 1-19. doi:10.1037/a0026328. .

Cipolotti, L., & Butterworth, B. (1995). Toward a multiroute model of number processing: Impaired number transcoding with preserved calculation skills. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124(4), 375-390. doi:10.1037//0096-3445.124.4.375.

Cohen, L., & Dehaene, S. (2000). Calculating Without Reading: Unsuspected Residual Abilities In Pure Alexia. *Cognitive Neuropsychology*, 17(6), 563-583. doi:10.1080/02643290050110656.

Dansilio, D. (2008). *Los trastornos del cálculo y el procesamiento del número*. . Montevideo: Prensa Médica Latina.

Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44(1-2), 1-42. doi:10.1016/0010-0277(92)90049-n. .

Dehaene, S., & Cohen, L. (1991). Two mental calculation systems: A case study of severe acalculia with preserved approximation. *Neuropsychologia*, 29(11), 1045-1074. doi:10.1016/0028-3932(91)90076-k.

Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Math Cogn.*, 1, 83-120.

Dehaene, S., & Cohen, L. (1997). Cerebral Pathways for Calculation: Double Dissociation between Rote Verbal and Quantitative Knowledge of Arithmetic. *Cortex*, 33(2), 219-250. doi:10.1016/s0010-9452(08)70002-9

Dehaene, S., Spelke, E., Pineda, P., Stanescu, R., & Tsivkin, S. (1999). Sources of mathematical thinking: behavioral and brain imaging evidence. *Science*, 284, 4-970.

Ellis, A., & Young, A. (1988). *Human cognitive neuropsychology*. . London: Lawrence Erlbaum Associates. (Traducción castellana: Neuropsicología cognitiva humana. Barcelona: Masson; 1992).

Ferro, J. M., & Botelho, M. S. (1980). Alexia for Arithmetical Signs a Cause of Disturbed Calculation. *Cortex*, 16(1), 175-180. doi:10.1016/s0010-9452(80)80032-3.

Gelman, R., & Butterworth, B. (2005). Number and language: how are they related? *Trends in Cognitive Sciences*, 9(1), 6-10. doi:10.1016/j.tics.2004.11.004.

Goldberg, E. (2001). *The Executive Brain*. New York: Oxford University Press. (Traducción castellana: El cerebro ejecutivo. Barcelona: Crítica; 2002).

Goodglass, H., Kaplan, E., & Barresi, B. (1996). *Test de Boston para el Diagnóstico de la Afasia: adaptación español* (J. E. Albea, Trad.). Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Marin, O. S., Saffran, E. M., & Schwartz, M. F. (1976). Dissociations Of Language In Aphasia: Implications For Normal Function. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 280(1 Origins and E), 868-884. doi:10.1111/j.1749-6632.1976.tb25550.x.

McCloskey, M. (1992). Cognitive mechanisms in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia. *Cognition*, 44(1-2), 107-157. doi:10.1016/0010-0277(92)90052-j.

McCloskey, M., Caramazza, A., & Basili, A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, 4(2), 171-196. doi:10.1016/0278-2626(85)90069-7.

Mioshi, E., Dawson, K., Mitchell, J., Arnold, R., & Hodges, J. R. (2006). The Addenbrookes Cognitive Examination Revised (ACE-R): a brief cognitive test battery for dementia screening. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 21(11), 1078-1085. doi:10.1002/gps.1610. .

Parkin, A. J. (1996). *Exploraciones en neuropsicología cognitiva*. . Madrid: Médica Panamericana.

Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. . Cambridge: : Cambridge University Press.

Wechsler, D. (1987). *Wechsler Memory Scale-Revised (WMS-R)*. . San Antonio, TX: The Psychological Corporation.