



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

Trabajo Final de Grado

**EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA DE LOS TRASTORNOS DEL CÁLCULO EN
PACIENTES CON DAÑO CEREBRAL**

Monografía

Estudiante: Mariana Olivera Machín

C.I.: 4.950.434-2

Docente Tutor: Prof. Titular Dr. Sergio Dansilio De Simone

Docente Revisor: Prof. Adjunta Lic. Cecilia Madriaga Mateuci

Montevideo, Uruguay

Abril de 2021

Índice

<i>Resumen</i>	3
<i>Introducción</i>	4
<i>El procesamiento del Número</i>	7
<i>Modelos cognoscitivos para el procesamiento de números</i>	8
<i>Modelo Modular-Abstracto</i>	8
<i>Modelo de acalculia de Ardila</i>	11
<i>Modelo Neurofuncional del Triple Código</i>	17
<i>Estado de la cuestión con respecto a pruebas y baterías de exploración</i>	24
<i>Escala de inteligencia (WAIS-III)</i>	25
<i>Batería EC-301</i>	26
<i>Otros instrumentos de evaluación y exploración del cálculo</i>	29
<i>Componentes funcionales que se observan asociados a los trastornos de las facultades matemáticas</i>	32
<i>Propuesta de un plan para desarrollar una batería basada en un modelo teórico</i> ...	33
<i>Reflexiones finales</i>	36
<i>Referencias Bibliográficas</i>	37

Resumen: La Acalculia, es la alteración o pérdida en la capacidad para comprender y realizar tareas aritméticas a causa de una lesión cerebral adquirida. Afectando el desempeño de las habilidades cognitivas del sujeto, provocando interferencias en aspectos antes funcionales de su vida cotidiana (relacionadas con el manejo del dinero o la estimación de tiempo y/o distancias, por ejemplo). El propósito de este trabajo monográfico, es la revisión, análisis, sistematización e integración académica y clínica de las perturbaciones de la cognición numérica en búsqueda de dar cuenta de los avances y tendencias dentro de este campo teórico. Comenzando con un recorrido conceptual sobre su etiología, estructuras neuroanatómicas y funciones cognitivas implicadas, modelos neurocognitivos recientes procesamiento del número y el cálculo en el adulto considerando fundamentalmente aquellas herramientas de evaluación que puedan ser sostenidas en una estructura teórica robusta. Se realiza finalmente una propuesta de evaluación basada en el modelo Neurofuncional de Triple Código correlacionando lo teórico con tareas pertenecientes a baterías validadas para tal investigación. Con la intención contribuir a la difusión, comprensión y estudio de las acalculias, logrando conceptos que puedan ser eficaces y servir de directrices para el diagnóstico y la creación de un “tratamiento a medida” en función de una rehabilitación adecuada a las necesidades y posibilidades del paciente.

Palabras claves: *acalculia, lesión cerebral, funciones cognitivas, evaluación, rehabilitación*

Abstract: Acalculia is the alteration or loss of the ability to understand and perform arithmetic tasks due to an acquired brain injury. It affects the performance of the subject's cognitive skills, causing interference in previously functional aspects of daily life (related to handling money or estimating time and/or distances, for example). The purpose of this monographic work is the review, analysis, systematization and academic and clinical integration of the disturbances of numerical cognition in order to account for the advances and trends within this theoretical field. Beginning with a conceptual overview of its an etiology, neuroanatomical structures and cognitive functions involved, recent neurocognitive models of number processing and calculation in adults, considering fundamentally those assessment tools that can be supported by a robust theoretical structure. Finally, an assessment proposal is made based on the Neurofunctional Triple Code model, correlating the theory with tasks belonging to validated batteries for such research. With the intention of contributing to the dissemination, understanding and study of acalculia, achieving concepts that can be effective and serve as guidelines for diagnosis and the creation of a "tailor-made treatment" based on a rehabilitation adapted to the needs and possibilities of the patient.

Keywords: *acalculia, brain injury, cognitive functions, evaluation, rehabilitation*

INTRODUCCIÓN

Las alteraciones en el dominio de la numeración y el cálculo establecen un trastorno altamente discapacitante debido a los requerimientos de la aritmética básica y la numeración en tareas de la vida diaria tales como calcular el dinero, los tiempos, las distancias, etc., y por supuesto, en la actividad académica y laboral. Desde un enfoque neuropsicológico, el cálculo es una función compleja que involucra un conjunto heterogéneo de procesos que funcionan de manera relativamente independiente y en simultáneo, incluyendo la memoria, la atención y las funciones ejecutivas junto a mecanismos de procesamiento verbal, gráfico y espacial (Ardila & Roselli, 2016, 2002; Jacobovich, 2014; De Luccia & Ortiz, 2009; Dansilio, 2008; Pastor, 2008).

El término *Acalculia* fue acuñado por Henschen en 1920, refiriéndose a la alteración en las habilidades matemáticas ocasionadas fundamentalmente por un daño cerebral en el área parieto-occipito-temporal izquierda, sobre el gyrus angularis (Henschen & Schaller, 1925). Posteriormente Berger (1926), introdujo la distinción entre las alteraciones en los procesos matemáticos derivados de la disfunción específica de su relativo dominio cognitivo y su circunscripción, con respecto a las alteraciones en los procesos matemáticos procedentes de la disfunción de otros dominios cognitivos y patologías subyacentes. Clasificándolas por primera vez en: a) *Acalculia* primaria (perturbación en las habilidades matemáticas independientemente de otras disfunciones cognitivas); b) *Acalculias* secundarias (perturbación en las habilidades matemáticas por causa de la disfunción de otras funciones cognitivas) (Berger, 1926). Las técnicas de neuroimagen han permitido visualizar y correlacionar la sintomatología del paciente con áreas cerebrales lesionadas (Ardila, 2018; Broxterman, Wahmhoff, Clark, & Beukema, 2017; Ardila & Roselli, 2016, 2002, 1990; Turkington & Harris, 2010; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; Bermejo Velasco & Castillo Moreno, 2006; Dobato, Hernández Laín, & Caminero, 2000; Stanescu-Cosson, Pinel, Van de Moortele, Le Bihan, Cohen & Dehaene, 2000; Dehaene & Cohen, 1997, 1995; McCloskey, Caramazza & Basili, 1985).

Descrito por Gerstmann en 1940, la *acalculia* también puede manifestarse como parte de una sintomatología secundaria a una lesión en el gyrus angularis, conformando lo que llamado el “Síndrome de Gerstmann”, caracterizado por la asociación de agnosia digital, indistinción derecha/izquierda y agrafia (Ardila, 2018; Ardila & Roselli, 2016, 2002; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; Bermejo Velasco & Castillo Moreno, 2006; Ardila, Concha & Rosselli, 2000; Dehaene & Cohen, 1997). El caso del Síndrome de Gerstmann abre la discusión sobre la relación entre el esquema corporal y el conocimiento digital en relación a la cognición matemática.

El dominio numérico es representado por un lenguaje que a su vez involucra un sistema de símbolos. El carácter logográfico de la forma escrita del número que lo sitúa en un sistema posicional, puede hacerlo resistente a las afasias y a las alexias debido a que su procesamiento cerebral es bilateral, pero en la medida de que haya una mayor carga simbólica se procesa y lateraliza en el hemisferio izquierdo por su componente léxico, relacionado al dominio verbal y sígnico (Ardila & Roselli, 2016, 2002; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; Peña-Casanova, 2007; Hécaen, Angerlergues & Houillier, 1961). Por lo tanto, en el caso de lesiones cerebrales focales o de afectación global, hemisféricas izquierdas como derechas, en deterioros cognitivos y demencias, se ve impactado frecuente y negativamente la capacidad para cálculo, directa o indirectamente (Ardila & Roselli, 2016, 2002; Ashkenazi, Henik, Ifergane & Shelef, 2008; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; Peña-Casanova, 2007; Dehaene & Cohen, 1997, 1995; McCloskey, Caramazza & Basili, 1985; Hécaen, Angerlergues & Houillier, 1961).

Es así que, en los últimos cincuenta años, la Neuropsicología Cognitiva ha ampliado las investigaciones originales enfocadas desde abordajes sindromáticos y anatómicos para remitirse a la arquitectura cognitiva subyacente. Dado que las perturbaciones observadas por disfunciones cerebrales son informativas no sólo en cuanto al diagnóstico clínico sino acerca del funcionamiento normal de la arquitectura cognoscitiva, es necesario desarrollar trabajos con fundamentos teóricos y empíricos basados en casos específicos con variables controladas (Salguero-Alcañiz & Alameda-Bailén, 2015; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; Peña-Casanova, 2007; Ardila & Roselli, 2002; Dehaene & Cohen, 1997, 1995; McCloskey, Caramazza & Basili, 1985).

Esta complejidad ha impulsado el desarrollo de modelos explicativos cuyo aporte permita inferir, en el caso de lesiones cerebrales, la organización neuro-funcional de la arquitectura cognitiva normal y patológica, describiendo patrones de comportamientos anormales asociados al daño. Exponiendo los procesos de acceso a las representaciones del conocimiento numérico de nuestro sistema cognitivo y la forma de utilización de las mismas. Mediante la comprensión de: el funcionamiento de las habilidades cognitivas y la relación de éstas con otras funciones cognitivas; los mecanismos de procesamiento del cálculo; y la explicación de las relaciones entre los componentes del sistema de procesamiento y las áreas anatómicas que las sustentan (Ardila & Roselli, 2016, 2002; Ashkenazi et al., 2008; Dansilio, 2008; Peña-Casanova, 2007; Dehaene & Cohen, 1997, 1995; McCloskey, Caramazza & Basili, 1985).

Una vez determinados los mecanismos subyacentes afectados e indemnes, se podrá estimar la capacidad del paciente y establecer un programa de rehabilitación adecuado para su

rendimiento, teniendo en cuenta la conservación y alteración global de funcionamiento cognitivo y afectivo participante de este sistema de procesamiento del cálculo (Pastor, 2008; Ardila & Roselli, 2002). En su gran mayoría, los autores proponen o sugieren determinados ejercicios incentivando la creación de “evaluaciones a medida”, partiendo de la singularidad y adaptabilidad del paciente y el tipo de exploración que se pretenda hacer. Se prepara una batería de test conformados de diversos subtest pertenecientes a evaluaciones baremadas y validadas, cuya eficiencia sea consecuente al nivel sociocultural, edad y nivel de escolaridad del paciente, para una exploración eficaz, extensa y minuciosa. Cabe destacar que la mayoría de estas evaluaciones fueron aplicadas en casos individuales, no se han puesto a prueba en grandes muestras de pacientes con trastornos en las facultades matemáticas, debido a la baja probabilidad de contar con sujetos con estas características. Y, aquellas pruebas específicas para la cognición numérica, no contemplan todos los componentes del cálculo e incurren en pequeños sesgos frente a características demográficas de la persona, como el nivel educativo (Ardila & Roselli, 2016, 2002; De Luccia & Ortiz, 2009; Peña-Casanova, 2007).

A pesar de ser un trastorno cognitivo identificable, frecuente en diversas patologías y que afecta la autonomía del sujeto en su vida cotidiana, si bien, ha incrementado su relevancia a nivel científico, continúa ocupando un lugar secundario o inclusive inexistente en el interés clínico y social, materializándose equivalentemente en las escasas publicaciones dedicadas al estudio de la rehabilitación y el poco conocimiento sobre la misma en los programas dirigidos a esto. El número de herramientas semiológicas para evaluar las competencias numéricas y aritméticas en pacientes con daño cerebral, ocupan junto con la rehabilitación, un lugar acotado en las páginas finales. Y, dentro de esta carencia, también se incluyen los estudios sobre las habilidades del cálculo en personas sin daño cerebral, que proporcionan una guía de comparación entre el funcionamiento cognitivo normal y anormal (Ardila & Roselli, 2016, 2002; De Luccia & Ortiz, 2009; Peña-Casanova, 2007).

Son cuantiosas y accesibles aquellas investigaciones orientadas al trastorno del neurodesarrollo de la adquisición del dominio matemático (discalculia) o perturbaciones en el cálculo como consecuencia de la disfuncionalidad de otros procesos cognitivos como demencias y afasias, probablemente por la dificultad de contar con un paciente con una alteración en el procesamiento del número y el cálculo de tipo primaria (Jacubovich, 2014; De Luccia & Ortiz, 2009; Ashkenazi et al., 2008; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; Peña-Casanova, 2007). Y, en consecuencia, son bastante más precarios los artículos en castellano y los antecedentes nacionales a partir de un caso clínico.

EL PROCESAMIENTO DEL NÚMERO

Spiers (1987) señala que el dominio de la numeración y el cálculo, así como el del lenguaje, poseen un sistema semiótico único, con instituciones y semánticas propias, transmisibles culturalmente y esperables que la población domine. Dado que responden a capacidades específicamente humanas para la representación de cantidades mediante sistemas de numeración y sus determinados códigos notacionales, para realizar operaciones aritméticas básicas. Esto lo hace distinguible y separable de otro tipo de razonamientos que incluyan a otras estructuras y funciones cognitivas, por ejemplo, de la resolución de problemas (Dansilio, 2008).

De esta manera, el número es manipulado de forma abstracta en referencia a cantidades determinadas, independiente de cualquier otro tipo de código. De acuerdo a nuestra cultura, el número está compuesto por 3 tipos de códigos: el código audio verbal (*/cinco/*); el código ortográfico visual (CINCO); y el código arábigo de modalidad visuoespacial (5) (figura 1) (Ardila & Roselli, 2016; Dansilio, 2008, Pastor, 2008; McCloskey, Caramazza & Basili, 1985). El pasaje de un código a otro, se da a través de un proceso de transcodificación, el cual es complejo y no utiliza los mismos mecanismos de forma reversible, manipulando recursos cognitivos distintos e inespecíficos (Dansilio, 2008).

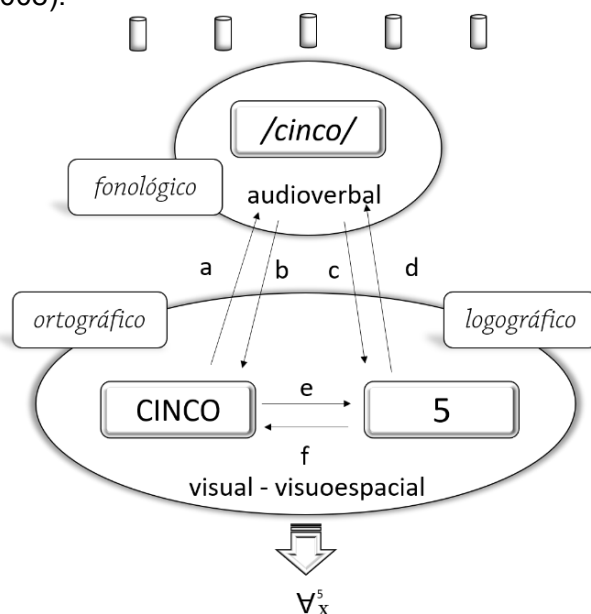


Figura 1. Los tres códigos de representación numérica y su interconexión por los mecanismos de transcodificación, simbolizados por flechas orientadas según los diferentes mecanismos computacionales que los constituyen. Esquema que se desarrolla a partir de la representación pictográfica de cantidad en el extremo superior de la imagen y decodificado como la representación abstracta de la propiedad numérica correspondiente en este caso al número entero [5] en el extremo inferior de la figura (Dansilio, 2008).

MODELOS COGNOSCITIVOS PARA EL PROCESAMIENTO DE NÚMEROS

Modelo Modular- Abstracto

A partir del análisis de los patrones de ejecución alterados como consecuencia de una lesión cerebral, McCloskey y colaboradores (1985) proponen un modelo cognoscitivo basado en las disociaciones que presentaban diversos pacientes, estudiando los diferentes procesos de transcodificación de numerales y su relación con las operaciones aritméticas (Ardila, 2018; Ardila & Roselli, 2016, 2002, Salguero-Alcañiz & Alameda-Bailén, 2015, 2014; Jacobovich, 2014, 2004; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; Bermejo Velasco & Castillo Moreno, 2006; Alonso & Fuentes, 2001; Dobato, Hernández Laín & Caminero, 2000; Lucchelli & De Renzi, 1993; Temple, 1961).

Este modelo propone la existencia de tres sistemas fundamentales:

- El sistema del procesamiento del número
- El sistema de cálculo
- Un sistema semántico

Sistema de procesamiento del número

Este sistema contiene un mecanismo que permite la comprensión y la producción de los números. En su constitución se encuentran subsistemas que realizan los procesos de codificación y transcodificación, donde la información se procesa en una modalidad oral-verbal y otra visuográfica, así como mecanismos que procesan las cifras arábigas y a las palabras – número (Ardila & Roselli, 2016, 2002; Jacobovich, 2014, 2004; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; Bermejo Velasco & Castillo Moreno, 2006; McCloskey, Caramazza & Basili, 1985).

Cada subsistema admite:

1. Componentes de procesamiento lexical, los cuales computan los componentes individuales de los números arábigos correspondiente a cada dígito ([5]; [8]; [7]) o en el caso de las palabras-número se procesa cada cifra ([cinco]; [ocho]; [siete]) o si corresponde a un sintagma (/quinientos ochenta y siete/), en el nivel de comprensión o producción.
2. Componentes de procesamiento sintáctico, donde se computan las relaciones entre cada elemento del número respetando las reglas cuando se corresponde a sintagmas verbales o a cifras arábigas, a nivel de comprensión y producción también.
3. Los procesos de comprensión, convierten al estímulo numérico en códigos abstractos, y como consiguiente, en una representación interna para que el sistema conceptual lo pueda manejar, identificar, estimar y clasificar. Este sistema contiene la habilidad de

codificar las formas notacionales transformándolas en formas abstractas compatibles con el sistema conceptual central. El sistema semántico, tiene la capacidad de discriminación entre resultados y la realización de juicios de magnitud, por lo tanto, la capacidad de comprensión en el modelo modular-abstracto se evalúa proponiéndole al paciente juicios de magnitud fundamentalmente, y entre otras opciones también se pueden agregar tareas de aproximación o bisección de un número (determinar la cifra que se encuentra entre dos números en orden secuencial creciente, por ejemplo) (Jacubovich, 2014, 2004; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; McCloskey, Caramazza & Basili, 1985).

Estos códigos abstractos se obtienen especificando la cantidad del número y la potencia de diez según la posición de cada número en orden descendente, empleando el esquema:

$$\{_____\}10\text{EXP}$$

Entre paréntesis se ubican las unidades y el rango se expresa como una potencia (EXP: exponente) en un sistema decimal. Cualquiera sea el formato de presentación del número (verbal o arábigo), su producción se representa con esta ecuación. Como resultado, la secuencia de etapas para la lectura de un número es (Dansilio, 2008; Pastor, 2008; McCloskey, Caramazza & Basili, 1985):

Cifra: 8673

1. Sistema de comprensión (representación semántica):

$$\{8\}10\text{EXP}3 \quad \{6\}10\text{EXP}2 \quad \{7\}10\text{EXP}1 \quad \{3\}10\text{EXP}0$$

2. Sistema de producción:

- a. Marco sintáctico (se conforma de la información semántica recibida y de las reglas formales del sistema posicional):

$$\begin{array}{cccc} __\text{(unidades)M} & __\text{(unidades)C} & __\text{(decenas)D} & __\text{(unidades)} \\ [10 \text{ EXP } 3] & [10 \text{ EXP } 2] & [10 \text{ EXP } 1] & [10 \text{ EXP } 0] \end{array}$$

- b. Completar los lugares de acuerdo a un plan de producción sintáctica de la forma verbal de la cifra:

$$\begin{array}{cccc} 8 \text{ (unidades)M} & 6 \text{ (unidades)C} & 7 \text{ (decenas)D} & 3 \text{ (unidades)} \\ [10 \text{ EXP } 3] & [10 \text{ EXP } 2] & [10 \text{ EXP } 1] & [10 \text{ EXP } 0] \end{array}$$

Esta segunda fase, depende exclusivamente del aprendizaje escolar explícito, al contrario del marco sintáctico donde se realiza implícitamente la especificación categorial. Dificultades en este nivel pueden evidenciarse en procesos de transcodificación o en representaciones semánticas de la cantidad (Dansilio, 2008; Pastor, 2008, Caramazza & Basili, 1985).

c. Búsqueda y extracción léxica:

/ocho MIL/ /seis CIENTOS/ /setenta/ /tres/

Sistema de cálculo

Este subsistema independiente, requiere de una adecuada decodificación de la totalidad de los números intervinientes en una operación, así como del reconocimiento de la simbología ($x + - :$); la extracción de datos aritméticos desde la memoria semántica (sumas, restas, multiplicaciones y divisiones); el acceso y desarrollo de los procedimientos correspondientes; y la disponibilidad de recursos cognitivos, como la memoria de trabajo, funciones ejecutivas y atencionales (Jacubovich, 2014, 2004; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; Bermejo Velasco & Castillo Moreno, 2006; Dobato, Hernández Laín & Caminero, 2000; McCloskey McCloskey, Caramazza & Basili, 1985; Temple, 1961).

La autonomía relativa de estos componentes se ha demostrado en sujetos con daño cerebral que evidenciaban dificultades específicas para la realización de las operaciones, ya sea para la utilización de los datos aritméticos, la confusión de los símbolos operacionales, y/o errores de procedimiento (Ardila & Roselli, 2016, 2002; Jacubovich, 2014, 2004; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; McCloskey, Caramazza & Basili, 1985; Hécaen, Angerlergues & Houillier, 1961).

Los errores de procedimiento pueden diferenciarse si dependen de cálculos escritos o mentales. La intervención de los componentes verbales y visuoespaciales pueden disociarse y alterarse al realizar el cálculo de manera mental, tanto en sujetos con daño cerebral derecho como izquierdo. Las habilidades de orientación espacial y visuoconstructivas, pueden tomar parte en estos errores, aunque en este modelo abstracto-modular el énfasis de la realización de operaciones se encuentra en un nivel abstracto de representación cognitiva independientemente de todo código o modalidad involucrada. (Ardila & Roselli, 2016, 2002; Jacubovich, 2014, 2004; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; Bermejo Velasco & Castillo Moreno,

2006; Temple, 1991; McCloskey, Caramazza & Basili, 1985): Estos errores, de acuerdo a los autores citados, pueden clasificarse, en:

- Errores en “llevadas y prestadas”. Las “llevadas” se aplican a la suma de un dígito que se registra en el producto intermedio o total, utilizado en multiplicaciones y sumas. Las “prestadas” son utilizadas en las restas, e involucran un adecuado conocimiento de las estructuras semánticas de los números y sus relaciones sintácticas debido al cambio del algoritmo original. Estos a su vez, se clasifican en:
 - a) Errores en productos intermedios. Sujetos a alteraciones espaciales, afectando la alineación de los números debido a perturbaciones topográficas en la posición de los mismos, distorsionando el resultado de la operación.
 - b) Errores “de identidad”. Son aquellos que involucran operaciones con 0 y 1, relativo al procesamiento conceptual de la operación (ej.: $2 \times 1: 2 \times 0$).
 - c) Errores en operaciones añadidas. Se trata de la intercalación entre distintas operaciones, como se da en multiplicaciones y divisiones, donde se utilizan las sumas.
 - d) Alteraciones de secuencia. Refiere al algoritmo de las operaciones que siguen una secuencia específica. En este sentido y llevándolo a un terreno coloquial, el orden de los factores, sí alteraría el producto.

Este modelo permite distinguir entre trastornos en el procesamiento de los números que dependen de dominios de la lecto-escritura, la producción, comprensión y/o repetición de números, y trastornos propiamente del cálculo que involucran dificultades para el acceso a los hechos numéricos y al conocimiento de los procedimientos matemáticos. Actuando de soporte para establecer un diagnóstico diferencial entre acalculias y discalculias (Ardila & Roselli, 2002; McCloskey, Caramazza & Basili, 1985).

Modelo de acalculia de Ardila

Ardila ha propuesto sobre todo una taxonomía que describe las formas clínicas de las acalculias – más que un modelo de la arquitectura normal del cálculo –, sugiriendo una relación consecuente con las regiones cerebrales afectadas. La capacidad para el cálculo comprende un conglomerado de procesos cognitivos que incluyen el dominio lingüístico, espacial, perceptivo, mnésico y ejecutivo, y cuya pérdida es reconocida como una alteración en la habilidad computacional adquirida resultante de un daño cerebral. Las perturbaciones del cálculo son heterogéneas y se correlacionan con el nivel intelectual general del sujeto para el manejo de la

información numérica, y en consecuencia se distinguen e identifican varias clasificaciones que siguen diferentes patrones de errores, dependiendo de la estructura cerebral lesionada y sus zonas adyacentes (Ardila & Roselli, 2016, 2002, 1990).

Las características clínicas más sugerentes de un mal funcionamiento de las habilidades del cálculo, serían (Ardila & Roselli, 2016, 2002, 1990; Boller & Grafman, 1983):

1. Incapacidad para comprender el significado de los números (ya sea en la representación implícita de cantidad de la cifra; incapacidad de colocarlo dentro de la “recta numérica”; desconocimiento de la relación entre números; incomprensión entre las relaciones entre el código arábigo y sus representaciones verbales)
2. Defectos visuoespaciales que interfieren con la organización en el espacio de los números y procedimientos o reglas operacionales.
3. Incapacidad para el recuerdo de hechos matemáticos y su utilización.
4. Dificultad para la comprensión matemática y operacional subyacente a nivel de pensamiento.
5. Dificultad para conceptualizar las cantidades (numerosidad).
6. Dificultad para la realización de operaciones inversas (sumas y sustracciones).

Este modelo hace énfasis en la capacidad para la cuantificación global (numerosidad/magnitudes) que no representa un proceso puramente numérico, y en el conteo, como una forma sofisticada de enumeración asociada al cálculo. Donde se compilan el entendimiento del significado y el valor del número y sus códigos de codificación; la asociación entre cardinales y ordinales; la secuencia en la “línea numérica”; resultando en diversas estrategias para su aprendizaje (como el conteo con los dedos) abriendo el horizonte hacia otras funciones cognitivas y motoras (Ardila & Roselli, 2002).

Como se ha mencionado con anterioridad, el sistema semiótico del cálculo, involucra un lenguaje de símbolos divididos en un sistema logográfico (arábigo) y un sistema fonológico (el nombre del número en palabras). Cada número proporciona información perteneciente a su valor notacional y a su posición dentro de una serie numérica correspondiente a su valor. Para lograr un buen desempeño en operaciones aritméticas, es necesario activar una serie de etapas cognitivas comenzando con la capacidad visuoespacial para la organización de las cifras, la memoria de trabajo asociada a la atención sostenida para evocar y desencadenar las reglas

algorítmicas y el análisis (léxico y sintáctico) para la resolución del cálculo (Ardila & Roselli, 2002).

Acorde a la clasificación de las acalculias propuestas por Ardila y Roselli (1990) (Tabla 1), estos autores hacen una distinción primordial entre la anaritmia o acalculia primaria y las acalculias secundarias resultantes de otras disfunciones cognitivas (lingüísticos, espaciales, funciones ejecutivas). Asimismo, advierten de un grado de superposición entre las acalculias de origen afásico, aléxico y agráficas, así como, la asociación de la anaritmia con estas (Hécaen et al., 1961). Señalando disociaciones resultantes de lesiones en otras regiones donde se observan sintomatologías restringidas, validando la hipótesis de esta habilidad multifactorial para el cálculo, por ejemplo (Dansilio, 2008, Pastor, 2008; Ardila & Roselli, 2016, 2002; Ardila, Concha & Rosselli, 2000; Dehaene & Cohen, 1997):

- Parafasias verbales repercuten en alteraciones en el cálculo en pacientes afásicos.
- Alexias para signos aritméticos.
- Disociaciones entre el procesamiento aritmético y la recuperación de hechos matemáticos.
- Capacidad para la comprensión numérica y reconocimiento de signos y hechos matemáticos con imposibilidad de producirlos en una operación aritmética.
- Capacidad para leer los nombres de los números, pero imposibilidad de lectura en su modalidad arábica.
- Sujetos con Síndrome de Gerstmann.
- Sujetos con heminegligencia.
- Lesión subcortical que causa un déficit en la memoria verbal (tablas de multiplicar y sumas simples), mientras que el conocimiento semántico del número permanece intacto, etc.

Tabla 1**Clasificación de las acalculias**

Categorías	Subcategorías
Acalculia Primaria	Anaritmética
Acalculia Secundaria	Acalculia afásica
	En la afasia de Broca
	En la afasia de Wernicke
	En la afasia de Conducción
	Acalculia Aléxica
	En la alexia central
	En la alexia pura
	Acalculia agráfica
	Acalculia frontal
	Acalculia espacial

Nota. Recuperado de “La Rehabilitación de las Acalculias y Discalculias”, de Ardila, A., & Rosselli, M., 2016, Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias, 16(1), pp. 189-211.

Acalculia primaria

Un paciente con anaritmética tiene un defecto adquirido en el sistema numérico, en la comprensión y producción del número, y no se limita a una modalidad específica de salida (escrita u oral). Engloba la capacidad de realizar operaciones numéricas, de forma tal que, el cálculo mental como el escrito se ven comprometidos hasta en las operaciones más sencillas, presentando errores en el manejo de conceptos y símbolos matemáticos, y fallas en la resolución de problemas aritméticos. Este tipo de alteración en la aritmética es consecuencia de lesiones parietales bilaterales o unilaterales izquierdas en la zona parietal inferior o parieto-occipital, por una lesión focal en la región del gyrus angularis y estructuras adyacentes intervinientes en el dominio del cálculo. Las acalculias primarias a su vez se dividen, por un lado, en la dificultad para diferenciar símbolos y signos matemáticos, y por otro, en la pérdida del sistema semiótico-sintáctico del cálculo (Dansilio, 2008).

Un paciente con anaritmética puede presentar: pérdida de los conceptos numéricos; inhabilidad para entender las cantidades en la realización de operaciones aritméticas básicas; incapacidad para utilizar las reglas sintácticas en el cálculo (“llevadas y prestadas”); fallas en la comparación de los números, y con frecuencia, confusión de signos matemáticos (Ardila, 2018; Broxterman et al., 2017; Ardila & Roselli, 2016, 2002, 1990; López, López & del Ángel, 2016;

Ardila & Ostrosky, 2012; Pastor, 2008; Bermejo Velasco & Castillo Moreno, 2006; Dobato, Hernández Laín, & Caminero, 2000; Spiers, 1987; Hécaen et al., 1961).

Para identificar la anaritmia se debe descartar: que no haya déficits motores o sensoriales que interfieran en la ejecución de las tareas; que no se trate de un déficit cognitivo mayor que altere a otros subsistemas cognitivos; y que la persona no tenga alteraciones en las vías de acceso a la información (mnésicas, fonológicas) (Dansilio, 2008; Pastor, 2008).

Acalculias Secundarias

Acalculia afásica: dificultad de origen psicolingüística, principalmente en tareas de transcodificación de código. Donde un paciente con afasia de Wernicke presenta fallas en la comprensión, incurriendo en errores lexicales y semánticos. Un paciente con afasia de Broca presenta errores sintácticos y con afasia de conducción, comete errores de repetición, afectando las operaciones mentales sucesivas y el conteo inverso. Así como, dificultades en la jerarquización de los números, en la representación ordinal, en las “pedidas y llevadas”, el dictado y la solución de problemas debido a la dificultad de recordar las condiciones del mismo (Ardila, 2018; Broxterman et al., 2017; López et al., 2016; Ardila & Roselli, 2016, 2002, 1990; Ardila & Ostrosky, 2012; Dansilio, 2008; Hécaen et al., 1961).

Acalculia frontal: estos pacientes tienen dificultades en el cálculo a causa de disfunciones ejecutivas. Donde defectos en la atención, la memoria de trabajo, la perseveración, la pérdida de los conceptos matemáticos complejos y la dificultad de mantener, establecer y aplicar una estrategia, les dificulta el hecho de realizar cálculos mentales y la resolución de problemas matemáticos (Ardila, 2018; Broxterman et al., 2017; López et al., 2016; Ardila & Roselli, 2016, 2002, 1990; Ardila & Ostrosky, 2012; Dansilio, 2008; Bermejo Velasco & Castillo Moreno, 2006; Dobato, Hernández Laín, & Caminero, 2000).

Acalculia de tipo espacial: se presenta por lesiones posteriores tanto en el hemisferio derecho como en el izquierdo. Donde predominan las alteraciones espaciales de los números, cuya dificultad se centra en el ordenamiento de las cifras, el copiado y la lectura de cifras incompletas, la utilización de la mitad de la hoja (síntomatología similar a la de la heminegligencia), inversión de dígitos, mezcla de procedimientos, dificultad de reconocimiento del número por confusión por rasgos y cantidad de dígitos, etc. Se afecta directamente la relación del cuerpo con el espacio y la utilización concreta en este (Ardila, 2018; Broxterman et al., 2017; López et al., 2016; Ardila & Roselli, 2016, 2002, 1990; Ardila & Ostrosky, 2012; Dansilio, 2008;

Pastor, 2008; Bermejo Velasco & Castillo Moreno, 2006; Dobato, Hernández Laín & Caminero, 2000, Hécaen et al., 1961).

Acalculia asociada a una alexia o agrafia para los números: por un lado, la alexia central o parieto-temporal produce la incapacidad de leer números u otros sistemas simbólicos (como las notas musicales). En la acalculia por alexia pura, la persona tiene dificultades para la lectura de números compuestos, de forma que para leerlos los descompone. En las acalculias agráficas, el sujeto puede presentar errores en el dictado de números, perseveraciones, errores de orden y en tareas de transcodificación de código del arábigo al verbal omitiendo elementos gramaticales, dificultad en la elaboración de secuencias, realiza paragrafías verbales numéricas, inversiones, entre otras (Ardila, 2018; Broxterman et al., 2017; López et al., 2016; Ardila & Roselli, 2016, 2002, 1990; Ardila & Ostrosky, 2012; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; Bermejo Velasco & Castillo Moreno, 2006; Dobato, Hernández Laín & Caminero, 2000; Hécaen et al., 1961; Henschen, 1925).

Otros trastornos asociados

- Acalculia y afasia. Es común que la acalculia se superponga a algún tipo de afasia, pero han asociado un tipo particular de afasia con la anaritmia, la semántica. Ésta, implica la dificultad para el entendimiento de sintagmas, preposiciones o frases que impliquen relaciones con el espacio, de magnitud o jerarquía (Luria, 1977). Si bien no hay una única semántica para los números, estos dependen de su uso en específico, en términos de la cardinalidad del número y de las relaciones de magnitud (Dansilio, 2008; Ardila & Roselli, 2002).
- Acalculia y apraxia. Mencionada usualmente en síndromes de demencia, en medio de una serie de diversas alteraciones cognitivas. Aun así, la anaritmia aparece asociada a la apraxia ideomotora por la cercanía del daño parietal izquierdo, y la acalculia espacial se correlaciona con la apraxia constructiva (Ardila & Roselli, 2002; Hécaen et al., 1961).
- Acalculia y demencia. Siendo que la capacidad del cálculo está asociada al rendimiento intelectual, es común encontrar un déficit en este dominio debido a las disfunciones cognitivas generales (mnésicas, lingüísticas, atencionales, visuo perceptivos, etc.) como síntoma clínico de demencia (Pastor, 2008; Dansilio, 2008; Ardila & Roselli, 2016, 2002).
- Síndrome de Gerstmann. Nombrado anteriormente, y causado por una lesión en la circunvolución angular izquierda, se caracteriza por una tétrada clínica “incompleta”

que agrupa agnosia digital, desorientación derecha/izquierda (propia y en el espacio), acalculia y agrafia sin alexia. También, y con menor frecuencia, puede encontrarse dentro de este síndrome, la afasia semántica, que dada la incapacidad de utilizar conceptos espaciales y cuasi-espaciales mediados verbalmente, afecta la habilidad para el cálculo. Si bien, en un principio se planteó que por la localización de la lesión cerebral la anaritmia era la forma característica de este trastorno en las facultades matemáticas que acompaña al síndrome, ésta depende de la particularidad de la sintomatología en general debido al compromiso de las regiones espaciales y lingüísticas que también se ven o podrían ver afectadas, en el caso de este último dominio cognitivo, siendo la capacidad para el cálculo una habilidad multifuncional (Ardila, 2018; Ardila & Roselli, 2016, 2002; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; Bermejo Velasco & Castillo Moreno, 2006; Ardila, Concha & Roselli, 2000; Dehaene & Cohen, 1997; Luria, 1977).

Modelo Neurofuncional del Triple Código de Dehaene & Cohen

El Modelo de Triple Código para el procesamiento de los números y el cálculo, partió de observaciones originarias de la psicología evolutiva y animal, dada la posibilidad de animales y niños para prestar atención a la numerosidad y manipularla mentalmente en cálculos simples, antes del desarrollo de habilidades lingüísticas previo a la escolarización. Esto no solo sugiere que el desarrollo numérico sigue una ruta basada en mecanismos evolutivos, sino que también, se apoya en un circuito neuronal diferente evidenciado por técnicas de neuroimagen, neuropsicológicas y métodos de estimulación cerebral, que evidencian que la modalidad del cálculo no es manejado por un sistema único, abstracto y amodal (Serra-Grabulosa, Adan, Pérez-Pàmies, Lachica & Membrives, 2010; Dansilio, 2008; Pastor, 2008; Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003).

A través de estudios de neuroimagen (tomografía por emisión de positrones o PET) descubrieron que hay una activación durante el procesamiento del cálculo de los lóbulos parietales y las cortezas precentral y prefrontal (figura 2) (Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003). Dehaene & Cohen (1995) proponen que el lóbulo parietal contribuye a la representación analógica en una “línea mental numérica” de naturaleza espacial sobre una secuencia numérica. Otros estudios muestran que interferencias en el lenguaje o en la realización de tareas con componentes espaciales perturban el rendimiento de diferentes operaciones, donde en la primera se vería afectada la multiplicación y en la segunda la sustracción. Estas disociaciones plantean la multiplicidad de regiones involucradas en las diferentes tareas numéricas, por lo

tanto, la heterogeneidad de sustratos neuronales involucrados en el procesamiento del número y el cálculo (Pastor, 2008; Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003).

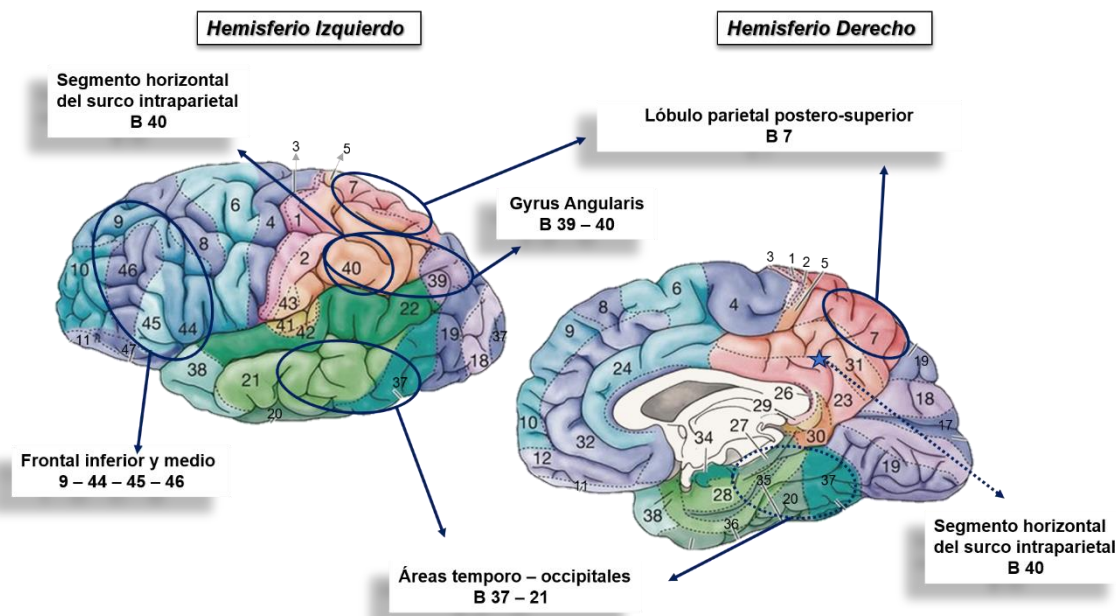


Figura 2. Áreas cerebrales involucradas en el procesamiento del número según el modelo de Dehaene & Cohen (1997, 1995), agregando el área frontal (derecha e izquierda) vinculada con tareas para cálculos exactos, aproximaciones, cantidades grandes y el área temporo occipital, asociada al procesamiento de los niveles abstractos de cantidad (Dansilio, 2008; Bermejo Velasco & Castillo Moreno, 2006; Stanescu-Cosson et al., 2000; Lucchelli & De Renzi, 1993).

Este modelo neurofuncional postula que existen tres sistemas de representaciones mentales donde el número se codifica a nivel cognitivo y cerebral (figura 3) (Serra-Grabulosa, Adan, Pérez-Pàmies, Lachica & Membrives, 2010; Dansilio, 2008; Dehaene & Cohen, 1997, 1995; Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003):

1. Un sistema de cantidad (representación semántica no verbal de relaciones de tamaño y distancia entre números)
2. Un sistema verbal (representación léxica, fonológica y sintáctica de los números)
3. Un sistema visual (codificación arábica de los números)

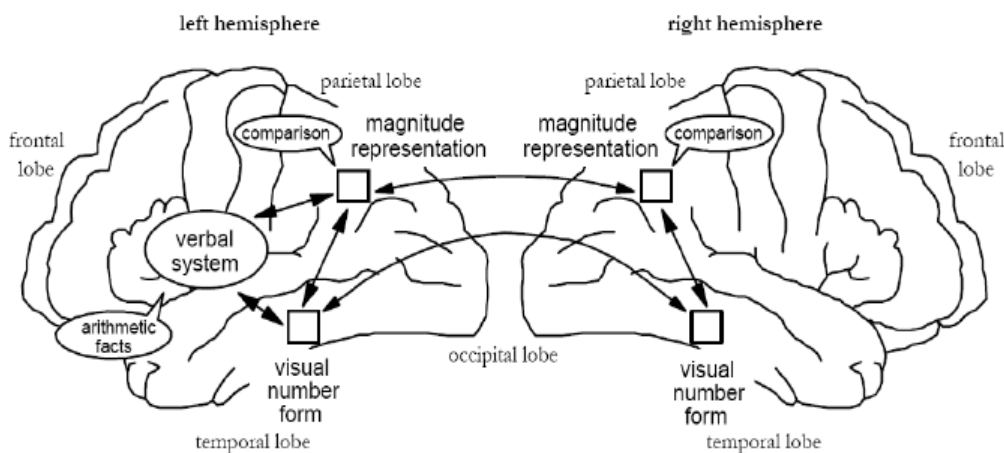


Figura 3. Distribución anatómica de las tres representaciones mentales de los números en las partes externas de los hemisferios izquierdo y derecho (Dehaene & Cohen, 1995).

Sobre esta base, los autores proponen que los tres circuitos determinan un “Hub”, un centro de actividad donde se concentran las conexiones en el lóbulo parietal, y un sistema cerebral específico que se correlaciona con el procesamiento numérico, compuesto por: el segmento horizontal del surco intraparietal bilateral (orientado al procesamiento de las propiedades matemáticas), la circunvolución angular izquierda (región perteneciente al sistema del lenguaje, que participa en la codificación verbal de los números) y el sistema parietal posterior superior bilateral de espacio y atención no espacial (que interviene para los procesos de comparación y aproximación de magnitudes, sustracción de dos dígitos y el conteo, a pesar de no ser una región específica para el cálculo) (Ardila & Roselli, 2016; Serra-Grabulosa, Adan, Pérez-Pàmies, Lachica & Membrives, 2010; Dansilio, 2008; Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003; Dehaene & Cohen, 1997, 1995).

Esto apunta a que, dependiendo de la localización de la lesión cerebral, se pueden encontrar (Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003; Dehaene & Cohen, 1997, 1995):

- Deficiencias semánticas del dominio numérico por lesiones intraparietales.
- Fallas en la recuperación de hechos verbales por lesiones en la corteza perisilviana izquierda, incluyendo el giro angular.
- Perturbaciones en la atención espacial en la “recta numérica” por lesiones del sistema de atención parietal dorsal.

El segmento horizontal del surco intraparietal (figura 4) se halla especializado en la activación del procesamiento abstracto de números, permitiendo el acceso a la representación

semántica de cantidad, en términos de magnitud y proximidad en relación entre ellos. Pero la representación no verbal de una cantidad numérica correspondiente a una “recta numérica” puede procesarse en ambos hemisferios. Esta zona se activa ante la representación cuantitativa del número, más que en la lectura de símbolos. El hemisferio derecho aumenta su activación al calcular dos operaciones (suma o resta) en simultáneo, así como, al calcular la aproximación de un razonamiento en comparación con el cálculo de un resultado exacto. Asimismo, se ve una mayor activación ante restas que para multiplicaciones. En cuanto al acceso a la información, las tablas de multiplicar y las sumas simples se pueden almacenar en la memoria verbal, las sustracciones también, pero necesitan de la manipulación de cantidades porque no pueden ser memorizadas de la misma manera, y por lo tanto requiere de una mayor activación del segmento horizontal del surco intraparietal (Serra-Grabulosa, Adan, Pérez-Pàmies, Lachica & Membrives, 2010; Dansilio, 2008; Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003).

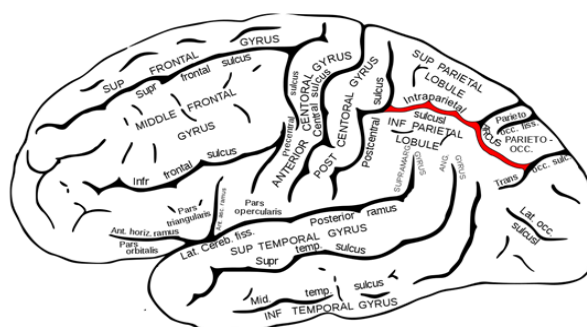


Figura 4. Anatomía del hemisferio izquierdo donde se señala la ubicación del segmento horizontal del surco intraparietal.

Conforme a una operación comparativa, ésta necesita del acceso a la escala numérica y de la activación del segmento horizontal del surco intraparietal para la manipulación mental, más que para su lectura. Estas tareas, si bien, tienen una mayor especialización hemisférica derecha, junto con tareas que requieren de una mayor abstracción entre relaciones numéricas, son procesadas bilateralmente (Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003).

A su vez, esta zona cuenta con una alta activación para la especificidad del dominio numérico en cuanto al procesamiento de categorías no numéricas, verbos, nombres, procesamiento de palabras etc. (Ej.: la peligrosidad entre dos animales, nombres de animales, acciones) (Dansilio, 2008; Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003; Dehaene & Cohen, 1995). Encontrándose modulada por los parámetros semánticos de magnitud y valor relativo entre números, inclusive cuando se introducen cantidades de manera subliminal, tenemos la tendencia a la comprensión inmediata e inconsciente de la numerosidad. La actividad intraparietal es mayor

cuanto más grande es la cifra con la que se esté trabajando y cuanto mayor sea la distancia entre los números, son más fáciles de procesar, siempre y cuando, se obtenga la representación numérica indistintamente de que modalidad provenga el estímulo (números arábigos, palabras escritas o estímulos no simbólicos como tonos o puntos) codificando la cantidad en lugar del símbolo en sí mismo (Dansilio, 2008; Pastor, 2008; Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003).

Estudios neuropsicológicos afirman la existencia de un sistema semántico singular para cantidades numéricas y su relación con las estructuras adyacentes al surco intraparietal. Estudios de caso único han demostrado doble disociaciones entre números y categorías de palabras a nivel semántico, que impactan sobre el cálculo y la comprensión numérica por lesiones temporo-frontal izquierdas. Así como, lesiones parietales izquierdas afectan directamente todas o en gran parte las esferas del procesamiento numérico, conservando las funciones lingüísticas y semánticas. Los sujetos pueden verse incapaces de calcular operaciones simples de forma abstracta, indicando un déficit a nivel de procesamiento y no de la notación. Pueden ser capaces de comprender y producir números, pero pueden presentar dificultades ante un estímulo auditivo o escrito, así como en la resolución o elección de un resultado u operación correcta. También cometen fallas en tareas de comparación o bisección, pero pueden realizar exitosamente estas tareas en dominios no numéricos (ej.: marcar entre días, meses, etc.). A estas perturbaciones, los autores prefieren catalogarlas como deterioros específicos de la representación semántica del número y la manipulación de cantidades, en lugar de incluirlos dentro las características clínicas del trastorno del cálculo (Serra-Grabulosa, Adan, Pérez-Pàmies, Lachica & Membrives, 2010; Dansilio, 2008; Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003; Dehaene & Cohen, 1997).

La circunvolución angular izquierda (figura 5), suele encontrarse activada en estudios de neuroimagen conforme al procesamiento de números. Esta región está lateralizada a la izquierda en la zona posterior e inferior al segmento horizontal del surco intraparietal. Y suele activarse cuando la tarea conlleva un mayor requerimiento de la codificación verbal de los números (como las multiplicaciones) o procesos mediados por el lenguaje, la lectura o tareas verbales mediante la utilización de la memoria a corto plazo. Esto parece manifestar que el gyrus angularis no es una estructura específica para el cálculo, sino que se activa en propuestas que incluyen procesos lingüísticos de los cálculos aritméticos. Es esencial para la recuperación de hechos matemáticos almacenados en la memoria verbal (como multiplicaciones o sumas simples), pero no para tareas numéricas que requieran de una representación cuantitativa de números (como la resta, comparación de magnitudes, cálculo complejo), función correspondiente al segmento horizontal

del surco intraparietal (Dansilio, 2008; Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003; Dehaene & Cohen, 1997). Sin embargo, existen evidencias que vinculan a esta región, no solo con el procesamiento verbal, sino con la representación espacial numérica y la resolución de tareas complejas entrenadas previamente (Grabulosa, Adan, Pérez-Pàmies, Lachica & Membrives, 2010)

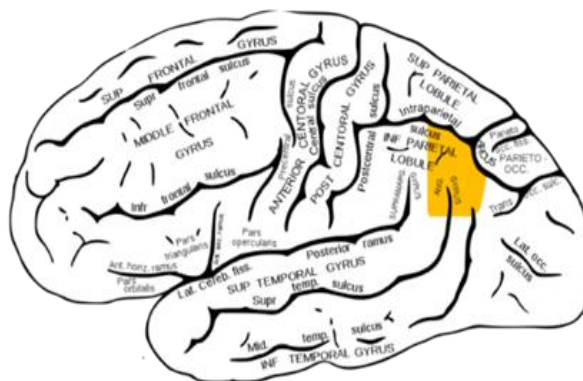


Figura 5. Anatomía del hemisferio izquierdo donde se señala la ubicación del giro angular (Dorland,1997)

Estas especificaciones en regiones contiguas, demuestran que lesiones en áreas adyacentes pueden dar como resultado componentes afectados y otros indemnes debido a disociaciones en el dominio de la numeración y el procesamiento del cálculo. Estas disociaciones no son más que el reflejo del almacenamiento para cada operación, en su singularidad, complejidad y multiplicidad de utilización de otros procesos cognitivos intervinientes en cada una (Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003; Dehaene & Cohen, 1997).

La tercera región (figura 6) incluida en el procesamiento del número y el cálculo, se sitúa en el lóbulo parietal superior bilateral, con extensión medial en el precuneus, también activo en tareas de manipulación numérica, comparación de magnitudes, aproximación, resta de dos dígitos, el conteo y al realizar dos operaciones en simultáneo. Esta área no es específica del dominio del cálculo, sino que contribuye a actividades visoespaciales que incluyen la memoria de trabajo espacial, la orientación atencional y/u ocular, extender la mano, agarrar, señalar. La hipótesis que se maneja, es que esta región al estar involucrada con la atención orientada en el espacio, contribuye a la selección atencional análoga al espacio, logrando una “secuencia numérica interna” cuya representación está organizada espacialmente por su proximidad. Contribuyendo en tareas de comparación de magnitudes o bisección espacial, seleccionar entre

dos números de acuerdo a su proximidad, etc. (Grabulosa, Adan, Pérez-Pàmies, Lachica & Membrives, 2010; Dansilio, 2008; Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003).

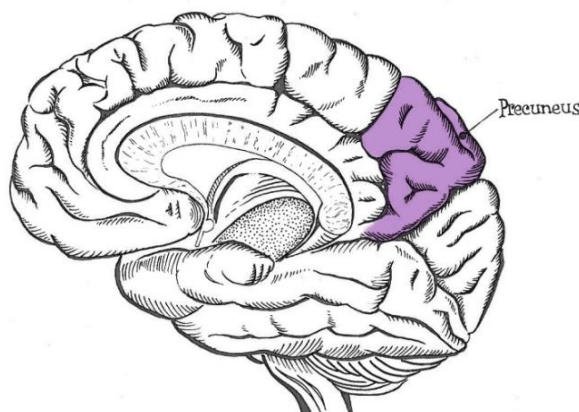


Figura 6. Anatomía del hemisferio izquierdo donde se señala la ubicación del lóbulo parietal superior con identificación en el precuneus.

Este modelo neurofuncional, no solo proporciona información acerca de la arquitectura cerebral implicada en el dominio del cálculo, sino que además distinguen los componentes cognitivos que participan en estos procesos de manera diferencial, no específicos del cálculo, identificando (Dansilio, 2008; Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003; Dehaene & Cohen, 1997, 1995):

- La memoria asociativa. De donde los hechos y datos matemáticos simples se extraen desde la memoria semántica. La información utilizada por sumas simples y las tablas de multiplicar, están directamente vinculadas a la modalidad asociativa y al formato audio-verbal.
- Elaboración semántica. Utilizada para codificar y decodificar una operación matemática (ej.: verificar una operación) o cuando hay una ausencia en los datos almacenados.
- Memoria de trabajo. Involucrada con mayor intención en el cálculo mental, permite gracias a la manipulación temporal de la información, el acceso, el procesamiento y la administración de los recursos cognitivos y los estímulos audiovisuales o visuoespaciales que permitan realizar las operaciones arrojando resultados parciales, o trabajar con las llevadas y prestadas.
- Funciones ejecutivas. Operaciones complejas pueden necesitar de la intervención de funciones cognitivas complejas como la planificación, la solución de problemas y la búsqueda de estrategias, dependiendo del nivel de procesamiento que se requiera.

Lesiones que afecten estas funciones cognitivas, aunque sean ajenas al dominio del cálculo y el procesamiento del número, repercuten y alteran las configuraciones de estos subsistemas, y con ello, las habilidades matemáticas.

Este modelo cuenta con una validación por experimentación directa por resultados de neuroimagen, además de basarse en una síntesis de la literatura existente, los autores señalan que esta descripción proporciona un modelo tentativo dispuesto a continuar ampliándose y validándose (Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003).

ESTADO DE LA CUESTIÓN CON RESPECTO A PRUEBAS Y BATERÍAS DE EXPLORACIÓN

Las habilidades del cálculo son multifactoriales y están asociadas a una diversidad de procesos cognitivos donde se incluyen el dominio verbal, la función perceptiva, la espacial, la mnésica y la ejecutiva. Si bien, la capacidad para manipular la información numérica está correlacionada con el nivel intelectual, cualquier defecto cognitivo puede resultar en una afectación de la cognición numérica.

Dentro de los procedimientos para la evaluación neuropsicológica que incluyen la habilidad del cálculo, suelen encontrarse este tipo de exploraciones comúnmente en test de screening cognitivo como el Minimental¹ de Folstein y cols. (Folstein, Folstein & McHugh, 1975) o en los subtest que evalúan la capacidad de la aritmética de la Batería del manual de Inteligencia del WAIS-III (Wechsler, 2002) (Ardila & Roselli, 2002). Las evaluaciones y exploraciones existentes para adultos suelen ser parciales, ya que son instrumentos desarrollados con fines específicos y aspectos parciales sobre la función y la disfunción cognitiva, y aquellas baterías que indagan aspectos más amplios y con fines clínicos, no se encuentran en castellano (Jacubovich, Leiva, Schilder & Formoso, 2010).

Según Ardila & Roselli (2002), en una valoración neuropsicológica inicial para la detección de la acalculia, se debe:

1. Realizar tareas específicas que arrojen resultados sobre la existencia de anomalías en el dominio del cálculo y el número.
2. Examinar en búsqueda de posibles alteraciones cognitivas asociadas.
3. Identificar y describir el patrón de errores y dificultades que presenta el paciente y

¹

Minimental State Examination (MMSE), creado Folstein y colaboradores en 1975, permite un rápido despistaje del funcionamiento cognitivo de una persona, su deterioro y evolución.

posteriormente, caracterizarlo dentro de las formas clínicas de la acalculia.

Una exhaustiva evaluación cognitiva, permitirá el desarrollo más adecuado de procedimientos de rehabilitación para el paciente en cuestión. Y dentro de estas herramientas de exploración, las más completas y accesibles para indagar en la capacidad del cálculo son:

- El subtest de aritmética del WAIS-III
- Batería EC-301 de Gerard Deloche y col.

Escala de inteligencia (WAIS-III)

Las escalas Wechsler, son unos de los instrumentos evaluativos del nivel mental integral e interpretación clínica de las posibilidades, manejo del conocimiento adquirido y limitaciones intelectuales, más utilizadas globalmente. El WAIS-III, valora la capacidad cognitiva agrupando 14 Subtest, clasificándolos dentro de una escala Verbal y otra de Ejecución, que a su vez pertenecen a los dominios del funcionamiento cognitivo obteniendo los índices de Comprensión Verbal, Memoria de Trabajo, Organización Perceptual y velocidad de procesamiento (Amador, 2013; Wechsler, 2002).

Usualmente en las evaluaciones neuropsicológicas orientadas hacia el dominio del cálculo utilizan los Subtest de Aritmética y Dígitos del WAIS-III para el análisis de la habilidad, subtest que dejan en evidencia este conglomerado cognitivo evidenciado en asociación con la memoria, las funciones ejecutivas, la atención, las funciones visuoperceptivas y espaciales y las habilidades verbales para el manejo de las facultades matemáticas (Ardila & Roselli 2002, Benedet, 2002).

El Subtest de Aritmética presenta una serie de cálculos a resolver mentalmente (veinte problemas aritméticos) y responder oralmente, utilizando los cubos de Diseño con Cubos, operaciones matemáticas y razonamientos matemáticos, todos con resolución dentro de un tiempo cronometrado. ej.: “¿Cuántos cubos hay en total?”; “¿Cuántos son 4 pesos más 5 pesos?”; “Una familia recorrió 215 km en 5 hs, ¿cuál es el promedio de velocidad en kilómetros por horas?” (Wechsler, 2002). Esta tarea evalúa la capacidad de utilización de conceptos numéricos abstractos, operaciones matemáticas, capacidad atencional y de concentración, estimación, memoria semántica y memoria de trabajo.

El subtest de Dígitos se compone de tres tareas, por un lado, el sujeto debe de repetir cada número (uno por segundo) conformando una serie de repetición de forma creciente. Y las

dos tareas principales son: Dígitos hacia adelante donde dispone de 8 ítems con dos intentos cada uno, que van desde la repetición de 2 números a 9. Y Dígitos hacia atrás, dispone de 7 ítems, con dos intentos cada uno que van desde 2 números hasta 7, pero su consigna es diferente, ya que, el sujeto debe repetir de forma inversa al que los escucha. EJ.: si el examinador dice 8 – 2 – 5, el sujeto debe de responder 5 – 2 – 8 (Wechsler, 2002). Dígitos evalúa la capacidad atencional y la resistencia a la distracción, la memoria auditiva y la memoria de trabajo.

Si bien, la escala WAIS-III es de las más utilizadas, presenta ciertas limitaciones para una exploración profunda de los elementos específicos del cálculo, de forma tal que se centra más en la solución de problemas, la memoria de trabajo y es de difícil aplicación a pacientes con trastornos mnésicos y lingüísticos (Bermejo Velasco & Castillo Moreno, 2006).

Batería EC-301

En 1994, Deloche y col. (2001) desarrollaron una batería estandarizada para la evaluación en adultos con daño cerebral en el área del cálculo y el procesamiento del número, explorando tres sistemas notacionales numéricos: dígitos arábigos, formas verbales de los dígitos escritos y formas verbales de los dígitos hablados (Ardila & Roselli, 2002).

Con el propósito de obtener datos poblacionales, en un inicio se les administró la batería a 180 participantes agrupándolos por nivel educativo, edad y género. El análisis indicó una tasa de error por efecto de los factores demográficos, principalmente por una educación inferior a 9 años de educación formal (en lo que involucra al conteo, los números verbales escritos, la transcodificación, la comparación de magnitudes y subpruebas de operaciones aritméticas). En cuanto al género, se observan diferencias en pruebas de dígitos y cálculos mentales (los hombres puntuaron mejor), y no hay mención de influencia sobre el rendimiento conforme a la edad. El 88% de los participantes presentaron al menos un error; la subprueba más sencilla fue “leer y escribir signos aritméticos” (reprobada por el 1% de la muestra total de participantes); y, la subprueba más difícil fue la “multiplicación escrita” (con el 36% de error), exponiendo un nivel de dificultad variables en personas normales.

La Batería EC301 está compuesta por 31 Subtest (Tabla 2), que exploran el seguimiento de 13 áreas implicadas en el dominio del cálculo y el procesamiento del número:

Tabla 2.

Batería del Cálculo y el Procesamiento de los Números

Tarea	Subtest	Máxima puntuación
Conteo mediante la utilización de diferentes códigos para la producción de una secuencia proposicional.	C1: conteo fonológico.	8
	C2: conteo arábigo.	2
	C3: conteo ortográfico.	4
Enumeración de puntos evalúa la capacidad para calcular la cardinalidad de un conjunto de elementos discretos dentro de una línea analógica, mientras el sujeto los señala mientras cuenta en voz alta.	C4: Pequeños conjuntos (6,4,5) en Dominó.	6
	C5: pequeños conjuntos (4,6,5) en disposición espacial aleatoria.	6
	C6: conjuntos medianos (11,8,10) en disposiciones segmentales	6
	C7: conjuntos medianos (10,8,11) en disposición aleatoria.	6
	C8: conjuntos medianos (9,7,12) en disposición lineal.	6
Transcodificación entre los códigos fonológicos, ortográficos y arábigos, cuya estructura léxico-sintáctica sea comparable entre las subtareas.	C9: repetición de números de forma oral.	12
	C10: escritura verbal del número desde el dígito arábigo (2 à DOS).	12
	C11: lectura en voz alta de números en forma de dígitos arábigos (2 à /dos/).	12
	C12: escribir al dictado números verbales (/dos/ à DOS).	12
	C13: leer en voz alta los números escritos en su forma verbal (DOS à /dos/).	12
	C14: escribir al dictado números arábigos (/dos/ à 2).	12
	C15: desde la escritura verbal a dígitos arábigos (DOS à 2).	12

Signos aritméticos	C16: nombrarlos (-; +; x; : ; =).	8
	C17: escribirlos desde el dictado.	8
Comparación de magnitudes	C18: presentado desde el código arábigo.	16
	C19: presentado desde el código verbal escrito.	16
Cálculos mentales que evalúan el acceso a los hechos matemáticos y la realización de operaciones simples.	C20: cálculo mental sobre números verbales hablados.	16
	C21: cálculo mental en dígitos arábigos.	16
Estimación	C22: resultado de una operación aritmética por aproximación.	16
Posicionamiento de números en escala analógica	C23: lugar del número en una escala analógica en una presentación escrita.	10
	C24: lugar del número en una escala analógica en una presentación oral.	10
Escribir una operación	C25: se solicita que escriba una cifra de varios dígitos para la realización de una operación determinada.	8
Cálculo escrito, se evalúa el acceso a los procedimientos del cálculo y el conocimiento de las operaciones.	C26: sumas escritas.	4
	C27: restas escritas.	4
	C28: multiplicaciones escritas.	7
Resolución de problemas	C29: Estimación perceptiva de la cantidad.	12
	C30: Juicios de magnitud contextual específica.	10
Tarea relacionada con el conocimiento numérico. Ej.: número de meses en un año.	C31: Conocimiento numérico.	12

Nota. Recuperado de "Assessment of calculation and number processing using the EC301 battery: Cross-cultural normative data and application to left- and right-brain damaged patients", de Dellatolas, G., Deloche, G., Basso, A., & Carlos-Salinas, D., 2001, Journal of the International Neuropsychological Society: JINS. 7. 840-59. 10.1017/S1355617701777077.

Otros instrumentos de evaluación y exploración del cálculo

Ardila propone un modelo para la exploración del cálculo, presentándolo como una extensión de la Batería EC301. Enfatizando en la no inclusión de la cuantificación global como un subtest, debido que no representa un proceso verdaderamente numérico de relaciones de correspondencia uno-a-uno, pero debería de tenerse en cuenta al ser un proceso visuo-perceptual. Destaca que la enumeración representa el proceso más elemental del conocimiento numérico, y su forma más sofisticada es el conteo, el cual supone un emparejamiento uno a uno. De esta manera, coincide que las pruebas de cognición cognitiva deberían de comenzar con el conteo, agregando y/o modificando a la Batería EC301 ítems de (Ardila & Rosselli, 2002):

- 1 Conteo
 - 1.1. Contando hacia adelante preferiblemente desde 11 a 20, ya que suele ser un segmento irregular en los diferentes sistemas de números.
 - 1.2. Conteo a la inversa para evaluar también la atención.
- 2 Lectura de números
 - 2.1. Leer dígitos con diferentes niveles de complejidad
 - 2.2. Leer números romanos, ya que se incluyen usualmente en los relojes, estos pueden ofrecer información espacial.
- 3 Completar una operación aritmética colocando el número o signo que falta.
- 4 Comparación de magnitudes
 - 4.1. Estimar el valor numérico de las fracciones
- 5 Operaciones aritméticas sucesivas, donde deben realizarse en voz alta, dan cuenta de fallas atencionales y errores de perseveración.
- 6 Alineación de las cifras en columnas de forma dictada.
- 7 Operaciones aritméticas utilizando valores numéricos diferentes como minutos o kilómetros. Ej.: ¿cuánto tiempo hay entre las 14:15 y las 18:20hs?
- 8 Memorización de números. En pacientes con trastornos en las facultades matemáticas los números son confusos y el simbolismo es débil. En consecuencia, la repetición puede ser una buena tarea para explorar la representación numérica.
 - 8.1. Dígitos hacia adelante
 - 8.2. Dígitos hacia atrás
- 9 Razonamientos que involucren más de una operación
- 10 Realizar operaciones aritméticas utilizando dinero real, sería una prueba ecológica que representaría y evaluaría el rendimiento cotidiano.

Existen otras herramientas de evaluación para el procesamiento de los números y el cálculo, pero pueden llegar a ser incompletas, de difícil acceso o no emplear normas para poblaciones hispanohablantes, como, por ejemplo:

- *Minimal State Examination (MMSE)*, nombrado anteriormente y desarrollado por Folstein et al. en 1975, es uno de los instrumentos de screening cognitivos más utilizados internacionalmente. Con un tiempo de administración de 5 a 10 minutos, consta de 11 ítems y puede brindar una rápida exploración y evaluación del funcionamiento cognitivo acerca de la orientación temporo-espacial, memoria a corto plazo y diferida, atención, lenguaje, cálculo y capacidad visuoespacial, mostrando sensibilidad ante demencias y deterioros cognitivos moderados y severos (Folstein et al., 1975). La cuarta tarea está dirigida a la atención y al cálculo, donde se le pide al paciente que reste de 7 a partir del número 100 hasta que sea detenido por el examinador (luego 5 repeticiones). Si bien, no puede ser tomado en cuenta como un instrumento de precisión para la evaluación de las facultades matemáticas, es capaz de dar cuenta de elementos básicos del cálculo alterados como el cálculo mental, los hechos aritméticos o funciones de otros dominios involucrados, como la memoria de trabajo.
- *Batería Cuantitativa-Espacial de Boston*. Subtest de Cálculo (Goodglass & Kaplan, 1983). Este tests, está dirigido a la evaluación de pacientes afásicos, pero consta de un subtest para el análisis espacial-cuantitativo del cálculo. Donde a los pacientes se les pide la resolución de problemas aritméticos que van incrementando en su nivel de dificultad progresivamente, así como el dibujo de un reloj indicando con las manecillas las horas y minutos para especificar el tiempo tanto en una hoja en blanco como en un reloj previamente numerado (Ardila & Ostrosky, 2012).
- *Test de Barcelona*. Esta herramienta contiene subtest inspirados en el WAIS y cuya estructura es similar a la del Test de Boston. Donde se construye el perfil clínico del paciente convirtiendo los puntajes directos de las pruebas en percentiles que permitan evaluar las capacidades cognitivas preservadas y alteradas. Incluye 42 pruebas (que contienen desde 106 a 147 subtest con una duración aproximada de 3 a 4hs de aplicación) con una forma de puntuación directa (correcto / incorrecto) y otra forma de puntuación que depende de la velocidad de respuesta basada en puntuaciones de 3, 2 o 1. Dentro de la variedad que incorpora este Test, se podrían utilizar los subtest de

Dígitos, Cálculo, Problemas Aritméticos, entre otros para explorar trastornos en las facultades matemáticas (Ardila & Ostrosky, 2012).

Test de Barcelona Abreviado (Peña Casanova et al., 1997), en esta versión de 45 minutos de aplicación aproximadamente, se incluyen 55 subtest que exploran el desempeño cognitivo a través de la orientación, el lenguaje, dígitos directos e inversos, series verbales, control mental, repetición, evocación categorial, denominación de imágenes, comprensión verbal, lectura, escritura, praxias ideomotoras y visuoestructurivas, habilidades viso perceptivas, memoria (verbal de textos, visual) problemas aritméticos, semejanzas, clave de números y cubos (Ardila & Ostrosky, 2012).

- *Neuropsi - batería neuropsicológica breve en español*. Desarrollada para evaluar los dominios específicos alterados frente a un daño cerebral, contiene 9 pruebas y 26 subtests, con un tiempo de administración de 30 minutos aproximadamente. Donde se evalúa la orientación, la atención y la concentración, el lenguaje, la memoria, la lectura, la escritura, el cálculo y las funciones ejecutivas proporcionando información sobre diferentes síndromes neuroanatómicos. (Ostrosky, Ardila & Rosselli, 2012, 1999).
- *Test de General Accomplishment de Woodcock-Muñoz*. La primera versión de este test apareció en 1997 en Norte América, y en 1996 se realizó la versión en castellano denominada Bateria Woodcock-Munoz, R, con un rango etario de aplicación desde niños de 2 años hasta los 90, cuyo tiempo de administración depende de las áreas y habilidades que el examinador pretenda explorar. Estas incluyen: la memoria a corto plazo, la comprensión, la cuantificación de datos, el procesamiento visual, la memoria asociativa, el razonamiento, la velocidad de procesamiento y el tiempo de reacción. La Bateria R está compuesta por: Pruebas de habilidad cognitiva (21 subtest que evalúan la memoria a corto plazo, la velocidad de procesamiento, el procesamiento auditivo y visual, la comprensión y el razonamiento) y Pruebas de Aprovechamiento (14 subtest que evalúan el rendimiento de la lectura. La escritura, la aritmética y aquellos conocimientos adquiridos de las ciencias naturales, sociales y humanidades). En las pruebas que evalúan la aritmética, el examinador puede presentarle al paciente un nivel creciente de dificultad en formato oral y escrito sin bonificación por velocidad de respuesta, explorando más profundamente que en las pruebas de Aritmética del WAIS, en pruebas de cálculo escrito y mental, hechos aritméticos, reconocimiento de la información y planteamiento de estrategias para la resolución diferidos de déficits atencionales, automatización para los cálculos, errores de procedimientos o en el razonamiento cualitativo, explora las

matemáticas aunque como “competencias” en vista a desempeños educativos (Muñoz-Sandoval, Woodcock, McGrew, Mather & Ardoino, 2009; Frank de Verthelyi, 1999).

- *Instrumento ANS del grupo de Halberda*. Este instrumento está dirigido a la evaluación de la estimación de cantidades, aproximada y veloz, las cuales dependen del Sistema de Aproximación Numérica (ANS), permitiendo el discernimiento entre dos cantidades diferentes y el desarrollo de las habilidades matemáticas. Esta capacidad de discriminación aumenta con la edad, lo que habilita la predicción de la capacidad de estimación para la matemática de un adulto en la performance del niño. Esta herramienta es utilizada principalmente para niños, dirigida para la mejora del ANS en su futuro (Halberda & Feigenson, 2008).

COMPONENTES FUNCIONALES QUE SE OBSERVAN ASOCIADOS A LOS TRASTORNOS DE LAS FACULTADES MATEMÁTICAS

La asimetría encefálica es una adquisición progresiva del cerebro humano, donde en términos generales, el hemisferio izquierdo se especializa en el procesamiento de información con parámetros ubicados en coordenadas de tipo secuencial temporal o sintáctico en el espacio centrado por el cuerpo del objeto, y el hemisferio derecho, se especializa en la decodificación y representación de patrones en simultáneo de la información centrada por el cuerpo del sujeto (Dansilio, 2008).

Tras una lesión cerebral, puede verse comprometido el sistema cognitivo normal y como consecuencia, de acuerdo a la severidad, localización y extensión de la lesión, afectarse funciones específicas precursoras y bases de otras, influyendo directamente en procesos de evaluación y rehabilitación. En el caso del cálculo, se debe de tomar en cuenta, que su funcionamiento está relacionado principalmente a las funciones ejecutivas, el dominio visuoespacial y el esquema corporal (discriminación digital y distinción derecha/izquierda). Las funciones ejecutivas han sido el foco de numerosas investigaciones, por su vulnerabilidad frente a traumatismos y el papel principal en el desempeño cognitivo. La aritmética es una habilidad que parece ser más sensible que la lectura en caso de lesiones cerebrales, debido a la intervención de la memoria operativa y la atención, así como, la flexibilidad cognitiva, el razonamiento abstracto, la planificación, la estimación, la monitorización y auto monitorización, la resolución de problemas, la velocidad de procesamiento. Estas, habilitan las condiciones

básicas para el cálculo como la condición de especificidad (representación de cantidades) que incluye al razonamiento matemático (inductivo, deductivo, abductivo y probabilístico) y la solución de problemas (despliegue de estrategias). Y en su defecto, se visualizan errores de procedimiento (falta, adición o error dentro de los pasos del algoritmo, llevadas y prestadas), de alternancia (paso de una multiplicación a una suma), mnésicos (datos aritméticos), juicio y razonamiento (errores de estrategia para resolver o generalización de procedimientos) (De León & Campos, 2016; Balbi & Dansilio, 2010; Dansilio, 2008, Ardila & Roselli, 2002, Luria, 1977).

Como se nombraba con anterioridad, el hemisferio derecho es el responsable de la decodificación centrada en el cuerpo del sujeto, cuya información se transporta en el desplazamiento del mismo, marcando la distinción derecha/izquierda, así como una asimetría entre el espacio personal y extra personal. Para el aprendizaje del número y el desarrollo del cálculo se requiere de la adquisición de un espacio numérico interior, que permita un seguimiento mental y dinámico para la aritmética, espacio precursor para el aparato semántico posterior. Si bien, este espacio es verbalizado, parte de un razonamiento donde las relaciones espaciales son reformuladas por el lenguaje, pero la codificación abstracta es de naturaleza espacial. De tal manera, que el compromiso en las destrezas motoras y perceptivas -táctiles, como ocurre en el Síndrome de Gerstmann o trastornos como la heminegligencia, afectan directa e indirectamente la cognición numérica incurriendo en errores de organización espacial y mecanismos operacionales (alineación y direccionalidad, ubicación de símbolos, comas, etc., hacinamiento de escrituras numéricas o distanciamiento, el no reconocimiento de los dedos a la hora de contar, la ubicación y contabilidad de la numeración que siga un orden espacial como el tiempo, etc.) (Dehaene, 2011; Balbi & Dansilio, 2010; Dansilio, 2008; Alonso & Fuentes, 2001; Luria, 1977).

PROPUESTA DE UN PLAN PARA DESARROLLAR UNA BATERÍA BASADA EN UN MODELO TEÓRICO

Es de suma importancia conocer, detectar y evaluar la capacidad cognitiva en pacientes que evidencien trastornos en el dominio del cálculo a causa de una lesión cerebral, para poder establecer rápidamente un diagnóstico y planificar terapéuticas singulares y oportunas para su rehabilitación. Como se nombraba con anterioridad, el objetivo final de este trabajo es la propuesta de un plan de evaluación que permita contribuir al medio clínico. Partiendo de un interés personal, toma forma a partir de la recomendación del profesor Dr. Sergio Dansilio, quien

considera al Modelo del Triple Código de Dehaene y Cohen, como el modelo teórico con más solidez empírica en comparación con otros los expuestos en este trabajo. Y se conforma de tareas seleccionadas de las diferentes baterías de exploración y evaluación presentadas, más relevantes que se adecuan a las premisas del marco teórico.

En primer término, la evaluación requiere determinar en qué medida el trastorno del cálculo es primario, es decir, responde a un compromiso de los propios mecanismos neurocognitivos que subyacen a la función, o son secundarios en todo o parcialmente a otros dominios cognitivos. En alteraciones de naturaleza primaria los déficits se afectan el procesamiento de los números, las cantidades, los hechos aritméticos y los signos. Si los déficits son secundarios a otro tipo de trastornos, se deben de identificar las alteraciones en la comprensión y/o producción de los números hablados o escritos, evaluando alteraciones de naturaleza atencionales o de la organización espacial, así como resultante de una disfunción ejecutiva.

Teniendo en cuenta lo antes postulado, esta herramienta de exploración y evaluación de la cognición numérica podría pensarse a partir de la exploración de funciones involucradas en la aritmética (Balbi & Dansilio, 2010; Dansilio, 2008; Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003; Benedet, 2002; Dehaene & Cohen, 1997), donde con tareas matemáticas específicas indaguen en estos subsistemas no específicos del cálculo:

1. *Memoria asociativa.*

Exploración mediante el acceso de datos y hechos matemáticos simples (sumas y tablas de multiplicar) en formato audio verbal, cuya información no requiera de una elaboración semántica conforme a la elaboración conceptual.

- Reconocimiento de signos. Tarea que evalúa la recuperación mnésica de los hechos aritméticos correspondientes a las cuatro operaciones de cálculo. Si el paciente no puede acceder a ellos, podrá incurrir en errores de afecten la realización correcta de la operación, dificultades en las tablas o combinación de procedimientos.
- Estimación de resultados. Presentando una serie de resultados posibles para una operación aritmética, el paciente debe de indicar cual es el que más se aproxima sin la necesidad de aplicar procedimientos matemáticos. La tarea requiere de la comprensión de las cantidades presentadas y la utilización de signos aritméticos.

2. *Elaboración semántica*

Relacionada a elaboraciones de estrategias de realización en ausencia de datos en la memoria, se trata de la comprensión del algoritmo y su significado. Se pueden observar descomposiciones en las operaciones para llegar al resultado a través de estrategias ($9+5 \rightarrow 9+9=18-4=14$).

3. *Memoria operativa*

Se trata de tareas que involucren el sostén de resultados y productos intermedios, procedimientos (llevadas y prestadas), vinculados directamente con el bucle fonológico y el sistema verbal.

- Cálculo mental. Vinculado al lenguaje, a la representación verbal de los números, la evocación de datos aritméticos y a la coordinación visuoespacial (en caso de números multidígitos). Podrían aplicarse ejercicios que tengan operaciones a resolver o Dígitos a la inversa.

4. *Funciones ejecutivas*

Incluyen evaluaciones de selección y ensayo de estrategia y planificación, con operaciones multidígitos, así como la elección secuencial para articular, monitorizar y corregir los determinados pasos en formato visuoespacial.

- Comparación numérica verbal y escrita. Consiste en la presentación de dos números y pedirle al paciente que indique el mayor y el menor. Para esto el sujeto necesita del acceso a la representación mental de cantidad para asegurar la posición dentro de la línea numérica de cada valor, la pertenencia al mismo orden (unidad, decena, centena, etc.).
- Aproximación. Se le presenta al paciente un número dentro de una escala (de 0 a 100, por ej.) y se le pide que ubique en ella una serie de números presentados en código verbal y arábigo. Esta tarea requiere el acceso a cantidades traducido a una dimensión espacial para la estimación de diferentes posiciones haciendo un mayor énfasis en la manipulación interna de cantidades acudiendo a recursos visoespaciales (activación del surco intraparietal bilateral).
- Cálculo escrito. Tareas que evalúen la disposición espacial de las cifras, la aplicación de procedimientos (llevadas y prestadas), aplicación de la secuencia de operaciones, dificultad para la recuperación de hechos aritméticos, perseveraciones (como restarle al número mayor el menor en el caso de una multiplicación, por ej.). tanto el cálculo mental como escrito requieren de la participación y ejecución de muchos componentes cognitivos para el procesamiento de la información, su relación y funcionamiento de

cada subsistema (dentro del sistema global) que no son específicos del dominio numérico.

REFLEXIONES FINALES

El objetivo de este trabajo fue aportar una revisión actualizada y comprensiva del trastorno del cálculo que, a pesar de encontrarse con frecuencia en informes clínicos, suele considerarse desde una investigación limitada en cuanto al análisis neuropsicológico, la evaluación y las estrategias de rehabilitación. La sistematización e integración de los hallazgos y sus referentes teóricos, permitirá elaborar técnicas de evaluación del paciente dirigidas a dilucidar la configuración de procesos afectados y procesos indemnes luego de la lesión cerebral. De igual manera, estas herramientas deberán establecer las relaciones y vínculos con otros dominios cognitivos que se involucran como la memoria de trabajo, la memoria semántica, el lenguaje y las habilidades visuoespaciales, necesarios para desencadenar el análisis del cálculo e implementar las reglas algorítmicas, tanto en el desempeño mental como escrito.

Finalmente, desde un enfoque hacia el diagnóstico y la rehabilitación, se ha sugerido una propuesta de evaluación basada en los principios generales del Modelo de Neurofuncional del Triple Código, que permita explorar clínicamente los trastornos del número y el cálculo basados en la integración de diversos dominios cognitivos y en el conocimiento matemático del paciente. Este modelo consta de una sólida base conceptual y holística, fundamentada en mecanismos evolutivos apoyados en circuitos neuronales y su relación con habilidades cognitivas heterogéneas específicas y no específicas del cálculo para la manipulación de la información, así como, la evidencia de disociación frente a elementos afectados e indemnes por lesiones en áreas adyacentes, validado a través de técnicas neuropsicológicas y de neuroimagen.

Es imprescindible proporcionar los recursos teóricos y empíricos que permitan adecuar el plan de exploración a la población uruguaya, atendiendo a variables que hacen a la realidad singular del paciente (desde el grupo etario en el que se encuentra y la reserva neurocognitiva, hasta el nivel de escolaridad formal y las dimensiones culturales y sociales relevantes para el caso). Quedará para un futuro, el desarrollo, perfeccionamiento, aplicación y valoración de esta guía y sus resultados, orientados al diagnóstico, evaluación y rehabilitación de la aritmética, así como su aporte al medio clínico y científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, D., & Fuentes, L. J. (2001). Mecanismos cerebrales del pensamiento matemático. *Revista de neurología*, 33(6), 568-576.
- Amador, J. A. (2013). Escala de inteligencia de Wechsler para adultos-IV (WAIS-IV).
- Ardila, A. (2018). Origins of Calculation Abilities. In *Historical Development of Human Cognition* (pp. 83-105). Springer, Singapore.
- Ardila, A., Concha, M., & Rosselli, M. (2000). Angular gyrus syndrome revisited: Acalculia, finger agnosia, right-left disorientation and semantic aphasia. *Aphasiology*, 14(7), 743-754.
- Ardila, A., & Ostrosky, F. (2012). Guía para el diagnóstico neuropsicológico. *Florida: American Board of Professional Neuropsychology*.
- Ardila, A., & Rosselli, M. (1990). Acalculias. *Behavioural Neurology*, 3(1), 39-48.
- Ardila, A., & Rosselli, M. (2002). Acalculia and dyscalculia. *Neuropsychology review*, 12(4), 179-231.
- Ardila, A., & Rosselli, M. (2016). La Rehabilitación de las Acalculias y Discalculias. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 16(1), 189-211.
- Ashkenazi, S., Henik, A., Ifergane, G., & Shelef, I. (2008). Basic numerical processing in left intraparietal sulcus (IPS) acalculia. *Cortex*, 44(4), 439-448.
- Balbi, A., & Dansilio, S. (2010). Dificultades de aprendizaje del cálculo: contribuciones al diagnóstico psicopedagógico. *Ciencias Psicológicas*, 4(1), 7-15.
- Benedet, M. J. (2002). Neuropsicología cognitiva: aplicaciones a la clínica ya la investigación. Fundamento teórico y metodológico de la neuropsicología cognitiva. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Secretaría General de Asuntos Sociales, Instituto de Migraciones y Servicios Sociales (IMSERSO).
- Berger, H. (1926). Über rechenstörungen bei herderkrankungen des grosshirns. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 78(1), 238-263.
- Bermejo Velasco, P. E., & Castillo Moreno, L. (2006). Acalculia: clasificación, etiología y tratamiento clínico. *Revista de neurología*, 43(4), 223-227.

- Boller, F., & Grafman, J. (1983). Acalculia: Historical development and current significance. *Brain and cognition*, 2(3), 205-223.
- Broxterman, K., Wahmhoff, N., Clark, E., & Beukema, A. (2017). Acalculia. *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology*, 1-3.
- Dansilio, S. (2008). Los trastornos del cálculo y el procesamiento del número. Prensa Médica Latina: Montevideo.
- De León, J. M. R. S., & Campos, A. Á. (2016). Manual de neuropsicología pediátrica. JM Ruiz.
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: how the mind creates mathematics*. OUP USA.
- Dehaene, S., & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical cognition*, 1(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.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive neuropsychology*, 20(3-6), 487-506.
- De Luccia, G., & Ortiz, K. Z. (2009). Performance of a Brazilian population in the EC 301 calculation and number processing battery: a pilot study. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 67(2b), 432-438. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/S0004-282X2009000300012>.
- Dellatolas, G., Deloche, G., Basso, A., & Claros-Salinas, D. (2001). Assessment of calculation and number processing using the EC301 battery: Cross-cultural normative data and application to left- and right-brain damaged patients. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*. 7. 840-59. 10.1017/S1355617701777077.
- Dobato, J. L., Hernández Laín, A., & Caminero, A. B. (2000). Acalculia. Bases neurológicas, evaluación y trastornos. *Rev Neurol*, 30(5), 483-486.
- Dorland, W. A. (1997). *Diccionario enciclopédico ilustrado de medicina*. McGraw-Hill Interamericana.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & Mchugh, P. R. (1975) Mini-mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J. psychiat. Res.* 12, 189-198.

- Frank de Verthelyi, R. (1999). El análisis intra e intertest en la evaluación cognitiva: Aportes del Woodcock-Muñoz, R. a la batería cognitiva. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación Psicológica E Avaliação Psicológica*, 1.
- Goodglass, H., & Kaplan, E. (1983). *Boston Diagnostic Aphasia Examination*. Philadelphia, PA: Lea and Febiger.
- Hécaen, H., Angerlergues, R., & Houillier, S. (1961). Les variétés cliniques des acalculies au cours des lésions rétrorolandiques: approche statistique du problème. *Revue neurologique*, 105, 85-103.
- Halberda, J., & Feigenson, L. (2008). Developmental change in the acuity of the 'number sense': the approximate number system in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental Psychology*, 44 (5), 1457–1465.
- Henschen, S. E., & Schaller, W. F. (1925). Clinical and anatomical contributions on brain pathology. *Archives of Neurology & Psychiatry*, 13(2), 226-249.
- López, L. A. P., López, A. T., & del Ángel, J. G. (2016). *Diccionario de neuropsicología*. Editorial El Manual Moderno.
- Lucchelli, F., & De Renzi, E. (1993). Primary dyscalculia after a medial frontal lesion of the left hemisphere. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 56(3), 304-307.
- Luria, A. R. (1977). *Las funciones corticales superiores del hombre* (No. 616.8: 159.9). La Habana: Editorial Orbe.
- Serra-Grabulosa, J. M., Adan, A., Pérez-Pàmies, M., Lachica, J., & Membrives, S. (2010). Bases neurales del procesamiento numérico y del cálculo. *Rev Neurol*, 50(1), 39-46.
- Jacobovich, S., & Ferreres, A. (2004). ACALCULIA: UN ESTUDIO DE CASO. XI Jornadas de Investigación. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Jacobovich, S., Leiva, S. D., Schilder, F., & Formoso, J. (2010). Desarrollo de una batería de evaluación de la noción de cantidad, el uso de números y la ejecución de cálculos. In II Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XVII Jornadas de Investigación Sexto Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR. Facultad de Psicología-Universidad de Buenos Aires.

- Jacobovich, S. (2014). El procesamiento numérico en lesionados cerebrales. In VI Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología XXI Jornadas de Investigación Décimo Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR. Facultad de Psicología-Universidad de Buenos Aires.
- McCloskey, M., Caramazza, A., & Basili, A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain and cognition*, 4(2), 171-196.
- Muñoz-Sandoval, A. F., Woodcock, R. W., McGrew, K. S., Mather, N., & Ardoino, G. (2009). Batería III Woodcock-Muñoz. *Ciencias psicológicas*, 3(2), 245-246.
- Ostrosky-Solís, F. Ardila, A., & Rosselli, M. (1999). Neuropsi: A brief neuropsychological test battery in spanish with norms by age and educational level. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 5, 413-433.
- Ostrosky, F., Ardila, A., & Rosselli, M. (2012). Batería Neuropsicológica Breve en español- Neuropsi.
- Pastor, I. G. (2008). *Alteraciones en el procesamiento del cálculo en pacientes con demencia tipo Alzheimer*. Imerso.
- Peña-Casanova, J. (2007). *Neurología de la conducta y neuropsicología*. Ed. Médica Panamericana.
- Salguero-Alcañiz, M. D. P., & Alameda-Bailén, J. R. (2015). Sistema de procesamiento numérico y cálculo: evidencias desde la neuropsicología cognitiva. *Neurología*, 30(3), 169-175.
- Spiers, P. A. (1987). Acaculia revisited: Current issues. *Mathematical disabilities: A cognitive neuropsychological perspective*, 1-25.
- Stanescu-Cosson, R., Pinel, P., Van de Moortele, P. F., Le Bihan, D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2000). Understanding dissociations in dyscalculia: a brain imaging study of the impact of number size on the cerebral networks for exact and approximate calculation. *Brain*, 123(11), 2240-2255.
- Temple, C. M. (1991). Procedural dyscalculia and number fact dyscalculia: Double dissociation in developmental dyscalculia. *Cognitive neuropsychology*, 8(2), 155-176.

Turkington, C., & Harris, J. (2010). The encyclopedia of the brain and brain disorders. Infobase Publishing.

Wechsler, D. (2002). WAIS – III. Escala de inteligencia para adultos de Wechsler. Paidós.