

Universidad de Huelva

Departamento de Psicología



Universidad
de Huelva

El procesamiento de los números arábigos : una aproximación desde la neuropsicología cognitiva

Memoria para optar al grado de doctor
presentada por:

María Pilar Salguero Alcañiz

Fecha de lectura: 18 de julio de 2007

Bajo la dirección del doctor:

José Ramón Alameda Bailén

Huelva, 2007

ISBN: 978-84-96826-86-1

D.L.: H 239-2008



TESIS DOCTORAL

EL PROCESAMIENTO DE LOS NÚMEROS ARÁBIGOS:
UNA APROXIMACIÓN DESDE LA NEUROPSICOLOGÍA COGNITIVA

Doctoranda: *María del Pilar Salguero Alcañiz*

Director: *Dr. Jose Ramón Alameda Bailén*

Huelva, 2007

A Santiago y María del Pilar,
mis padres.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo que se presenta a continuación, no hubiera sido posible, por mucho que hubiera sido mi esfuerzo, sin la colaboración, ayuda y ánimo de muchas personas a lo largo de todo este tiempo. A todas ellas se lo agradezco, así que a continuación sólo mencionaré a los que considero habéis sido los protagonistas de la historia que yo he vivido mientras realizaba “mi tesis”.

En primer lugar, quiero dar las gracias al director de este trabajo, Dr. Jose Ramón Alameda Bailén, mi *maestro*. Sin ti esto nunca habría sido ni siquiera un proyecto. Son muchas las razones que tengo para estarte agradecida, pero fundamentalmente y sobre todo por haber confiado en mi, al principio, cuando más lo necesitaba, y luego, cada día y en cada momento. Tu confianza, ya lo sabes, es el cimiento sobre el que se ha construido todo lo que sigue a continuación. Creo que es de justicia decir que todo te lo debo a ti, de nada hubieran servido mis ilusiones, mi trabajo y mi esfuerzo. A tu lado, mis sueños, aquellos que yo creía inalcanzables, son hoy la realidad. También, quiero agradecerte explícitamente, todo lo que me has enseñado: hacer el trabajo bien hecho, sin atajos, sin prisas y siempre desde la honestidad. Gracias por contagiarme tu espíritu inconformista, tu visión crítica e inteligente de las situaciones y por enseñarme a superar las injusticias impuestas por algunos y legitimadas por otros. Y desde luego, quiero aprovechar la ocasión para darte las gracias por tu paciencia conmigo y por enseñarme a ser un poquito más paciente, por ayudarme, a pesar de mi terquedad, a ver la parte positiva de cada momento por el que hemos ido pasando. Eres tremendamente generoso, pero lo has sido especialmente conmigo. Gracias Mon.

A cada uno de *mis* pacientes, con su nombre y apellidos que nunca podré desvelar, y a los que jamás podré agradecer públicamente nada, me habéis dado siempre, a pesar de estar en el peor momento, después de la tragedia sobrevenida, lo mejor de vosotros mismos, el esfuerzo por superar cada tarea. A cada una de vuestras sonrisas debo algo que nunca sabré cómo agradecer. Las lágrimas en mi presencia son la confianza que habéis puesto en mi. Cada uno, me habéis regalado algo, y habéis dejado una huella, que espero que el tiempo no pueda nunca borrar. Me habéis enseñado la lección, sin duda, más importante de todo lo que he aprendido en este tiempo: lo efímero de la existencia del hombre, la certeza de que no existe

el futuro más allá de nuestra mente, que cada momento que vivimos es único, no volverá a repetirse. Me habéis enseñado que todo lo que sabemos y sentimos no tiene ningún valor si no es compartido: *te quiero, lo siento, perdoname, gracias, te echo de menos, ha sido un malentendido, te necesito, me he equivocado, ayudame.....* ¿podré decirlo mañana....? ¿podré escribirlo mañana? De vosotros también he aprendido otra forma distinta y mejor de ver la vida, de encontrarle sentido a cada día, ante la gran adversidad, desde la pena por un pasado perdido que nunca volverá, y desde el más profundo dolor. Tenéis todo mi cariño, mi admiración y el compromiso fiel de mi trabajo. Para mi no sois unas iniciales, cada uno tenéis una cara, una voz y algunos un perfume, una fecha en la que nacisteis, y un día en el que todo cambió, de repente y para siempre ... ¿dónde estaba yo en aquel momento? ¿qué estaba haciendo?Ahora sé que me queda mucho por aprender hasta que consiga ver el mundo a través de vuestros ojos.

A los alumnos de la UHU y a tantos amigos, que me ayudasteis en la tediosa tarea de validar las pruebas, sabiendo que no obtendríais beneficio, sólo la satisfacción personal de sentir que con eso estabais ayudando a otras personas.

A vosotros, papá y mamá, sólo os puedo decir que gracias por todo, especificar y enumerar lo que me habéis dado y lo que habéis hecho para que yo llegara hasta aquí sería interminable. **Sois mi mayor fortuna.**

A Benito Pérez Ponce, gracias por darme el “sustento” que necesitaba para poder continuar sin otras preocupaciones añadidas. Debo reconocer que tu ayuda incondicional ha ido mucho más lejos de lo que yo imaginaba, ha sido tanta tu generosidad conmigo...me has dado una gran lección de lo que es la amistad, me has enseñado que los amigos de la infancia pueden serlo para toda la vida.

A mis colegas y amigos, Francisco Javier San-Sabas Guerrero y Alfonso Caracuel Romero, vosotros me habéis enseñado la verdadera esencia y valor de la investigación en neuropsicología: ayudar a quienes nos necesitan. A los que vivimos en un campus a veces esto

se nos olvida. Nunca me habéis pedido nada a cambio de lo que me habéis dado, que ha sido **todo**: vuestro tiempo y conocimiento, la experiencia con los pacientes y, además vuestro tiempo libre, vuestros amigos y la compañía en ciudades maravillosas, pero extrañas para mi. A ti Javi, gracias por enseñarme que no hay barreras, que con *esfuerzo* y mucho *humor*, es posible enseñar inglés a una persona con afasia, y que con nuestro trabajo podemos ayudar de verdad a otras personas, que no es en balde, y que merece la pena. Y a ti Alfonso, gracias por compartir conmigo todo lo que tenías, de ti he aprendido que la *pausa* y la *ternura* son buenas compañeras de trabajo. Sin vosotros no hubiera podido hacer esta tesis, y ésta es la que yo quería hacer.

A José Andrés Lorca, gracias por estar a mi lado, por cuidar de mi, aunque a tu manera, que no siempre he sabido comprender a tiempo. Gracias por ser mi hermano mayor. Y a ti, Sheila gracias por dedicarme tu tiempo para que todo estuviera lo mejor posible.

El agradecimiento que os tengo a todos es mucho mayor de lo que he podido expresar con palabras en estas líneas. A todos, de nuevo, gracias por vuestra infinita **generosidad** y la inmensa **confianza** que habéis puesto en mi, sin condiciones; no sé si podré alguna vez demostrar lo importante que sois para mi, así que, al menos, espero no defraudaros. Os quiero mucho a todos.

Eternamente, GRACIAS.

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	
2.1. NEUROPSICOLOGÍA COGNITIVA	19
2.1.1. LA LÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN EN NEUROPSICOLOGÍA COGNITIVA	21
2.1.2. SUPUESTOS BÁSICOS DE LA NEUROPSICOLOGÍA COGNITIVA .	24
1.- Arquitectura Cognitiva	25
A) Modularidad de la Mente	25
B) Procesamiento Distribuido en Paralelo o Conexionismo	31
2.- Transparencia	37
3.- Sustractividad	38
4.- Isomorfismo	39
2.1.3. METODOLOGÍA: ESTUDIOS CLÍNICOS DE CASO ÚNICO	40
2.2. PROCESAMIENTO NUMÉRICO Y CÁLCULO	47
2.2.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESAMIENTO NUMÉRICO Y EL CÁLCULO	47
2.2.1.1. Procesamiento Numérico: Efectos Experimentales	47
2.2.1.2. Cálculo: Mecanismos Cognitivos	59
2.2.2. MODELOS DE PROCESAMIENTO NUMÉRICO Y CÁLCULO	63
2.2.2.1. Modelos de Cálculo	63
2.2.2.1.1. Modelo Computacional	63
2.2.2.1.2. Modelo de Elección de Estrategias	64
2.2.2.2. Modelos Integradores de Procesamiento Numérico y Cálculo 69	
2.2.2.2.1.- Deloche y Seron (1982, 1987)	69
2.2.2.2.2.- McCloskey et al. (1985, 1986)	71
2.2.2.2.3.- Campbell y Clark (1988, 1991)	77

2.2.2.2.4.- Dehaene et al. (1992, 1994, 1995, 1997)	79
2.2.2.2.5.- Cipolotti (1995)	94
2.2.2.2.6.- Cuetos y Miera (1998)	98
2.2.2.2.7.- Brysbaert (2005)	100
2.3. NEUROPSICOLOGÍA COGNITIVA DEL PROCESAMIENTO NUMÉRICO Y EL CÁLCULO	105
2.3.1. NEUROANATOMÍA DEL PROCESAMIENTO NUMÉRICO Y EL CÁLCULO: ESTRUCTURAS Y FUNCIONES	105
2.3.1. 1.- Corteza Parietal	109
2.3.1. 2.- Áreas Frontales: Giro precentral izquierdo	118
2.3.1. 3.- Corteza Temporal	119
2.3.1. 4.- Áreas perisilvianas del lenguaje	120
2.3.2. ACALCULIA	124
2.3.2.1. Concepto	124
2.3.2.2. Tipos de Acalculia	129
A) Clasificación de Luria (1967/1974)	129
B) Clasificación de Ardila (2006)	133
C) Otras manifestaciones de la acalculia	139
2.3.3. PRINCIPALES DISOCIACIONES EN PROCESAMIENTO NUMÉRICO Y CÁLCULO	142
2.3.3.1.- Procesamiento alfabético y numérico	143
2.3.3.2.- Producción y comprensión, oral y escrita	149
2.3.3.3.- Procesos léxicos y sintácticos, en la producción de números arábigos	154
2.3.3.4.- Rutas de lectura de números: semántica y no semántica	156
2.3.3.5.- Lectura de números y aplicación de reglas gramaticales	159

2.3.3.6.- Conocimiento numérico léxico y representación de cantidad	159
2.3.3.7.- Procesamiento numérico y el cálculo	165
2.3.3.8.- Cálculo exacto y aproximado	167
2.3.3.9.- Recuperación de datos y procedimientos de cálculo	167
2.3.3.10.- Conocimiento conceptual de aritmética y datos	171
2.3.3.11.- Procesamiento de signos aritméticos y otras habilidades del cálculo	172
2.3.3.12.- Operaciones aritméticas	173
2.3.3.13.- Cálculo oral y escrito	175
2.3.3.14.- Cálculos simples y complejos	175

III. MARCO EMPÍRICO

3.1. - OBJETIVOS E HIPÓTESIS	183
3.2. - METODOLOGÍA	187
3.2.1.- INSTRUMENTOS	187
3.2.1.1. Estudio Normativo: Proceso de Elaboración de la Batería de Procesamiento Numérico y Cálculo	187
3.2.1.2. Descripción de la Batería Evaluación Procesamiento Numérico y Cálculo	189
3.2.1.2.1.- Bloque 1: Comprensión Numérica	190
3.2.1.2.2.- Bloque 2: Recodificación Numérica	194
3.2.1.2.3.- Bloque 3: Signos Aritméticos	198
3.2.1.2.4.- Bloque 4: Cálculo	199
3.2.1.2.5.- Bloque 5: Conocimiento Numérico Léxico	203
3.2.1.2.6.- Bloque 6: Secuencia Numérica	205

3.2.2.- PACIENTES	209
3.2.2.1.- Criterios de inclusión	209
3.2.2.2.- Selección de los casos	210
3.2.2.3.- Descripción de los casos	214
3.2.2.3.1.- Paciente ACH	215
3.2.2.3.2.- Paciente AMA	216
3.2.2.3.3.- Paciente ANB	217
3.2.2.3.4.- Paciente ANC	219
3.2.2.3.5.- Paciente APRF	221
3.2.2.3.6.- Paciente BET	223
3.2.2.3.7.- Paciente BRN	224
3.2.2.3.8.- Paciente GG	226
3.2.2.3.9.- Paciente ISR	228
3.2.2.3.10.- Paciente LC	228
3.2.2.3.11.- Paciente MC	230
3.2.2.3.12.- Paciente MNL	231
3.2.2.3.13.- Paciente ML	232
3.2.2.3.14.- Paciente MLN	233
3.2.2.3.15.- Paciente MRC	235
3.2.2.3.16.- Paciente PP	236
3.2.2.3.17.- Paciente PPCH	237
3.2.2.3.18.- Paciente RFL	238
3.2.2.3.19.- Paciente TRS	239

3.3. - RESULTADOS	241
3.3.1.- COMPRESIÓN NUMÉRICA	244
3.3.1.1.- Lesión principal en el hemisferio izquierdo	244
3.3.1.2.- Lesión principal en el hemisferio derecho	249
3.3.1.3.- Daño generalizado	252
3.3.2.- RECODIFICACIÓN NUMÉRICA	256
3.3.2.1.- Lesión principal en el hemisferio izquierdo	256
3.3.2.2.- Lesión principal en el hemisferio derecho	267
3.3.2.3.- Daño generalizado	269
3.3.3.- SIGNOS ARITMÉTICOS	273
3.3.3.1.- Lesión principal en el hemisferio izquierdo	273
3.3.3.2.- Lesión principal en el hemisferio derecho	276
3.3.3.3.- Daño generalizado	278
3.3.4.- CÁLCULO	282
3.3.4.1.- Lesión principal en el hemisferio izquierdo	282
3.3.4.2.- Lesión principal en el hemisferio derecho	294
3.3.4.3.- Daño generalizado	301
3.3.5.- CONOCIMIENTO NUMÉRICO CUALITATIVO	307
3.3.5.1.- Lesión principal en el hemisferio izquierdo	307
3.3.5.2.- Lesión principal en el hemisferio derecho	313
3.3.5.3.- Daño generalizado	315
3.3.6.- SECUENCIA NUMÉRICA	318
3.3.6.1.- Lesión principal en el hemisferio izquierdo	318
3.3.6.2.- Lesión principal en el hemisferio derecho	321
3.3.6.3.- Daño generalizado	323

3.4.- DISCUSIÓN	327
3.4.1.- HIPÓTESIS I: DE LAS RELACIONES ENTRE LOS COMPONENTES DE SISTEMA DE PROCESAMIENTO NUMÉRICO Y CÁLCULO	328
Hipótesis 1.1.- El conocimiento numérico cuantitativo es independiente de la Recodificación numérica, del Sistema de Cálculo y del Conocimiento numérico Cualitativo	328
Hipótesis 1.2.- El Procesamiento numérico es independiente del Sistema de Cálculo y del Conocimiento Numérico Cualitativo	347
Hipótesis 1.3.- El Sistema de Cálculo es independiente del Conocimiento Numérico Cualitativo	351
3.4.2.- HIPÓTESIS II: DE LOS NÚMEROS ARÁBIGOS Y LA PRODUCCIÓN DEL LENGUAJE	352
Hipótesis 2.1.- La comprensión numérica es funcionalmente independiente de las habilidades lingüísticas	352
Hipótesis 2.2.- El Procesamiento numérico está estrechamente relacionado con las habilidades de producción lingüística	354
Hipótesis 2.3.- El Sistema de Cálculo funciona independientemente de los mecanismos lingüísticos	355
3.4.3.- HIPÓTESIS III: DEL SISTEMA DE CÁLCULO	358
Hipótesis 3.1.- Verificación y ejecución de operaciones aritméticas son funcionalmente independientes	358
Hipótesis 3.2.- Cálculo oral y escrito son funcionalmente independientes	360
Hipótesis 3.3.- Las distintas operaciones aritméticas de sumar, restar y multiplicar son funcionalmente independientes	364

Hipótesis 3.4.- Cálculo contextualizado y cálculo aislado son funcionalmente independientes	366
Hipótesis 3.5.- El procesamiento de los signos aritméticos, datos numéricos y procedimientos de ejecución de las distintas operaciones, son independientes ..	372
3.4.4.- HIPÓTESIS IV: DEL CONOCIMIENTO NUMÉRICO CUALITATIVO O LÉXICO	376
Hipótesis 4.1.- El conocimiento numérico cualitativo está compuesto por distintos tipos de conocimientos que son independientes entre sí	376
IV. - CONCLUSIONES Y PROPUESTAS	379
V. - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	391

I. INTRODUCCIÓN

El tema central de esta tesis doctoral es el procesamiento de los números y el cálculo en personas que han sufrido un daño cerebral, el trabajo se realiza desde la Neuropsicología Cognitiva, es decir, a partir del estudio del sistema cognitivo alterado por un daño cerebral adquirido en la edad adulta, pero el fin último es conocer cómo el sistema cognitivo humano procesa y manipula este tipo de símbolos.

En cualquier caso, consideramos necesario comenzar haciendo referencia a las características de los números en general. La capacidad humana para manipular símbolos numéricos es paradójica, estamos dotados genéticamente para registrar cantidades pero nuestro razonamiento numérico en la vida cotidiana es mayoritariamente erróneo, en cierto sentido somos anuméricos (Paulos, 1988/1990; Pinker, 1997/2000).

Por una parte, las investigaciones confirman que los bebés son capaces de percibir diferencias cuantitativas entre los elementos que componen un conjunto, es decir, antes de los 10 meses ya poseen la habilidad de diferenciar el número de objetos que se les presenta visualmente, hasta cuatro unidades (P.e., Starkey y Cooper, 1980; Wynn, 1992). Esta capacidad denominada *subitizar* (del latín *subitus*, súbito), consiste en la identificación repentina, súbita, sin aparente recuento o conteo, del número de objetos que tiene un conjunto presentado visualmente y se produce con cuatro o menos unidades. Es como si la cantidad apareciera en la mente de manera instantánea, como “de una ojeada” o “de un vistazo”. La subitización también se observa en animales de otras especies como ratas y palomas. Estas especies estarían dotadas para el cálculo en el sentido de que pueden registrar cantidades, distinguir series de dos, tres o cuatro sonidos, así como realizar sumas aproximadas de dos cantidades (Dehaene, 1997). Conviene en este punto aclarar que no todo lo aritmético es numérico. Las palomas y las ratas pueden tener capacidad para sumar, pero no para sumar números, por tanto ese conocimiento es aritmético pero no es numérico, ya que no manipula representaciones de la realidad, de las cantidades (números), sino que actúa sobre la propia

realidad, sobre los objetos. Es un conocimiento intuitivo, no es simbólico, ya que requiere de la presencia del objeto y no existe en ausencia del mismo.

Esta evidencia implica que la capacidad para contar, entendida ésta como registro de cantidades, es decir, el denominado sentido numérico, no dependería del lenguaje. Entonces, ¿es posible el cálculo sin lenguaje? ¿existen los números sin lenguaje? ¿cuál es la relación entre el lenguaje y la aritmética? ¿cuál es la relación entre números y palabras? A estas y otras preguntas intentaremos ir dando respuesta a lo largo del trabajo.

Como plantea Pinker (1997/2000), el ser humano y algunos animales estamos dotados genéticamente con una especie de contador mental, el cerebro dispondría de un mecanismo capaz de acumular y luego determinar el número de neuronas activadas.

Este planteamiento evolucionista parece confirmarse por el hecho de que todas las culturas disponen de palabras para representar cantidades, independientemente del tamaño de su léxico numérico. Como advierte Pinker (1997/2000) el léxico numérico de una comunidad puede ser muy reducido, pudiéndose componer de tres elementos, por ejemplo, “uno”, “dos” y “muchos”, pero aunque no dispongan (o no necesiten) palabras para denominar grandes cantidades como “trillón” el concepto de número es el mismo que el de otra cultura que disponga de un amplio vocabulario numérico-matemático. La noción de número, que es la misma, es la que permite saber si dos conjuntos son iguales y que si añadimos una unidad a uno de ellos, ya no son iguales y uno es mayor que el otro.

El sentido de número o concepto de número parece pues, inherente a la especie humana. Aunque esto no implica que estemos dotados genéticamente para las matemáticas que se enseñan en la escuela. Si tenemos en cuenta que las matemáticas son una invención reciente desde el punto de vista histórico, es muy probable que nuestro cerebro no contenga un área especializada y destinada específicamente para los números y las matemáticas, por lo que es

presumible que utilicemos circuitos alternativos que pueden ser lentos e indirectos, pero más o menos funcionales, es decir, tenemos que utilizar los módulos mentales para trabajar con objetos distintos para los que fueron diseñados (Dehaene, 1997; Pinker, 1997/2000).

El otro gran recurso que tenemos para que nuestro cerebro compute los conceptos y símbolos matemáticos es la práctica: las matemáticas se aprenden encajando unas rutinas en otras rutinas, los conceptos se unen formando conceptos más amplios, de manera que lo que comienza siendo una secuencia de pasos, con la práctica se convierte en un único paso de una secuencia mayor. Esta automaticidad, no debe ser considerada mecanicista ni perjudicial para la comprensión ya que es imprescindible para adquirir los conceptos matemáticos y utilizarlos provechosamente. Estas habilidades no van a desarrollarse de manera espontánea en nuestra mente, nuestro cerebro no ha sido diseñado para ello (Pinker, 1997/2000). Como apunta el matemático Geary (1994), los humanos no estamos dotados genéticamente para dominar grandes cantidades, el sistema en base 10, las fracciones, integrales, radicales y potenciales. Estas habilidades se desarrollan lentamente, con más o menos esfuerzo y gracias a las rutinas y automatismos, o no se desarrollan jamás.

Y a pesar de todo esto, a los ojos de los matemáticos eminentes la mayoría de nosotros somos analfabetos matemáticamente, anuméricos. Paulos (1988/1990) afirma que padecemos de “anumerismo generalizado” y de una incapacidad común para las probabilidades. Pero esto no es algo nuevo, desde la psicología se ha estudiado desde hace tiempo la percepción que tienen las personas del riesgo y sistemáticamente, se pone de manifiesto que se incumplen todos los supuestos de la teoría de la probabilidad, es clásico el ejemplo de que las personas tienen más miedo a los aviones que a los coches aunque el viaje en avión es mucho más seguro desde el punto de vista estadístico (Tversky y Kahneman, 1983).

Paulos (1988/1990), para ilustrar estas incongruencias, relata un sinfín de ejemplos y anécdotas como el caso de un hombre que viajaba con mucha frecuencia y estaba preocupado

por la posibilidad de que hubiera una bomba en su avión. Calculó la probabilidad de que esto sucediera y comprobó que ésta era relativamente baja, pero no lo suficiente para quitarle su preocupación. Desde entonces lleva siempre una bomba en su maleta: la probabilidad de que haya dos bombas a bordo es infinitesimal.

Una de las características del anumerismo es el denominado “sofisma del jugador”, que consiste en la creencia errónea sobre las probabilidades aplicadas al azar, sobre todo a los juegos de azar, de ahí su nombre. Por ejemplo, si lanzamos una moneda al aire a ver si sale cara o cruz, la mayoría de la gente cree que el hecho de que hayan salido varias caras seguidas hace más probable que la próxima vez salga cruz (Paulos, 1988/1990).

Volviendo a los planteamientos evolucionistas, es como si la mente humana no estuviera diseñada para comprender las leyes de la probabilidad, a pesar de que estas leyes son las que gobiernan el universo (Pinker, 1997/2000). Es probable que ocurra algún hecho improbable, sin embargo, paradójicamente, sería muy improbable que los casos improbables no ocurrieran (Paulos, 1988/1990). La mente podría haber evolucionado para pensar las probabilidades como frecuencias relativas a largo plazo, y no como números acerca de la ocurrencia de un suceso único; la razón sería que las probabilidades que usaban nuestros antepasados se originaban en su propia experiencia, a partir de hechos del pasado, es decir, eran frecuencias. De hecho, cuando las probabilidades se presentan como frecuencias, hasta los propios especialistas realizan estimaciones más exactas.

Pero a pesar de todo lo anteriormente expuesto, también es cierto que las matemáticas formales se desarrollan a partir de nuestras intuiciones: la aritmética surge de la noción de número y la geometría, de nuestra noción de forma y espacio. Su función principal no es organizar cifras en fórmulas y hacer cálculos complejos, sino que son una forma de pensar inventada por el hombre como herramienta útil para hacernos la vida cotidiana más sencilla. Los números nos permiten realizar operaciones de cálculo, pero además tienen otros múltiples

usos en distintos contextos y, en cada uno de ellos, adquieren un significado particular según para lo que se estén empleando (Castro, Rico y Castro, 1988; Gómez-Alfonso, 1989).

En el contexto de contar, cada número se asocia a un elemento de un conjunto de objetos discretos, por lo que implica una correspondencia biunívoca, es decir, a cada número se le asocia uno y sólo uno de los elementos del conjunto. Esta función tan cotidiana de contar puede enfocarse, al menos de dos maneras: contamos para responder a la pregunta “¿cuál?” para lo que empleamos los números ordinales. En un contexto ordinal el número describe la posición relativa de un elemento en un conjunto discreto y ordenado en el que uno de los elementos se determina como inicial. En otras palabras, el principio de orden, como es denominado en el modelo clásico de Gelman y Gallistel (1978) consiste en elegir los números de manera “ordenada”, es decir, primero el 1, luego el 2, etc. a la hora de asignarlos en forma de correspondencia a los objetos de un conjunto. También contamos, de forma más frecuente, para responder a la pregunta “¿cuántos?”, y para ello, utilizamos los números cardinales. Por tanto, un contexto cardinal es aquel en el que empleamos un número natural para describir la cantidad de elementos de un conjunto bien definido de objetos o sucesos discretos.

Otra de las principales funciones de los números es la de numerar, es decir, asignar números a los objetos. Esta utilidad también puede enfocarse de distintas maneras:

- Para identificar, por ejemplo, el número del D.N.I.
- Para diferenciar, localizar y seleccionar resortes, como las teclas del teléfono, del ascensor, etc.
- Para delimitar, señalar, ubicar y localizar, como las partes de un texto, “capítulo 1, página 5, párrafo 3”.
- Para cifrar o codificar, como en las quinielas, si gana el equipo de casa se pone “1” y si pierde “2”. En estos contextos los números se utilizan para distinguir clases de elementos, por lo que se requiere que previamente se haya establecido una equivalencia, de manera que cada elemento pertenezca a una clase y sólo a una.

Los números también los utilizamos para medir, mediante el uso de instrumentos como el termómetro y el cronómetro, por ejemplo, medimos la temperatura y el tiempo, respectivamente. Las medidas pueden utilizarse no sólo para describir características y propiedades de los objetos, también permiten clasificarlos (por ejemplo, los kilates del oro, el calibre de la fruta, ...) así como evaluar o valorar, como es el caso de las calificaciones escolares, los precios, etc. Por tanto, en los contextos de medidas, los números describen la cantidad de unidades de una magnitud continua como longitud, superficie, volumen, peso, tiempo, etc. Otra utilización indirecta de los números como medida son las etiquetas con las tallas de ropa o zapatos, por ejemplo.

Y por último, fundamentalmente, utilizamos los números para operar, es decir, para calcular: sumar, restar, etc. pero como hemos visto, el cálculo no es la única función de los números y, como veremos más adelante, no todas estas funciones son de la misma naturaleza desde el punto de vista de la Psicología.

Desde la Psicología Cognitiva, nos interesa conocer cómo nuestra mente maneja y manipula los símbolos numéricos. Para ello, contamos principalmente con tres fuentes de datos:

- 1.- Psicología Experimental, que describe cuáles son las variables que inciden en el procesamiento de los números y el cálculo en sujetos adultos sanos. Estos datos nos permiten conocer las características fundamentales de estos procesos.
- 2.- Técnicas de Neuroimagen, sobre todo las de tipo funcional, nos permiten ver *in vivo* cómo está procesando nuestro cerebro la información que se le va presentando. Con estas técnicas, por ejemplo, la Resonancia Magnética Funcional o los Potenciales Evocados, podemos ver qué zonas de la corteza están más activadas mientras un sujeto adulto sano realiza una tarea con números.

3.- Neuropsicología Cognitiva. Nos facilita conocer las relaciones entre distintos procesos que intervienen en la realización de una tarea numérica o de cálculo. Para ello, se estudia el procesamiento de los números y el cálculo en pacientes que han sufrido una lesión cerebral pero que antes del daño realizaban estas tareas con normalidad. El supuesto de partida es que el estudio de un sistema deteriorado, en este caso el cerebro, puede ayudarnos a comprender cómo funciona el sistema en condiciones normales.

En las últimas décadas, la Neuropsicología Cognitiva se ha consolidado como una importante fuente de datos sobre el funcionamiento de la mente humana. Se concibe como el lugar de encuentro de la Psicología Cognitiva y la Neuropsicología, en el sentido de que estudia a pacientes con daño cerebral adquirido pero con miras a conocer el funcionamiento cognitivo normal.

El objetivo de la investigación en neuropsicología cognitiva es especificar, mediante datos, la existencia de los distintos módulos que componen el sistema. Así, los datos que se van obteniendo de los pacientes van mostrando, mediante las funciones deterioradas y las intactas, evidencias acerca de los distintos módulos, incluso aportando demostraciones de que cada módulo funciona en ausencia de los otros (contrastando datos procedentes de distintos pacientes). También es de interés para la Neuropsicología Cognitiva la explicación de los trastornos que aparecen en la conducta del sujeto como consecuencia de la lesión, para así, desarrollar programas de rehabilitación adecuados (Cuetos, 1998).

El estudio del procesamiento numérico y el cálculo en pacientes con daño cerebral es fundamental en la evaluación clínica y psicológica de estos pacientes. La importancia de este estudio viene dada por dos razones fundamentales (Luria, 1967/1974). Primero, el sistema numérico es, al igual que el lenguaje, un sistema simbólico, ya que los números representan cantidades y permiten la comunicación mediante símbolos. Segundo, las operaciones

matemáticas sirven de referente para otras funciones intelectuales ya que para resolver un problema expresado en números es necesario que se realicen una serie de operaciones y, en algunos casos, eso supone que se ponga en marcha una secuencia de razonamiento.

Pero el paralelismo entre lectura alfabética y lectura con notación arábica es una cuestión que aún no está del todo resuelta. El estudio del procesamiento numérico exige tener en consideración ciertas particularidades propias de los números arábigos:

- En primer lugar, existe una diferencia fundamental entre el procesamiento de los números y el procesamiento de las palabras y es que los números, aparentemente, no necesitan de representación léxica. Parece que no es posible que exista una representación interna para cada número, y es lógico, pues defender lo contrario exigiría postular un número infinito de representaciones. Lo único que necesitamos para leer y comprender cualquier número es conocer los diez primeros dígitos y unas reglas combinatorias que nos permiten formar, con estos diez dígitos, unidades mayores. Sin embargo, recientes investigaciones han aportado evidencia de que algunos números sí disponen de su correspondiente representación léxica, ya que se ha puesto de manifiesto que el tiempo de reacción varía en función de la frecuencia de uso del número (a mayor frecuencia menor latencia de respuesta) y además, que puede producirse efecto de facilitación semántica (*priming* semántico) entre un número y una palabra relacionada con éste, por ejemplo, seat-600, esto se ha puesto de manifiesto empleando distintos intervalos de tiempo (SOA; del inglés, *Stimuli Onset Asynchronic*): 200, 84 y 57 milisegundos (Alameda y Cuetos, 2000; Alameda, Cuetos y Brysbaert, 2003; Salguero, 2000).
- Por otra parte, hay que decir que en el sistema de notación arábica no existe distinción entre el procesamiento de la forma y el procesamiento del significado, esto se debe a varias razones (Alameda et al., 2003):

1. No existen numerales irregulares, es decir, todas las combinaciones de números representan cifras de varios dígitos, denotando una cantidad, mientras que no sucede lo mismo con el material alfabético, donde combinaciones aleatorias de letras pueden resultar no palabras o pseudopalabras, por ejemplo, “kjzv” y “kado”, respectivamente.
2. El procesamiento de los números es mucho más sensible a la longitud del estímulo que el procesamiento de las palabras.
3. Los numerales arábigos sólo existen en forma visual mientras que las palabras pueden ser tanto escritas como habladas.
4. Los numerales arábigos no incluyen información flexiva o derivativa (como género, número, etc.).

Por otro lado, hay que señalar que en los últimos años se han producido importantes avances en el conocimiento del procesamiento numérico y el cálculo, gracias fundamentalmente a las aportaciones de la Psicología Experimental y de las técnicas de neuroimagen, que comentábamos antes. Estas novedades se pueden resumir en las siguientes (Alameda et al., 2003):

- Los números se procesan en áreas corticales específicas, distintas de las que procesan las palabras (Dehaene, Dehaene-Lambertz y Cohen, 1998; Thioux, Seron y Pesenti, 1999).
- La reconocimiento numérica depende, en parte, de una representación de la magnitud analógica, que también se encuentra en bebés y en otras especies animales (Wynn, 1992; Brannon y Terrace, 1998).

- Los números forman un continuo ordenado (Brynsbaert, 1995; Reynvoet y Brynsbaert, 1999).
- Las representaciones de los números pequeños son más discernibles que la de los números grandes (Dehaene, Dupoux y Mehler, 1990).
- Hay que hacer una distinción entre los cálculos exactos, que pueden basarse en asociaciones memorísticas, y las estimaciones aproximadas que principalmente se basan en la analogía de la línea numérica mental (Dehaene et al., 1999).

Aunque desde luego, aún quedan muchas cuestiones por resolver y en las que de momento no hay consenso, como es el caso del acceso a la cantidad que representa el número. Para los números grandes y complejos se asume que debe existir algún tipo de proceso de descomposición (Alameda et al., 2003). Sin embargo, McCloskey (1992) plantea que para entender y usar los números es necesario recodificarlos antes en potencias de diez y que, independientemente de la tarea, es obligatorio el acceso a la cantidad que representa el número, es decir, el procesamiento de los números arábigos siempre es semántico. Por otro lado, Dehaene (1992) afirma que en tareas que implican operaciones con varios dígitos o en tareas de paridad, los números grandes son recodificados en forma de cuadrícula viso-espacial. Y Brynsbaert (1995, 2005) asume que todos los números enteros desde el 1 al 99 tienen una representación independiente que puede combinarse para formar números más complejos.

La evidencia empírica a favor de la existencia de procesos de descomposición se apoya en los resultados encontrados en los errores sintácticos y en tarea de comparación numérica. En cuanto a los errores sintácticos (por ejemplo, confusión de las relaciones entre números), se ha puesto de manifiesto que tienen lugar con mayor frecuencia en números de tres o más dígitos que en los de dos (P.e., Delazer y Girelli, 1997; Noel y Seron, 1993). Respecto a la comparación numérica, se ha encontrado que el tiempo para comparar números de dos dígitos no está influido por la similitud de las cifras de las decenas (Dehaene et al., 1990). Sin embargo, cuando se comparan números de cuatro cifras existe una clara evidencia de que

sistemáticamente se compara desde la izquierda a la derecha hasta encontrar el par de dígitos que son diferentes (Poltrock y Schwartz, 1984).

Por otra parte, las distintas funciones de los números comentadas antes, tienen implicaciones en la explicación de su procesamiento en el sistema cognitivo. Los números son símbolos y como tales están formados por un significado y un significante. El significado de los números es una cantidad, pero esto no es siempre así, ya que existen números que en algunos contextos pueden usarse y de hecho se usan frecuentemente como referentes ordinales o nominales. Por tanto, en los números hay que distinguir entre el conocimiento enciclopédico o léxico y la representación de la cantidad (Cohen, Dehaene y Verstichel, 1994). El conocimiento numérico léxico realmente indica el uso de los números en contextos en los cuales no es necesaria la elaboración de la cantidad. Es el caso del *contexto de designar*, por ejemplo cuando dices “treinta y tres” al médico, compras perfume Chanel 5...así como de algunos *contextos ordinales*, por ejemplo, vas al apartamento 405 de la calle 52 o vas a la puerta de embarque 34 (Seron y Noel, 1995). En estos casos, los números usados como referentes ordinales o nominales estarían almacenados como entidades distintas en el sistema léxico-semántico, por lo que el acceso al significado sería a través de una vía directa, desde el estímulo al almacén semántico, y no sería necesario que actuara el sistema de procesamiento numérico, ya que no habría que aplicar las reglas de composición y descomposición numérica (Alameda et al., 2003).

En este sentido, se puede establecer un paralelismo entre la lectura de símbolos alfabéticos y numéricos. En ambos procesamientos, parece que existe una ruta léxica directa, mediante la cual se accede al significado de los números o de las palabras, y otra ruta indirecta que, en el caso de las palabras, requiere la aplicación de las reglas de conversión grafema-fonema (CGF) y en el caso de los números supone el empleo de los correspondientes algoritmos de conversión, o lo que es lo mismo, de las reglas de composición y descomposición numérica.

Por último, hay que tener en cuenta que las cantidades se representan en los distintos idiomas a través de mecanismos léxicos y sintácticos propios. Por ejemplo, en español al “181” le corresponde la forma verbal “ciento ochenta y uno”, mientras que en francés la misma estructura es traducida como “cien, cuatro veces veinte y uno”, en inglés se traduce “un ciento y ochenta y uno” y en chino “un ciento ocho diez uno”. En la mayoría de los idiomas los primeros números son palabras monomorfémicas que corresponden a pequeñas cantidades, pero llegado a un punto, mayores cantidades se expresan por medio de sumas, multiplicaciones y, para números grandes, se usan construcciones más complejas; por ejemplo, en francés la estructura de 91 es “ $4*20+11$ ”.

Teniendo en cuenta todo lo comentado anteriormente, se puede decir que existe la necesidad de profundizar en el estudio del procesamiento numérico y del cálculo. Esta situación hace que sea especialmente importante llevar a cabo investigaciones que corroboren y completen los resultados ya obtenidos con vistas a elaborar un modelo de procesamiento numérico y cálculo capaz de integrar la información aportada tanto por la Neuropsicología Cognitiva como por la Psicología Experimental y las técnicas de neuroimagen.

Consideramos que el presente estudio es de interés en varios sentidos. En primer lugar, en lo que se refiere a los procesos de adquisición de las habilidades numéricas, hay que decir que a pesar de la extensa bibliografía existente sobre los métodos de enseñanza-aprendizaje de las habilidades lectoescritoras en los escolares, son menos las investigaciones realizadas sobre el aprendizaje de los números y de las operaciones aritméticas. En otras palabras, el estudio de los procesos subyacentes al procesamiento numérico y al cálculo permitirá conocer los factores que lo determinan y por tanto, se podrán optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje de estas habilidades.

En segundo lugar, el estudio del procesamiento numérico es de interés para el diagnóstico y evaluación de pacientes que han sufrido un daño cerebral sobrevenido. Es decir,

cuando nos encontramos ante una persona con lesión cerebral es necesario determinar qué tipo de trastorno es el que padece. Mediante la observación de las habilidades lingüísticas y/o numéricas que están alteradas, así como de las que se mantienen intactas, podemos establecer inferencias sobre los módulos de procesamiento afectados (nivel simbólico) y las áreas cerebrales específicas implicadas (nivel físico).

Por último, el conocimiento de los procesos cognitivos responsables del procesamiento numérico y el cálculo permitirá la elaboración de programas de intervención más ajustados a cada trastorno específico. Esto implica una mayor eficacia en los procesos de recuperación y rehabilitación de pacientes que han sufrido un daño cerebral.

En resumen, se puede decir que el conocimiento preciso de los procesos cognitivos implicados en el procesamiento numérico y en el cálculo puede permitirnos optimizar los aprendizajes, tanto de niños en proceso de adquisición y desarrollo de estas habilidades, como de adultos con trastornos adquiridos por lesión cerebral.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. NEUROPSICOLOGÍA COGNITIVA

La neuropsicología cognitiva, como parte de la psicología cognitiva, se encarga del estudio de los procesos psicológicos, siendo por tanto su finalidad conocer el funcionamiento del sistema cognitivo humano. Para ello, desde la psicología cognitiva, la mayor parte de los estudios que se realizan utilizan métodos experimentales, con amplias muestras de sujetos que, en todos los casos, son adultos sanos. Sin embargo, la neuropsicología cognitiva con esta misma finalidad, conocer el funcionamiento del sistema cognitivo, estudia a pacientes adultos que han sufrido un daño cerebral y que, a consecuencia del mismo, presentan alteraciones en el funcionamiento cognitivo que antes de la lesión no padecían. A partir de los datos que se obtienen del estudio de estos pacientes, se pueden realizar inferencias acerca del funcionamiento normal del sistema. Por tanto, la neuropsicología cognitiva se puede considerar como un “rodeo” o “desvío” que se emplea como método para conocer el funcionamiento del sistema cognitivo normal.

En neuropsicología cognitiva, el dato anatómico es tomado en cuenta pero nunca constituye el objetivo de la exploración neuropsicológica y, aunque se menciona la localización de una lesión, ésta no tiene carácter explicativo (Manning, 1992). Se considera la anatomía cerebral desde una perspectiva eminentemente funcionalista y no estructural.

La Neuropsicología Cognitiva estudia a pacientes con daño cerebral, pero que antes de la lesión eran competentes en la habilidad que se considera objeto de estudio con el fin de obtener información acerca del funcionamiento del sistema cognitivo normal (Valle, Cueto, Igoa y del Viso, 1990). Así, la Neuropsicología Cognitiva se convierte en el lugar de encuentro de la Psicología Cognitiva y la Neuropsicología.

El principio básico sobre el que se sustenta la neuropsicología cognitiva consiste en establecer que a partir de la observación y análisis de los errores de un sistema en funcionamiento, podemos comprender su funcionamiento correcto (Parkin, 1996/1999). Desde este planteamiento, el estudio de pacientes con daño cerebral se convierte en una importante fuente de datos acerca del sistema cognitivo y del cerebro normal (P.e., Caramazza, 1984, 1986; Cuetos, 1998; Manning, 1992; McCloskey, 1992; Parkin, 1996/1999; Valle, 1991).

De ahí que entre los objetivos fundamentales de la neuropsicología cognitiva haya que destacar dos (Ellis, 1983; Ellis y Young, 1988/1992):

1. Tratar de explicar las alteraciones o ejecuciones deficitarias de una persona con daño cerebral, en términos de alteración de uno o más componentes del sistema cognitivo, partiendo de una teoría o modelo del sistema cognitivo normal.
2. Conocer el funcionamiento normal de los procesos cognitivos a partir de los trastornos observados en los pacientes.

En otras palabras, la neuropsicología cognitiva tiene como objetivo contribuir a la comprensión de cómo el cerebro humano ejecuta los procesos psicológicos en condiciones normales mediante el estudio de procesos alterados como consecuencia de un daño cerebral (Parkin, 1996/1999). Por lo tanto, en neuropsicología cognitiva el objetivo no es determinar la localización exacta de la lesión en el cerebro, sino conocer los procesos psicológicos que están alterados (Manning, 1992).

2.1.1. LÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN EN NEUROPSICOLOGÍA COGNITIVA

La lógica de la investigación en neuropsicología cognitiva se fundamenta en los conceptos de disociación, doble disociación y asociación de síntomas. Una *disociación* es cuando encontramos un paciente que presenta una ejecución deficiente en la tarea 1 pero que realiza con normalidad la tarea 2, por tanto podemos afirmar que existe una disociación entre ambas tareas. Pero mucho más fiable es si se da el caso de una *doble disociación*, es decir, que encontramos otro paciente que realiza con normalidad la tarea 1 y que es incapaz de ejecutar la tarea 2. Incluso se podría establecer una doble disociación sin que los resultados de cada paciente llegaran a los niveles normales, es suficiente que la ejecución de un paciente *x* sea fiable y significativamente mejor en la tarea 1 que en la 2, y que la realización de un paciente *y* sea fiable y significativamente mejor en la tarea 2 que en la 1. Así se pondría de manifiesto que existen unos procesos cognitivos implicados en la realización de la tarea 1 que no están implicados en la realización de la tarea 2, y viceversa (Ellis y Young, 1988/1992).

El fundamento de las dobles disociaciones es que ponen de manifiesto la especialización funcional del sistema, es decir, constituyen una prueba de la modularidad del sistema cognitivo ya que permiten mostrar la independencia funcional de ciertos módulos de procesamiento (Valle, 1991). Para ilustrar el procedimiento de doble disociación Parkin (1996/1999) pone un ejemplo muy ilustrativo: tenemos dos aparatos de TV, en uno se ve la imagen pero no se puede escuchar el sonido, y en el otro se escucha el sonido pero no se ve ninguna imagen. La conclusión es evidente aunque no se sea ingeniero electrónico, el sistema de imagen y de audio del aparato son independientes, para funcionar correctamente el uno no necesita del otro, aunque si uno de los dos falla, no resultará satisfactorio ver la televisión. De forma similar se puede explicar el proceso de doble disociación en nuestro sistema cognitivo. Así, si un modelo teórico establece que un proceso implica al menos dos módulos, A y B, con

unas determinadas funciones u operaciones, se necesita obtener evidencia de que A y B operan con independencia el uno del otro, como el caso del sistema de vídeo y de audio del TV. Trabajando con pacientes se procede igual, si encontramos un paciente X con el módulo A dañado pero que conserva el B, y otro paciente Y que conserva el módulo A y tiene dañado el B, se podrá concluir mediante las tareas adecuadas que los módulos A y B son independientes.

Esta situación sería un ejemplo de *doble disociación clásica* (Shallice, 1988): el rendimiento en una tarea es deficiente (porque implica una función del módulo dañado), mientras que en la otra es normal (porque implica una función del módulo conservado). Desde este planteamiento se considera que estamos ante una doble disociación “*si el proceso x está intacto donde el proceso y está severamente comprometido o ausente y, especialmente, si se encuentra el caso inverso en otro paciente, hay razón para creer que x e y reflejan diferentes mecanismos subyacentes en estado normal*” (Marín, Saffran y Schwartz, 1976:869).

Pero actualmente, las dobles disociaciones en neuropsicología cognitiva, no se consideran en términos absolutos de función alterada o normal, como plantea Shallice (1988), sino que se establece la doble disociación en función de los distintos grados de *deterioro relativo*, como se ha comentado anteriormente. Sin embargo, este tipo de doble disociación en la que no es imprescindible que esté uno de los procesos intactos, presenta el inconveniente de que hace aumentar la probabilidad de que las diferencias se deban a factores no controlados, como pueden ser diferencias individuales, estilos cognitivos premórbidos, etc. Este riesgo se minimiza en la doble disociación en sentido clásico pero los casos de este tipo son difíciles de encontrar, de ahí que sea necesario recurrir a esta última aproximación (Parkin, 1996/1999).

En cualquier caso, una doble disociación supone un gran avance con respecto a una disociación simple, al ser las implicaciones teóricas bien distintas. En este sentido Teuber

(1955) afirma que para demostrar, por ejemplo, la especificidad del déficit discriminativo visual, necesitamos hacer algo más que demostrar que la discriminación en otra modalidad, por ejemplo, la somestésica, está preservada. Tal disociación simple puede indicar meramente que la discriminación visual es más vulnerable a las lesiones del temporal que la discriminación táctil. Éste sería un caso de jerarquía funcional, más que de localización separada. Lo que se requiere para obtener una prueba concluyente es la “doble disociación”, esto es, obtener evidencia respecto a que la discriminación táctil puede ser alterada por alguna otra lesión sin que se produzca déficit en las tareas visuales y en un grado comparable en severidad al supuesto déficit visual consiguiente a lesiones temporales.

Por otro lado, hay que decir que en neuropsicología cognitiva son también muy frecuentes las *asociaciones* entre síntomas. Volviendo al ejemplo de Parkin (1996/1999), podemos observar que en un aparato de TV una imagen puede perder el color, mientras que nunca observamos la situación inversa, que se pierda la imagen y permanezca el color. Esto nos permite deducir que los sistemas responsables de la imagen y el color no son independientes, sino que para que haya color es necesario que haya imagen, por lo que el color depende de la imagen, color e imagen están asociados.

En neuropsicología cognitiva, esta asociación o dependencia se observa cuando un paciente que presenta una actuación deficiente en la tarea 1, también presenta una ejecución deficitaria en las tareas 2, 3 y 4. Podría ser que esta asociación se debiera a que un determinado proceso cognitivo fuera necesario para las tareas 1, 2, 3 y 4. Pero podría ocurrir que estas cuatro tareas no compartieran ninguno de los procesos cognitivos requeridos para su ejecución, y que cuatro conjuntos de procesos cognitivos estuvieran mediados por cuatro áreas adyacentes del cerebro. En este caso, una lesión cerebral que afectara a una de las cuatro áreas afectaría también a las otras, de manera que los déficit en las cuatro tareas tienden a asociarse.

Por tanto, las asociaciones entre síntomas no son tan fiables como los argumentos basados en disociaciones. De hecho, se han encontrado disociaciones importantes entre síntomas que la neuropsicología clásica había agrupado en un mismo síndrome (Ellis y Young, 1988/1992).

Pero los conceptos de disociación y doble disociación no están exentos de críticas, Goldberg (2001/2002) considera que las disociaciones “fuertes” son poco frecuentes porque es probable que sean la manifestación o reflejo de las particularidades de los estilos cognitivos y los antecedentes individuales, por lo tanto no aportan nada al conocimiento de los principios generales e invariantes del funcionamiento del cerebro. Como señala Parkin (1996/1999), hay que ser precavido y no confiar demasiado en las evidencias de estudios realizados con uno o dos pacientes, ya que podríamos encontrarnos con situaciones excepcionales, por ejemplo, observar en un paciente una incapacidad selectiva para leer poesía, leyendo sin ningún problema otros materiales escritos y encontrar otra persona con el patrón de ejecución inverso, es decir, que conserve la habilidad de leer poesía y tenga alterada la lectura de otro tipo de material escrito. Se podría, por tanto, concluir que hemos encontrado una disociación doble entre la lectura de la poesía y la de otros materiales escritos, incluso aunque todos los datos se redujesen a esos dos pacientes y no se volviera a observar ese patrón de deterioro en otros pacientes. Este tipo de conclusiones hay que evitarlas y cotejar los resultados que vamos encontrando con los de otros pacientes que presenten déficits similares.

2.1.2. SUPUESTOS BÁSICOS DE LA NEUROPSICOLOGÍA COGNITIVA

Toda ciencia se asienta en una serie de principios o supuestos básicos que no son directamente comprobables, sólo con el paso del tiempo, en función de si la disciplina avanza o no, se van verificando o falseando sus principios (Lakatos, 1974). Los supuestos básicos de la neuropsicología cognitiva son los que se describen a continuación.

1.- ARQUITECTURA COGNITIVA

La arquitectura cognitiva hace referencia al diseño y organización de la mente humana, es decir, del sistema cognitivo. En líneas generales, se pueden distinguir dos tradiciones, es decir, dos formas distintas de entender cómo está organizada la mente: la arquitectura computacional y la asociativa. Cada una de ellas proporciona una descripción concreta de la organización del sistema cognitivo, y constituyen un marco de referencia en el que se integran distintas teorías.

De manera muy resumida, las teorías que se apoyan en una arquitectura computacional se caracterizan por concebir el sistema cognitivo como una unidad de procesamiento central, memoria y unidades de entrada y salida. Por otro lado, las teorías que tienen como referente una arquitectura asociativa se basan en el supuesto de que el procesamiento se realiza por operadores en paralelo, de acuerdo a los principios de semejanza y contigüidad.

En cuanto a las teorías concretas dentro de cada tipo de arquitectura, destacan la *modularidad de la mente* y el *procesamiento distribuido en paralelo* (PDP). A continuación se describen con más detalle cada una de ellas, por ser las más representativas de la arquitectura computacional y asociativa respectivamente.

A) Modularidad De La Mente

La *modularidad de la mente* propone que el sistema cognitivo se organiza en distintos módulos de procesamiento, cada uno encargado de la realización de tareas concretas y/o específicas.

El concepto de modularidad, procede de la Informática y en ese contexto hace referencia a la independencia de los distintos elementos y componentes de un programa, o al menos, a la búsqueda de esa independencia. Así, cuando se diseña o realiza cualquier tipo de programación es importante que los distintos componentes, o partes del programa, sean tan independientes entre sí como sea posible, creando programas independientes (o autónomos) o incluyendo subrutinas. Este principio organizativo, la modularidad, permite hacer más fácil cualquier operación de búsqueda, chequeo, verificación o limpieza. Ante un fallo de programación, la propia naturaleza del fallo puede ser un indicador preciso de cuál de los componentes del programa está fallando. Así, aplicando el principio de modularidad, un componente deteriorado dejará de realizar de forma efectiva la tarea encomendada, y aunque el resultado final del programa se vea afectado, el resto de los componentes del mismo permanecerán intactos.

El concepto de modularidad se aplica al estudio de los procesos psicológicos, siendo Marr (1976) uno de los primeros autores en proponer que el cerebro podría tener una organización modular, ya que si los sistemas modulares son más fáciles de corregir y modificar, este tipo de organización supondría una extraordinaria ventaja en el proceso evolutivo. Los cambios pueden realizarse en partes específicas del sistema sin necesidad de retocar o efectuar cambios en otras, por el contrario, si la organización de nuestro sistema cognitivo no fuese modular, cualquier cambio, por pequeño que fuese, implicaría la reorganización de todo el sistema.

El concepto de modularidad aplicado a la Psicología fue desarrollado de forma extensa por Fodor en 1983 en su obra *La Modularidad de la mente*, siendo su contribución más importante, la especificación de las propiedades que tienen que tener los módulos. Fodor (1983/1986) afirma que sólo los procesos cognitivos básicos, como son los sistemas de entrada, están organizados modularmente, por lo que en ellos se puede alcanzar cierta

explicación empírica del funcionamiento de los módulos. En cambio, los procesos complejos, como el pensamiento y la toma de decisiones, al mantener niveles altos de interacción entre ellos dificultan una investigación empírica eficaz y la propuesta de una teoría sobre las operaciones de las actividades complejas entendidas modularmente. Para Fodor (1983/1986), la modularidad se caracteriza por nueve principios, pudiendo ser considerado un sistema modular si tiene todos o algunos de estos principios:

- ① *Especificidad de dominio*: Cada módulo puede procesar únicamente un tipo de input o entrada. Así, los módulos pueden caracterizarse por tratar con una fuente de información específica.
- ② *Obligatoriedad*: Cada módulo opera en base a un sistema binario del tipo todo/nada, similar a la propagación del impulso nervioso. Cuando un módulo recibe el input, es activado, realizará por completo (todo-o-nada) la operación de procesamiento de la cual es responsable.
- ③ *Acceso limitado*: El acceso a las representaciones mentales desde el procesador central es limitado para los sistemas computacionales de entrada. Las representaciones intermedias son accesibles a los procesos centrales a costa de incrementar las demandas de atención o memoria y en ciertas ocasiones son totalmente inaccesibles. Para ilustrar esta característica Fodor (1983/1986) cita el trabajo que realizaron Nickerson y Adams en 1979, con el que evidenciaron que los estadounidenses son incapaces de describir correctamente la moneda de un centavo, o incluso de reconocer el retrato de Lincoln de la moneda entre otros retratos.
- ④ *Rapidez*: Los sistemas de entrada son rápidos, aunque el propio Fodor (1983/1986) considera que es difícil aportar base empírica para esta afirmación.
- ⑤ *Encapsulamiento informativo*: Los módulos realizan sus operaciones aisladamente con respecto a lo que pasa en los otros módulos. Estas operaciones no son susceptibles de “penetración cognitiva”, es decir, no se ven alteradas por los conocimientos previos

del sujeto, del mismo modo que somos incapaces de evitar las ilusiones visuales aún sabiendo que se trata de ilusiones ópticas.

⑥ *Aspectos superficiales*: Los productos de los sistemas de entrada hacen referencia a aspectos superficiales, siendo los conocimientos previos del sujeto o el procesamiento arriba-abajo el encargado de procesar e integrar las salidas u output de los sistemas de entrada.

⑦ *Arquitectura neural fija*: Existe una arquitectura u organización neural característica asociada a los sistemas de entrada, aunque puede darse especificidad neural en ciertas funciones sin que se encuentren localizadas de forma precisa en el cerebro, en el sentido de estar asociadas a regiones cerebrales concretas y caracterizadas morfológicamente.

⑧ *Pautas de deterioro*: Todo proceso psicológico diferenciado según criterios funcionales puede sufrir un deterioro selectivo o alteraciones pautadas de funcionamiento, es decir, no es una cuestión de deterioro cuantitativo de las funciones horizontales (memoria, atención o solución de problemas). Este aspecto está íntimamente relacionado con el concepto de modularidad, si un módulo se deteriora presentará unas pautas muy concretas de respuesta al verse alteradas sólo unas funciones específicas.

⑨ *Sucesión de estadios*: La ontogénesis de los sistemas de entrada evoluciona a un ritmo particular y presenta una particular sucesión de estadios. El curso evolutivo de los sistemas de entrada viene determinado de forma endógena o innata, así se puede considerar que los módulos del sistema cognitivo son innatos, no siendo necesaria su adquisición a través del desarrollo. Ésta es una afirmación que el propio Fodor considera controvertida, por ejemplo, considera que la actuación lingüística no está presente en los recién nacidos, pero se desarrolla de una manera ordenada reflejando el estado madurativo del organismo y sin guardar una relación demasiado estrecha con la, según él, insuficiente información que proporciona el entorno inmediato del bebe.

Este aspecto innato se puede, además, interpretar de dos maneras básicas (Parkin, 1996/1999):

- Argumentar que la lectura en los humanos se realiza por módulos existentes, pero, que realizaban otras operaciones.
- Afirmar que la asunción de innatismo es incorrecta y que pueden surgir módulos nuevos en un cerebro en desarrollo.

Sin embargo, hay que destacar que, a pesar de las importantes aportaciones de Fodor (1983/1986) respecto a la concepción modular de la mente, desde sus postulados no se plantea que todo el sistema cognitivo sea modular, sino que sólo estarían organizados modularmente los sistemas de entrada (inputs) mientras que los sistemas centrales tendrían un carácter preferentemente interactivo.

Por otro lado, dentro de la controversia que ha generado la teoría de la modularidad de la mente, hay dos propiedades de los módulos más consolidadas y asumidas por la comunidad científica: el encapsulamiento de la información y la especificidad de dominio. Aunque, desde la neuropsicología cognitiva, la aportación más importante de Fodor respecto a las propiedades de los módulos es, además de las anteriores, la propiedad de “pautas de deterioro” cuyo desarrollo teórico por parte de Shallice (1988) dio lugar al principio de Isomorfismo o especificidad neurológica, que se verá posteriormente y que, como afirma este autor, permite que la neuropsicología cognitiva se constituya como “empresa viable” al plantear que es posible que una lesión cerebral afecte selectivamente a ciertos módulos mientras deja intacto a otros, los cuales pueden funcionar al mismo nivel de efectividad premórbido.

Por tanto, desde la teoría de la modularidad la mente se caracteriza por ser un sistema de órganos que podemos considerar como facultades psicológicas o módulos mentales, por ello

se han de conocer los módulos, qué procesos intervienen en cada uno y cómo operan estos procesos dentro de los módulos. El concepto de módulo sugiere al mismo tiempo integración (en un sistema de procesamiento) e independencia (con respecto a los otros elementos del sistema), lo cual puede resultar equívoco (Pinker, 1997/2000). Un módulo no se puede equiparar con una “caja” de procesamiento con localización precisa, sino que los procesos de un mismo módulo pueden efectuarse entre regiones interconectadas sin que haya una localización exacta del mismo. Así, los módulos se definen por los procesos que realizan con la información disponible, y no por la tipología de la información o la localización precisa en las áreas cerebrales ya que la mente humana es estructuralmente heterogénea, estando conformada por muchas partes especializadas (Pinker, 1997/2000).

En definitiva, lo importante del concepto de modularidad es asumir que hay distintos componentes encargados de llevar a cabo operaciones específicas. En cambio, el problema que plantea la modularidad es la falta de consenso a la hora de establecer los módulos que componen los distintos sistemas de procesamiento de la cognición humana, dando lugar a distintos modelos. La mente está organizada en módulos (u órganos mentales), cada uno de los cuales tiene un diseño y una función especializada (Fodor, 1983/1986) especificada en nuestro programa genético mediante un proceso de selección natural (Pinker, 1997/2000).

Por tanto, la concepción modular del sistema cognitivo consiste en suponer que según de qué actividad se trate, los mecanismos implicados serán distintos; es decir, los mecanismos son específicos de cada tarea, y por tanto, independientes unos de otros. Con la organización modular, cada módulo se encarga de un cierto tipo de procesamiento independientemente del que realizan los módulos con los que no está conectado (Ellis y Young, 1988/1992). A la concepción modular del sistema cognitivo subyace la idea de que la mente humana no es un todo indivisible, sino que se divide en componentes especializados en funciones y procesos, que son independientes y autónomos de los demás (Valle, 1991). Además, la organización

modular de nuestra mente y cerebro permite el desarrollo de nuevos componentes cognitivos que entrarían en interacción con los previos, para así crear nuevas habilidades y capacidades (Ellis y Young, 1988/1992).

B) Procesamiento Distribuido en Paralelo (PDP) o Conexionismo

Desde el conexionismo, se proponen modelos capaces de aprender por sí mismos y establecer sus propias representaciones a partir de cualquier conjunto de información dado, sin necesidad de recurrir a módulos específicos de procesamiento, a través de una red compuesta por nodos ligados entre sí mediante conexiones (inhibitorias o excitatorias).

Los modelos conexionistas o de procesamiento distribuido en paralelo (PDP), enfatizan el procesamiento en paralelo de redes computacionales cuya conducta no está definida por reglas formales fijas. La representación del conocimiento en los modelos conexionistas se realiza mediante un patrón de actividad distribuido sobre un conjunto de unidades sub-simbólicas (nodos y rasgos).

Con la llegada del PDP o conexionismo (P.e., McClelland y Rumelhart, 1986; Rumelhart y McClelland, 1982, 1986/1992), el estudio de los procesos psicológicos sufre un cambio considerable. En los modelos modulares cada componente se identifica de forma explícita, en cambio, los modelos basados en el PDP están implementados en programas de ordenador articulados a modo de redes, así, los modelos conexionistas aprenden por sí mismos (mediante reglas o algoritmos) cambiando las interconexiones entre los nodos de la red y establecen su propia representación de cualquier conjunto de información dado. La característica fundamental es su funcionamiento en paralelo, interactivo y a varios niveles, por lo que el flujo de información es bidireccional.

En cierta medida el modelo conexionista continúa la tradición iniciada por el modelo de redes neuronales de McCulloch y Pitts (1943), ya que los modelos PDP suponen la existencia de unas redes neuronales que se extienden por diversas localizaciones cerebrales y constituyen la estructura en la que tiene lugar el procesamiento. Así, se puede considerar que los sistemas de redes conexionistas están “inspirados” en la propia estructura del sistema nervioso, redes de neuronas que se comunican entre sí a través de sinapsis, es decir, utilizan una metáfora de funcionamiento basada en la estructura neuronal, abandonando así la metáfora de funcionamiento serial que representa el ordenador y que subyace a la modularidad, aunque se basen en la simulación mediante ordenador de los procesos que intervienen en el funcionamiento del sistema cognitivo, el ordenador no es más que un instrumento para estudiar la mente. En estos modelos las redes se establecen a través de un conjunto de unidades de procesamiento o nodos que se envían impulsos o mensajes. La premisa fundamental de los modelos conexionistas es la utilización de un número amplio de unidades elementales (a modo de neuronas), que no transmiten grandes cantidades de información simbólica, realizando los procesos computacionales interconectándose de forma adecuada, así, estas unidades son elementos abstractos sobre los que se pueden definir patrones con significado. La red conexionista está compuesta por nodos ligados entre sí mediante conexiones, inhibitorias o excitatorias, y con la asignación de un peso, que puede ser positivo (“+”, si la conexión es excitatoria) o negativo (“-”, si la conexión es inhibitoria). Este peso es el que determina la fuerza de la conexión aunque, dependiendo del modelo específico, estos patrones de conectividad pueden ser más o menos complejos. Las unidades o módulos de procesamiento no son necesarios, ya que la información sobre un concepto cualquiera está distribuida en muchos nodos, así, distintas porciones de información se corresponden con distintos patrones de actividad dentro de la red. En definitiva, la representación es un patrón de conexiones que se activa ante un input y la regla fundamental de funcionamiento es la activación del sistema.

Una característica importante de estos modelos es que la experiencia, puede modificar la eficacia de las conexiones establecidas en la red de modo similar a como se produce la plasticidad neural del sistema nervioso. Como la representación se considera un patrón de activación sobre unidades, el aprendizaje y la experiencia pueden registrarse en el sistema como cambios en los pesos asociados a las distintas conexiones.

En los modelos conexionistas suelen establecerse los siguientes principios básicos y generales de funcionamiento:

① El procesamiento ocurre de modo simultáneo en un conjunto de elementos simples, los nodos, es decir, el procesamiento se realiza en paralelo, al contrario que afirma el supuesto de encapsulamiento informativo. Frente al procesamiento secuencial de los módulos, los modelos PDP proponen un procesamiento distribuido y en paralelo. La dirección de este procesamiento es doble y simultánea, tanto abajo-arriba como arriba-abajo, pudiendo estar funcionando al mismo tiempo varios niveles, y a su vez, dentro de cada nivel se pueden estar procesando en paralelo varios nodos. Este mecanismo interactivo puede permitir que el sistema trabaje eficientemente en situaciones en las que el input sensorial está incompleto, ya que las informaciones de los distintos niveles se complementan entre sí, mediante un mecanismo de propagación de la activación de un nivel determinado a los otros niveles. Las unidades de procesamiento reciben un input determinado y en función de éste computan un output. El patrón de conectividad de las unidades de la red constituye el conocimiento en el sistema y determina cómo se responderá ante un input.

② Las conexiones internodos pueden ser excitatorias o inhibitorias, mientras que las conexiones intranodos siempre son inhibitorias. Cualquier acción o respuesta es el resultado de un patrón de activación distribuido sobre los nodos del sistema. Hay que tener en cuenta que la activación excitatoria es un proceso divergente, es decir, las

relaciones de activación hacen que aumenten las representaciones activadas, aumentando por consiguiente el número de unidades competidoras al reconocimiento. En cambio, las relaciones inhibitorias son convergentes, tienden a anular candidatos no válidos, para así, reducir su número hasta quedarnos con una única representación activada.

③ La representación del conocimiento no se almacena de modo simbólico en macroestructuras, almacenes o módulos, se organiza en asociaciones (pesos) de las fuerzas de conexión entre los nodos. El conexionismo no utiliza representaciones en base a símbolos, ni reglas sintácticas o lógicas para procesarlos, la representación se construye a partir de las conexiones entre nodos.

④ El procesamiento se realiza a través de las combinaciones de nodos mediante un mecanismo asociativo simple, por suma o multiplicación de la activación, lo que permite transformar la información y se construyen las representaciones, no siendo necesario efectuar transformaciones comparando unos símbolos con otros.

⑤ Presentan un carácter planificador y de obtención de objetivos inherente al propio modelo. Ante un input determinado, los modelos PDP reajustan los pesos de las conexiones para reducir las diferencias entre el input dado y el output que se pretende obtener. Es decir, los modelos PDP pueden cambiar las conexiones entre nodos para conseguir un objetivo (el output), tanto externo (Gluck y Bower, 1988) como interno al sistema (Dell, 1986), y supone la base de la adaptación y cambio del sistema. Por tanto, estos modelos no precisan del establecimiento de mecanismos del control (atención, planificación, etc.), ya que los objetivos y planes están incorporados en el sistema (Estes, 1988).

En esta línea pero aplicado al campo de la neuropsicología cognitiva, están los trabajos de Goldberg (2001/2002), para quien la organización funcional de la corteza cerebral se fundamenta en el concepto de *gradiente cognitivo*. Goldberg (2001/2002) critica de la teoría

modular de la mente su escasa capacidad explicativa, ya que se muestra incapaz de formular principios generales acerca de multitud de datos, por lo que no cumple uno de los requisitos de cualquier teoría que aspire a ser científica: la explicación. Como alternativa a la modularidad, propone un cerebro interconectado, en el que las unidades son menores, y están encargadas de funciones mucho más sencillas pero mucho más numerosas. Estas unidades estarían estrechamente interconectadas e interaccionarían continuamente a través de múltiples canales.

Goldberg (2001/2002) plantea un principio de organización cerebral alternativo al principio de organización modular: el *principio gradienta*, según el cual, en el cerebro tienen lugar interacciones continuas y masivas, aunque relativamente pocas de las funciones de las partes están preordenadas. En su lugar, se supone que los papeles funcionales de las diversas regiones corticales “emergen” de acuerdo con ciertos gradientes básicos. Propone un cerebro masivamente interconectado, debe su ascendiente, de forma algo circular, a las redes neurales formales, o redes neurales, que a su vez estaban inspiradas por el sistema nervioso biológico. Las redes neurales son modelos dinámicos del cerebro. Una red neural es un conjunto de un gran número de elementos simples interconectados, expresado como un programa informático. Las propiedades de los elementos y las conexiones imitan de forma simplificada, las propiedades de las neuronas reales y de los axones y dendritas que las interconectan. Ejecutando el programa en el ordenador puede examinarse el “comportamiento” del modelo enfrentado a diversas tareas, y esto permite al examinador inferir las propiedades dinámicas del cerebro real. Las redes neuronales formales van adquiriendo un conjunto de propiedades que no estaban explícitamente programadas, son las denominadas “propiedades emergentes”.

Las pautas de sus intensidades de conexión cambian, de modo que las diversas partes de la red constituyen la “representación” de diversos tipos de información entrante.

Aunque Goldberg (2001/2002) admite que el principio de modularidad se aplica mejor a las estructuras antiguas desde el punto de vista evolutivo (tálamo y núcleos), el principio gradienta l o interactivo se aplica mejor a la parte más recientemente evolucionada del neocortex, la denominada corteza de asociación heteromodal, que es crucial para los procesos mentales más avanzados.

Este cambio en la organización de las estructuras cerebrales, Goldberg (2001/2002) lo extrapola a los cambios en las organizaciones y estructuras sociales a lo largo de la historia, considerando que ambos son sistemas complejos en evolución y que por tanto, pueden estar regidos por los mismos principios universales. Así, la transición del principio talámico al principio cortical de organización cerebral es parecido a la transición del patrón macronacional al patrón microrregional de organización social como elementos de una red global.

Por tanto, las naciones estados serían los módulos, concebidos como unidades autónomas y con relaciones restringidas con otros módulos, sin embargo en la actualidad observamos una transición hacia un nuevo orden geopolítico basado en una red global de unidades más pequeñas, las microrregiones.

En resumen, tradicionalmente la lógica de base de la neuropsicología cognitiva ha sido suponer que el sistema cognitivo es modular, aunque más recientemente, también se han empleado redes conexionistas como modo de simulación, tanto de la función normal como deteriorada del cerebro. En todo caso, el supuesto fundamental es que los pacientes utilizan los mismos mecanismos de procesamiento que los sujetos normales, con la diferencia de que en los pacientes, uno o varios de esos mecanismos está dañado (Cuetos, 1998).

2.- TRANSPARENCIA

Este supuesto plantea que la ejecución de un paciente debe permitir conocer el componente o módulo del sistema que se encuentra alterado (Caramazza, 1984). En otras palabras, el patrón de ejecuciones de un paciente pone de manifiesto cuál es el mecanismo subyacente que se encuentra alterado. De manera que analizando las ejecuciones, errores y omisiones de un paciente, se puede inferir qué proceso específico está afectado (Ellis y Young, 1988/1992). Es decir, el examen realizado a un paciente después de una lesión cerebral acerca de las capacidades preservadas y alteradas, así como de los errores y omisiones debe permitir establecer qué componente o componentes están dañados. Este supuesto está estrechamente relacionado con la fraccionabilidad del sistema cognitivo, en el sentido de que una lesión puede dañar a un cierto grupo de neuronas sin afectar a otros, los cuales pueden seguir funcionando con normalidad. Es decir, los módulos son también distintos dentro del cerebro, de forma que las lesiones cerebrales pueden afectar el funcionamiento de algunos módulos y, al mismo tiempo, dejar intactos otros.

Para ello, Caramazza (1984) plantea que la realización de un paciente debe reflejar, al menos, los siguientes aspectos:

- ① *Los efectos de la supuesta alteración de uno o más de los componentes del proceso.*
- ② *La variación individual.* Es decir, es necesario asegurarse de que el paciente no presentaba una deficiencia constitucional previa a la lesión cerebral, para ello es conveniente comparar la ejecución del paciente con un grupo de sujetos control y observar el grado de afectación.
- ③ *Los efectos de los mecanismos de compensación.* Este aspecto hace referencia a que las ejecuciones de los pacientes con lesión cerebral pueden reflejar un funcionamiento distinto al empleado antes del daño. Este fenómeno se conoce como “estrategias

compensatorias” (Butterworth, 1979) y es equivalente al concepto de “adaptación” al que se refieren otros autores (P.e., Kokl, Van Grunsven y Keyser, 1985).

④ *Los efectos de otras posibles alteraciones en los mecanismos del proceso distintos de los que se postularon como alterados.* Es decir, en ocasiones las lesiones cerebrales afectan a múltiples componentes del procesamiento y existe el riesgo de asociar un déficit a un proceso que en realidad, es independiente pero que el paciente también tiene dañado (Ellis y Young, 1988/1992).

3.- SUSTRACTIVIDAD

Es un postulado de Saffran (1982) que presupone, y aún no ha sido invalidado, que el cerebro maduro no es capaz de generar nuevos módulos tras una lesión cerebral (Ellis y Young, 1988/1992). Por lo que aplicando este supuesto, la conducta patológica, después de una lesión cerebral, es fruto de los módulos que funcionan en un sistema normal menos los dañados (Cuetos, 1998). Sí es posible que aparezcan estrategias compensatorias, alternativas, en las que componentes del sistema que antes cumplían una función determinada se utilicen con fines nuevos, pero en ningún caso se trataría de sistemas nuevos, es decir, la actuación del paciente no se debe a una organización nueva (reorganización) de los distintos sistemas de procesamiento. Por lo tanto, el cerebro lesionado puede desarrollar nuevas estrategias para hacer frente a una tarea o situación particular, pero debe hacerlo a partir de estructuras preexistentes normales. Así, por ejemplo, cuando un paciente pierde por completo las capacidades del lenguaje en el hemisferio izquierdo, se puede utilizar las habilidades musicales (que residen en el derecho) para reinstaurar el lenguaje, o una forma de lenguaje. Por ejemplo, existe un tipo de disléxicos que para poder leer una palabra primero deletrean cada una de las letras que la componen, después son capaces de leer la palabra y demuestran entenderla. Ningún sujeto normal parece usar esta estrategia en la lectura; se trataría de una posibilidad a la que se recurre cuando falla alguno de los procesos del funcionamiento normal debido a

la lesión. Por tanto, se puede decir que *“el cerebro lesionado puede desarrollar nuevas estrategias para hacer frente a una tarea o situación particular, pero debe hacerlo usando estructuras preexistentes”* (Ellis y Young, 1988/1992: 18). De ahí que sea necesario explicar la ejecución de un paciente con lesión cerebral en términos de las capacidades del sistema cognitivo normal intacto menos los componentes perdidos a causa de la lesión (Ellis y Young, 1988/1992).

En cualquier caso, este supuesto es bastante criticado ya que algunos autores consideran que la ejecución de un paciente puede derivar de estrategias compensatorias más que de los módulos no dañados, aunque como señala Cuetos (1998), algunas consecuencias del daño cerebral aparecen justo después de sufrir la lesión, no habiendo “tiempo” para el desarrollo de estrategias compensatorias.

4.- ISOMORFISMO

Este supuesto es planteado por Shallice y se refiere a que cada módulo tiene un correlato neuronal, existiendo cierta correspondencia entre la organización de la mente y la organización cerebral. Esto supone que los módulos están representados de forma diferenciada en el cerebro (Shallice, 1984). Así, el daño de un grupo neuronal deteriora las funciones del módulo dejando intacto el resto de los módulos y sus respectivas funciones.

Por tanto, el supuesto de isomorfismo se refiere al componente biológico de la conducta, ya que las actividades cognitivas son el resultado del funcionamiento del sistema nervioso, y lo que en neuropsicología se denominan módulos cognitivos son conjuntos neuronales. Por tanto, se puede decir que *“existe cierta correspondencia entre la organización de la mente y la del cerebro”* (Ellis y Young, 1988/1992, p. 17). Lo más importante de este supuesto para la neuropsicología cognitiva es que las alteraciones de los procesos cognitivos

pueden ser selectivas. Por tanto, la organización y estructura de la mente es reflejo de la organización fisiológica del cerebro (Ellis y Young, 1988/1992).

En resumen, el estudio de la actuación de los pacientes con vistas a establecer conclusiones acerca del funcionamiento normal del sistema cognitivo se basa en los siguientes principios (Caramazza, 1986; Valle et al., 1990):

- La actuación cognitiva normal es el resultado de la actividad de una serie de componentes que en conjunto forman el sistema cognitivo.
- La actuación deficitaria que muestra un paciente es el resultado de la actividad de un sistema de procesamiento funcionalmente deteriorado.
- La investigación básica de la neuropsicología ha de estar orientada a determinar en cada paciente si la pauta de actuación se puede explicar por el deterioro funcional de uno o varios de los componentes del sistema de procesamiento.

2.1.3. METODOLOGÍA: ESTUDIOS CLÍNICOS DE CASO ÚNICO

Cualquier estrategia experimental para obtener datos válidos y representativos pasa por la utilización de un grupo relativamente amplio de sujetos, ya que éstos varían por naturaleza en sus capacidades ante cualquier tarea experimental. Los estudios que utilizan una muestra o grupo de sujetos normales se basan en la hipótesis de que los procesos psicológicos son homogéneos en todos los individuos (el supuesto de la equivalencia), por ello, en los estudios con sujetos normales se debe controlar la variabilidad de los sujetos. Así, por ejemplo es muy habitual que los psicólogos utilicen en sus experimentos alumnos universitarios que son los sujetos experimentales más accesibles. Además, si se utilizan grupos reducidos de sujetos experimentales se corre el riesgo de que cualquier diferencia detectada no sea representativa

de la población, y si además el número de sujetos experimentales es 1 ($n=1$) los errores en el muestreo son aún más peligrosos. Además, los métodos de la estadística inferencial paramétrica, para poder determinar de forma efectiva si los resultados observados se deben a la manipulación de la variable independiente o al azar, precisan grupos experimentales relativamente amplios.

La lógica del procedimiento experimental es aplicable a cualquier campo de trabajo, incluso la Neuropsicología Cognitiva, aunque, sin embargo, en este caso caben excepciones y varios autores plantean que este procedimiento experimental no es del todo válido cuando se trabaja con sujetos con lesión cerebral (P.e., Badecker y Caramazza, 1995; Caramazza, 1984, 1986; Caramazza y Badecker, 1989, 1991; Cuetos, 1998; McCloskey, 1993; McCloskey y Caramazza, 1988; Parkin, 1996/1999; Sokol et al., 1991).

Las lesiones cerebrales son muy variadas, resultando prácticamente imposible encontrar dos pacientes con las mismas lesiones, ni en los aspectos físicos ni en los cognitivos, lo que hace muy difícil conseguir una muestra de estudio. Además, si bien podemos hablar de la equivalencia del sistema cognitivo en sujetos normales, en el caso de sujetos con lesiones cerebrales sólo es aplicable a niveles premórbidos (antes del accidente que causó la lesión).

Pero esto no quiere decir que, necesariamente, sea imposible estudiar grupos de sujetos con lesiones cerebrales similares, ya que se puede intentar confeccionar una muestra que agrupe a los pacientes en función de los síndromes (conjunto de síntomas que suelen coincidir regularmente y que pueden sugerir un déficit subyacente común) que manifiesten (P.e., Robertson, Knight, Rafal y Shimamura, 1993; Zurif, Gardner y Brownell, 1989; Zurif, Swinney y Fodor, 1991), si bien existe el problema añadido de que los resultados dependerán de los criterios de definición del síndrome, si estos son laxos o se agrupan pacientes con déficit cualitativamente distintos que pueden sesgar las conclusiones del estudio. Un problema

añadido al concepto de síndrome es que los sujetos clasificables en un mismo síndrome, no tienen por qué manifestar todos los rasgos definitorios, por lo que pueden aparecer diferencias individuales, lo que hace difícil mantener la idea de grupo (Parkin, 1996/1999).

Una última consideración sobre el empleo de grupos de sujetos desde la Neuropsicología Cognitiva es el argumento de la especificidad neurológica, así, si partimos del principio de homogeneidad o equivalencia en los pacientes (antes de la lesión), es válido suponer que aquellos que tengan el daño localizado en la misma zona del cerebro presentarán problemas funcionales similares. Pero, la realidad de los datos muestra la dificultad de ese planteamiento, ya que muchas de las disociaciones descritas surgen de lesiones localizadas en la misma área del cerebro, incluso puede ocurrir que el supuesto de especificidad neurológica no siempre sea uniforme, así, como señala Parkin (1996/1999) dos pacientes pueden haber sufrido daño en la misma arteria cerebral y mostrar diferencias en el ámbito del sistema cognitivo. No obstante, los estudios con grupos podrían mejorar utilizando protocolos de inclusión-exclusión de sujetos más estrictos, y con el uso de procedimientos estadísticos más rigurosos se podría garantizar la selección de un grupo más homogéneo, minimizando la inclusión de miembros atípicos.

El estudio con grupos resulta bastante problemático, la alternativa a esto es el estudio de caso único, que si bien puede superar los problemas relativos a la heterogeneidad de los pacientes ya que sólo se estudia a un sujeto, sin embargo, tampoco está exento de problemas, siendo el más obvio el de la generalización de los datos obtenidos con un paciente a toda la población. La lógica de la utilización del caso único, necesariamente, tiene que estar relacionada con el principio de equivalencia, así, siguiendo a McCloskey (1993), los resultados en los estudios de caso único se utilizan para extraer conclusiones sobre los mecanismos cognitivos “normales” previos al accidente y la detección y análisis del daño funcional causado a estos mecanismos por el accidente. Así, dado el principio de equivalencia (que los

mecanismos cognitivos son compartidos por la población normal), las conclusiones que se alcanzan sobre los mecanismos cognitivos premórbidos de los pacientes pueden ser generalizables a los sujetos sin daño cerebral (McCloskey, 1993), obviamente siempre que se pueda establecer que las funciones cognitivas del paciente antes del accidente eran equivalentes u homogéneas con respecto a la población normal.

Aunque de forma demasiado esquemática, los rasgos más destacables de un diseño de caso único pueden resumirse en los siguientes (Castro, 1975; Bellack y Hersen, 1980; Hayes, 1981; Barlow y Hersen, 1984/1988):

- ✧ Se suele estudiar a una única persona durante un período de tiempo prolongado, realizando réplicas con la misma persona (intrasujeto) o con otras (intersujeto) para poder generalizar los resultados obtenidos. Estos diseños permiten comparar al sujeto consigo mismo, lo que implica minimizar la necesidad de procedimientos estadísticos, de hecho, Arnau (1980) define este tipo de diseños como *experimentales no estadísticos*.
- ✧ La variable o variables dependientes son medidas repetidas del mismo sujeto a lo largo de distintos períodos de tiempo. Por ello, es necesario establecer una línea base donde se representan los datos antes del tratamiento o intervención, para después registrar los resultados de la intervención y, por último, la interpretación de los resultados para evaluar los cambios observados tras la aplicación del tratamiento. En estos diseños, el tratamiento o intervención suelen ser la variable independiente a manipular.
- ✧ Una vez aplicado el tratamiento, los cambios que se producen en la conducta del paciente revelan la eficacia del mismo. Por otro lado, la evaluación es

continua, el sujeto es tanto experimental como control y se pueden medir diferentes variables dependientes utilizando para ello distintos tipos de medidas. Por ello, es preciso realizar una descripción detallada de las variables independientes y dependientes, la situación, el terapeuta y el paciente con el propósito de establecer una relación funcional entre ambos tipos de variables.

- ✧ La replicación de los resultados como medida de control. Consiste en la repetición del experimento por el mismo u otro investigador, bien intrasujeto, bien intersujeto. La réplica intrasujeto trata de comprobar que los cambios producidos en la variable dependiente pueden ser atribuidos al efecto de la variable independiente. La mayor dificultad que se encuentra en esta réplica es la generalización de los resultados. La réplica intersujeto trata de solucionar esta problemática y consiste en repetir los efectos de la intervención sobre sujetos diferentes, así, se favorece la generalización de los resultados obtenidos y, en consecuencia, la validez externa del experimento.

Con todo el problema de la generalización de los resultados en las metodologías de caso único, es especialmente relevante. Una de las justificaciones de la utilización de caso único es la escasez de pacientes con patologías similares, lo que hace que la réplica de los resultados sea difícil. En ciencia, la réplica es un requisito importante, los resultados obtenidos en una investigación ganan en consistencia si son replicados y una teoría tiene serios problemas de aceptación si no se pueden replicar los datos que la generaron. La Neuropsicología Cognitiva está aportando datos convergentes, que han ayudado a comprender diferentes aspectos del procesamiento, como la distinción entre dislexia fonológica y superficial y su relación con las rutas de lectura.

En Neuropsicología Cognitiva, y precisamente para solventar los problemas expuestos, se suelen utilizar las siguientes medidas de control (Parkin, 1996/1999):

- ☆ Utilizar programas extensos de evaluación e intervención, que permitan aportar evidencia convergente a partir de los resultados obtenidos en distintas tareas.
- ☆ Asegurar, en la medida de lo posible, el nivel premórbido del paciente. Puede resultar llamativo una persona que tenga problemas con la lectura de palabras irregulares (por ejemplo, los barbarismos o neologismos), signo de una dislexia superficial, pero estos datos perderían su valor si se comprobase que el paciente ya tenía problemas con esas palabras antes de la lesión cerebral. En el mismo sentido, se ha de prescindir de los pacientes con un desarrollo cerebral “anormal”.
- ☆ La obtención de resultados discordantes con el modelo teórico de base, puede aconsejar modificaciones en el modelo, pero, también pueden indicar que los datos son erróneos en algún sentido. Obviamente, esto no quiere decir que la inclusión (o exclusión) de casos esté guiada por la teoría, sino que siempre deber estar relacionada con los hechos objetivos.

Con estas condiciones se puede minimizar el riesgo de incorporar información sesgada o engañosa en el modelo teórico o interpretar de forma incorrecta la información recogida en un paciente. Pero aunque éstas estén garantizadas, conviene cotejar los datos de varios pacientes con déficit similares (réplica), y como aconseja Parkin (1996/1999), sentirse incómodo con las disociaciones basadas en datos obtenidos de uno o dos pacientes, así como tener garantía de los niveles premórbidos, de manera que aseguremos que las diferencias encontradas no pueden explicarse por diferencias individuales premórbidas (Goldberg, 2001/2002).

Cuando en una exploración neuropsicológica se combina evaluación y rehabilitación, el control ha de ser preciso. Al trabajar con caso único, el control ha de ser el propio paciente, ya que no tiene sentido comparar la ejecución de dos pacientes similares uno que recibe tratamiento y otro que no, serán los datos del propio paciente, antes de iniciarse la rehabilitación, los que sirvan para establecer el control o línea base (Cuetos, 1998).

Los datos del paciente van a servir como control para evaluar la efectividad de la rehabilitación. Este proceso puede llevarse a cabo sobre la base de distintos diseños de intervención, desde el más sencillo de evaluación y rehabilitación a los diseños más complejos como los de tratamiento múltiple o los de tratamientos alternativos (Arnau, 1994; Cuetos, 1998; Parkin, 1996/1999).

La palabra Diseño aplicada a los programas de rehabilitación de caso único puede hacer pensar que la Neuropsicología Cognitiva está más próxima a los objetivos propios de la investigación, que al día-día de la práctica clínica, sin embargo, cuando se trabaja con pacientes, uno de los objetivos importantes es el de su rehabilitación efectiva y, para ello, es necesario establecer los controles pertinentes para poder delimitar que las mejoras del paciente se deben al plan de intervención y no a factores ajenos a él. Así, como señala Cuetos (1998), *“si no establecemos los controles necesarios y no analizamos de una manera objetiva los resultados, difícilmente sabremos si lo que estamos haciendo sirve para algo o estamos perdiendo nuestro tiempo y el de nuestros pacientes”* (pág. 160).

2.2. PROCESAMIENTO NUMÉRICO Y CÁLCULO

2.2.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESAMIENTO NUMÉRICO Y EL CÁLCULO

Para conocer las características del procesamiento numérico y el cálculo, tomanos como principal fuente de datos la Psicología Experimental.

Por una parte, el procesamiento de los números, que como ya se ha comentado, no es idéntico al de las palabras aunque tienen aspectos comunes. Para conocer estas particularidades se toman como referentes los efectos experimentales observados como resultados de los estudios con sujetos adultos sanos, y que permiten conocer las características de la manipulación mental de los números. Cada uno de los efectos descritos indica la manera en que la mente procesa los números, los factores por los que está determinado este procesamiento.

En cuanto a las características del cálculo, se describen los principales de los mecanismos cognitivos en los que se sustenta y que por tanto, lo explican: el tamaño de los operandos, la representación, almacenamiento y recuperación de datos numéricos en la memoria, el papel de la memoria de trabajo y la complejidad de la tarea.

2.2.1.1. Procesamiento numérico: Efectos Experimentales

Desde la Psicología Experimental se han estudiado las variables que inciden en el procesamiento de los números, utilizando como medida los tiempos de respuestas, de manera que se pueden describir algunos de los factores que determinan el tiempo de reconocimiento

de un número, o lo que es lo mismo, las características definitorias del procesamiento numérico. Los principales efectos descritos son los siguientes (Brysbaert, 1995).

✓ *Efecto distancia*

Este efecto consiste en el tiempo necesario para decidir cuál de dos números es mayor (o menor), es decir, el tiempo de comparación de dos números aumenta a medida que los números son más próximos. En otras palabras, ante dos estímulos numéricos se observa que el tiempo de respuesta disminuye a medida que aumenta la distancia entre los números, o lo que es lo mismo, tardamos menos en comparar 8 y 2, que en comparar 4 y 5.

Este denominado efecto distancia es muy consistente, ya que ha sido encontrado tanto en comparación de números de un dígito (Moyer y Landauer, 1967) como con números de varios dígitos (Dehaene, 1989; Dehaene, Dupoux y Mehler, 1990; Link, 1990). Por otro lado, el efecto distancia aparece en tarea de comparación de cantidades no-numéricas, por ejemplo, utilizando como estímulos líneas de distintas longitudes, puntos y objetos de distintos tamaños.

El efecto distancia tiene importantes implicaciones teóricas, ya que confirma el supuesto de que los numerales antes de ser comparados son convertidos en magnitudes analógicas, y existe evidencia empírica que lo confirma. El efecto distancia de los números de dos dígitos no está influido por la similitud del dígito que ocupa el lugar de las decenas. Por ejemplo, el efecto distancia es el mismo para los números 48 y 51 que para los números 51 y 54, estando determinado el tiempo por el dígito de la unidad (Dehaene et al., 1990; Dehaene, 2002).

Para los números pequeños y con los que estamos familiarizados, estos resultados son explicados mediante el mecanismo de conversión, es decir, la mente no descompone el número, sino que automáticamente lo transforma en una representación interna sobre una escala continua de cantidades, y seguidamente compara esas cantidades con independencia de los símbolos que las han activado. De ahí que el efecto distancia sea independiente de la modalidad en la que se presenta la cantidad, es decir, aparece tanto con números en notación arábica, como con números escritos en forma verbal, o con cantidades de números (P.e., Dehaene, 1997, 2002).

✓ *Efecto de Priming*

Algunos estudios han puesto de manifiesto que los dígitos no siempre se reconocen más rápido cuando la distancia entre los números es grande (efecto distancia), sino que las sucesivas exhibiciones de dos números pueden llevar a un *priming* numérico. Es decir, se observa que si un dígito *prime* es presentado durante 500 milisegundos y después el sujeto debe decidir si el segundo estímulo, *target*, es una letra o un número, el tiempo de reacción es más pequeño cuando la diferencia en valor absoluto entre *prime* y *target* equivale a 1 que cuando equivale a 2 ó 4 (las dos últimas condiciones difieren significativamente de la primera). Es decir, la activación en respuesta a la representación del *prime* se disipa con la distancia, siendo la facilitación más o menos la misma en ambas direcciones del *prime* (Den Heyer y Briand, 1986).

Por otra parte, como se ha comentado en la introducción de este trabajo, se observa efecto de *priming* semántico en el procesamiento numérico (P.e., Alameda y Cuetos, 2000; Alameda et al., 2003; Delazer y Girelli, 1997; Salguero, 2000). Es decir, el tiempo de reconocimiento de un número, *target*, puede reducirse si va precedido de una palabra, *prime*, con la que tiene relación semántica, por ejemplo, seat-600. Este efecto se ha encontrado

utilizando diferentes SOAs: 250, 80 y 57 milisegundos, lo que pone de manifiesto la gran consistencia del efecto de facilitación semántica.

✓ *Efecto de la magnitud*

Se refiere a que el tiempo para la realización de una tarea es mayor cuando el número es grande que cuando es pequeño. Es decir, a igual distancia entre dos números, la tarea aumenta en complejidad a medida que aumentan los tamaños. Por ejemplo, en una tarea de comparación sería más difícil decidir entre 8 y 9, que entre 2 y 3. Este efecto se produce en tarea de comparación numérica (Parkman, 1971), así como en suma y multiplicación (Ashcraft, 1992). Además, se observa este fenómeno en los errores sintácticos, puesto que son más frecuentes con numerales de 3 ó más dígitos, que con las cifras de 1 y 2 dígitos (Noel y Seron, 1993).

Este efecto tiene distintas explicaciones. Por una parte, puede deberse a la dificultad de convertir los números en magnitudes analógicas (Gallistel y Gelman, 1992). Como plantea Dehaene (1997, 2002), el cerebro ante la presencia de un estímulo numérico, automáticamente lo convierte en cantidad, aunque no sea necesario para resolver la tarea, de manera que el procesamiento cognitivo de los números sería similar al procesamiento de cantidades que se corresponden con magnitudes físicas concretas y continuas, como el peso, la longitud o el volumen. Es decir el estímulo numérico se convierte mentalmente en una magnitud interna continua, y como tal cumple la ley de Weber (establece una relación matemática entre la intensidad de un estímulo y la sensación que éste produce, de manera que el menor cambio discernible en la magnitud de un estímulo es proporcional a la magnitud del estímulo).

Por otro lado, Ashcraft (1992) sostiene que el efecto del tamaño se debe a la frecuencia de ocurrencia de los diferentes números y su uso en operaciones aritméticas (el denominado efecto frecuencia que se presenta a continuación), puesto que la frecuencia disminuye al aumentar la magnitud.

El diferente procesamiento de números grandes y pequeños se observa también en tareas de comparación numérica con numerales de mayores longitudes, en las cuales se ha encontrado que números de 4 y 6 dígitos no son comparados de acuerdo con el modelo de analogía con la línea numérica que se comentaba con anterioridad, sino en función de la relación lugar-valor secuencial, que consiste en sucesivas comparaciones, de izquierda a derecha, de los dígitos que forman el número hasta encontrar los dígitos en que difieren (Poltrock y Schwartz, 1984).

En cualquier caso, el problema es determinar dónde está situada la frontera entre números pequeños y grandes. En este sentido, McCloskey (1992) plantea que los procesos sintácticos son necesarios para los números mayores de 20, porque asume que existen representaciones separadas para unidades y decenas, pero no para combinaciones de decenas y unidades, en base al supuesto de que es posible que sea la presencia de las centenas la que introduzca la necesidad de descomponer sintácticamente el número. De hecho, esto sucede en algunos idiomas, se tratan centenas, millares y números superiores como multiplicadores explícitos en la designación del nombre del número. Por ejemplo, en inglés, las unidades y decenas tienen un nombre específico (para el 3 se emplea la palabra “three”; para el 30 “thirty”) sin embargo, para referirse a las centenas, es necesario recurrir a la combinación del término “centena” (“hundred) con el número de veces, es decir, para 300, sería “three hundred” (3×100), es decir, hay que establecer relaciones sintácticas entre los dígitos que componen el número.

✓ *Efecto de congruencia*

Se refiere al hecho de que las respuestas son más rápidas cuando los códigos, interno y de respuesta, son congruentes (Banks, Fujii y Kayra-Stuart, 1976). Esto es, cuando los números sin cierto rango (por ejemplo, dígitos) pueden ser asignados a una respuesta de acuerdo con su lugar en el rango. Es más fácil determinar que el dígito 2 es más pequeño que 3 que determinar que 7 es más pequeño que 9, porque 2 está situado en el extremo bajo del rango de los dígitos. Es decir, a medida que aumenta la distancia desde el 0, mayor es la dificultad de la tarea. Este efecto también se produce en comparación de numerales de dos dígitos (Dehaene, 1989; Link, 1990). Sin embargo, este efecto no es tan consistente como los descritos anteriormente. Link (1990) muestra como el efecto de congruencia puede ser anulado si la proporción de respuestas “grandes” y “pequeñas” no es la misma para cierta norma. En concreto, cuando se usa un método de comparación secuencial por parejas, en el que el sujeto debe indicar para cada número en una serie al azar, si es mayor o más pequeño que el número anterior, se encuentra que las respuestas “mayor” son más rápidas para la norma en el extremo inferior del rango y las respuestas “menor” para la norma en el extremo superior del rango. Este efecto de congruencia está estrechamente relacionado con los efectos distancia y frecuencia.

Otro efecto de congruencia documentado es el denominado SNARC (del inglés, *Spatial Numerical Association of Response Codes*; Asociación Numérico Espacial de los Códigos de Respuesta; Dehaene, 1992; Dehaene et al., 1990; Dehaene, Bossini y Giraux, 1993) que trata la asociación numérico-espacial de los códigos de respuesta. Este efecto se basa en el supuesto de que en aquellas culturas en las que los textos se leen de izquierda a derecha, como en español, se produce una asociación entre, por un lado las respuestas “pequeñas” con la izquierda, y por otra parte, las respuestas “grandes” con la derecha. Los sujetos responden más rápido con la mano derecha que con la izquierda si el número es elevado, y lo contrario si el

número es pequeño. En experimentos en culturas que los textos se leen de derecha a izquierda, como la árabe, la tendencia que se observa es inversa (Dehaene et al., 1993), es decir, se asocia lo grande con la izquierda y lo pequeño con la derecha. Por tanto, este efecto parece estar determinado por factores culturales.

Dehaene et al. (1990) afirma que esto se debe a que los números, por ejemplo, en español, estarían representados por distribuciones de activación en un continuo interno que sería similar a una línea numérica orientada de izquierda a derecha, en la que el cero estaría situado en el extremo izquierdo, los números se irían situando a la derecha a medida que va aumentando el valor. Y viceversa, en el caso de los idiomas en los que se escribe de derecha a izquierda, como es el árabe.

✓ *Efecto de longitud de sílaba*

Se basa en el supuesto de que los estímulos visuales son transformados en un código auditivo-verbal (fonológico) antes de ser procesados. Una operacionalización de esta idea implica que en el tiempo de procesamiento para numerales existe una diferencia en función del número de sílabas del nombre del número. Algunos estudios realizados en inglés, comparan las latencias de respuestas en pronunciación (naming) de cifras de dos dígitos con dos sílabas en sus nombres (“fourteen”, “twenty”; 14 y 20 respectivamente), con tres sílabas (“seventeen”, “seventy”; 17 y 70 respectivamente) y con cuatro sílabas (“twenty-seven”, “thirty-seven”; 27 y 37 respectivamente). Los resultados muestran que los tiempos de respuesta aumentan con la longitud de sílabas (Eriksen, Pollack y Montague, 1970; Klapp, 1974).

Un problema con estos estudios es que no pueden determinar si el efecto de la longitud de sílaba es debido realmente a la recodificación fonológica de los estímulos visuales o si se debe a la preparación de las respuestas, es decir, si son post-acceso.

Esta crítica es menos aplicable al estudio de Pynte (1974) que considera el tiempo de procesamiento de los números durante lectura silenciosa. Usando la técnica el registro de movimientos oculares, se mide el tiempo que los observadores tardan en leer la mitad de los números de una serie de tres. Los resultados ponen de manifiesto que el tiempo de respuesta para los números con cuatro sílabas (en francés, noventa y ochenta y dos) es mayor que para los de dos sílabas (en francés, treinta y veintiocho).

La influencia de la longitud de sílaba del número se ha observado también en estudios que comparan la amplitud de memoria en niños ingleses y galeses, siendo ésta menor para los niños de Gales, la explicación de estos resultados es que los números en galés tienen una pronunciación más larga que en inglés (Ellis y Hennelly, 1980). Por otra parte, existe evidencia de que la longitud de sílaba de un número incide en la ejecución de tareas de cálculo. Por ejemplo, las puntuaciones en tests de inteligencia aritmética, que implican la realización de cálculos numéricos mentalmente, son más altas en idiomas cuyos dígitos son de menor longitud silábica (Hoosain y Salili, 1988).

✓ *Efecto frecuencia*

Este efecto consiste en que los números de uso más frecuente precisan menos tiempo para su reconocimiento que los números que solemos utilizar menos (de baja frecuencia o sin frecuencia). Dehaene y Mehler (1992) consideran las regularidades lingüísticas transversales en la frecuencia de las palabras de los números y encuentran que en todos los idiomas, la frecuencia disminuye cuando aumenta la magnitud del número. Pero esta tendencia a disminuir al aumentar la magnitud, está al margen del agudo incremento de frecuencia de los numerales 10, 12, 15, 20, 50 y 100. En este estudio fue registrada la frecuencia numérica desde el número 1 al 20, y a partir de ahí sólo se obtienen datos números “redondeados” de las decenas, centenas, millares, millones y billones.

Gielen, Brysbaert y Dhondt (1991) usan un procedimiento diferente, toman como muestra todos los números entre 0 y 99. Piden a 20 estudiantes que indiquen en una escala de 1 a 6 cómo de frecuentes les resultan algunos números arábigos. Investigaciones previas con palabras habían indicado que estimaciones subjetivas de frecuencia son igualmente fiables (Galbraith y Underwood, 1973; Shapiro, 1969) y correlacionan altamente con medidas objetivas y tabuladas (Gernsbacher, 1984). Los resultados ponen de manifiesto que la disminución en la frecuencia es totalmente aparente, sube hasta el número 40 desde el cual aparece un equilibrio, o incluso un leve aumento (posiblemente porque las referencias de los nombres de los años van desde los 40 a los 90). La frecuencia aumenta sistemáticamente si el número es divisible entre 5 y 10. Los análisis de regresión múltiple indican que el 73% de la varianza es explicado por las siguientes variables: logaritmo de la magnitud del número (excluyendo el número 0), divisibilidad por 5 y divisibilidad por 10. El último factor fue añadido al segundo, quiere decir que las decenas tienen una frecuencia que es consistentemente superior a la frecuencia de los números terminados en 5. El logaritmo de la magnitud no capta el leve aumento en la frecuencia de los números mayores de 50-60. El porcentaje de la varianza estimado fue significativamente en aumento (hasta un 78%) si se usa un polinomio de segundo grado en vez de un logaritmo.

Otros aspectos destacables son las elevadas frecuencias de los números 25 y 75 y del número 99 (posiblemente debido al hecho de que muchas tiendas venden sus productos al límite del ciento o el millar). El hecho de que la frecuencia del número correlacione con la magnitud hizo a Dehaene y Mehler (1992) advertir que la frecuencia de los números debe ser controlada en los experimentos sobre procesamiento numérico, una afirmación previamente hecha por Gielen et al. (1991).

Por otra parte, Brysbaert (1995) y Gielen et al. (1991), mediante la técnica de registro de movimientos oculares, ponen de manifiesto que los sujetos tienen fijaciones oculares más

largas con los números menos frecuentes que con los más frecuentes, a pesar de que la medida de frecuencia estaba basada en una escala subjetiva con puntuaciones de 20 sujetos. Por tanto, la frecuencia del número incide positivamente en el tiempo de reconocimiento de los mismos.

Las diferencias en el procesamiento numérico en función de la frecuencia de uso del número, permite suponer que algunos números disponen de representación mental, de manera que el acceso sea directo explicándose así el menor tiempo de respuesta. Pero esto no quiere decir que todos los números dispongan de representación léxica. De acuerdo con Cuetos y Alameda (1997) es más probable para los siguientes numerales:

- ✗ Los números bajos, ya que son los de uso más frecuente y por tanto, sería más económico el acceso directo, sin tener que aplicar un algoritmo de conversión.

- ✗ Los números que presentan connotaciones especiales, bien de carácter cultural, por ejemplo, las *fechas históricas* (1492, 1808, 1936, 1992,...), los *números personales* (el número del portal, el código postal, el número de teléfono, el número del D.N.I.,...), números de *marcas publicitarias* (por ejemplo, modelos de coches como 600, 1500, 205; marcas de coñac 501, 103, etc.).

En este sentido, Scheuer et al. (2000) realizan un estudio con niños de entre 5 y 8 años (n=162) en el que se les propone que anoten una serie de cantidades. Cuando se les pide que expliquen sus producciones (*¿Cómo lo sabes? ¿Cómo se te ocurrió anotarlo así?*), las respuestas de los niños aluden fundamentalmente a dos vías de acceso, la cual está determinada por la frecuencia de uso del número. Así para los numerales frecuentes o relevantes en el ambiente, como 10 ó 100, los niños suelen hacer referencia a una correspondencia semántica entre una palabra numérica única y el numeral: *Mi mamá me dijo cuál es el cien/el diez lo sé yo del colectivo (por el número de línea del autobús)*. Enfatizan el

carácter normativo de esa correspondencia y cada uno de sus términos como si se tratara de un todo en lugar de una composición de partes. En cambio, para explicar la producción de numerales menos frecuentes, los niños se refieren a comparaciones analíticas entre dos o más números.

Por tanto, se observa que algunos números tienen un status especial y su escritura correcta resulta más fácil, o más frecuente, como es el caso de 100, 500 ó 1000. La explicación es que la frecuencia de las palabras numéricas y de los numerales dentro y fuera de la escuela juega un papel relevante (P.e., Salguero y Alameda, 2003; Scheuer et al., 2000).

En definitiva, la frecuencia de uso de los números se convierte en una variable influyente, tal como ocurre con la frecuencia léxica en el procesamiento de las palabras. De ahí la importancia de los recuentos de frecuencia de los números para poder realizar estudios controlados. Como ya se ha comentado, Dehaene y Mehler (1992) realizan un recuento, pero sólo con las formas verbales de los números, y con el fin de hacer un estudio comparativo entre varios idiomas. En castellano, contamos con el estudio realizado por Cuetos y Alameda (1997) que realizan un recuento tanto de las formas verbales como de las arábicas, de este trabajo se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- ✓ Existe una tendencia a utilizar mucho más las formas arábicas que las verbales, pero hasta el número diez las formas verbales son bastante más frecuentes que las arábicas, aunque a partir del 10 la situación se invierte y las formas arábicas se convierten en las más frecuentes. En definitiva, se aprecia una clara tendencia a escribir en letra los primeros números y en árabe el resto.
- ✓ Tanto en la forma verbal como en la árabe se observa un claro descenso de la frecuencia de uso del número a medida que aumenta la magnitud.

- ✓ En ambas formas se produce un incremento notable de los múltiplos de 10 (y en menor medida de los múltiplos de 5), que van disminuyendo según se incrementa la magnitud. Probablemente la explicación de esta preferencia a utilizar números terminados en cero (o cinco) se deba a cierta tendencia a tomar estos números como referencias y a redondear las cifras en torno a ellos, tal como apuntan Dehaene y Mehler (1992).

Cuetos y Alameda (1997) señalan que además de los números terminados en cero y cinco hay algunos que destacan por su alta frecuencia tanto en la forma verbal como en la arábica. Uno de ellos es “doce”, probablemente por el uso de la docena con ciertos productos (por ejemplo, la docena de huevos) o como medida de tiempo (doce meses del año, doce horas del día, etc.). De hecho, los múltiplos de 12 (24, 48, 72) tienen frecuencias más altas que otras cifras comparables (por ejemplo, 23, 47, 73, respectivamente). En la forma arábica destacan también algunas cifras que pueden tener especial significación, como son las fechas históricas (1808, 1913, 1914, 1934, 1939 y 1944) y en general todas las fechas actuales. En realidad, están presentes todos los números del siglo XX y con frecuencias especialmente altas los que van del 1958 al 1994.

Por otra parte, en tareas de lectura (naming) y de identificación (desenmascaramiento progresivo) se han encontrado efectos generalizados y facilitadores de la frecuencia de uso de los números, es decir, los números de mayor frecuencia precisan menos tiempo de reconocimiento; así como efecto de *priming* semántico entre números, *targets*, y palabras, *primes*, comentado con anterioridad (Alameda et al., 2003; Alameda y Cuetos, 1998, 2000; Salguero, 2000). Estos resultados muestran que algunos números (los más frecuentes y/o significativos) disponen de representación léxica propia, por lo que su acceso se realiza a través de una ruta directa, y no mediante la aplicación de los correspondientes algoritmos de conversión.

A modo de resumen, las aportaciones de la Psicología Experimental permiten caracterizar el procesamiento numérico en sujetos adultos sanos como un proceso determinado por múltiples factores: la distancia numérica, el contexto (efecto de *priming*), el tamaño, la congruencia, la longitud silábica y la frecuencia de uso.

2.2.1.2. Cálculo: Mecanismos Cognitivos

Desde la Psicología Experimental el estudio de los procesos cognitivos responsables del cálculo se basa, desde el punto de vista metodológico, como es habitual, en los tiempos de respuesta, pero para este particular se denomina aritmética cognitiva o mental (Groen y Parkman, 1972). De esta manera, a partir de los tiempos de respuesta, se pueden inferir dos aspectos fundamentales del cálculo: los procesos cognitivos que subyacen a la resolución de las operaciones y la forma en que las distintas operaciones numéricas se organizan y representan en la memoria (Orrantía, 2001).

A continuación, nos centraremos en dos aspectos del cálculo, considerados de especial interés para este trabajo: el papel de los distintos componentes de la memoria de trabajo en el cálculo y las implicaciones en los procesos cognitivos de los distintos niveles de complejidad de la tarea.

□ Memoria de trabajo

A pesar de que son escasas las investigaciones realizadas en este sentido, hay una idea que parece aceptada por todos y es que “*la aritmética simple requiere recursos atencionales incluso cuando se recuperan hechos numéricos desde la memoria*” (Orrantía, 2001, p. 75). La memoria de trabajo está considerada como uno de los componentes de la arquitectura cognitiva encargados del procesamiento y almacenamiento temporal.

Actualmente uno de los modelos más importantes y representativos de la memoria de trabajo es el Baddeley y colaboradores (Baddeley, 1991, 1992; Baddeley y Hitch, 1974). De acuerdo con este modelo, la memoria de trabajo está formada por tres componentes o sistemas: el ejecutivo central, el lazo articulatorio y la agenda visoespacial.

El *ejecutivo central* es el responsable de garantizar la distribución de los recursos atencionales durante la realización de una actividad cognitiva. También se encarga de coordinar la actuación de los otros dos componentes, que son de carácter más especializado. El *lazo articulatorio* es un almacén temporal de información fonológica y articulatoria y la *agenda visoespacial* es un almacén temporal de información visoespacial.

La cuestión que nos interesa es conocer qué papel desempeña cada uno de estos componentes en la aritmética mental. Distintas investigaciones (P.e., Ashcraft, 1995; Ashcraft et al., 1992) intentan dar respuesta a ello utilizando como metodología la doble tarea: los sujetos realizan la tarea de aritmética mental, al mismo tiempo que ejecutan otras tareas secundarias que afectarían a algún componente de la memoria de trabajo. En general, los resultados de estas investigaciones, aunque no son concluyentes, ponen de manifiesto que la ejecución de un sujeto en aritmética mental depende fundamentalmente del ejecutivo central, siendo mayor su importancia a medida que aumentan las demandas de la tarea de cálculo, por ejemplo, al aumentar el tamaño de los operandos. De acuerdo con estos resultados, el ejecutivo central podría ser responsable de recuperar y manipular los números. La función del lazo articulatorio está menos clara, aunque de acuerdo con Logie y Baddeley (1987) estaría más relacionada con los mecanismos de conteo, es decir, el lazo articulatorio estaría implicado sólo cuando la estrategia de resolución se basa en el conteo y no en la recuperación del dato desde la memoria. Y por último, la función de la agenda visoespacial se relaciona con la realización de operaciones aritméticas más complejas, multidígitos, especialmente cuando es importante tener en cuenta la posición en el espacio de los operandos (Ashcraft, 1995).

□ Niveles de complejidad en el cálculo

Parece obvio, que no todas las tareas aritméticas presentan la misma dificultad, ni siquiera cuando aparentemente pueden ser iguales. Por tanto, la dificultad de la tarea es importante tenerla en consideración, ya que los mecanismos cognitivos implicados no son los mismos en todos los casos. Dehaene y Cohen (1995) distinguen cuatro niveles de complejidad en las tareas de cálculo, que hacen necesario la implicación de cuatro procesos cognitivos diferentes, que además se corresponderían con distintas áreas cerebrales. Estos procesos, de acuerdo con los autores son:

- ⊗ Rutinas de memoria verbal; se considera el nivel más elemental. Los estudios con sujetos normales ponen de manifiesto que los datos aritméticos más simples, por ejemplo, $2*3=6$, se almacenan y recuperan de la memoria automáticamente, estos datos de sumas y multiplicaciones se activan incluso cuando son irrelevantes para la tarea, ya que es un procesamiento no controlado y que no requiere recursos atencionales. Aunque Damas y García-Orza (2004) ponen en entredicho la mediación lingüística en la recuperación de datos aritméticos simples, puesto que no observan diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones del grupo control y la condición supresión articuladora durante la resolución de cálculos simples en sujetos sanos.
- ⊗ Elaboración semántica; se emplea cuando el sujeto necesita un dato numérico del que no dispone automáticamente. Por ejemplo, una suma se descompone en datos más simples que sí están memorizados de manera automática para resolver $9+7$, el sujeto lo transforma en $9+1+7-1$, obteniendo como resultado $10+6$, que está almacenado mecánicamente como 16. Este proceso implica un acceso a la representación semántica de la cantidad que representan los numerales. Es decir, el procesamiento es consciente y no automático.

- ⊗ Memoria de trabajo; se requiere cuando la tarea aumenta al siguiente nivel en complejidad y es fundamental, por ejemplo, cuando los operandos se presentan de forma oral y tienen que ser recordados durante todo el cálculo. También es necesaria para problemas que requieren del almacenamiento temporal de resultados intermedios, como en los casos de las operaciones secuenciales o cuando hay que “llevarse”.
- ⊗ Selección de estrategias y planificación; se activa cuando la tarea presenta una considerable dificultad, como las operaciones de varios dígitos, que implican la resolución, en orden estricto, de varios problemas de dígitos simples. La selección y ejecución de cada una de las operaciones básicas debe ser muy controlada y requiere además de la atención del sujeto.

En resumen, se considera que los principales aspectos que caracterizan el cálculo son el papel de los componentes de la memoria de trabajo y las distintas implicaciones cognitivas de la dificultad de la tarea.

2.2.2. MODELOS DE PROCESAMIENTO NUMÉRICO Y CÁLCULO

Los modelos teóricos postulan qué procesos, en qué orden y con qué organización interna, intervienen en el procesamiento numérico y el cálculo. Por lo que un modelo debe explicar los datos experimentales obtenidos hasta el momento, junto con los datos que se aportan desde la Neuropsicología Cognitiva y del uso de técnicas de neuroimagen. Así, el modelo dota de coherencia a los datos integrándolos en un todo, y éstos a su vez, pueden servir para reafirmar o refutar un modelo, apoyando otras interpretaciones alternativas y, en definitiva, generando nuevos modelos. A continuación, se presenta por una parte, los modelos que se refieren estrictamente al cálculo, es decir, los que intentan explicar cómo tiene lugar la recuperación de datos numéricos desde la memoria, con el fin de deducir cómo están representados y organizados en ella. Por otra parte, se plantean los modelos integradores, que son aquellos que procuran explicar cómo se produce el procesamiento de los números y cómo funciona el sistema de cálculo.

2.2.2.1. Modelos de Cálculo

2.2.2.1.1.- Modelo Computacional

Por una parte, el Modelo Computacional, propuesto por Groen y Parkman (1972), parte de la metáfora de que existe un “contador mental”. Este contador puede partir de cero, del primer sumando, del segundo, del sumando mayor o del sumando menor. Cuando el conteo parte de 0 se denomina modelo SUM. Cuando el conteo se produce desde el sumando mayor se denomina modelo MIN, y es cuando se obtienen las mejores predicciones de los tiempos de respuesta, porque los tiempos de respuesta son una función lineal del mínimo añadido. Esto permite plantear la hipótesis de que la variación en los tiempos de respuesta se debe fundamentalmente al número de conteos desde el número mayor. El modelo MIN ha sido

corroborado por distintos estudios tanto con niños (P.e., Ashcraft, 1982; Siegler, 1987) como con adultos (Widaman et al., 1992).

2.2.2.1.2.- Modelo de Elección de Estrategias

Por otra parte, el Modelo de Elección de Estrategias (Siegler, 1987, 1988; Siegler y Shrager, 1984; Siegler y Jenkins, 1989) plantea que la elección de una cierta estrategia por parte del sujeto depende de la probabilidad de producir una respuesta correcta, de la duración de los procesos implicados en la estrategia y de los recursos cognitivos que consume. La elección de una estrategia depende de la distribución de asociaciones entre el problema y todas las posibles respuestas al mismo, es decir, de la intensidad de la asociación entre el problema y su respuesta correcta, la cual está en función de la probabilidad que exista de recuperar la respuesta apropiada desde la memoria. Además, incide un cierto criterio de confianza, que es el que valora la confianza que el sujeto tiene de que la respuesta recuperada sea la solución correcta al problema.

Como se observa en la figura 1, cuando la intensidad de la asociación es muy alta la distribución se representa en forma de pico, indicando que las posibilidades se centran en una única respuesta, que suele ser la correcta. Entonces, la estrategia utilizada generalmente consiste en recuperar esa respuesta desde la memoria.

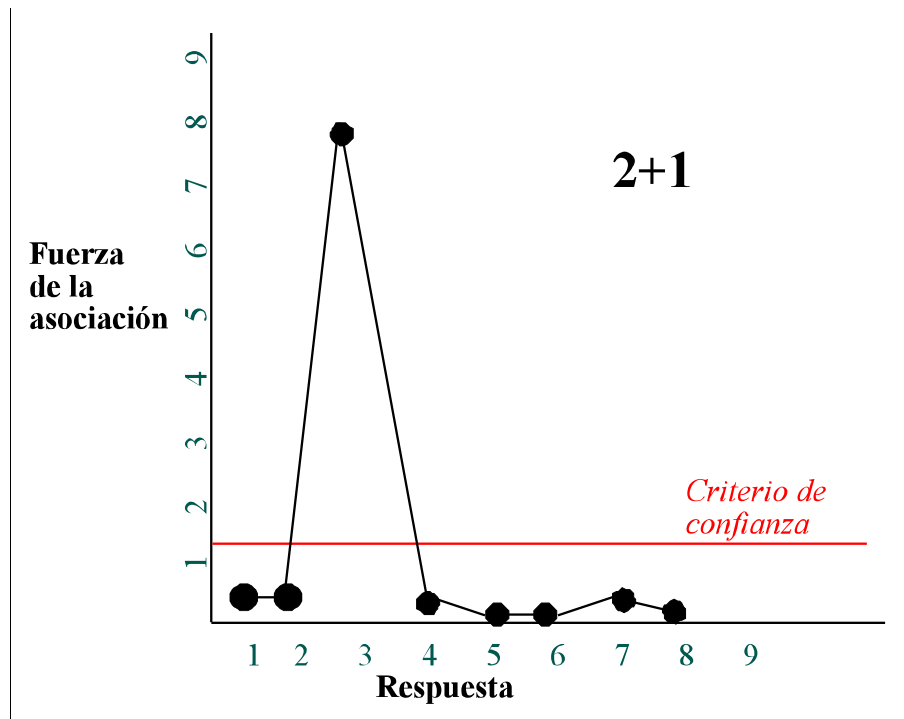


Figura 1.- Distribución hipotética de la fuerza de la asociación de la operación $2+1$ (Siegler, 1988).

Sin embargo, cuando la representación de la distribución es más plana indica que, como se observa en la figura 2, la fuerza asociativa está distribuida entre distintas posibles respuestas, con lo que aumenta la probabilidad de emplear una estrategia de conteo. De esta manera, cuando una posible respuesta supera el criterio de confianza se recupera desde la memoria directa y rápidamente, pero si no excede el criterio de confianza es cuando se emplean estrategias de apoyo, basadas fundamentalmente en el conteo, aumentando así el tiempo de respuesta.

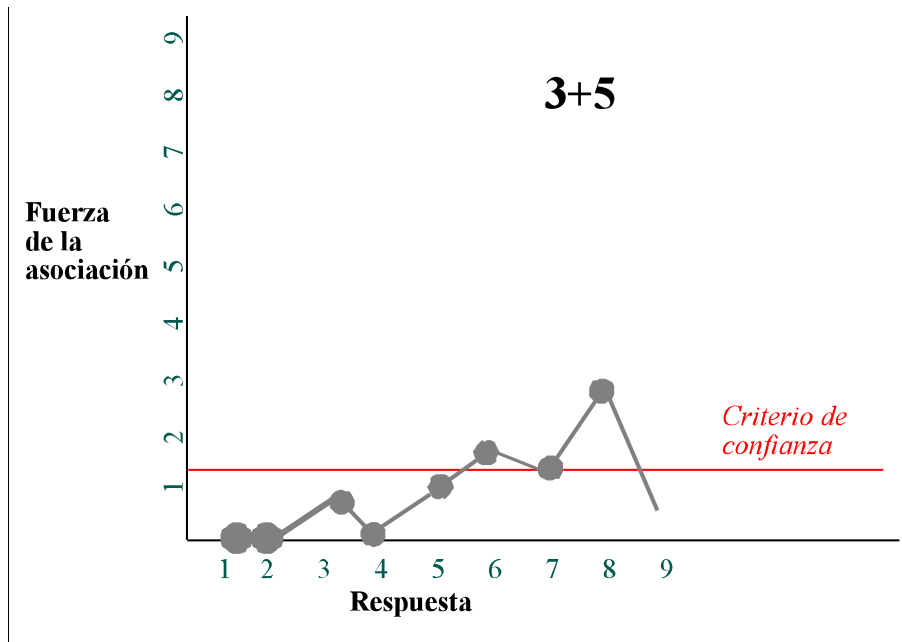


Figura 2.-Distribución hipotética de la fuerza de la asociación de la operación 3+5 (Siegler, 1988).

En cualquier caso, como se representa en la figura 3, la disponibilidad de los recursos de la memoria depende a su vez del uso de las estrategias de conteo, ya que la utilización de una estrategia de conteo implica el desarrollo de una asociación entre los números del problema y la respuesta obtenida. Así, con cada ejecución de una estrategia de conteo se refuerza la probabilidad de recuperación directa para futuras soluciones al problema.

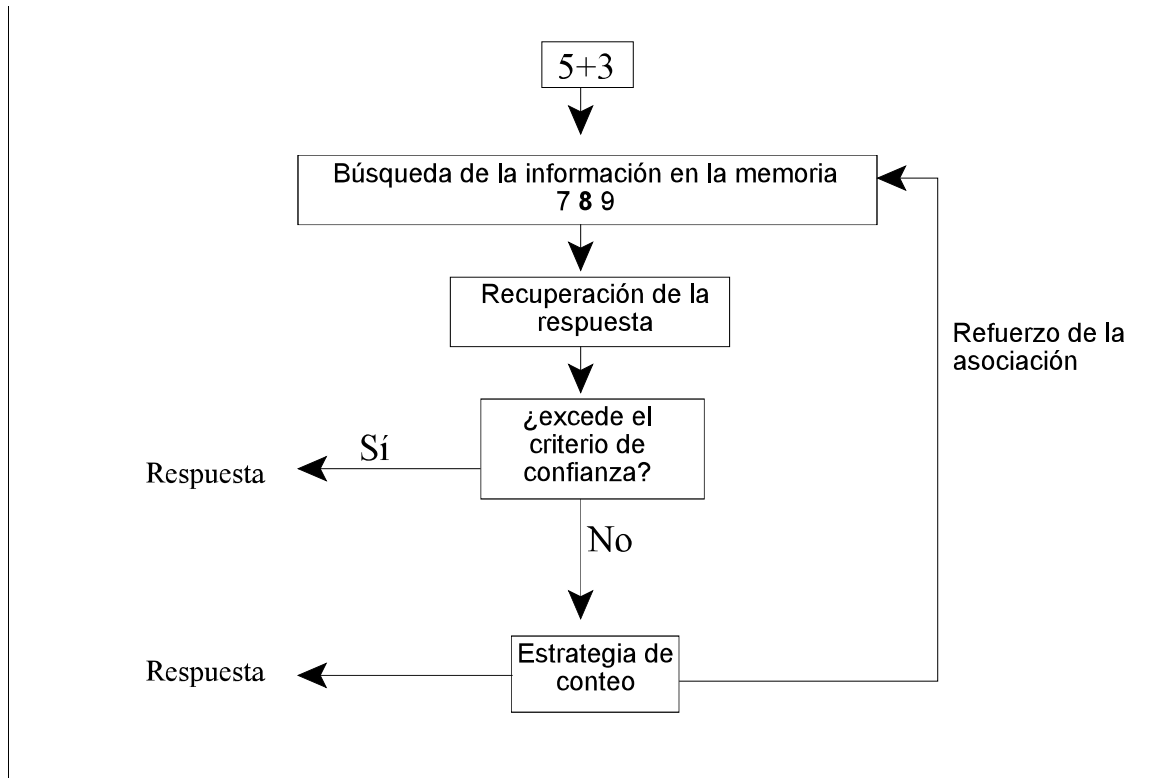


Figura 3. Modelo de elección de estrategias (Sieglar y Jenkins, 1989).

En una versión posterior del modelo (Sieglar y Jenkins, 1989), se plantea que la organización de las estrategias es más horizontal que jerárquica, es decir, ante la presentación de un problema se activan tanto el candidato de respuesta como los mecanismos de ejecución del conteo. De manera que si el nivel de activación del candidato de respuesta es mayor que el nivel de activación de los mecanismos de ejecución de conteo, entonces se procede a la recuperación de la respuesta de forma directa desde la memoria. Si por el contrario el nivel de activación de los mecanismos de ejecución de conteo son mayores que los niveles de activación del candidato de respuesta, entonces se ejecuta el algoritmo de conteo y la respuesta obtenida se asocia con el problema. De esta forma, cuando se presente de nuevo el problema los niveles de activación del candidato a respuesta habrán aumentado. Progresivamente, estas estrategias se van sustituyendo por estrategias de recuperación inmediata de la memoria.

Después de los trabajos de Groen y Parkman (1972), las investigaciones posteriores han abandonado el supuesto de la recuperación directa del resultado y mantienen que la recuperación desde la memoria se basa en un proceso de búsqueda del resultado en un entramado o red de datos almacenados. Los modelos recientes comparten esta idea, sin embargo, se diferencian en la metáfora que utilizan para representar ese proceso de búsqueda y recuperación, en función de esto, se distinguen modelos tabulares y no modelos tabulares.

Los modelos tabulares (P.e., Ashcraft y Battaglia, 1978; Ashcraft y Stazyk, 1981; Stazyk, Ashcraft y Hamann, 1982) proponen como metáfora una tabla de dos dimensiones, en la que cada una de las filas y columnas está representada por un *nodo* cuyo valor corresponde, en el caso de la suma, por ejemplo, a cada uno de los sumandos de una operación de suma simple y varía entre 0 y 9. El resultado se almacenaría en la intersección de la fila y la columna, por lo que el tiempo de respuesta está en función del área o distancia que es necesario recorrer para llegar a la respuesta, de manera que cuanto mayor sea el valor de los nodos activados mayor será el proceso de búsqueda. Desde los modelos tabulares se explica el efecto del tamaño aludiendo a que cuanto mayores son los sumandos, más largo será el proceso de búsqueda del resultado.

Los modelos no tabulares como el Siegler y colaboradores (Siegler, 1987, 1988; Siegler y Shrager, 1984; Siegler y Jenkins, 1989), emplean como metáfora la fuerza o intensidad de la asociación. Es decir, el tiempo de respuesta depende de la intensidad que exista en la asociación entre los sumandos y la respuesta correcta. La explicación que ofrecen al efecto del tamaño es que cuando los sumandos son pequeños, la activación se concentra en una respuesta por lo que es necesario menos tiempo para verificar su corrección, mientras que cuando los sumandos son mayores se produce una mayor distribución de la activación, lo que implica que se requiere más tiempo para verificar la respuesta correcta.

2.2.2.2. Modelos integradores del Procesamiento Numérico y Cálculo

2.2.2.2.1.- Modelo de Deloche y Seron (1982a,b, 1987)

Es de los primeros modelos propuestos y presenta una descripción de un sistema asemántico de algoritmos, que permite transformar del código arábigo al verbal y viceversa, sin tener que consultar el significado. De acuerdo con este modelo, la magnitud sólo se consulta cuando la tarea así lo requiere, por ejemplo, en una tarea de cálculo (Deloche y Seron, 1987). Por tanto, en la propuesta de Deloche y Seron (1987) se afirma que la recodificación de los números se realiza a través de una única ruta, que es directa y asemántica. Se plantea dos tipos de procesos, uno para la recodificación arábigo-verbal y otro, para la recodificación verbal-arábigo, pero sin mediación semántica en ninguno de ellos.

En resumen, se considera que el procesamiento de los números tiene lugar gracias a ciertos mecanismos encargados de transformar los estímulos numéricos de un código a otro mediante la aplicación de determinadas reglas o algoritmos de conversión.

Este modelo no es ambicioso en el sentido de que no pretenda explicar todo el sistema de procesamiento de los números y el cálculo, sino que los planeamientos se refieren exclusivamente a los procesos de recodificación numérica, es decir, a cómo pasamos del código arábigo al verbal y viceversa. Gráficamente se presenta en la figura 4.

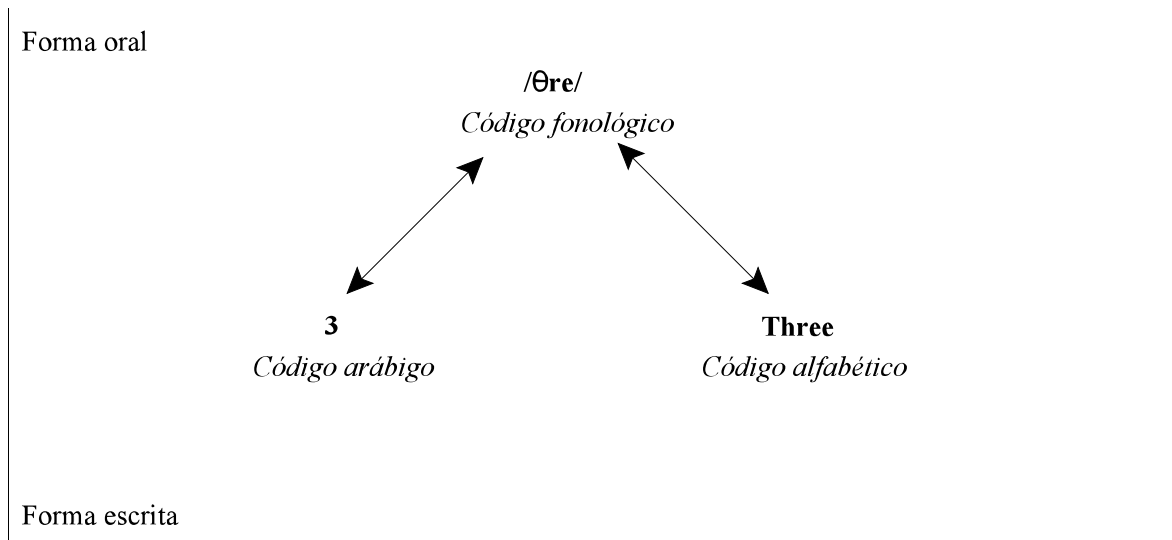


Figura 4.- Representación gráfica del modelo de Deloche y Seron (1982a,b, 1987).

Este modelo ha sido muy criticado, fundamentalmente por no explicar la función principal del procesamiento numérico, es decir, transmisión de información, la comunicación. Un modelo de procesamiento numérico no tiene poder explicativo dejando al margen los aspectos semánticos del procesamiento (P.e., McCoskey, 1992).

Una variante de este modelo es la denominada “Hipótesis de Entrada de Código Preferente” (Noel y Seron, 1992) que postula que los sujetos transforman los inputs numéricos en representaciones, verbal o arábigo, según sean más competentes. Así, los sujetos cuya memoria auditiva es superior a su memoria visual usarían un código verbal, mientras que los sujetos cuya memoria visual es mejor usarían un código visual, es decir, arábigo. De acuerdo con esta hipótesis, al conocimiento abstracto y a los procedimientos de cálculo se accede a través de una única notación, en la que todos los numerales tiene que ser previamente codificados.

2.2.2.2.2.- Modelo de McCloskey et al. (1985, 1986)

Este es un modelo amplio y genérico que abarca tanto el procesamiento numérico como el cálculo simple. En la figura 5, se recoge la representación esquemática que los autores realizan del modelo.

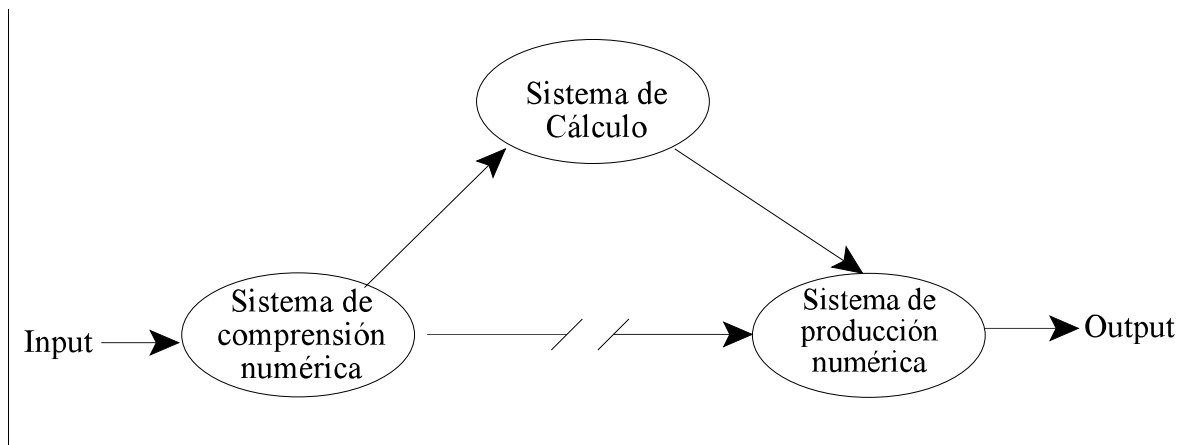


Figura 5.- Representación esquemática del modelo de Procesamiento Numérico y Cálculo de McCloskey, Caramazza y Basili (1985).

En cuanto al procesamiento numérico, el modelo postula un acceso obligatorio a la magnitud que representa el número, es decir, todos los procesos para cambiar de un código a otro pasan por una representación semántica interna. El modelo, representado en la figura 6, plantea el procesamiento de los números como un sistema compuesto de diferentes módulos que operan de forma autónoma, estando cada uno de ellos especializado en una función determinada.

Los mecanismos de responsables de la producción y comprensión numérica funcionan de manera plural, y cada uno estaría formado por unidades de procesamiento sintáctico y léxico. De manera que hay un módulo para la comprensión de los números arábigos y otro para

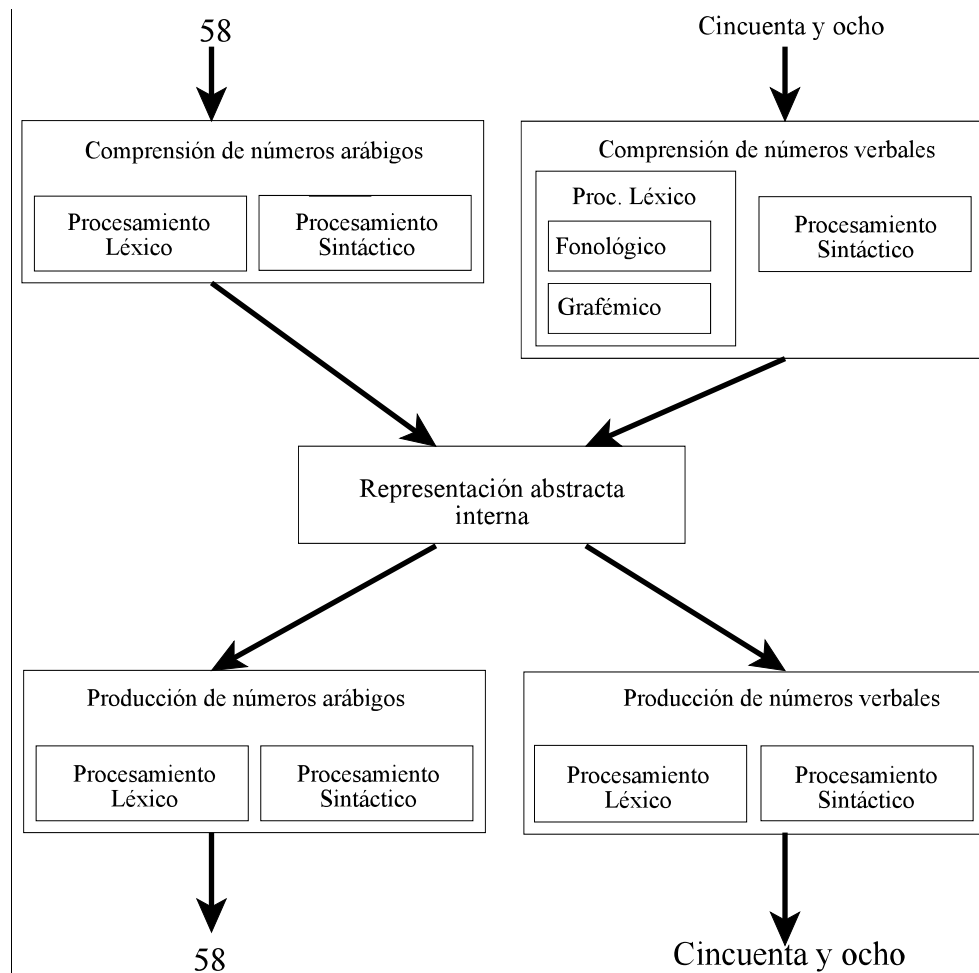


Figura 6.- Mecanismos de Procesamiento Numérico según el modelo de McCloskey et al. (1985).

la de los números verbales, cada uno de ellos compuesto de un sub-proceso léxico y otro sintáctico. De la misma manera, hay un módulo para la producción de los números arábigos y otro para la de los números verbales. Esta organización en módulos independientes explica por qué resulta relativamente sencillo el paso de un código a otro: la comprensión de un número que está en forma arábica y se produce en forma verbal (oral o escrita), y viceversa.

Además, este modelo postula la existencia de una representación interna entre los procesos de comprensión y producción. De manera que, independientemente del código que se utilice, los inputs y los outputs tienen que atravesar dicha representación, en la que se especifica en forma abstracta el valor del número. Así, por ejemplo, el número 72 indica la cantidad de 7 veces 10 más 2 unidades. Y para transformar un número de un código, según el modelo, es necesario pasar por esa representación. Esta representación de la magnitud es abstracta y común para todas las modalidades tanto de inputs como de outputs.

Por tanto, habría que distinguir, según este modelo, entre mecanismos de comprensión, mecanismos de producción y representaciones internas semánticas:

- ▶ Los mecanismos de comprensión numérica convierten los inputs numéricos en representaciones abstractas internas, que pueden ser usados para los siguientes procesos cognitivos, como el cálculo.
- ▶ Los mecanismos de producción numérica convierten las representaciones internas de los números en el formato apropiado de output.
- ▶ Las representaciones semánticas especifican las cantidades básicas y las potencias de 10 asociadas. Por ejemplo, al numeral 5.030 le correspondería la representación semántica $\{5\}10^3, \{3\}10^1$. El dígito entre llaves indica la cantidad y a continuación se especifica la potencia de 10 que corresponda (10^n), por ejemplo, $\{5\} 10^3$, sería 5 de la tercera potencia en base 10, es decir, 5.000.

En resumen, el modelo plantea diferencias entre el procesamiento de los números arábigos y los verbales, tanto a nivel de comprensión como de producción. De manera que el sistema de procesamiento numérico estaría compuesto por cuatro mecanismos principales:

comprensión arábica y comprensión verbal, producción arábica y producción verbal. En el caso de los números verbales, se distingue procesamiento léxico y sintáctico. El procesamiento léxico se refiere a los elementos individuales del número, de cada dígito y el procesamiento sintáctico, hace referencia a las relaciones entre esos dígitos, el orden entre ellos para comprender o producir el número completo. Y por último, dentro del procesamiento léxico el modelo plantea una diferenciación entre los procesos fonológicos (para estímulos numéricos orales) y los grafémicos (para procesar las palabras de números escritas).

Por tanto, los mecanismos de comprensión permiten acceder a la representación semántica interna y a partir de ella, intervienen los mecanismos de producción para responder de manera adecuada. Por ejemplo, para leer en voz alta el número 3.020, en primer lugar, actúan los procesos de comprensión que lo convierten en la representación semántica de la cantidad, que sería $\{3\}10^3$, $\{2\}10^1$, a partir de esta representación, los procesos de producción de números verbales lo transforman en /tres mil veinte/.

En cuanto al sistema de cálculo simple, McCloskey et al. (1985) proponen que cualquier tarea de cálculo requiere, además de los mecanismos de procesamiento numérico descritos anteriormente, de otros mecanismos cognitivos específicos:

1. El procesamiento de los signos aritméticos, ya sea el símbolo escrito (por ejemplo: +, -, *, ÷) o la palabra (por ejemplo, más, menos).
2. La recuperación de los datos aritméticos básicos (por ejemplo, los datos de las tablas como $6*7=42$).
3. La ejecución del procedimiento de cálculo. Por ejemplo, en la suma de varios dígitos, el procedimiento consiste en empezar por la columna de la derecha,

recuperar el dato aritmético básico de la suma de los dígitos de esta columna, escribir la unidad del resultado de esa primera suma debajo de esa columna, colocar la señal de que hay que “llevarse” si el resultado ha sido mayor que nueve y continuar con la siguiente columna a la izquierda, a la que hay que sumarle lo “llevado”, y así sucesivamente.

De acuerdo con este modelo el sistema de cálculo estaría compuesto por tres elementos específicos y autónomos: el procesamiento de los signos aritméticos, el conocimiento y recuperación de los datos aritméticos y los procedimientos de cálculo (figura7). Estos tres elementos son susceptibles de dañarse independientemente.

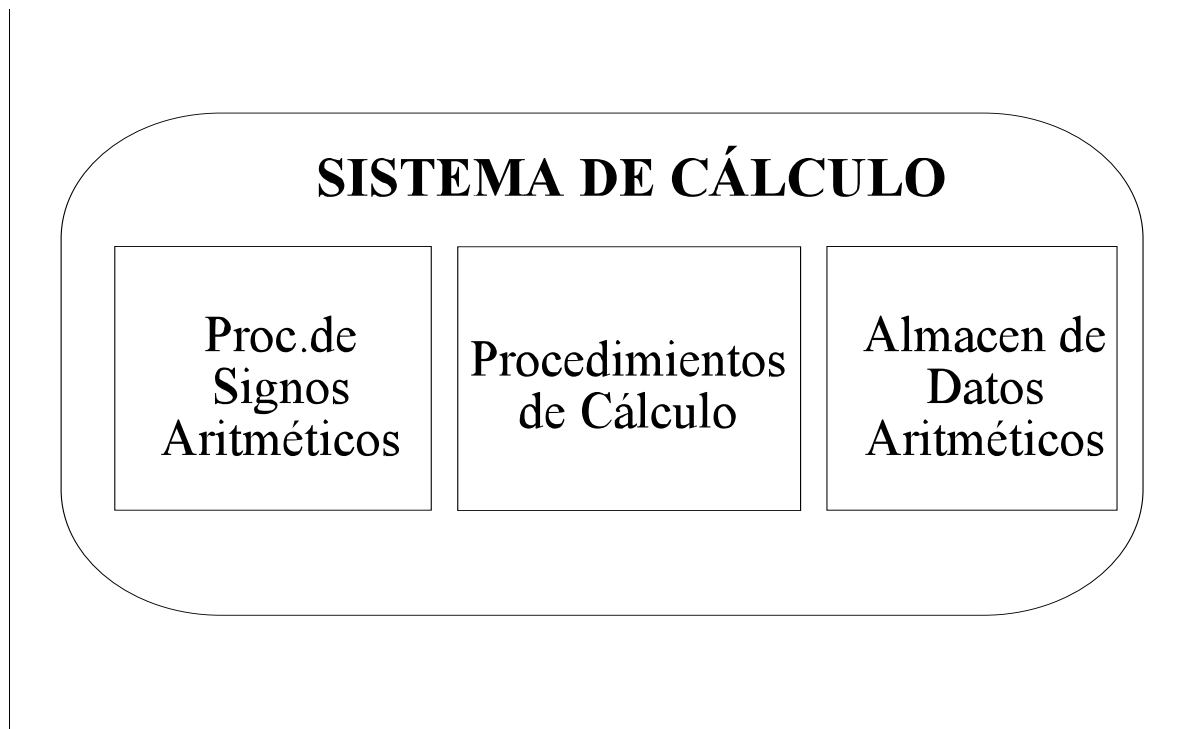


Figura 7.- Componentes del sistema de Cálculo según el modelo de McCloskey et al. (1985).

A partir de este modelo general de procesamiento numérico y cálculo, McCloskey, Sokol y Goodman (1986) proponen un modelo específico de producción numérica oral. El supuesto principal de este modelo se refiere a la representación de las palabras números en el almacén léxico de output fonológico y a los procesos que tienen lugar desde la representación semántica del número hasta que se produce la secuencia de palabras de número para ser recuperadas del almacén léxico.

De forma esquemática, el modelo plantea que en la producción de números verbales se distinguen tres niveles de representación: primero, el input del proceso que es la representación semántica de un número. Segundo, esta representación se convierte en una representación abstracta del correspondiente numeral verbal, en la que se incluyen representaciones léxica-semánticas de cada palabra del número, así como información sintáctica sobre el conjunto de la secuencia de palabras. Y por último, esta representación numérica abstracta se convierte en una secuencia de representaciones fonológicas de palabras de número.

En otras palabras, el modelo predice que el primer paso de los procesos de producción es especificar las palabras del número en forma abstracta léxica-semántica, por ejemplo, TENS: {4}, ONES: {8}) esta fase es común para la producción oral y escrita de números verbales. La producción oral y escrita se distinguen en la fase de recuperación léxica, ya que la producción oral requiere recuperar del almacén léxico de output fonológico las representaciones fonológicas de las palabras del número, mientras que la producción escrita precisa recuperar del almacén léxico de output grafémico las correspondientes representaciones.

Al margen de todas estas consideraciones, lo más importante de estos modelos elaborados por McCloskey et al. (1985, 1986) es que postulan un acceso obligatorio a la representación semántica de la cantidad que representa el número, independientemente de la tarea que tenga que realizar el sujeto.

2.2.2.2.3.- Modelo de Campbell y Clark (1988, 1992)

Proponen una arquitectura no-modular en la cual los múltiples códigos numéricos se activan unos a otros durante el procesamiento numérico y la realización de tareas aritméticas. Los códigos incluyen representaciones de distintos tipos: fonológica, grafémica, visual, semántica, léxica, articulatoria, imaginaria y analógica. Estos códigos estarían interconectados en una estructura asociativa, de manera que un código activa a otro para producir una recodificación compleja multi-componencial.

Esta visión de recodificación compleja, asume que cualquier código puede potencialmente ser utilizado en cualquier fase del procesamiento numérico o el cálculo, y que varios códigos pueden estar implicados en cualquier momento del procesamiento. Además, desde esta perspectiva se postulan diferencias individuales en los códigos implicados en tareas concretas.

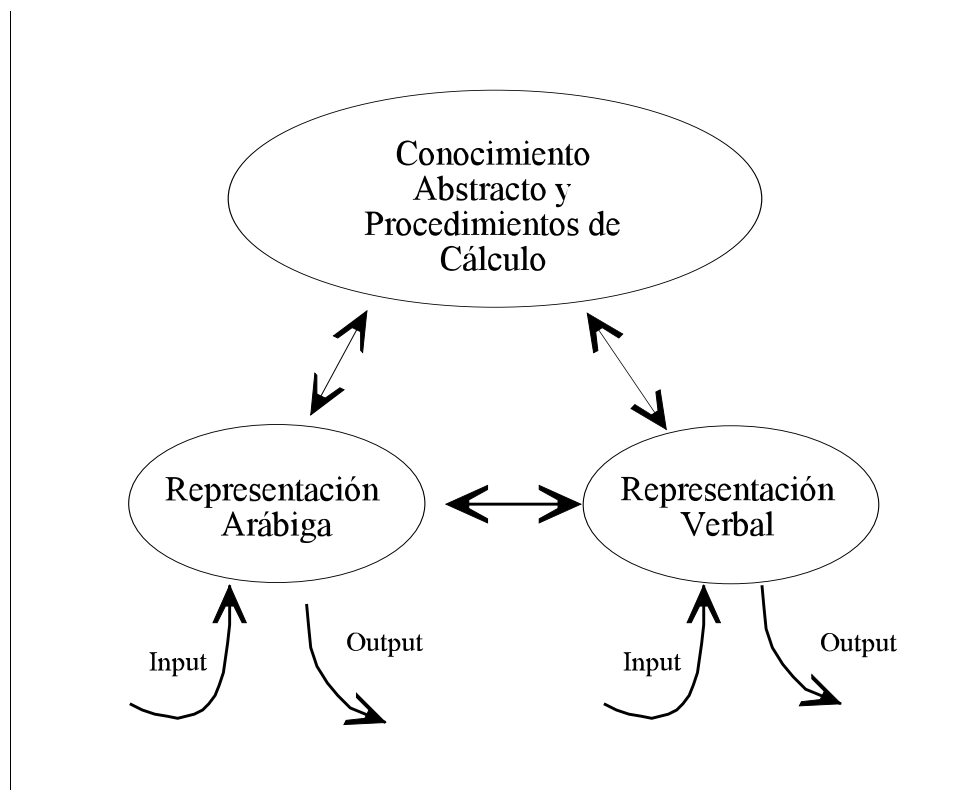


Figura 8.- Modelo Interactivo (Campbell y Clark, 1988).

De acuerdo con el modelo de codificación compleja, los números evocan una estructura integrada por códigos numéricos de formato específico y procesos que en conjunto median la comprensión numérica, el cálculo y la producción sin asumir una representación abstracta central. Por esta razón, el modelo de codificación compleja puede considerarse un modelo interactivo, en el que todos los códigos numéricos están interconectados, y a través de cualquiera de ellos, se puede acceder al conocimiento numérico (figura 8). Aunque este modelo es criticado principalmente, al igual que el modelo anterior, por negar la existencia de representaciones abstractas semánticas de los números, y centrar toda la explicación del procesamiento numérico en los formatos específicos de los distintos códigos que se utilizan (P.e., McCoskey, 1992).

Con posterioridad, Campbell postula el denominado modelo de interferencia de red (Campbell, 1995), con el que intenta explicar los mecanismos implicados en el cálculo simple de las operaciones aritméticas de sumar y multiplicar. De acuerdo con este modelo, la memoria aritmética está formada por dos tipos de códigos. Los códigos físicos, que se consideran unidades de asociaciones visuales o verbales referentes al par de operandos, al signo aritmético y a la respuesta correcta, por ejemplo, [4 8] [*] [32]. Y el código de la magnitud, que representa el tamaño numérico aproximado de la respuesta. En este modelo a la representación del código físico se la denomina nodo. Se considera que cada problema (entendido como una operación aritmética básica) está asociado con los dos tipos de códigos.

Así, la resolución de cálculos simples, para las operaciones aritméticas de sumar y multiplicar, implicaría la activación de los códigos físicos, que se produciría en paralelo mediante un proceso de emparejamiento de rasgos, en el que cada rasgo del problema que se presenta, se empareja con los rasgos del código físico correspondiente. El par de operandos además de activar los códigos físicos activarían el código de la magnitud.

Es por tanto, un modelo de corte conexionista, en el que los errores y aciertos se explican mediante logaritmos matemáticos que determinan las relaciones excitatorias e inhibitorias de los nodos.

2.2.2.2.4.- Modelo de Dehaene et al. (1992, 1994, 1995, 1997)

La primera propuesta de Dehaene (1992) es el denominado Modelo de Triple Código y se basa en los siguientes supuestos:

1º) Los números pueden representarse mentalmente en tres tipos de códigos:

1. *Forma visual-arábica* del número. Es la representación del número en forma arábica y por tanto es de carácter visual.
2. *Estructura de la palabra auditivo-verbal*; es creada y manipulada por los módulos generales del lenguaje, y es la secuencia de palabras asociada al número.
3. *Representación analógica de la magnitud*. Las cantidades numéricas se representan como distribuciones de activación sobre una línea numérica analógica orientada de izquierda a derecha (o viceversa, según la cultura) que cumple la ley psicofísica de Weber.

2.- Cada procedimiento numérico está ligado a un código específico de input y output. Es decir, cada tarea numérica puede ser descompuesta en una secuencia de procesos que requieren un formato numérico específico de entrada. El formato en el que se manipulan los números tiene que ser evaluado de forma independiente para cada componente de la tarea.

Por tanto, el modelo plantea un sistema de múltiples rutas que, a diferencia de las propuestas de McCloskey et al. (1985, 1986), pueden ser semánticas o asemánticas, es decir, para procesar un número no es obligatorio el acceso a la cantidad que representa.

La utilización de cada tipo de código depende de las demandas de la tarea. Así, el código auditivo-verbal permite codificar numerales en forma verbal, y se emplea, por ejemplo, para contar. El visual-arábico codifica los numerales en notación arábica y se utiliza principalmente para operaciones de cálculo de varios dígitos escritas. Y por último, la representación analógica de la magnitud, que se usa para manipular cantidades, por ejemplo, en una tarea de comparación numérica, o en la realización de cálculos aproximados.

Como se puede observar en la figura 9, la ruta para recodificar de forma arábica a forma verbal deja a un lado la representación semántica de la cantidad, de manera que se accede directamente a la secuencia de palabras correspondientes al número arábigo dado, usando para ello, las reglas de composición sintáctica y de recuperación léxica. Es por tanto una ruta de procesamiento asemántica. De manera que, el primer paso en cualquier tarea es la representación del input numérico en el tipo de representación que corresponda según la notación en que se presente el input, arábica o verbal. Inmediatamente después, el modelo postula que los números se recodifiquen en el código interno que requiera la tarea. Lo más importante es que el modelo asume la existencia de una ruta directa que une los códigos verbal y arábigo sin tener que pasar por la representación de la cantidad. Es por tanto, una ruta directa arábigo-verbal, que al ser no semántica permite, mediante la aplicación de los algoritmos de conversión, la manipulación interna de cualquier número, independientemente de su familiaridad, tamaño o complejidad sintáctica, pero no implica el acceso al significado del número, esta ruta directa no contiene información semántica.

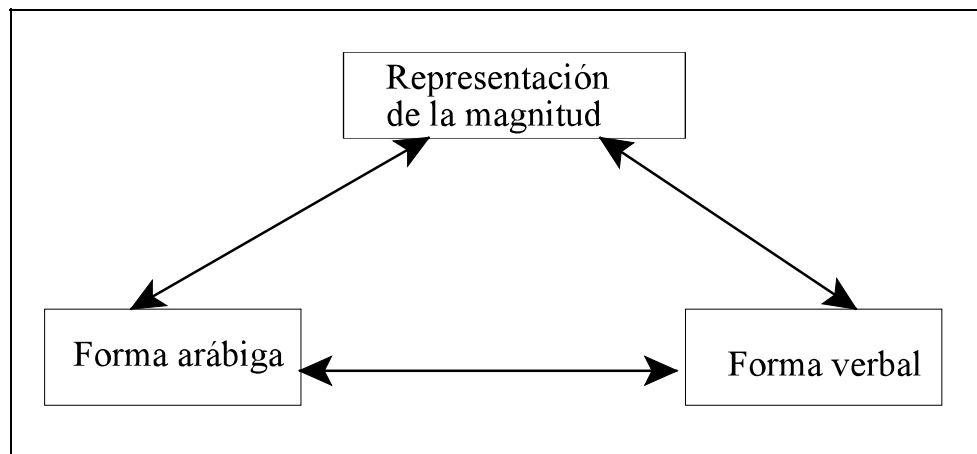


Figura 9.- Modelo de Triple Código (Dehaene, 1992).

Por otro lado, el modelo propone que la representación de la magnitud no es “sintácticamente compleja”, y que funciona por “designación directa” (Dehaene, 1992, p. 32). Es decir, a cada parte de la línea numérica mental le corresponde una o más designaciones, por ejemplo, “9”, “nueve”, “casi diez”, son designaciones apropiadas para la misma cantidad. Así, los números familiares, como “nueve”, teniendo en cuenta que representan cantidades bastante pequeñas, pueden tener una representación interna semántica amplia pero precisa, mientras que los números no familiares, como “2312” tendrían una representación menos precisa, cumpliendo la ley de Weber, por lo que hay que redondearlos en cantidades más familiares como “2000”. Por tanto, la representación de la magnitud no es apropiada para cualquier tarea numérica, sobre todo si ésta requiere precisión, sino que por el contrario se utiliza preferentemente para “redondear” y para otras tareas de aproximación y estimación.

Otra cuestión importante del modelo de triple código es que postula que para operar mentalmente con varios números, es necesario que estén representados en el mismo tipo de código, independientemente de los códigos empleados como inputs. Por ejemplo, en una tarea de comparación numérica, se pueden presentar los números en forma arábica y/o verbal, pero para que el sujeto pueda decidir cuál de los numerales es mayor es necesario que esos inputs se transformen en representaciones analógicas internas de la cantidad que representan para así ser comparados.

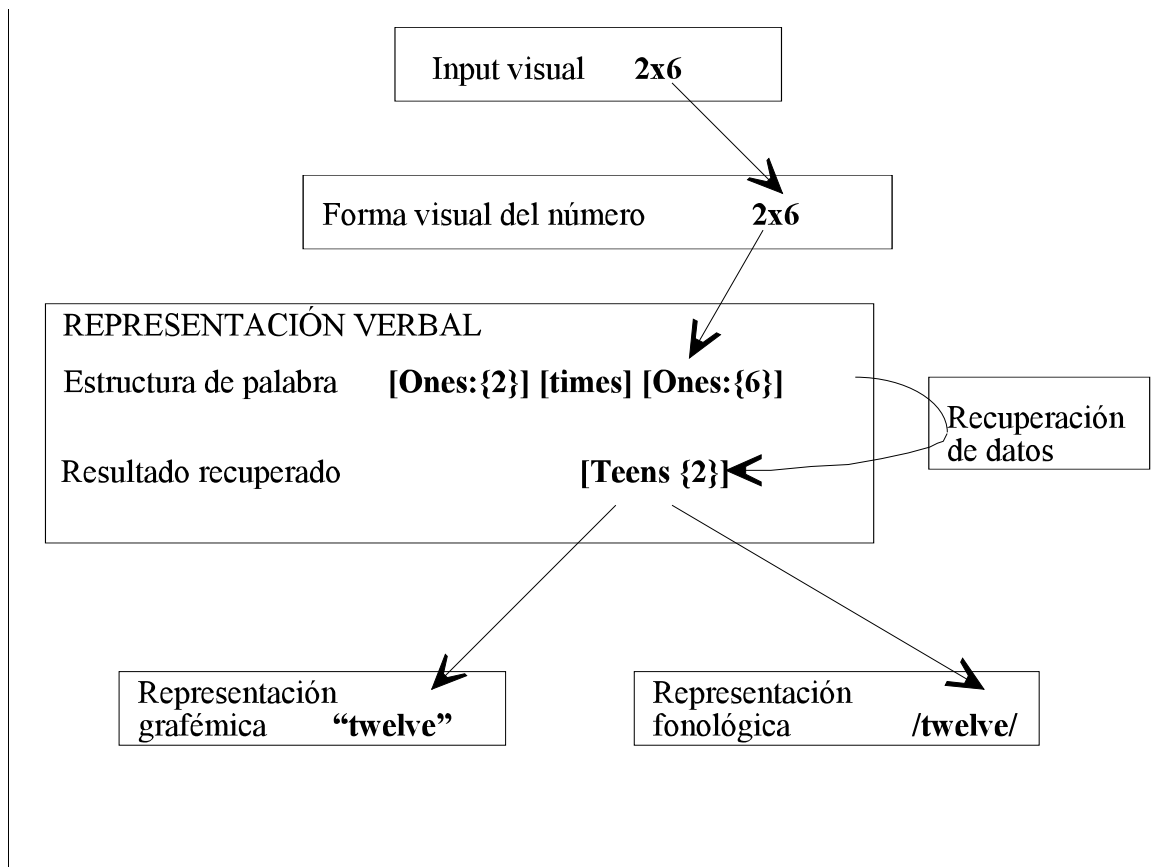


Figura 10. Esquema de los niveles de representación de la lectura en voz alta de números arábigos y de los mecanismos de recuperación de datos aritméticos ante una multiplicación simple presentada de forma escrita (Adaptado de Dehaene y Cohen, 1991/1995).

Por último, como se observa en la figura 10, el modelo plantea que los datos aritméticos exactos, principalmente los de las tablas de sumar y multiplicar, que han sido aprendidos de forma memorística, por ejemplo, $2 \times 2 = 4$, no pueden ser recuperados a menos que se codifiquen en forma verbal, por ejemplo, “dos por dos”, que así activa la recuperación del resultado “cuatro” también en forma verbal, por tanto, los cálculos simples, que han sido aprendidos de forma automática y memorística se procesan verbalmente, y también de forma automática, sin acceder a los procesos de elaboración semántica.

Basado en este modelo de Triple Código, Cohen et al. (1994) proponen un modelo de lectura de números, tanto arábigos como verbales (numerales escritos con palabras) en el que se plantea la existencia de, al menos, dos rutas en la lectura de números (figura 11):

1. Ruta *superficial*, basada en la aplicación de los correspondientes algoritmos de conversión y de acuerdo a las reglas específicas del lenguaje, es la que permite leer cualquier número arábigo, aunque sea la primera vez que se ve.
2. Ruta semántica *profunda*, funciona sólo con ítems familiares que poseen una entrada léxica específica. A través de la ruta léxica, una representación semántica del input numérico accede y permite la recuperación de la entrada léxica adecuada en un output fonológico. La ruta léxica funciona sólo con números familiares o significativos que han desarrollado una entrada léxica específica.

En este modelo de lectura, en línea con el modelo de lectura alfabética de Morton (P.e., Morton, 1969, 1979; Morton y Patterson, 1980; Partterson y Shewell, 1987), se postula que el funcionamiento de ambas rutas de recodificación, semántica y asemántica, son independientes. Por una parte, la lectura de números arábigos muy familiares, como fechas famosas o marcas de coches, se realiza mediante la ruta profunda, porque esos numerales han sido lexicalizados, y por tanto se puede acceder a la representación de manera directa, mediante una recodificación semántica. Por el contrario, la lectura de secuencias de números no familiares implica una recodificación asemántica, mediante la aplicación de los algoritmos de conversión, pero al no ser semántico no garantiza el acceso al significado del número, a la cantidad que representa.

Por consiguiente, se plantea que la lectura de números es estructuralmente similar a la lectura de palabras, aunque estos procesos probablemente estén basados funcional y anatómicamente en vías diferentes (Cohen et al., 1994). De hecho, en la mayoría de los

modelos de lectura de palabras, la ruta superficial se basa en la correspondencia entre letras y sonidos, es decir, en las reglas de Conversión Grafema Fonema, por consiguiente, esta ruta no es válida para las palabras irregulares. Esto explica que los disléxicos superficiales normalmente regularicen palabras irregulares. Sin embargo, todos los números arábigos son regulares con la posible excepción de los nombres de las décadas, que es frecuente en distintos idiomas, por ejemplo, en español, “veinte”, “treinta”, etc., en francés, “soixante-dix” (70), “quatre-vingt” (80), etc.. Por lo tanto, una “dislexia superficial para los números” es esencialmente indetectable, al igual que sucede en el lenguaje con los idiomas transparentes como el español.

Cohen et al. (1994) plantean que algunos números arábigos disponen de acceso al almacén de conocimiento numérico léxico-semántico, en el que se incluye no sólo la magnitud aproximada del número, sino también otros referentes de los números en distintos dominios como fechas, edades, pesos, marcas de coche, etc. Estos otros significados no cuantitativos serían excepcionales, ya que la mayoría de numerales sólo disponen de la representación semántica genérica en términos de cantidades aproximadas.

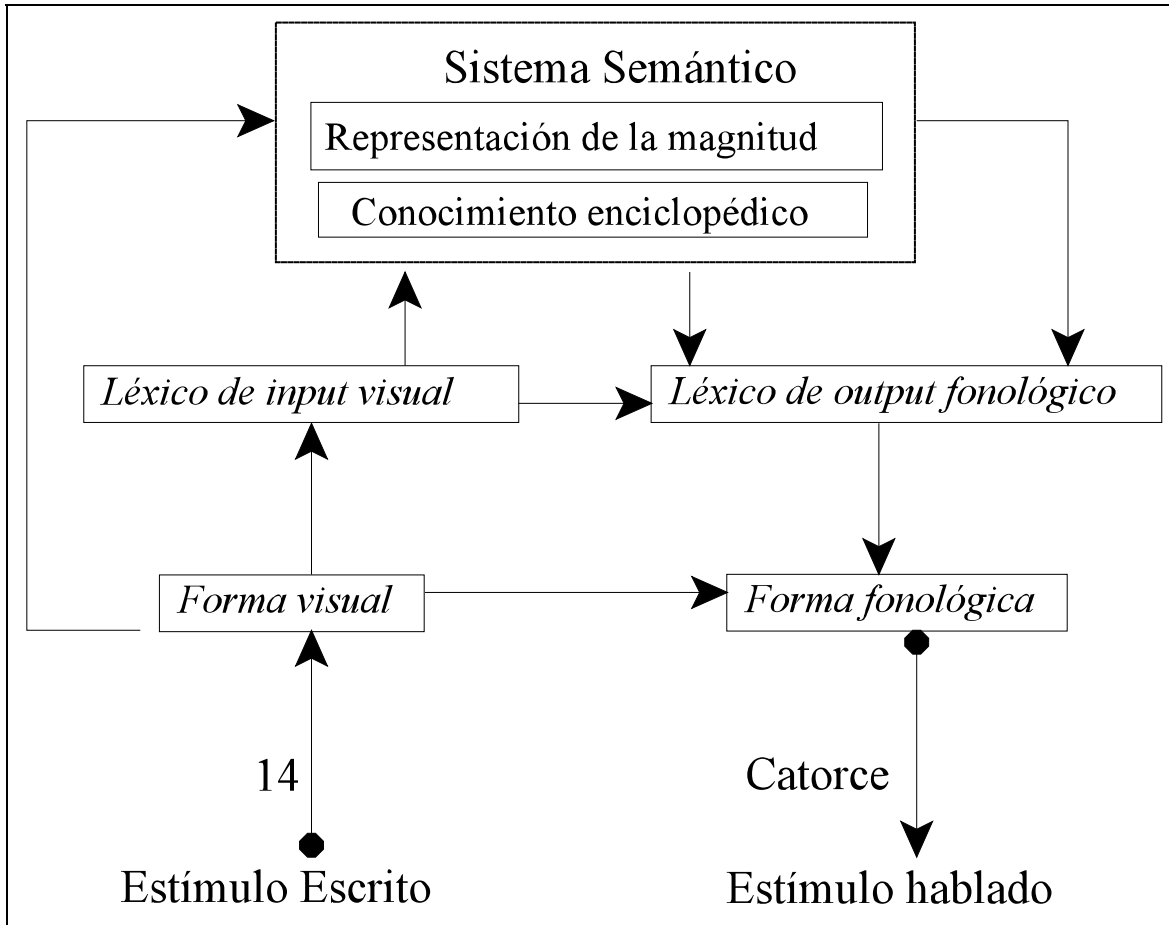


Figura 11.- Modelo de Cohen et al. (1994).

Por tanto, al igual que en la lectura de palabras, la lectura de números arábigos implica tres vías de procesamiento principales: ruta superficial no léxica, ruta semántica profunda y posiblemente, una ruta léxica asemántica. Pero existen dos diferencias importantes con respecto al procesamiento de las palabras:

1. La existencia de una ruta no léxica que permite acceder a la información semántica. Al contrario que las no-palabras (combinaciones de letras que no forman una palabra, por ejemplo, “fkys”), las cuales no tienen significado, los “numerales no léxicos”,

incluso aquellos que el lector ve por primera vez, son significantes en la medida en que representan cantidades o magnitudes específicas. La ruta no léxica para la comprensión numérica explica el que se pueda comprender la cantidad que representa cualquier número arábigo, sea familiar o no.

2. Una segunda divergencia importante con los modelos de lectura de palabras se refiere al funcionamiento de la ruta superficial en la lectura de números. En la lectura de palabras esta ruta se emplea exclusivamente para las regularidades grafo-fonémicas y no hace uso de la información léxica. En la lectura de números, cada número se traduce no en uno o varios fonemas, sino en una o varias palabras de números. En algún momento de este proceso, los rasgos fonológicos de las palabras de los números tienen que ser recuperados de un almacén léxico. Aunque la ruta superficial se represente en el modelo de Cohen et al. (1994) con una flecha simple, actualmente se sabe que corresponde con un proceso complejo de acceso léxico y de composición de acuerdo con las reglas de sintaxis numérica.

En resumen, el modelo plantea que existe una disociación entre la lectura de números con significado y la de números sin significado, es decir, los números familiares se procesan por un camino diferente a los números no familiares. La ruta léxica se emplea para los números familiares y la no-léxica para los números no familiares. Cohen et al. (1994) proponen más de una ruta semántica para la lectura de números: una ruta léxica semántica, para números arábigos familiares (accede a un almacén de conocimiento semántico de números) y una ruta no-léxica semántica (que permite acceder a la representación de la magnitud asociada a cualquier número compuesto correctamente).

Por otro lado, una versión muy influyente del modelo de Triple Código es el denominado Modelo de Procesamiento Numérico Anatómico Funcional (Dehaene y Cohen,

1995). Basándose en el modelo de Triple Código, asume también la existencia de los mismos tipos de representaciones mentales para los números. La novedad de este modelo anatómico funcional es que localiza cada tipo de representación en una determinada zona cerebral, por lo que los postulados funcionales son los mismos que los del modelo de Triple Código, es decir, postula que existen tres tipos de representaciones que permiten la manipulación de los símbolos numéricos:

1. *Forma visual arábica del número*, en la que los números son representados como cadenas de dígitos en una memoria auxiliar interna de naturaleza viso-espacial. En este nivel, la representación del número 52 como una lista ordenada de identidades de dígitos puede ser indicada como <5>, <2> (Caramazza y Hillis, 1990).
2. *Estructura verbal de la palabra del número*, en la que los números son representados como secuencias de palabras organizadas sintácticamente.
3. *Representación analógica de la magnitud*, que es donde está representado el significado de los números, ya que ni la forma numérica arábica ni la estructura verbal de la palabra contienen información semántica. Es en este nivel donde la cantidad o magnitud asociada a un número determinado es recuperada y se puede relacionar con cantidades numéricas, por ejemplo, para realizar una tarea de comparación numérica. Aunque el significado de los números no se limita al conocimiento de las cantidades, y es, según este modelo, en la representación analógica de la magnitud donde están almacenados otros significados de los números de carácter no cuantitativo. Este tipo de conocimiento numérico abarca información de diversa naturaleza, por ejemplo, que 16 es una potencia de 2 y que 17 es un número primo. También incluye un conocimiento de tipo enciclopédico de algunos números, como 1914 ó 1789, por lo que se plantea que la representación semántica cuantitativa, de la magnitud que representa un número puede a veces complementarse con otros datos semánticos no

cuantitativos como “potencia de 2”, “primo” o “fecha famosa”. Los autores conciben esta representación de la magnitud como una línea numérica, con distintas distribuciones de activación para las distintas cantidades. La evidencia aportada por la psicofisiología en estudios con sujetos normales, pone de manifiesto que esta línea numérica cumple la ley de Weber. Como ya se comentó, a medida que aumenta la magnitud que representa el número, va aumentando la imprecisión, es decir, se comporta como magnitudes físicas continuas. Este tipo de representación concebida como línea numérica mental, no es responsable de los cálculos exactos, sólo de la manipulación de cantidades para realizar comparaciones, aproximaciones y cálculos aproximados (Dehaene et al., 1999).

Por tanto, el modelo Anatómico Funcional (Dehaene y Cohen, 1995) supone la aplicación anatómica del modelo de Triple Código (Dehaene, 1992). Los postulados fundamentales son los siguientes:

1º.- Ambos hemisferios disponen de mecanismos de identificación visual. El sistema visual del hemisferio izquierdo puede reconocer todos los dígitos simples, los numerales de varios dígitos y las palabras escritas. El resultado final es una representación de las identidades y de la posición relativa de los símbolos o grupos de símbolos del estímulo. Esto es lo que se ha venido denominando para los números arábigos “forma visual del número” (Cohen y Dehaene, 1991). Anatómicamente, en el hemisferio izquierdo este sistema se localiza en las áreas de la región occipito-temporal, perteneciente a la “vía visual ventral” responsable del reconocimiento visual (Ungerleider y Mishkin, 1982). Las áreas homólogas en el hemisferio derecho también pueden identificar símbolos visuales, tales como dígitos arábigos, numerales de varios dígitos y algunas palabras.

2°.- Ambos hemisferios disponen la representación analógica de las cantidades o magnitudes numéricas. Estos procesos se sitúan en las áreas corticales de la intersección parieto-occipito-temporal en ambos hemisferios. Aunque el hemisferio derecho puede ser superior al izquierdo en el procesamiento de cantidades (Kosslyn et al., 1989).

3°.- Sólo el hemisferio izquierdo dispone de la representación de la secuencia de palabras correspondientes a los numerales verbales, así como de los procedimientos para identificar y producir numerales en forma oral. Estos procedimientos que no son específicos para los números, y están situados en las áreas clásicas del lenguaje del hemisferio izquierdo, por tanto, incluyen la circunconvolución frontal inferior y la temporal superior y media, así como los ganglios basales y el núcleo del tálamo.

4°.- La aritmética mental está íntimamente ligada al lenguaje y a las representaciones verbales de los números, es decir, la recuperación de datos aritméticos de la memoria se localiza en las áreas del lenguaje del hemisferio izquierdo y no puede realizarse por el hemisferio derecho. Los procedimientos para el cálculo con cifras de varios dígitos son más complejos e implican la coordinación de las representaciones visual-espacial y verbal de los dígitos.

5°.- En el hemisferio izquierdo, las representaciones visual, verbal y de la magnitud están interconectadas y pueden intercambiar directamente información a través de las vías de recodificación. En concreto, el sistema verbal está directamente conectado con el sistema de identificación visual, por lo que se puede nombrar un numeral sin tener que pasar la información por la representación de la magnitud, en este caso la ruta de recodificación es asemántica, mientras que si la información pasa por la representación de la magnitud la ruta de procesamiento es semántica. Por tanto, el hemisferio

izquierdo tiene la posibilidad de recodificar numerales mediante dos tipos de procesos diferentes, bien a través de la ruta asemántica, o bien, por la vía semántica. En el hemisferio derecho, la representación visual y la representación analógica de la magnitud también están conectadas.

6°.- En sujetos sanos, las representaciones visuales de ambos hemisferios están conectadas a través del cuerpo calloso. Las representaciones de la magnitud de ambos hemisferios también están conectadas por el cuerpo calloso. No hay otras rutas para intercambiar información numérica entre los dos hemisferios. Por tanto, no existe una ruta directa entre la forma visual del número del hemisferio derecho y el sistema verbal, situado en el hemisferio izquierdo. La información de la forma visual del hemisferio derecho debe pasar por el cuerpo calloso hasta llegar a la forma visual del hemisferio izquierdo, y desde ahí acceder al sistema lingüístico, exclusivo del hemisferio izquierdo.

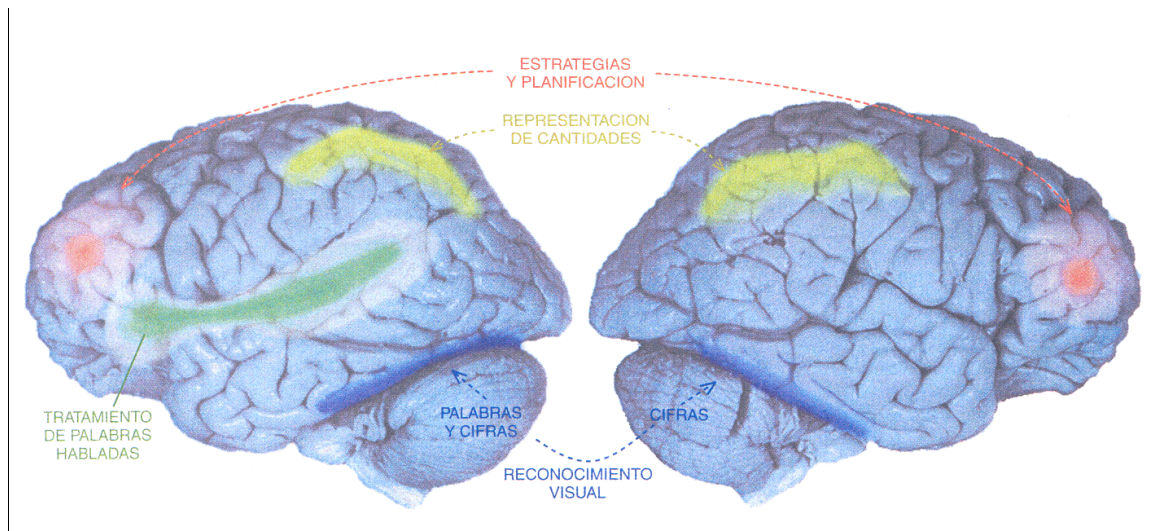


Figura 12. Modelo Anatómico Funcional (tomado de Dehaene, 2002).

Por tanto, de acuerdo con estos postulados en los casos de desconexión de los dos hemisferios el modelo (figura 12) plantea las siguientes predicciones para cada hemisferio:

- El *hemisferio izquierdo* contiene un conjunto de representaciones equivalentes a las incluidas en el modelo de triple código, es decir, representaciones visual arábicas, verbales y de las magnitudes. Por lo tanto, puede realizar correctamente cualquier tarea numérica, sin necesidad de la implicación del hemisferio derecho.
- Por su parte, el *hemisferio derecho* contiene la representación de la forma visual arábica del número y la representación de la magnitud. Con estas representaciones puede identificar dígitos, recuperar la representación de las cantidades que representan los dígitos y comparar esas cantidades. Sin embargo, al no disponer de la representación de la estructura de la palabra del número, no puede realizar cálculos exactos ni de leer en voz alta números ni pronunciarlos espontáneamente.

Por tanto, Dehaene y Cohen (1995), a partir de los datos de pacientes con cuerpo calloso escindido, plantean que ambos hemisferios pueden identificar dígitos, y decidir cuál de ellos es mayor, ya que ambos hemisferios disponen de representaciones analógicas de las cantidades numéricas. Por el contrario, estos pacientes no pueden señalar con el dedo la respuesta correcta a problemas aritméticos sencillos (suma, resta, multiplicación o división) cuando los operandos se les presentan sólo en el hemisferio izquierdo. Lo que implica que el hemisferio derecho no puede realizar operaciones aritméticas sencillas.

Por otra parte, en los casos de hemisferectomía izquierda el modelo predice que se conservan, gracias al hemisferio derecho, la identificación visual, la representación de la magnitud y la comparación numérica, pero no estarían disponibles las representaciones verbales de los números ni de las rutinas de cálculo asociadas a este tipo de representación

puesto que sólo están disponibles en el hemisferio izquierdo, ya que dependen de las áreas corticales encargadas del lenguaje.

En resumen, el modelo Anatómico Funcional se formula a partir del estudio de pacientes con lesión cerebral, principalmente de casos de cuerpo caloso escindido. Este modelo actualmente incluye tres vías anatómicas por las cuales los sujetos sanos pueden nombrar un número arábigo:

1. Mediante una ruta directa, situada en el hemisferio izquierdo que conecta la forma visual del número con el sistema verbal. Esta vía es asemántica.
2. A través de una ruta semántica, localizada también en el hemisferio izquierdo, que va desde la forma visual del número al sistema verbal, pero pasa por la representación de la magnitud.
3. Mediante una ruta semántica, localizada en el hemisferio derecho, que va desde las áreas de identificación visual hasta la representación semántica del hemisferio derecho, y por último conecta, a través del cuerpo caloso, con el sistema de producción verbal del hemisferio derecho.

En sujetos sanos, el uso de una u otra vía depende de la tarea, fundamentalmente de si es o no necesario acceder a la representación analógica de la magnitud (Cohen y Dehaene, 1995); cuando no se requiere este acceso se emplea la ruta no semántica, mientras que si hay que acceder a la representación de la cantidad, se utilizan las rutas semánticas.

En la tabla 1 se presenta una síntesis del modelo Anatómico Funcional de Dehaene y Cohen (1995), en el que se resumen las tareas numéricas y la localización cerebral de cada tipo de representación.

Tabla 1.- Resumen del Modelo Anatómico Funcional.

REPRESENTACIÓN	TAREA NUMÉRICA	LOCALIZACIÓN
Estructura verbal de la palabra del número	Nombrar y leer números en voz alta Contar Sumar y multiplicar datos simples: cálculo exacto	Hemisferio Izquierdo: Área frontal inferior
Forma Visual-Arábica del número	Procesamiento de dígitos arábigos Juicios de paridad Operaciones mentales de varios dígitos	Hemisferio Izquierdo y Derecho: Áreas occipito-temporales
Análoga de la magnitud: línea numérica mental	Procesamiento de cantidades analógicas Comparación numérica (mayor-menor) Cálculo aproximado Estimaciones numéricas Conocimiento numérico no cuantitativo: cualitativo, léxico, enciclopédico, etc.	Hemisferio Izquierdo y Derecho: Áreas parietales inferiores

2.2.2.2.5.- Modelo de Cipolotti (1995)

Cipolotti (1995) plantea un modelo de lectura en voz alta de números arábigos, por analogía con el concepto de logogén (P.e., Morton, 1969, 1979; Morton y Patterson, 1980; Partterson y Shewell, 1987) o con un sistema de forma de palabra (P.e., Warrington y Shallice, 1980), se propone un sistema de entrada de numerales arábigos, que consiste en una representación del numeral arábigo que no contiene información fonológica ni semántica. Este sistema es el que recibe la información desde los mecanismos análisis de la información visual y permite así la identificación de los dígitos simples y de la longitud del número. Este sistema de entrada es una fase común para todo número, independiente de la ruta que se utilice después para leer el número, semántica o asemántica. Ambas rutas permiten que un numeral arábigo de varios dígitos pueda ser nombrado, ya sea por la vía de la representación abstracta o bien, mediante la aplicación de los algoritmos de conversión.

La ruta semántica incluye los mecanismos de procesamiento previamente descritos por McCloskey (1992). La ruta asemántica consiste en la aplicación de los algoritmos de conversión, es decir, permite pasar de la forma arábica a la pronunciación del nombre del número sin la mediación de la representación semántica abstracta. Esta ruta recibe la información sobre la longitud del número desde el sistema de entrada de numerales arábigos. Esta vía asemántica implica procesamiento de tipo sintáctico y léxico. El procesamiento *sintáctico* genera la forma sintáctica del número, y el procesamiento *léxico* completa la forma sintáctica con las representaciones de cada uno de los dígitos. Esta forma completa puede usarse de modo directo a través de los mecanismos de pronunciación de nombres de números. Esta ruta no necesita información semántica para la producción verbal del número, sino que actúa directamente sobre la representación del numeral arábigo. Esta ruta asemántica termina en los mecanismos de pronunciación numérica, pero los procesos léxicos y sintácticos han actuado previamente, y no se localizan en el sistema de producción tal como plantea McCloskey (1992).

En resumen, este modelo (figura 13) de doble ruta para la lectura de números arábigos asume la existencia de dos vías implicadas en el procesamiento numérico: una ruta semántica, que requiere la elaboración intermedia de la representación semántica del número y que se emplea para las tareas en las que es necesario que se active el significado del número y, una ruta asemántica, que no implica el acceso a la representación semántica del número y que se utiliza, en ocasiones, en tareas de lectura.

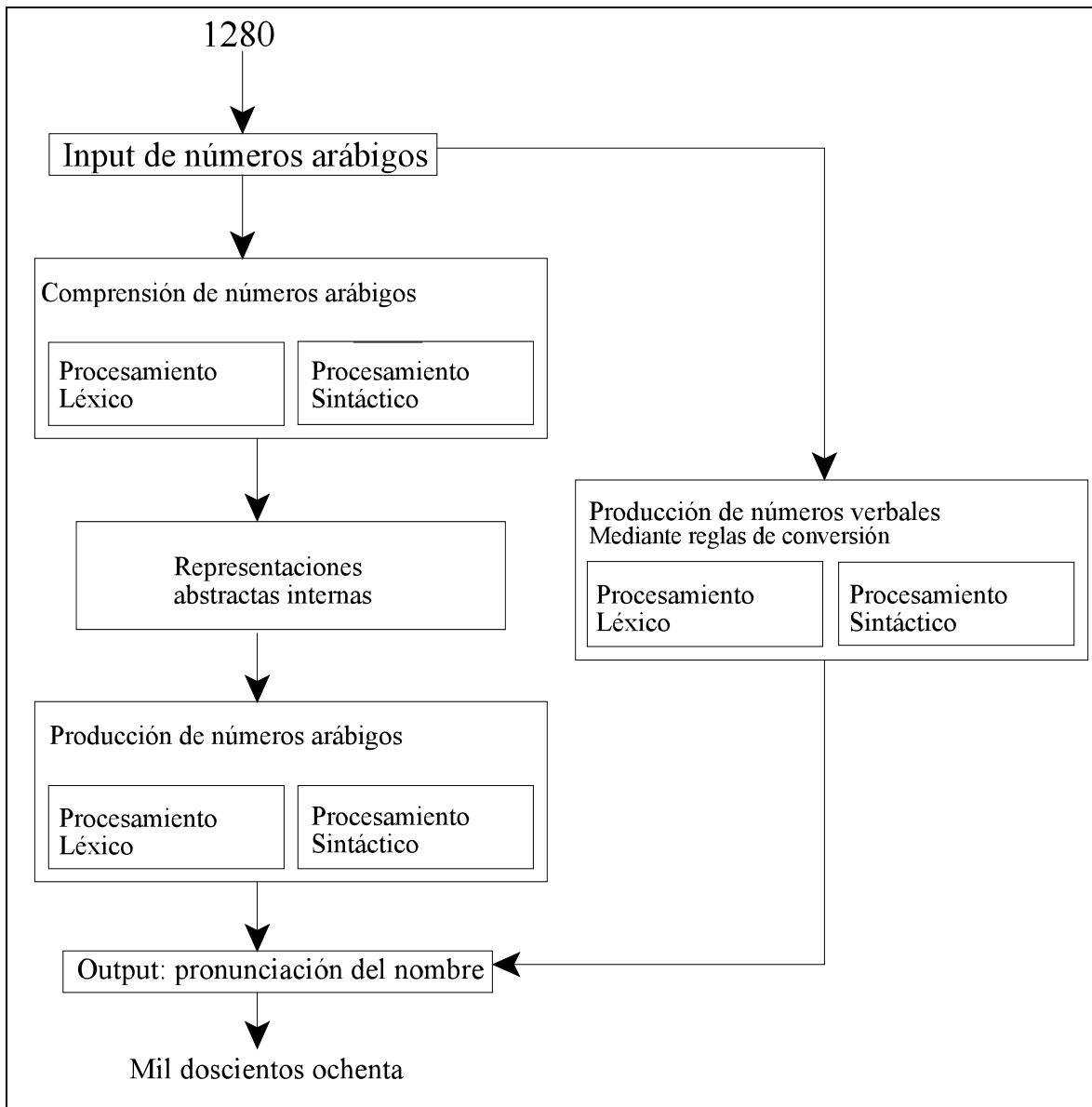


Figura 13.- Modelo de Cicolotti (1995).

Una versión posterior de este modelo es la propuesta por Cicolotti y Butterworth (1995), en el que proponen cuatro rutas asemánticas, además de la ruta semántica propuesta por McCloskey et al. (1985). Este modelo (figura 14) asumen la existencia de rutas directas

no semánticas para la lectura de números arábigos en voz alta y para la escritura de números arábigos al dictado. Las otras dos rutas asemánticas permiten la repetición de palabras de números y la lectura de palabras de números escritas, pero estas últimas se consideran dependientes de los mecanismos de procesamiento del lenguaje en general, y no específicas del procesamiento numérico.

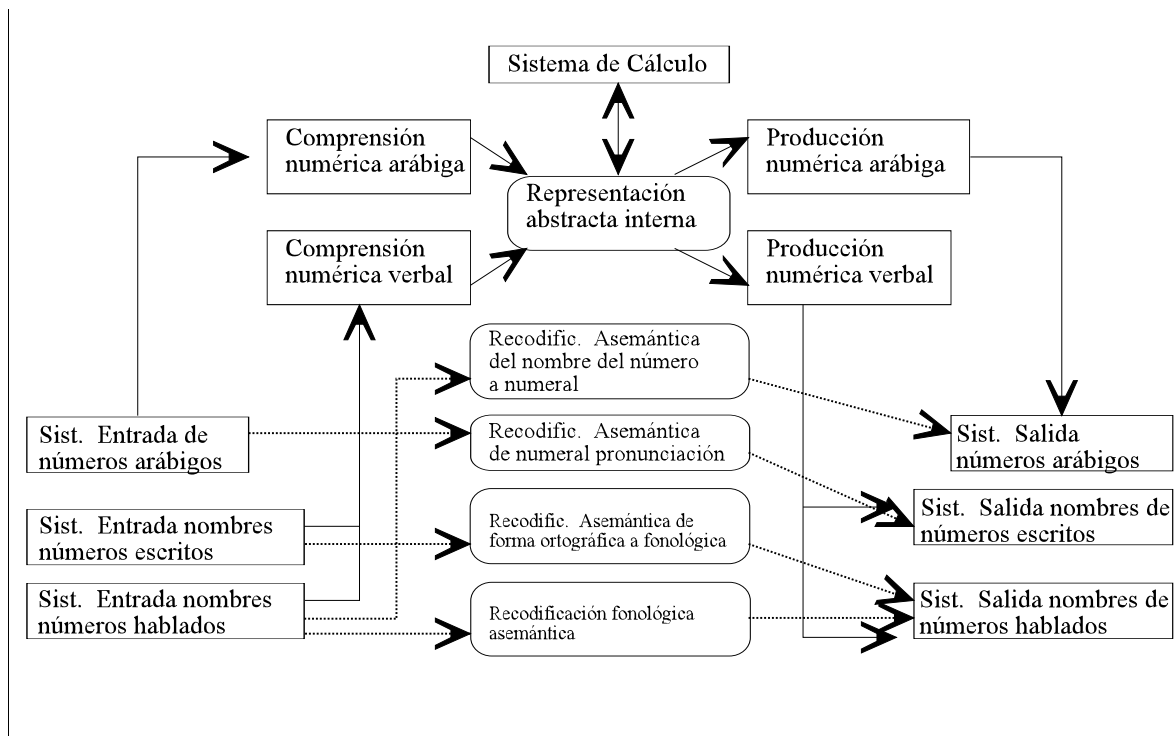


Figura 14.- Modelo de Cipolotti y Butterworth (1995).

Por tanto, es un modelo de procesamiento numérico de múltiples rutas, aunque en realidad lo novedoso es que incorpora rutas asemánticas a las propuestas de McCloskey et al. (1985) que sólo contempla la posibilidad de procesar los números mediante una vía semántica.

2.2.2.2.6.- Modelo de Cuetos y Miera (1998)

Estos autores observan la existencia de dos disociaciones fundamentales, que son entre los procesos léxico y sintáctico en producción arábigo y entre producción verbal oral y verbal escrita a nivel léxico. Esto les lleva a plantear este modelo, el cual se puede considerar integrador, ya que incorpora rutas semánticas y asemánticas en la misma estructura, en la cual se distingue entre componentes léxicos y sintácticos de los sistemas arábigo, pronunciación verbal y escritura verbal. Este modelo está directamente relacionado (el propio esquema lo recuerda) con la formulación de Patterson y Shewell (1987) del modelo de logogén de Morton, el cual no sólo explica el reconocimiento de palabras, sino que abarca también su comprensión y producción, tanto en el ámbito oral como en el escrito. En esta misma línea, Cuetos y Miera (1998) explican el procesamiento numérico. Es decir, postulan diferentes sistemas de input/output tanto a nivel ortográfico como fonológico, y por ello, puede considerarse (al igual que el de Morton) como un modelo global de procesamiento de números, es decir, comprensión y producción de números tanto a nivel oral como escrito (figura 15).

Las principales características de este modelo son, por un lado, distinguir entre rutas semánticas y asemánticas, y por otro, identificar diversas rutas de naturaleza asemántica, relacionadas directamente con el tipo de tarea; estas rutas son las siguientes: la primera (1) es la de copiar de arábigo a arábigo, nombrar números (2), escribir el nombre del número (3), dictado de números (4), repetición (5), pasar del número fonológico al ortográfico, es decir, del sonido a la forma escrita (6), del nombre escrito a número (7), de número ortográfico a fonológico, es decir, de la forma al sonido (8) y por último, copiar o lo que es lo mismo, de forma ortográfica a ortográfica (9).

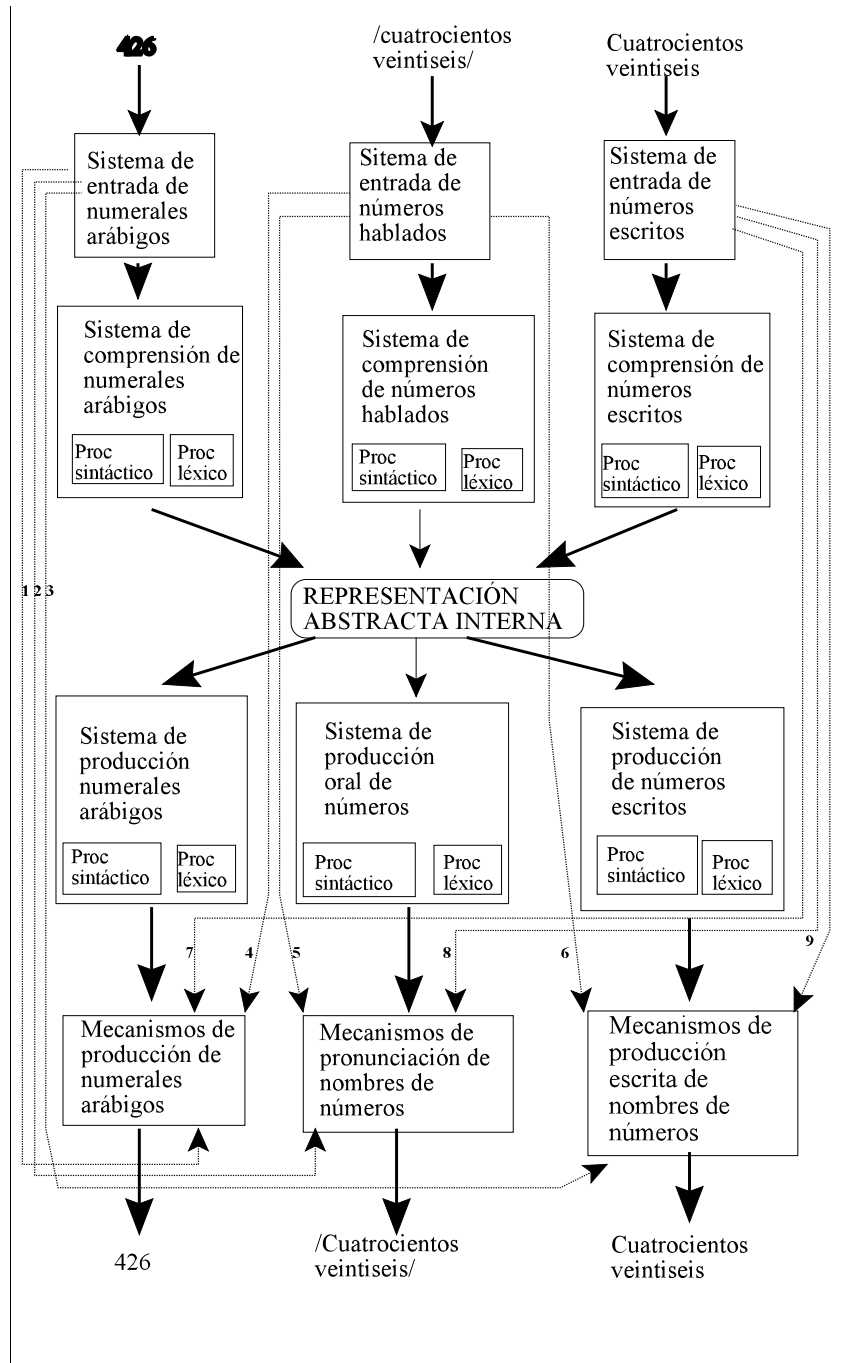


Figura 15.- Modelo de Cuetos y Miera (1998).

2.2.2.2.7.- Modelo de Brysbaert (2005)

Recientemente, Brysbaert en base a las propuestas del modelo de Triple Código (Dehaene, 1992), postula un modelo de procesamiento numérico en el que considera tres tipos inputs numéricos: números escritos con palabras, números en forma arábica y “display analógico”, es decir, las cantidades de los objetos directamente. Este modelo plantea que en el sistema semántico numérico (representado en azul en la figura 16) se pueden distinguir dos partes: el procesamiento de la magnitud y por otro lado, el conocimiento enciclopédico y episódico de carácter numérico.

En el sistema encargado de la magnitud de los números, Brysbaert (2005) distingue entre números “principales” y la representación concreta de todos y cada uno de los números que son posibles formar en base 10. Por números principales el autor entiende que son los enteros desde el 1 hasta el 99, que estarían organizados en forma de línea numérica, junto a ellos estarían algunos “multiplicadores” básicos como cien, mil, millón, etc.

Para la percepción de cantidades de objetos de forma directa, por ejemplo, un conjunto de puntos, el modelo postula una primera fase en la que se detectan los rasgos visuales de los objetos y se conecta directamente con la línea numérica analógica. Otra posibilidad es que tenga lugar una conexión entre los rasgos visuales de los objetos y un almacén mental de imágenes por ejemplo de triángulos, de las caras de los dados, etc. lo que implicaría la aprehensión de cantidades en casos familiares.

Para los números verbales, Brysbaert (2005) asume las propuestas del modelo de Coltheart et al. (2001). Como una palabra de número siempre representa un número principal, el modelo sólo postula la conexión entre el léxico ortográfico de entrada y el número principal.

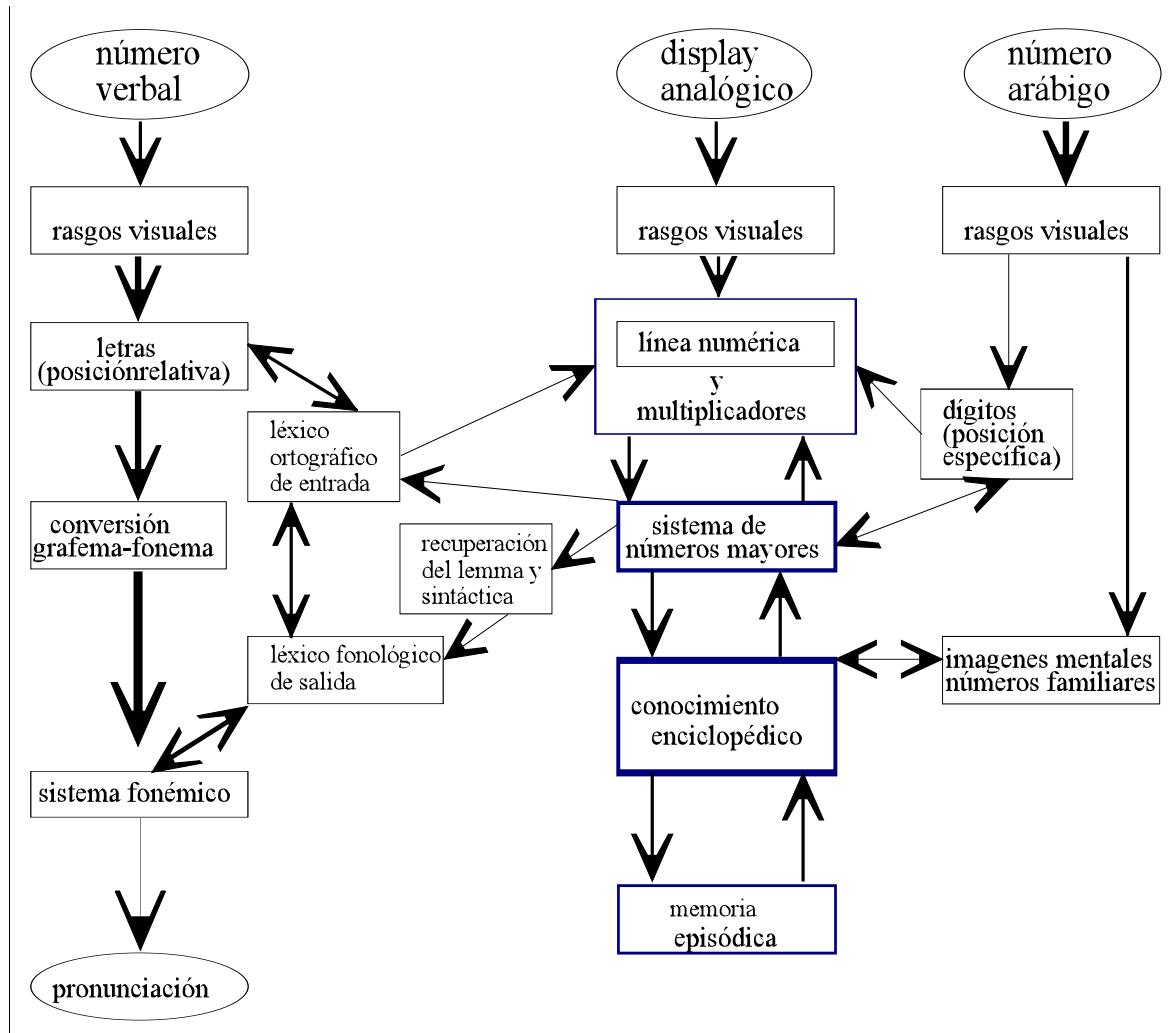


Figura 16.- Modelo de Brysbaert (2005).

Por la misma razón, no hay conexiones directas entre el léxico ortográfico de entrada y la información enciclopédica episódica, por ejemplo, el estímulo “doscientos seis” no puede asociarse directamente con “Peugeot” sino que requiere la mediación del sistema numérico de la magnitud. Brysbaert (2005) plantea la posibilidad de que los números escritos con palabras puedan leerse sin acceder a su significado, es decir, mediante el mecanismo de conversión grafema fonema.

Por otra parte, el modelo de Brysbaert (2005) postula que los mecanismos de feedback no proceden de la línea numérica, que según este modelo va de 1 a 99, sino del sistema de números mayores, que dispone de representaciones numéricas más precisas, que no son susceptibles de subitización.

En cuanto al sistema de producción verbal, puesto que algunos números requieren de una secuencia de varias palabras, Brysbaert (2005) asume las propuestas de Levelt, Roelofs y Meyer (1999) en cuanto a la fase de recuperación del lemma y de análisis sintáctico que tendrían lugar entre el sistema numérico de la magnitud y el sistema de producción fonológica.

Por otra parte, el modelo de Brysbaert (2005) considera que los números arábigos pueden ser procesados de dos formas diferentes. Bien como una secuencia de dígitos cada uno con una posición específica, o bien, de manera global como un número completo, si no tiene más de 4 dígitos. La secuencia de dígitos activaría al mismo tiempo, la línea numérica y el sistema de magnitudes de números mayores. Por otra parte, las imágenes mentales de números familiares activarían la información que tuvieran asociada en la memoria semántica y episódica.

En resumen, los modelos han ido evolucionando a medida que se han incorporado nuevas evidencias empíricas, aunque parece que esta evolución nos lleva de nuevo al punto de partida. Actualmente, los últimos modelos (P.e., Cipolotti, 1995; Cipolotti y Butterworth, 1995) plantean la posibilidad de procesar números tanto mediante rutas asemánticas como a través del acceso al significado, esto coincide, aunque de manera mucho más elaborada, con las primeras propuestas realizadas por Deloche y Seron (1991) que postulan rutas asemánticas excepto cuando la tarea requiere el acceso al significado del número.

Sin embargo, hoy en día, como hemos visto, no todos los modelos de procesamiento numérico hacen referencia a los procesos de cálculo. En realidad, tan solo las propuestas de Dehaene et al. (1995, 1997) y las de McCloskey (1985, 1986) intentan explicar además del procesamiento numérico, el procesamiento aritmético y el cálculo, y por esta razón estos modelos los hemos desarrollado con más profundidad. Esta situación supone una importante limitación a la hora de comprender cómo el sistema cognitivo humano manipula los símbolos numéricos. De ahí la necesidad de un modelo integrador que pueda explicar los datos aportados desde distintos ámbitos, y que al mismo tiempo aúne el procesamiento de los números y el cálculo.

2.3. NEUROPSICOLOGÍA COGNITIVA DEL PROCESAMIENTO NUMÉRICO Y EL CÁLCULO

En el marco de la Psicología Cognitiva, algunas perspectivas teóricas, como la computacional, consideran que el soporte físico en el que se realizan las operaciones internas de la mente es de carácter no-relevante, para ello se postula que la información y computación se basan en datos y en sus relaciones lógicas, y esto es independiente del medio físico en el que se producen (P.e., Santiago, Tornay y Gómez, 1999). Sin embargo, conocer la organización estructural y funcional del cerebro puede ayudar a comprender cómo se organizan las distintas áreas para que el sistema cognitivo funcione de manera efectiva, puesto que los estados mentales son estados biológicos (Searle, 1984/2001, 1997/2000).

La mente es lo que hace el cerebro: computar información (Pinker, 1997/2000) y, por tanto, se puede considerar que mente y cerebro son niveles de análisis diferentes pero no contradictorios sino complementarios. El estudio de los procesos psicológicos no es reductible a la neurología, ni viceversa. Pero sí es necesario tener en consideración que el cerebro es el soporte físico y biológico, en el que tiene lugar el procesamiento cognitivo y por eso le vamos a dedicar las siguientes páginas.

2.3.1. NEUROANATOMÍA DEL PROCESAMIENTO NUMÉRICO Y EL CÁLCULO: ESTRUCTURAS Y FUNCIONES

Desde los estudios de Franz Joseph Gall y de la frenología en general, se han descubierto numerosas áreas corticales relacionadas con determinadas funciones cognitivas y afectivas. La topografía propuesta por la frenología del momento fue obviamente errónea, así como las funciones que fueron asignadas a cada región. No obstante, sirvió como antecedente para el estudio de las bases neurales de las funciones típicamente humanas.

Numerosos neuroanatomistas y neuropsicólogos han proporcionado, durante el pasado siglo, evidencias de la localización de múltiples funciones superiores en el ser humano. Penfield, Luria, Poppelreuter, Damasio y Damasio, por poner algunos ejemplos, han contribuido enormemente al conocimiento de la neurobiología de nuestra conducta y de las funciones de nuestro propio cerebro. Este empeño de conocer los sustratos neurales, ha sido facilitado por el diseño de mapas cerebrales en los que se han clasificado y numerado las distintas áreas de la corteza cerebral, según su localización y citoarquitectura. Las áreas propuestas por Korbinian Brodmann en 1909 son un referente actual en la localización anatómica, tanto en clínica como en investigación (Berko y Berstein, 1999). Así, por ejemplo, el área de Broca se corresponde con las áreas 44 y 45 de la clasificación de Brodmann, y el área de Wernicke comprende el área 22 de Brodmann. El giro angular, al que se harán múltiples referencias en el resto de este trabajo, es el área 39 de Brodmann. Como vemos, las propuestas de Brodmann siguen de plena actualidad y facilitan enormemente la comunicación entre profesionales (ver figura 17).

Hoy día, las técnicas de neuroimagen han permitido contrastar la localización cerebral de muchas de estas funciones. Asimismo, las imágenes cerebrales *in vivo*, cuando el sujeto realiza una tarea o acción, gracias a las técnicas funcionales, han facilitado notablemente la configuración de auténticos mapas topográficos cerebrales. Las aportaciones clínicas y de la neuroimagen han sido determinantes para conocer los correlatos neurobiológicos de nuestras funciones superiores.

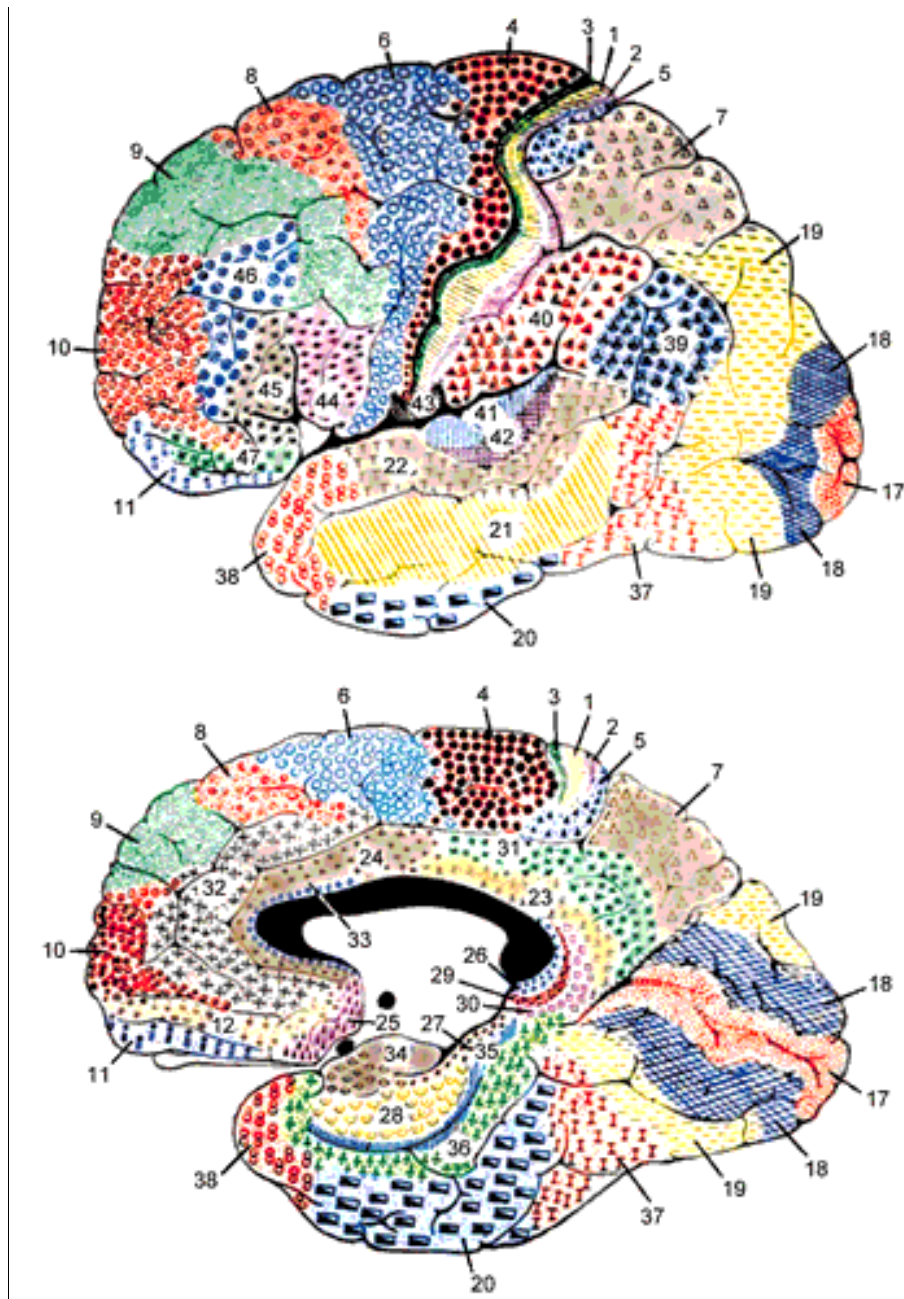


Figura 17. Mapa Citoarquitectónico de Brodmann de 1909 (Dubin, 2006).

De manera muy breve, se pueden caracterizar las funciones de las distintas áreas de la corteza cerebral (ver figura 18) como sigue (Afifi y Bergman, 1998/1999):

Lóbulos frontales, se le atribuyen capacidades como la expresión del lenguaje, el procesamiento motor primario y asociativo, el razonamiento y la abstracción, la regulación emocional y atencional, las funciones ejecutivas o de planificación de nuestra conducta y nuestros objetivos, e incluso nuestra propia personalidad.

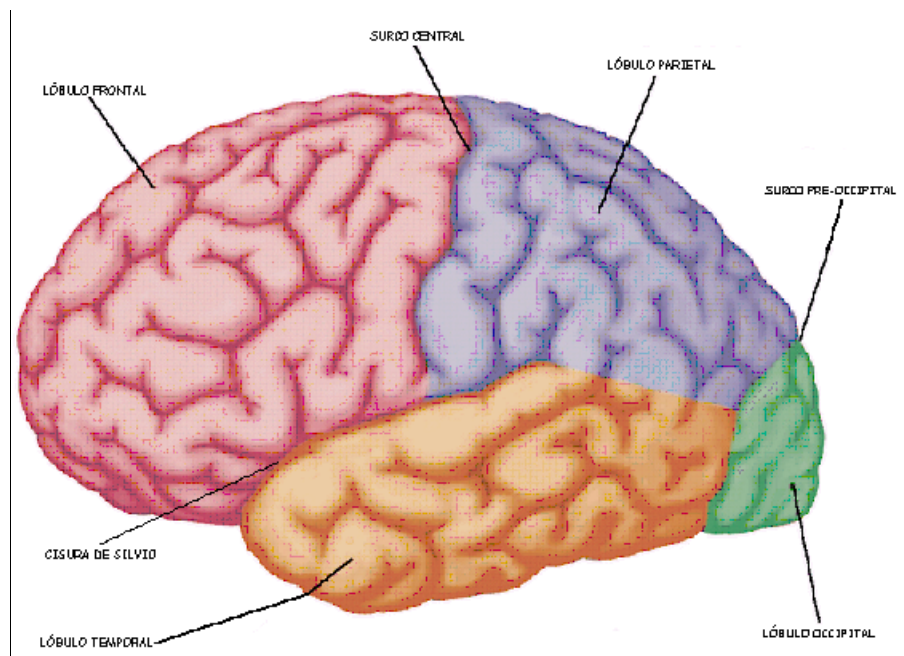


Figura 18.- Lóbulos cerebrales y surco central.

Los lóbulos temporales parecen procesar información auditiva, verbal (en el caso del hemisferio dominante para el lenguaje), emocional y cognoscitiva, así como parecen intervenir en el procesamiento visoespacial, musical, en el aprendizaje, memoria, cálculo aritmético, lectura y escritura.

Áreas parietales, parece ser que están también implicadas en cálculo aritmético, lectura y escritura, principalmente las regiones del lóbulo parietal izquierdo, así como otras funciones verbales y de memoria motora. El procesamiento visoespacial, por el contrario, parece localizarse en el lóbulo parietal derecho. Otras funciones asociadas a los lóbulos parietales son el procesamiento somatosensorial, visoconstructivo y cognoscitivo.

Por último, la corteza occipital está especializada en el procesamiento visual primario y asociativo, formando vías de conexión visoespacial y visoperceptiva con los lóbulos parietales y temporales, respectivamente.

Por tanto, al igual que otras funciones psicológicas superiores, el procesamiento numérico y el cálculo, tradicionalmente, ha basado los modelos neuroanatómicos cognitivos en los estudios de pacientes con lesión cerebral, pero actualmente, y gracias a los avances tecnológicos como se ha comentado, los estudios de neuroimagen realizados con sujetos normales permiten identificar áreas cerebrales implicadas en el procesamiento numérico (Menon et al., 2000). De manera que hoy en día la evidencia proviene no sólo del estudio de pacientes con daño cerebral sino también de los estudios de sujetos sanos utilizando técnicas de neuroimagen.

2.3.3.1. Corteza Parietal

Dehaene et al. (1999) en los estudios de neuroimagen realizados con Resonancia Magnética Funcional (RMf) y Tomografía por Emisión de Positrones (PET, abreviado del inglés, *Positron Emission Tomography*), ponen en evidencia la implicación de los lóbulos parietales en la multiplicación independientemente de la técnica utilizada.

Utilizando PET en tarea de comparación numérica, se observa, primero, que la implicación parietal es menor que en la tarea de multiplicación, y segundo, la ausencia de activación del área frontal inferior izquierda.

Por otro lado, Pesenti et al. (2000) realizan un estudio utilizando PET y tres tareas numéricas diferentes: procesamiento de números en forma arábica, comparación numérica y suma simple. Los resultados confirman la implicación de las áreas parietales. Los datos de activación evidencian la importante intervención de los lóbulos parietales y del giro precentral del hemisferio izquierdo. En cuanto a las áreas parietales, se observa que están implicadas en dos niveles diferentes. Por una parte, en un dominio no específicamente numérico, probablemente por la actuación de la memoria de trabajo y de procesos visoespaciales y atencionales. Por otro lado, las zonas parietales sí que juegan un papel específico en el procesamiento de la información numérica y de la magnitud.

Esta doble función explica la importancia de los lóbulos parietales en el procesamiento numérico, la frecuencia así como la gran variedad de déficits numéricos que se producen después de una lesión en estas áreas. De este modo, algunos de estos déficits provienen directamente de lesiones de las áreas numéricas y otros de lesiones de áreas adyacentes importantes pero no estrictamente de procesos numéricos.

Desde el punto de vista estrictamente anatómico, Pesenti et al. (2000) encuentran un foco principal en la parte posterior y superior de los lóbulos parietales, y una gran participación del hemisferio izquierdo en estos procesos. Los mecanismos de recuperación de datos en la suma están localizados, de acuerdo con estos resultados, en el área intraparietal izquierda y parietal superior así como en el giro precentral; también está implicado en la recuperación de datos aritméticos el lóbulo orbitofrontal derecho y la ínsula anterior, posiblemente, por la influencia de aspectos motivacionales y afectivos del aprendizaje. Las

áreas del lenguaje permanecen inactivas, lo que sugiere que la recuperación de datos aritméticos simples no implica necesariamente procesamiento verbal.

En resumen, este estudio confirma la importancia de los lóbulos parietales en el procesamiento numérico y el cálculo. Por tanto, el procesamiento numérico implica una estructura occipito-parietal para el procesamiento representacional y perceptual de los dígitos arábigos y una estructura parieto-frontal más específica del procesamiento semántico. De acuerdo con estas tareas experimentales parece ser que la comparación de la magnitud y la suma están implicadas en esta última estructura, con una mayor implicación parietal en la comparación y una mayor implicación precentral en la suma. Esta estructura puede originarse de la experiencia temprana de contar y representar cantidades con los dedos y estar relacionadas con las áreas de movimiento de los dedos (Pesenti et al., 2000).

Otros estudios de neuroimagen concretan que la implicación de la corteza parietal en el cálculo mental es fundamentalmente de la parte inferior: giro angular y giro supramarginal, áreas de Brodmann 39 y 40, respectivamente (Dehaene et al., 1999; Gruber et al., 2001; Menon et al., 2000). Aunque existe evidencia de la implicación del surco intraparietal (Zago et al., 2001) así como del giro parietal superior (Pesenti et al., 2000). Estos resultados implican por tanto, que distintas áreas del parietal tienen distintas funciones en el procesamiento numérico y el cálculo. Además, estos datos apoyan el supuesto de que el sustrato neural del procesamiento numérico y el cálculo se sitúa en el lóbulo parietal izquierdo y sus conexiones.

Otro estudio con importantes implicaciones para nuestro trabajo, es el realizado por Pinel et al. (2001), que se plantean como objetivo identificar las áreas cerebrales encargadas de la manipulación interna de los contenidos semánticos abstractos, es decir, el significado de los números. El trabajo se realiza con RMf y Potenciales Evocados (PEs), la tarea que tienen que realizar los sujetos es una comparación numérica. Los estímulos se presentan en forma

arábiga y verbal. En el estudio se consiguen aislar, por una parte, las áreas cerebrales donde influye el tipo de notación en que se presenta el estímulo, y por otro lado, las áreas cerebrales donde sólo influye el contenido semántico del estímulo y no el tipo de notación.

Respecto a las áreas donde influye el *tipo de notación* se pone de manifiesto que con estímulos verbales se produce una mayor activación en la corteza extraestriada bilateral y en la región precentral izquierda, mientras que con estímulos arábigos se produce una mayor activación en el giro fusiforme derecho.

En cuanto a las áreas donde sólo influye el *contenido semántico* del estímulo se observa mayor activación en las siguientes:

- ✓ Surco intraparietal bilateral y precuneus bilateral.
- ✓ Giro temporal medio izquierdo
- ✓ Cíngulo posterior

Por lo tanto, este estudio confirma que la representación semántica de las cantidades se localiza en la estructura parietal y es común para las distintas notaciones en las que se presente el numeral, arábigo y/o verbal.

Los resultados de Pinel et al. (2001) descartan la influencia del tipo de notación, pone de manifiesto que la cantidad de activación parietal está determinada por un factor semántico que es la distancia numérica. En otras palabras, el tipo de notación no afecta a la activación de los parietales, ésta se debe estrictamente a la manipulación semántica de los números.

Otra cuestión sería determinar si esta actividad parietal observada es o no específica del dominio numérico. Se plantean varias posturas al respecto pero no contradictorias entre sí,

y están en la línea de la doble función de las áreas parietales en el procesamiento numérico y el cálculo que se ha comentado anteriormente:

1.- Por una parte, existe la posibilidad de que los parietales tengan una función más amplia en la manipulación mental de la información visoespacial, por lo que la línea numérica sería sólo un caso especial. De hecho, hay evidencia de que el precuneus y surco intraparietal dorsal se activan durante distintos tipos de tareas visoespaciales no numéricas, como tareas de memoria de trabajo espacial (P.e., Diwadkar, Carpenter y Just, 2000; Postle et al., 2000). La activación del cíngulo posterior podría estar reflejando la implicación del circuito cíngulo-precuneus en la comparación de magnitud y en general, en las transformaciones visoespaciales. Por tanto, la función del parietal, en sentido amplio, sería la de representar y manipular información espacial, incluyendo la habilidad para decidir la localización de un número respecto de un referente fijo. Esta conclusión es consistente con la evidencia de activación automática de las coordenadas espaciales siempre que se procesa un número (Dehaene et al., 1999). Por otra parte, la corteza parietal está relacionada con los procesos visoespaciales. La agenda visoespacial de la memoria de trabajo y los procesos de atención están implicados en la resolución de tareas de cálculo complejas en sujetos sanos (Zago et al., 2001).

2.- La otra opción es que la activación del parietal sea específica del dominio numérico. La evidencia que apoya este supuesto proviene de pacientes con daño parietal que presentan dificultades para las tareas numéricas. Esto sugiere que es posible que exista algún grado de dominio específico para los números en los parietales.

Por otra parte, Chochon et al. (1999) realizan un estudio mediante Resonancia Magnética funcional (RMf) en el que se compara la activación cerebral durante cuatro tareas numéricas:

- nombrar dígitos (tarea de naming),
- comparación numérica,
- multiplicación
- y resta.

En general, se observa que durante el procesamiento numérico se activan fundamentalmente las regiones parietal, frontal y el cíngulo anterior. Comparando la activación en las distintas tareas se encuentran las siguientes diferencias entre ellas:

- a. La estructura parieto-fronto-cingular sólo se activa cuando la tarea requiere manipulación numérica: comparación, multiplicación y resta, pero no se activa en tarea de denominación o lectura.
- b. Las cuatro tareas pueden ordenarse de manera jerárquica, por tener distinta dificultad.
- c. Naming y comparación activan la profundidad del surco postcentral derecho.
- d. Comparación y multiplicación causan una fuerte activación adicional en el surco intraparietal izquierdo, mientras que la multiplicación y resta provocan una gran activación postcentral derecha y prefrontal bilateral.

Respecto al lóbulo parietal, la activación se centra en el surco intraparietal y en la profundidad del giro postcentral, mientras que en el lóbulo frontal la activación se centra en: Giro frontal inferior (Brodmann 44 y 45), Giro frontal dorsolateral (Brodmann 49 y 9), Giro frontal superior (Brodmann 6 y 8), Área Motora Suplementaria y Corteza premotora.

Estas áreas constituyen la estructura correspondiente a la memoria de trabajo y atención visoespacial, por lo tanto, la activación observada, especialmente en el prefrontal y cíngulo anterior, estarían relacionadas con factores no numéricos: memoria de trabajo y atención ejecutiva, de manera que la memoria de trabajo explicaría la activación de la corteza prefrontal, ya que además aumenta la activación cuando las tareas aumentan en complejidad, pero esto no explica la activación del lóbulo parietal.

Chochon et al. (1999) proponen dos explicaciones de la activación parietal. Primero, que sea el reflejo de la activación de un área de procesamiento numérico anatómicamente cercana pero separada de las áreas cerebrales de la atención visoespacial. Y segundo, que la manipulación interna de los números esté basada en recursos visoespaciales que son necesarios para las tareas genuinamente espaciales, ya que existe una relación íntima entre los números y el espacio, por ejemplo, el ya comentado efecto SNARC.

La distinción dentro de las áreas parietales entre agenda visoespacial de la memoria de trabajo y procesamiento numérico se considera una cuestión de máximo interés.

En este sentido, es importante tener en cuenta el estudio realizado por Zago y Tzourio-Mazoyer (2002). El objetivo del estudio es diferenciar dentro de la corteza parietal las áreas que subyacen a los procesos de memoria de trabajo, en concreto a la agenda visoespacial y de atención de aquellas áreas al servicio del procesamiento numérico. Para ello, se emplea como medida el flujo sanguíneo cerebral regional (rCBF del inglés, *Regional Cerebral Blood Flow*). Los resultados ponen de manifiesto que los patrones de rCBF (flujo sanguíneo normal en una determinada región cerebral) dentro del parietal son cuantitativamente distintos para tareas de cálculo y para tareas estrictamente visoespaciales. Se observa mayor activación en el giro parietal superior durante la tarea visoespacial que durante el cálculo, mientras que se produce más activación en el giro angular durante el cálculo que durante la tarea visoespacial.

La implicación de los distintos componentes de la memoria de trabajo parecen activar distintas áreas parietales, en el sentido de que se observa activación en la parte inferior del giro supramarginal izquierdo, cerca de las áreas del lenguaje, durante tareas de memoria de trabajo de carácter verbal en las que estaría más implicado el lazo articulatorio; mientras que se observa mayor activación en la parte superior del giro supramarginal derecho, cerca de la vía dorsal, durante tareas de memoria de trabajo con mayor intervención de la agenda visoespacial (Becker, MacAndrew y Fiez, 1999).

De acuerdo con Zago y Tzourio-Mazoyer (2002), la activación observada en el giro supramarginal superior derecho sugiere la participación del componente visoespacial de la memoria de trabajo, de lo que se deduce que la realización de un cálculo complejo presentado en forma visual puede requerir de la memoria de trabajo visoespacial y de los procesos de atención tanto como una tarea estrictamente visoespacial. Estos resultados sugieren que el uso de estrategias de descomposición y recomposición en el cálculo mental complejo no sólo se apoya en los recursos neuronales específicos del cálculo mental, sino que requiere de áreas específicas de procesos visoespaciales. En resumen, el cálculo mental complejo requiere de la participación de distintas zonas parietales encargadas de aspectos visoespaciales. Por tanto, se confirma que la contribución de los parietales al procesamiento numérico se produce a dos niveles: numérico y no-numérico (Pesenti et al., 2000).

Los resultados de Zago y Tzourio-Mazoyer (2002) confirman el papel fundamental del hemisferio izquierdo en el cálculo ya que cuando se compara la activación en tarea visoespacial con la activación en tarea de cálculo se observa que el cálculo provoca una activación significativa en las siguientes estructuras cerebrales:

A) Giro angular izquierdo. La activación de esta área está en consonancia con las evidencias de varios estudios de neuroimagen, por lo que viene a confirmar su implicación en tareas de cálculo. Menon et al. (2000) ponen de manifiesto en un estudio de RMf que la actividad en el giro angular izquierdo y en el surco intraparietal contiguo está directamente relacionada con el grado de complejidad de la tarea aritmética. Cuando aumenta el número de operandos implicados en la tarea, se observa más activación en el giro angular y en el surco intraparietal de ambos hemisferios, lo que sugiere que la activación del giro angular y del surco intraparietal está directamente relacionada con la complejidad de la tarea. Estos resultados están en consonancia con los resultados de estudios con pacientes de lesión cerebral (P.e., Takayama et al., 1994; Warrington, 1982).

Por otra parte, Dehaene et al. (1999) observan activación en el giro angular derecho e izquierdo durante tareas de cálculo exacto comparada con una tarea de cálculo aproximado. Chochon et al. (1999) describen activación a lo largo del surco intraparietal durante la multiplicación y la resta; esta activación se ha observado también en la recuperación de datos aritméticos (Menon et al., 2000; Zago et al., 2001). Zago y Tzourio-Mazoyer (2002) proponen que la región parietal izquierda está implicada en la manipulación de información cuantitativa y es la que establece la conexión entre la representación de la cantidad y el código lingüístico.

B) Giro supramarginal izquierdo. Se observa activado en estudios en los que se requería más demanda de la memoria de trabajo, como en cálculos complejos (Burbaud et al., 1999; Gruber et al., 2001; Zago et al., 2001) así como en combinación de distintas operaciones aritméticas (Cowell et al., 2000; Menon et al., 2000). De acuerdo con Baddeley (1998), la activación supramarginal izquierda podría interpretarse como implicación del almacén fonológico de la memoria de trabajo verbal.

Esta hipótesis sobre una implicación fonológica intermedia durante el cálculo complejo está en consonancia con los resultados obtenidos por Noel et al. (2001) que muestran el efecto de la similitud fonológica de dos números en la precisión y en la velocidad.

C) Precuneus (parietal medio izquierdo). Los resultados de algunos estudios confirman que el precuneus se encuentra activado durante la recuperación de datos (P.e., Dehaene et al., 1999; Gruber et al., 2001) aunque en otros estudios no se ha encontrado activación del precuneus durante la recuperación de datos aritméticos (P.e., Chochon et al., 1999; Pesenti et al., 2000), lo que permite sugerir que este área no está restringida a la recuperación de datos aritméticos sino a procesos de recuperación más generales implicados en tareas aritméticas complejas (Zago y Tzourio-Mazoyer, 2002).

En resumen, las estructuras parietales implicadas en el cálculo mental complejo están entrelazadas con tareas visoespaciales, lo que sugiere que el cálculo complejo no sólo se apoya en los recursos específicos para la aritmética sino que requiere de procesos visoespaciales de carácter más general. Además, las áreas del parietal inferior están más implicadas (activadas) durante el cálculo complejo que durante las tareas visoespaciales puras, lo que permite suponer la implicación de procesos lingüísticos durante el cálculo complejo (Zago y Tzourio-Mazoyer, 2002).

Pero la corteza parietal evidentemente no actúa de forma aislada en el procesamiento numérico y el cálculo, sino que hay otras áreas cerebrales implicadas.

2.3.1.2. Áreas Frontales: Giro Precentral Izquierdo

En varios estudios con números arábigos se ha puesto de manifiesto la implicación del giro precentral izquierdo en distintas tareas numéricas (Chochon et al., 1999; Dehaene et al.,

1999; Pesenti et al., 2000; Pinel et al., 1999; Zago et al., 2001) aunque Pinel et al. (2001) encuentran mayor activación en este área durante el procesamiento de números en notación verbal que en notación arábica.

Por otro lado, el giro precentral izquierdo participa en la resolución de sumas; su función en los procesos numéricos puede interpretarse de dos formas (Pesenti et al., 2000):

1.- Como reflejo de los componentes motores-verbales relacionados con “pensar en silencio” el nombre del número, o con la recuperación de datos en base a rutinas verbales, aunque esto último es poco probable ya que no se activan otras áreas del lenguaje.

2.- Como reflejo de la implicación de la estructura relacionada con los movimientos de los dedos que subyace a contar con los dedos. Esta interpretación se apoya en dos evidencias: primero, que el conocimiento de los dedos en niños de 5 y 6 años es el mejor predictor de su desarrollo aritmético. Y segundo, existe una clara relación entre la agnosia digital y la acalculia: el síndrome de Gerstmann.

2.3.1.3.- Corteza Temporal

Pinel et al. (2001) afirman que la corteza temporal juega un papel fundamental en la mediación entre símbolos y significados:

A) Área temporal media derecha. Se observa más activada con los números arábigos y muestra una tendencia a la interacción de las variables notación y distancia, aunque presenta efecto distancia sólo con números arábigos y no con los verbales. La influencia de ambas variables (notación y distancia) sugiere que esta región podría

estar mediando entre símbolos y significados, de manera que, podría conectar el giro fusiforme derecho, encargado de la identificación de números arábigos, con el parietal, donde se procesa la cantidad.

B) Área temporal media izquierda. Es sensible al efecto distancia con números verbales y arábigos, por lo que podría estar conectado con el giro fusiforme izquierdo, que es el que se encarga de identificar ambas notaciones.

2.3.1.4.- Áreas Perisilvianas del Lenguaje

Como se viene comentando, es una cuestión aún sin resolver conocer la relación entre lenguaje y cálculo, o lo que es lo mismo, el papel que desempeñan las áreas clásicas del lenguaje en el procesamiento numérico y el cálculo. En este sentido, los estudios neuropsicológicos no han aportado datos concluyentes, ya que se han descrito casos de pacientes afásicos que preservan el cálculo así como casos de acalculia sin afasia después de una lesión parietal izquierda (Zago et al., 2001).

Dehaene y Cohen (1995, 1997) parten del supuesto de que los datos aritméticos se aprenden y almacenan mediante asociaciones verbales mediadas por las representaciones del lenguaje. De acuerdo con esto, la recuperación de datos aritméticos tendría lugar en las áreas clásicas del lenguaje del hemisferio izquierdo, es decir, en el giro frontal inferior (área de Broca), giro temporal medio superior y posterior (área de Wernicke), ganglios basales y núcleo del tálamo. Sin embargo, los estudios de neuroimagen realizados hasta el momento con sujetos sanos desde el punto de vista neurológico, no han conseguido demostrar la implicación de las áreas perisilvianas del lenguaje en la recuperación de datos aritméticos. Los resultados más consistentes y significativos son los que siguen a continuación (Zago et al., 2001):

1. Al comparar la multiplicación con el estado de reposo se observa que la tarea de multiplicación activa el giro precentral izquierdo y el área parietal inferior izquierdo, mientras las zonas del lenguaje se mantienen desactivas (Dehaene et al., 1999). Es decir, en la recuperación de los datos de la multiplicación, de las tablas, no intervienen las áreas del lenguaje, lo que implica que no hay mediación lingüística para acceder a estos datos.
2. Al comparar la multiplicación con una tarea de nombrar letras, se observa la activación diferencial del giro frontal inferior derecho e izquierdo (Chochon et al., 1999).
3. Al comparar la multiplicación con una tarea de nombrar dígitos, se observa que la activación frontal desaparece pero se mantiene la activación izquierda en el giro precentral y en el surco intraparietal (Chochon et al., 1999).
4. En tarea de verificación de los resultados de operaciones de multiplicación, se activa el giro precentral, el surco intraparietal y las áreas de la ruta ventral (Rickard et al., 2000).
5. En tarea de suma oral, se activa el giro precentral izquierdo y el surco intraparietal (Jong et al., 1996).
6. Dehaene et al. (1999) confirman la implicación en la suma del giro frontal izquierdo y del giro angular derecho e izquierdo.
7. En tarea de suma escrita, la recuperación de datos activa las áreas siguientes: intraparietal izquierdo, parietal superior, giro precentral, lóbulo orbitofrontal derecho e ínsula anterior, sin embargo no se activan las áreas del lenguaje (Pesenti et al., 2000). De acuerdo con estos resultados, Pesenti et al. (2000) concluyen que el procesamiento numérico implica:
 - Una estructura occipito-parietal, encargada del procesamiento representacional y perceptual de los dígitos arábigos.

- Una estructura parieto-frontal, para el procesamiento semántico. En el caso de la comparación de magnitud habría mayor implicación parietal, mientras que para la suma sería mayor la implicación frontal (precentral). Esta estructura podría relacionarse con las áreas del movimiento de los dedos.
8. Por último, Zago et al. (2001) muestran que la recuperación de datos aritméticos no se apoya en las áreas perisilvianas del lenguaje. Al comparar la activación durante la recuperación de datos con la activación durante la lectura no aparece implicación del giro frontal izquierdo (Broca) ni de la parte posterior del giro temporal medio y superior (Wernicke). Esto sugiere que la recuperación de datos no está mediada por las áreas del lenguaje. Al comparar la activación que se produce en la multiplicación con respecto al estado de reposo, se observa que las áreas del lenguaje permanece desactivadas, confirmando así los resultados de Dehaene et al. (1999). Zago et al. (2001) plantean como hipótesis que el cálculo induce a la inhibición de las áreas perisilvianas del lenguaje, por tanto, esto provocaría la relativa independencia entre los procesos del lenguaje y los del cálculo. Como se observa en la figura 19, durante la multiplicación, las áreas del lenguaje permanecen inactivas, al igual que en la tarea de comparación numérica, sólo en la resta se activan las áreas frontales implicadas en el procesamiento lingüístico (área de Broca), pero no las otras áreas perisilvianas responsables del lenguaje.

En resumen, todos estos datos proporcionados por los estudios de neuroimagen cuestionan la implicación de las áreas del lenguaje durante la recuperación de datos aritméticos pero confirman consistentemente la implicación de la corteza parietal izquierda y precentral.

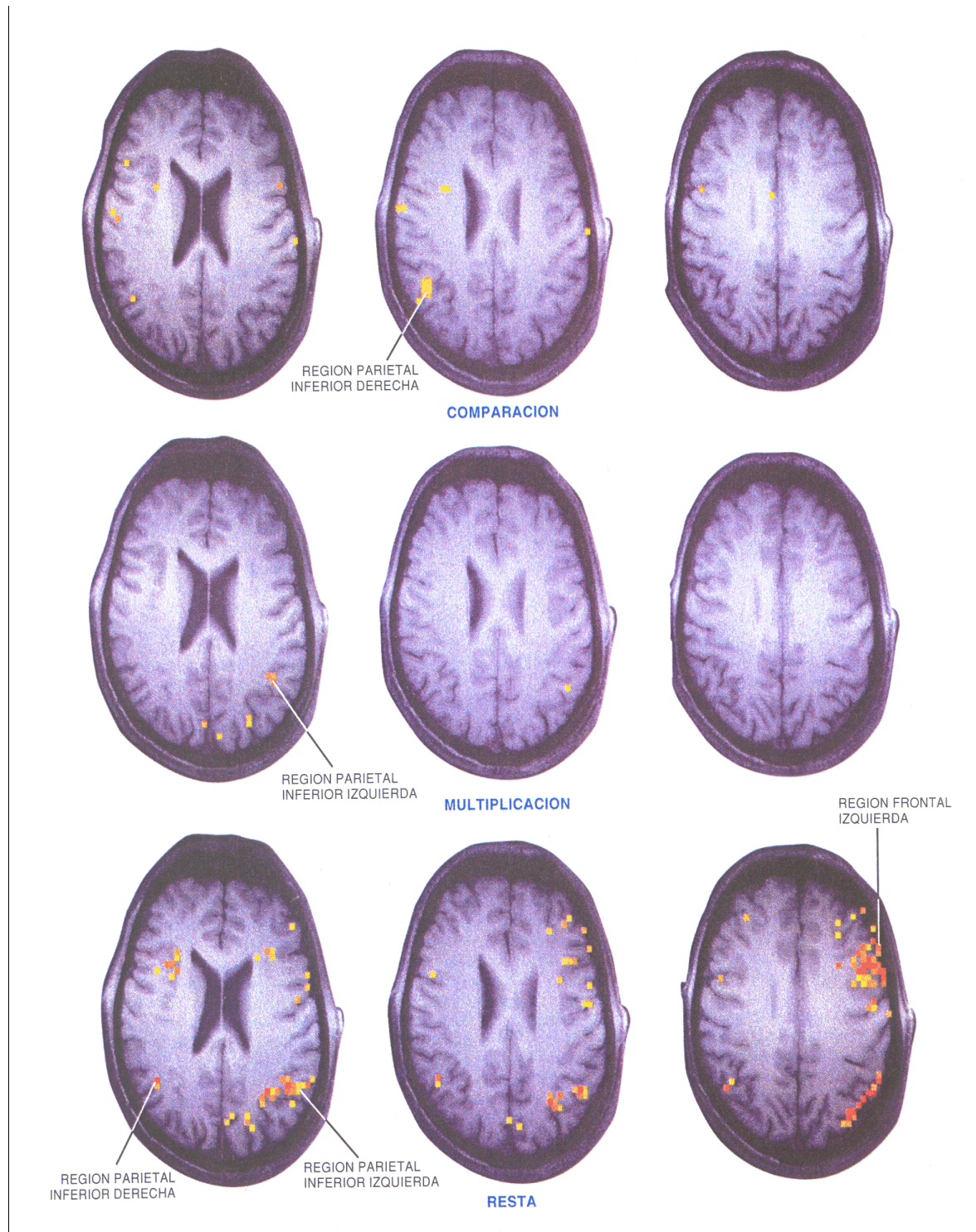


Figura 19.- Imagen de RMf (tomada de Dehaene, 2002).

El procesamiento de los números arábigos: una aproximación desde la Neuropsicología Cognitiva

2.3.2. ACALCULIA

2.3.2.1. Concepto

En primer lugar, conviene distinguir los términos “acalculia” y “discalculia”. Este último, se utiliza para referirse a un trastorno de aprendizaje que afecta al cálculo (DSM-IV-TR). Por tanto, se entiende que la discalculia es un trastorno de carácter evolutivo que tiene lugar durante los procesos de aprendizaje de las habilidades del cálculo, por lo que este trastorno aparece en niños en edad escolar que aún no han adquirido las habilidades numéricas y presentan dificultades justamente en el proceso de aprendizaje del cálculo.

Sin embargo, el término “acalculia”, en general, hace referencia a una pérdida en las habilidades del cálculo como consecuencia de un daño cerebral en personas adultas que antes del daño tenían las habilidades numéricas y del cálculo desarrolladas con normalidad (Ardila, 2006; Ardila y Roselli, 1990).

Desde un planteamiento histórico el concepto de acalculia ha evolucionado. El primero en utilizar el término acalculia fue Henschen en 1925 para referirse a un trastorno del cálculo producido por una lesión focal en el cerebro. Unos años más tarde, en 1926 Berger distingue entre acalculia primaria y secundaria, siendo esta última un trastorno en las habilidades del cálculo derivado de otros déficit cognitivos, como la memoria, atención o lenguaje. Posteriormente, en 1940 Gerstmann propone que la acalculia puede aparecer junto con agrafia, desorientación derecha-izquierda y agnosia digital formando así un síndrome clínico, conocido desde entonces como síndrome de Gerstmann (Ardila, 2006).

Otras formas de acalculia se mencionan en la literatura, por ejemplo, Grewel (1960) habla de acalculia frontal; Critchley (1953) considera que el déficit espacial en la acalculia, especialmente presente en los cálculos escritos, está frecuentemente relacionado con un daño

parietal. Kinsbourne y Warrington (1962) señalan la presencia simultánea en la acalculia de tres tipos de errores: de cálculo, espaciales y simbólicos. Boller y Grafman (1985) sugieren que la acalculia asociada con el síndrome de Gerstmann podría tratarse de anaritmética y se debería a una pérdida de la estructura jerárquica de los números, a una desintegración de las relaciones matemáticas y a la incapacidad para reconocer los signos matemáticos.

Hecaén, Angelergues y Houiller (1961) distinguen tres tipos de alteraciones acalcúlicas:

- (1) *alexia y agrafia para los números*, considerada como una incapacidad para leer y escribir números,
- (2) *acalculia espacial*, entendida como la pérdida del orden y posición de los dígitos,
- (3) *anaritmética*, que sería la incapacidad para realizar operaciones aritméticas, que se correspondería con la acalculia primaria.

En resumen, se considera acalculia a la pérdida o trastorno de la habilidad para realizar tareas de cálculo debido a una patología cerebral adquirida (Ardila y Rosselli, 1990) aunque los distintos autores plantean diferentes definiciones aportando sus propias matizaciones. Para Dehaene y Cohen (1995) la acalculia o anaritmética pura es la incapacidad específica para realizar cálculos aritméticos, preferiblemente en ausencia de afasia o de trastorno de las habilidades viso-espaciales.

Otra definición más estricta, es la que considera a la acalculia como un déficit restringido a los componentes del cálculo, sin trastorno de la comprensión ni producción no numérica, sin impedimento para recuperar datos aritméticos, procesamiento espacial, mecanismos de “prestar y llevar” y sin afasia ni trastornos en la memoria (Pesenti et al., 2000).

Por otro lado, parece que existe acuerdo entre los distintos autores en que la habilidad para el cálculo puede estar afectada en varios aspectos, dicho en otras palabras, la acalculia puede deberse a una alteración en distintos procesos que no tienen por qué ser los mismos en todos los casos, aunque no hay acuerdo en cuáles son estos mecanismos subyacentes a las habilidades numéricas y del cálculo (P.e., Alonso y Fuentes, 2001; Bermejo y Castillo, 2006).

Luria (1967/1974) distingue en las habilidades numéricas dos aspectos que, en principio, podrían considerarse relativamente independientes. En primer lugar, estaría *el concepto de número o de orden de rango*, con lo que se refiere a los conceptos numéricos y a la capacidad de usar el sistema decimal de notación. Y por otra parte, estarían *los procesos de cálculo*, es decir, la capacidad de realizar operaciones aritméticas tanto simples como complejas. Desde este planteamiento, los objetivos de la evaluación serían fundamentalmente dos. Por un lado, averiguar si el paciente conserva el significado complejo de los números, y por otro, analizar psicológicamente los tipos de mecanismos de cálculo que conserva el paciente. Es decir, interesa conocer si el sujeto es capaz de realizar secuencias de operaciones de acuerdo con un plan interno, determinar qué operaciones conserva, y si es capaz de organizar esas operaciones para resolver problemas. También es importante determinar si puede realizar las operaciones de forma oral y/o escrita.

Por tanto, para Luria (1967/1974) los trastornos de los números y del cálculo pueden ser, bien de carácter no específico, es decir, debidos a la pérdida de los significados de los símbolos (visuales y/o auditivos), o bien debidos a trastornos de memoria o a la perturbación de la dinámica de la actividad mental. Por otra parte, considera que pueden deberse a una afectación de la “estructura intrínseca” de los conceptos numéricos y de las operaciones de cálculo, estando intactos los procesos perceptivos. Plantea pues dos grupos de trastornos (Luria, 1967/1974) :

1.- Pérdida del concepto de número. No se observa a menudo. Generalmente va acompañada de lesión del área occipito-parietal del hemisferio dominante. Este trastorno puede presentarse de dos formas. *De carácter viso-gnóstico*; supone la pérdida de las imágenes visuales, así como la dificultad para reconocer los números y una tendencia a confundir cifras. El cálculo oral puede estar intacto. *De carácter general*; es el resultado de lesiones a lo largo del límite temporal de la corteza occipital y, a veces, surge con lesiones en el área parietal.

2.- Desorganización del aspecto acústico-gnóstico. Se debe a una lesión en el lóbulo temporal izquierdo, lo que implica una inestabilidad general de las operaciones numéricas. Incapacidad para recordar términos como “más”, “menos” o “multiplicar”. También muestra incapacidad para recordar números de cierta longitud y una pérdida parcial de los significados verbales (sin embargo, los resultados en forma escrita son diferentes). Aparece una escasa dificultad para reconocer números simples y complejos, junto con la capacidad de realizar operaciones relativamente complejas por escrito.

En este sentido, Boller y Grafman (1983, 1985) plantean que las dificultades para el cálculo pueden deberse a un trastorno en uno o varios de los siguientes aspectos:

- ▶ Incapacidad para apreciar el significado de los nombres de los números.
- ▶ Déficit viso-espacial que interfiere con la configuración espacial de los números y con los aspectos mecánicos de las operaciones.
- ▶ Dificultad para recordar datos matemáticos y para usarlos adecuadamente.
- ▶ Déficit en el pensamiento matemático y en la comprensión de las operaciones subyacentes.

Ardila y Rosselli (1990; Ardila, 2006) añaden a estos cuatro tipos de problemas, la incapacidad para conceptualizar cantidades y para realizar operaciones que son reversibles, por ejemplo, suma-resta. Además, consideran que la acalculia angular, presente en el síndrome de Gerstmann, estaría más relacionada con trastornos en los mecanismos segundo y cuarto (déficit viso-espacial y déficit en el pensamiento matemático), los cuales a su vez están frecuentemente asociados con trastornos del primer tipo (acalculia aléxica y agráfica).

Con el fin de determinar los procesos susceptibles de estar alterados en la acalculia, se han realizado múltiples estudios de los trastornos del cálculo en pacientes con distintos tipos de afasia. En esta línea están, entre otros, el trabajo de Dahmen et al. (1982) que estudian los trastornos del cálculo en pacientes con afasia de Broca y de Wernicke. Mediante análisis factorial consiguen identificar dos componentes diferentes: numérico-simbólico y viso-espacial. Estos autores concluyen que los problemas de cálculo encontrados en pacientes con afasia de Broca se deben a alteraciones lingüísticas, mientras que las dificultades de los pacientes de afasia de Wernicke se deben a problemas en el procesamiento viso-espacial.

Por otra parte, Deloche y Seron (1984, 1987) enfatizan la existencia de un doble código en el cálculo: alfabético y numérico. Realizan tareas de recodificación entre ambos códigos y obtienen que en pacientes con afasia de Wernicke aparecen errores léxicos debido a la posición en una serie (7 en lugar de 8). En estos pacientes los errores son más de tipo léxico y los déficit en cálculo pueden estar relacionados con errores léxico-semánticos en lectura y escritura de números. Por otro lado, en los pacientes de Broca, los errores son de memoria y sintácticos (por ejemplo, 4053 en lugar de 453). Por otro lado, Jackson y Warrington (1986) comparan las habilidades aritméticas de pacientes con daño cerebral izquierdo y derecho, y encuentran diferencias significativas entre ambos grupos. El grupo con lesión en el hemisferio izquierdo muestra mayor impedimento que el otro. Sin embargo, el grupo de lesión izquierda estuvo significativamente más impedido en cálculo aritmético que en problemas aritméticos.

2.3.2.2. Tipos de Acalculia

Existen varias formas de clasificar los trastornos del cálculo y el procesamiento numérico. A continuación se presentan la realizada por Luria (1967/1974) y otra más reciente elaborada por la Ardila y colaboradores (Ardila, 2006; Ardila y Rosselli, 1990). En ambas se consideran dos tipos fundamentales de acalculia: la primaria y secundaria.

A) Clasificación de Luria (1967/1974)

Distingue entre trastornos del cálculo primarios y secundarios:

a) acalculia primaria

En estos casos se produce una “pérdida primaria” de la estructura de los números y la consiguiente alteración de todas las operaciones del cálculo. Este tipo de acalculia suele estar presente en las afasias semánticas y surge como resultado de lesiones en el área occipito-parietal. Los pacientes con afasia semántica conservan los significados de los símbolos numéricos simples, no tienen dificultad en escribir los números al dictado y son capaces de leer números de una o dos cifras, siendo éstos los únicos procesos que quedan intactos. La comprensión del sistema decimal está alterada, lo que implica una alteración de los procesos numéricos. No presentan dificultad para contar, aunque al contar hacia atrás cometen numerosos errores (por ejemplo, omiten números). Algunos de estos pacientes sí pierden la “pauta secuencial de los números”, aunque no detectan los errores que cometen. En general, sólo son capaces de leer números de una cifra. Incluso cuando se le presentan números de varios dígitos leen cada dígito de forma aislada, siendo incapaz de integrarlos en un único número (por ejemplo, leen 264 como “2, 6 y 4”). Sin embargo, pueden leer números de varias cifras “redondos” como 100, 500, etc. Luria argumenta que esto se debe a que dichos números

se perciben como ideogramas numéricos y pueden ser reconocidos sin necesidad de los procesos de síntesis numérica. Aunque estos pacientes pueden aprender a leer cifras de varios dígitos, su comprensión de las relaciones existentes entre ellas son defectuosas. Como consecuencia de ello cometen los siguientes errores:

- Estimación del valor de un número a partir de las cifras individuales, por ejemplo, pueden considerar que 398 es mayor que 401 y que 189 es mayor que 203.
- Pérdida del concepto de notación decimal. Se pone de manifiesto cuando se pregunta qué cifra representa las centenas, decenas y unidades.
- Frecuentes errores en el dictado de números.
- Escritura de los números en el orden en que se pronuncian y no de acuerdo con las reglas del sistema decimal. Por ejemplo, para “diecisiete” escriben 71 (en ruso, para 17 se pronuncia primero el 7 y después el 1).
- Escritura de los números en una secuencia incorrecta, por ejemplo “trescientos cuarenta y dos” como “324”.
- Frecuentes errores al escribir cifras que contienen ceros, por ejemplo, “mil veintitrés” como “123” ó “100023”.

Los pacientes de este grupo consideran idénticos los números simétricos, tanto en notación arábiga (por ejemplo, 69-96) como romana (por ejemplo, IV-VI; IX-XI). Luria (1967/1974) argumenta que esto es debido a la pérdida de la estructura secuencial de los números de varias cifras. El paciente no puede distinguir el orden de los símbolos debido a la pérdida de la orientación direccional. Por supuesto, esto tiene que influir en los procesos de cálculo, de manera que las operaciones que se mantienen son aquellas que se habían automatizado. Al contrario que los pacientes de afasia motora eferente (incapaces de recordar las tablas de multiplicar) estos pacientes no presentan alteraciones del “lenguaje motor”, sin embargo, tienen alterado los procesos que permiten conocer las relaciones de un número con

otros (por ejemplo, que 16 es igual que $20-4$, $15+1$, $4*4$). La pérdida de los “conjuntos de equivalentes” les impide realizar cálculos mentales rápidamente, necesitando ayuda de sus dedos para dar una respuesta. La capacidad de sumar y restar números de dos cifras también está alterada. Los cálculos que requieren un cambio en la cifra de las decenas pone de manifiesto la incapacidad del paciente para comprender el sistema de notación decimal. Combina unidades y decenas indistintamente, siendo incapaz de mantener el orden adecuado.

Luria (1967/1974) afirma que esta incapacidad no se debe a un fallo en la memoria sino a una dificultad para reconocer el significado de la secuencia. Esto se hace claramente patente al pedirle al paciente que resuelva problemas que le son presentados de forma no convencional (por ejemplo, verticalmente). Estos pacientes son incapaces de operar con fracciones. Los errores característicos son los que se presentan en la figura 20.

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{8}$$

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{2}{5}$$

Figura 20.- Ejemplos de errores de pacientes incapaces de operar con fracciones (Luria, 1967/1974).

De acuerdo con Luria (1967/1974), estas dificultades se deben a la pérdida de la orientación espacial. Por ejemplo, para resolver $31-7$, el paciente debería restar 7 a 30 y luego añadir 1 al resultado, sin embargo, para resolver esto es frecuente que respondan “30 menos

7 igual a 23, 23 menos 1 igual a 22”. La pérdida de los conceptos de las operaciones matemáticas hace que estos pacientes sean incapaces de insertar el símbolo aritmético que falta en expresiones como $8 \dots 2 = 10$. Se produce una confusión por una parte, entre la suma y la resta y, por otra, entre la multiplicación y la división. Presentan una incapacidad para diferenciar la expresión “x es *tan* mayor como y” de “x es *tantas veces* mayor que y”. En ambos casos es probable que escriba “ $x+y= \dots$ ”. Estos trastornos del cálculo se observan como consecuencia de una lesión en el área parieto-occipital, y no suelen presentarse asociados a demencia general.

b) acalculia secundaria

Este tipo de trastorno suele producirse como resultado de una afasia motora, y especialmente si la afasia implica un trastorno del lenguaje interno. En estos casos el reconocimiento de las cifras individuales estaría conservado.

En este tipo de pacientes se distinguen dos tipos de alteraciones. Por una parte, los denominados *trastornos dinámicos*, que presentan principalmente dos características:

- ▶ Primero, una imposibilidad de percibir o recordar los números con los que se efectúan las operaciones matemáticas. Imposibilidad para realizar cálculos con números de 3 cifras. Al pronunciar los números en voz alta sí es capaz de analizarlos, y es más capaz de hacer uso de las operaciones apropiadas.
- ▶ Segundo, una pérdida de la automaticidad de los procesos de cálculo. Es típico de las lesiones de los sistemas premotores en general, y de las partes anteriores de las áreas del lenguaje en particular. Obliga al paciente a contar con los dedos para resolver problemas simples. Incapacidad para resolver $12+6-3$, porque carecen de un plan interno para hacerlo, puesto que para resolverlo es necesario realizar más de una operación, y a menudo sólo realizan la primera, como si olvidaran la siguiente.

Por otra parte, en estos pacientes puede presentarse un *trastorno de la conceptualización de problemas*, esto ocurre cuando la lesión se sitúa en el área frontal inmediatamente anterior a la zona del lenguaje del hemisferio izquierdo. La dificultad surge cuando se le pide al paciente que resuelva problemas que requieren la resolución de secuencias de “subproblemas”. Se pone de manifiesto la incapacidad para organizar las operaciones matemáticas de acuerdo con un plan, organizando el problema total en un conjunto de subproblemas. Esto se manifiesta cuando se intenta restar un número de dos cifras de otro, por ejemplo, $41-27$, la solución implicaría realizar varios subproblemas, primero, restar $41-20$, y al resultado restarle 7 , y los pacientes con lesiones en el lóbulo frontal son incapaces de transformar la respuesta de una operación en un dato para la operación siguiente. Estos pacientes son incapaces de proyectar una secuencia de operaciones apropiadas.

B) Clasificación de Ardila (Ardila, 2006; Ardila y Rosselli, 1990)

Es una clasificación más amplia y actual en la que se pueden distinguir 6 tipos de acalculia.

1.- Anaritmética

Se considera el tipo principal de acalculia, y se corresponde con la acalculia primaria. Consiste en una pérdida de los conceptos numéricos y matemáticos, incapacidad para comprender las cantidades, déficit en la realización de operaciones aritméticas básicas, pérdida de la habilidad para aplicar las reglas sintácticas en el cálculo (por ejemplo, “llevarse”) y frecuentes confusiones de los signos aritméticos. Aunque no son frecuentes los casos de anaritmética sin trastornos afásicos, estos pacientes presentan alteraciones en el cálculo tanto oral como escrito, errores en la manipulación de los conceptos abstractos de las matemáticas y un uso incorrecto de los signos aritméticos. Con frecuencia la acalculia primaria se asocia con lesiones parietales izquierdas. La anaritmética suele estar asociada a la afasia de conducción.

2.- Acalculia Afásica

a) en afasia de Broca

Estos pacientes presentan trastornos en el cálculo de tipo numérico-simbólico como consecuencia de su alteración lingüística (Dahmen et al., 1982). En tareas de recodificación presentan errores sintácticos y de memoria, en concreto no distinguen el nombre de las decenas de los de las décadas, por ejemplo, el dígito “6” indistintamente lo asocian a “sesenta” o a “dieciséis” (Deloche y Seron, 1987).

En estos pacientes se observan errores al contar hacia atrás y en la realización de operaciones sucesivas, o series del tipo 1, 4, 7,... Suelen presentar errores de jerarquía como confundir 5 con 50 especialmente en la lectura, también presentan errores de orden en la escritura. En lectura y en tareas de recodificación muestran errores de inversión y omisión de elementos gramaticales. Además, ponen de manifiesto dificultades para conceptualizar y producir las reglas de “llevarse”. En general, se puede decir que en estos pacientes el uso de la gramática y la sintaxis del cálculo están impedidos, tanto en tareas orales como escritas. La dificultad en la producción de secuencias correlaciona con el impedimento de estos pacientes para el uso de los aspectos secuenciales del lenguaje (Ardila, 2006; Rosselli y Ardila, 1989).

b) en afasia de Wernicke

En estos pacientes se han encontrado errores de tipo semántico que pueden estar relacionados con errores léxicos semánticos en la lectura y escritura de números (Deloche y Seron, 1984). Los déficit en el cálculo en estos pacientes correlacionan con los déficit que presentan en el procesamiento viso-espacial (Dahmen et al., 1982). Estos impedimentos están también relacionados con trastornos en la memoria verbal (Luria, 1967/1974)) así lo ponen de manifiesto en la resolución de problemas que requieren recordar distintos pasos. Por otra parte, presentan parafasias. Se puede decir que estos pacientes sufren una pérdida del significado, tanto de las palabras como de los números.

Benson y Denckla (1969) observan la alta frecuencia de parafasias verbales como fuente de errores en el cálculo en este tipo de pacientes.

En la escritura de números al dictado, estos pacientes cometen importantes errores (por ejemplo, se le dicta 257; el paciente repite 820, y finalmente, escribe 193). En lectura de números suelen presentar errores de descomposición, para leer 463 verbalizan “cuarenta y seis, tres” (46,3). En general, estos pacientes encuentran dificultades para las operaciones mentales y escritas, para las operaciones con series y para la resolución de problemas. Las alteraciones para comprender el lenguaje, los déficit léxicos y los trastornos en la memoria verbal se ponen de manifiesto cuando estos pacientes intentan realizar tareas de cálculo.

c) en afasia de conducción

Los pacientes con afasia de conducción suelen presentar importantes dificultades en el cálculo. Cometen errores tanto en operaciones mentales como escritas. Tienen serias dificultades en realizar operaciones con series y en tareas de resolución de problemas. En lectura de números, se observan errores de descomposición, orden y jerarquía. Suelen cometer errores en tareas de recodificación tanto desde el código verbal al numérico como del numérico al verbal. También suelen fallar al aplicar las reglas sintácticas del cálculo, por ejemplo, al “llevar” y en la lectura de los signos aritméticos.

Recientemente, Ardila (2006) afirma que la sintomatología manifiesta en la acalculia de la afasia de conducción, en conjunto, podría interpretarse como anaritmética, ya que además, el lugar de la lesión en la afasia de conducción puede ser bastante cercano al lugar del daño supuesto en la anaritmética, ya que ambas patologías se relacionan con daño en el parietal izquierdo, por tanto la correlación significativa entre ambas no sería una coincidencia.

3.- Acalculia Aléxica

Las alteraciones en el cálculo pueden correlacionar con las dificultades en la lectura, es a lo que se denomina acalculia aléxica. Se han descrito cuatro tipos básicos de alexia: pura, central, frontal y espacial. Las características de los errores en cálculo de la alexia frontal son los mismos que los que aparecen en la afasia de Broca, y que se han descrito anteriormente. Los errores en cálculo que presentan los pacientes de alexia espacial se verán al describir la acalculia espacial. Por tanto, a continuación se describen las alteraciones en cálculo de los pacientes de alexia pura (alexia sin agrafia) y de alexia central (alexia con agrafia).

a) en alexia pura (sin agrafia)

La alexia sin agrafia o alexia occipital se considera preferentemente un tipo de alexia verbal (alexia para las palabras) más que literal (alexia para las letras). Estos pacientes presentan más dificultades en la lectura de cifras de varios dígitos que en la lectura de dígitos simples. En la lectura de números muestran errores de descomposición (27 como 2 y 7) y de jerarquía (5 como 50), además leen mejor los primeros dígitos de la cifra, cometiendo omisiones de los dígitos de la derecha (5637 como 563). Frecuentemente, presentan incapacidad para realizar cálculos escritos, dificultades para alinear números y para realizar los mecanismos “llevarse”.

Hay que tener en cuenta que las operaciones de cálculo en forma escrita se realizan de derecha a izquierda, por lo que resultan especialmente complejas para estos pacientes, ya que suelen presentar serias dificultades para las exploraciones visuales así como para dirigir la atención hacia la derecha. Sin embargo, la habilidad para realizar operaciones aritméticas mentalmente está conservada.

b) en alexia central (alexia con agrafia)

La alexia temporo-parietal, alexia con agrafia, incluye incapacidad para leer números y otros símbolos, por ejemplo, notas musicales. Sin embargo, en la práctica clínica se observa que normalmente la lectura de letras y palabras está más dañada que la lectura de dígitos y cifras de varios dígitos. En ocasiones, el paciente es incapaz de decidir si un símbolo es una letra o un número. En general, las operaciones aritméticas escritas están afectadas, siendo la realización mental significativamente mejor.

Hay que decir que es difícil establecer las diferencias entre alexia y agrafia para los números y anaritmética, puesto que la alexia con agrafia y la acalculia primaria están asociados con un daño en el giro angular izquierdo (Brodman 39). Normalmente la alexia literal para los números y para los signos aritméticos está asociada con la alexia literal para las letras, con la agrafia y con la afasia.

4.- Acalculia Agráfica

Los trastornos en el cálculo pueden aparecer como consecuencia de una incapacidad para escribir cantidades, estas dificultades están asociadas con la agrafia.

En la agrafia no fluida, relacionada con la afasia de Broca, aparece una incapacidad para recodificar desde la forma verbal a la numérica, en la recodificación desde la forma numérica a la verbal se presentan omisiones gramaticales y de letras. Estos pacientes muestran dificultades para escribir secuencias de números, especialmente si es en orden inverso.

En la agrafia fluida, asociada a la afasia de Wernicke, los pacientes presentan dificultades para escribir números al dictado, debido a las dificultades para la comprensión oral, de manera que pueden llegar a escribir números totalmente diferentes (para 428 escribe 253). También presentan errores de tipo léxico (paragrafias verbales numéricas). En escritura

al dictado pueden cometer errores de fragmentación (25 como 20 y 5). Cuando escriben números frecuentes y/o significativos (por ejemplo, edad, año en curso, etc.) presentan menos dificultades, pero siguen apareciendo errores léxicos.

En la afasia de conducción también se observan errores agráficos en la escritura de números. El paciente parece incapaz de convertir el número que ha oído en una forma gráfica, aunque lo haya repetido para sí mismo.

5.- Acalculia Frontal

Los pacientes con daño frontal presentan dificultades particularmente en la ejecución de operaciones mentales, en los cálculos que implican operaciones sucesivas y en la resolución de problemas matemáticos.

Estos pacientes pueden cometer errores en las tareas de cálculo por distintas causas: debido a los problemas en la atención; como resultado de las perseveraciones; por la pérdida de los conceptos matemáticos complejos; y a causa de la incapacidad para establecer y aplicar una estrategia apropiada en la solución de un problema numérico.

6.- Acalculia Espacial

Suele aparecer en pacientes con daño en el hemisferio derecho, particularmente en el parietal, y correlaciona con frecuencia negligencia espacial (conocida como neglet), alexia y agrafia espacial así como dificultades construccionales y trastornos espaciales en general. Sin embargo, no suele asociarse con la afasia. Estos paciente suelen presentar más dificultades en los cálculos escritos que en los mentales. No suelen tener problemas para contar, para realizar operaciones mentales simples, ni para realizar cálculos que implican operaciones sucesivas.

En lectura de números, presentan errores de fragmentación debido a una neglet izquierda, por ejemplo, para 523 leen “veintitrés”. La lectura de números en los cuales la posición espacial es determinante suele estar afectada (para 1003 leen 103), también aparecen inversiones (confundir 32 por 23). En escritura de números, se observa el uso exclusivo del lado derecho de la página, e iteraciones de números, por ejemplo, para 227 escriben 222777, así como incapacidad para mantener la escritura recta, desorganización espacial y escritura superpuesta. En las tareas de recodificación presentan también errores de naturaleza espacial. En la realización de cálculos escritos, muestran incapacidad para situar los números en la posición correcta. También tienen dificultades para recordar las tablas de multiplicar, aunque no tienen problemas para reconocer sus errores.

C) Otras manifestaciones de la acalulia

La incapacidad para manipular símbolos numéricos y realizar operaciones de cálculo, se observa como síntoma en otras circunstancias al margen de las anteriormente expuestas.

► Demencias

La acalulia aparece con cierta frecuencia en los casos de demencia (P.e., Cipolotti, 1995; Noel y Seron, 1995; Sellal y Mohr, 1996), de manera que se ha demostrado una correlación positiva significativa entre los déficit en las habilidades numéricas y el grado de demencia, tanto en la demencia vascular como en la demencia tipo Alzheimer (Marterer et al., 1996). Además, en los pacientes de Alzheimer las habilidades numéricas se consideran un excelente predictor del funcionamiento cognitivo general, por lo que se ha propuesto que los trastornos de las habilidades aritméticas deberían incluirse como criterio para el diagnóstico de la enfermedad de Alzheimer (Rosselli, 1998).

► **Síndrome de Gerstmann**

Como se comentó anteriormente, la acalculia se presenta en ocasiones asociada con agnosia digital, desorientación derecha-izquierda y agrafia (Gerstmann, 1940), constituyendo el denominado síndrome de Gerstmann. Este síndrome suele aparecer de manera incompleta, o bien asociado a otros trastornos, especialmente afasia, alexia y trastornos perceptivos en general (Frederiks, 1985). De ahí que la existencia de este síndrome a veces, haya sido cuestionada en la literatura (Ardila, 2006).

En cualquier caso, la presencia de este síndrome, completo o no, está relacionada con lesiones en el parietal posterior izquierdo, concretamente en la circunvolución angular (Brodmann 39) por lo que algunos autores prefieren denominarlo síndrome angular (P.e., Benson, 1979; Strub y Geschwind, 1983). La evidencia empírica apoya el supuesto de que la lesión causante de este síndrome se localice en el giro angular izquierdo. Así se ha puesto de manifiesto tanto en estudios de estimulación cortical en sujetos sanos (Morris et al., 1984) como en estudios de pacientes con lesión angular (P.e., Ardila, Concha y Rosselli, 2000).

Como decíamos, el síndrome angular o de Gerstmann no suele aparecer completo, siendo el signo ausente el de la agrafia. Sin embargo, se ha observado que sí suele aparecer este síndrome asociado con la afasia semántica, de ahí que algunos autores propongan sustituir la agrafia por la afasia semántica, o al menos considerar ésta como el quinto signo del síndrome (P.e., Ardila, 2006; Ardila et al., 2000; Ardila, López y Solano, 1989).

De hecho, esta relación entre la afasia semántica y los trastornos del cálculo, no es algo nuevo, sino que ya había sido propuesta por Luria (1967/1974) al plantear que las lesiones parietal posterior izquierda y parietal-temporal-occipital causan apraxia espacial, agnosia, afasia semántica y acalculia, por lo que Luria (1967/1974) sugiere que algo subyacente a los trastornos espaciales, correlaciona con la afasia semántica y con dificultades para el cálculo.

En resumen, y de forma genérica, se puede decir que la acalculia puede presentarse de tres formas:

1. Aislada, es decir, sin otros trastornos asociados (P.e., Takayama et al., 1994), es lo que se suele denominar acalculia primaria o anaritmética.
2. Con otros trastornos neuropsicológicos, afasia, dislexia, agrafia, etc., esta es la considerada acalculia secundaria, entre la que también habría que incluir la acalculia presente en las demencias, aunque no se recoja de momento en las clasificaciones, principalmente en el caso de la Enfermedad de Alzheimer (P.e., Borges, García-Solís y Borrego, 1999; Dverne y Lemaire, 2005). Las alteraciones en el procesamiento numérico y cálculo también se han relacionado con el síndrome de Turner o de la X frágil (Mazzocco y McCloskey, 2005) así como con el trastorno de espina bífida (Barnes, Smith-Chant y Landry, 2005).
3. Y en tercer lugar, como parte del síndrome de Gerstmann, en cuyo caso aparece junto con agnosia digital, desorientación derecha-izquierda y agrafia (Gerstmann, 1940) aunque recientemente, este síndrome se ha relacionado con la afasia semántica (Ardila et al., 2000).

2.3.3. PRINCIPALES DISOCIACIONES EN PROCESAMIENTO NUMÉRICO Y CÁLCULO

En los últimos años, desde la Neuropsicología Cognitiva se han descrito casos de pacientes cuyas dificultades se centran en el procesamiento de los números. El estudio de estos pacientes ha aportado importante información acerca de los procesos implicados en la comprensión y producción de números, así como del cálculo.

La descripción de disociaciones se considera fundamental, preferiblemente de dobles disociaciones, ya que permite determinar qué proceso cognitivo puede dañarse dejando intacto otros, lo que implica que actúa de forma autónoma en el sistema cognitivo normal.

No hay que perder de vista que la finalidad de la neuropsicología cognitiva es conocer el funcionamiento del sistema cognitivo normal a partir de los datos que aporta el estudio del comportamiento alterado en pacientes que han sufrido una lesión cerebral. Esto obliga a utilizar una metodología basada en el estudio de casos, ya que es la única manera de conocer con detalle qué procesos cognitivos están asociados, es decir, que funcionalmente dependen de las mismas estructuras cerebrales, y cuáles están disociados, y por tanto, son independientes estructuralmente.

De ahí que la Neuropsicología Cognitiva se considere un método complementario y/o alternativo a la aproximación experimental clásica y además permite someter a prueba los modelos “normales” de procesamiento en su triple vertiente: comprobación, descubrimiento y falsación. Por ejemplo, si un modelo supone que el componente X realiza las tareas a y b , y se encuentra un paciente que realiza con normalidad a , pero es incapaz de realizar b (o su actuación en b es significativamente peor que en a) entonces se puede asegurar que X sólo es responsable de b . Esta evidencia permite al modelo matizar y perfilar sus postulados.

En este sentido, la Neuropsicología Cognitiva es una valiosa fuente de datos, constituyendo un método experimental casi “puro”, ya que estudia casos que podrían ciertamente calificarse como experimentos de la naturaleza. De esta forma nos proporciona información que no sería posible obtener de otra manera ya que este tipo de experimentos, obviamente, no son viables por cuestiones éticas.

Por otra parte, consideramos importante conocer los resultados que se han obtenido en trabajos anteriores, así una vez determinado cuál es el estado de la cuestión, plantear los

objetivos y las hipótesis de nuestro trabajo. En otras palabras, la revisión de los estudios previos sobre el tema es lo que permite tener un punto de partida firme a la hora de abordar el trabajo de investigación.

Las principales disociaciones (simples y dobles) descritas en la literatura son las que siguen a continuación.

2.3.3.1.- Procesamiento alfabético y numérico

Esta puede considerarse la más amplia de las disociaciones, ya que confirma la independencia de dos grandes bloques de conocimiento: el alfabético y el numérico. Esta doble disociación ha sido puesta de manifiesto consistentemente en estudios realizados con pacientes con trastornos neurológicos adquiridos.

Por una parte, se han descrito casos de procesamiento alfabético alterado y procesamiento numérico (arábigo) intacto. En 1882 Déjerine describe casos de pacientes de alexia, incapaces de leer material alfabético, ni notación musical, pero que sin embargo mantenían la habilidad para leer números arábigos e incluso para realizar cálculos escritos. Desde entonces, han sido numerosos los trabajos, tanto de caso único como de grupo, en los que pacientes de afasia y/o alexia mantenían la habilidad para comprender y/o producir números arábigos (P.e., Albert et al., 1973; Barbizet et al., 1967; Bonhoeffer, 1923; Cipelotti, Butterworth y Denes, 1991; Gardner, 1974; Goodglass et al., 1966; Hecaen, 1967; Hecaen et al., 1961; Hecaen y Kremin, 1976; Henschen, 1919, 1920; Hinshelwood, 1899).

En esta línea están los resultados de Grafman et al. (1989) que estudian el caso de un varón, JS, de 22 años que sufre un disparo de bala durante la guerra de Vietnam. Este paciente presenta una pérdida casi total del hemisferio izquierdo, excepto del lóbulo occipital, por lo que este caso ha sido denominado como de “hemisferectomía virtual izquierda”. En este

paciente está profundamente impedida la comprensión y producción del lenguaje hablado. No puede leer ni escribir; tampoco puede nombrar objetos. Sin embargo, es capaz de reconocer números arábigos, compararlos y estimar la cantidad de objetos que hay en un conjunto dado. Esto confirma que la identificación de dígitos y el procesamiento de la magnitud están disociados del procesamiento lingüístico, ya que en JS permanecen intactos.

Una disociación similar es descrita por Anderson, Damasio y Damasio (1990) en una paciente que, tras una pequeña lesión en la corteza premotora izquierda, queda incapacitada para leer y escribir. Cuando se le pide que escriba su propio nombre o una palabra, la paciente realiza garabatos ininteligibles. Sin embargo, puede leer y escribir números arábigos correctamente, y resolver problemas de aritmética complejos con una caligrafía correcta, como antes de la lesión.

En este sentido, Borges et al. (1999) informan del caso de un paciente que presenta trastornos en las habilidades lingüísticas (agrafia, alexia y anomia) pero que sin embargo, es capaz de reconocer y reproducir correctamente los dígitos. Las alteraciones en la escritura aparecen en escritura espontánea, en copiado y dictado. En cuanto a los trastornos de la lectura, el paciente presenta alteraciones en la identificación y lectura de letras y palabras. Para leer una frase primero pronuncia cada una de las sílabas en voz alta. Respecto al habla, tiene grandes dificultades para encontrar la palabra apropiada por lo que recurre a circunlocuciones como “aquello que dije antes” y a expresiones del tipo “creo que” o “es decir”. En resumen, el paciente presenta una disociación entre habilidades lingüísticas y numéricas, porque mientras que tiene dificultades para leer letras y palabras así como para escribirlas, puede reconocer y reproducir dígitos.

Esta disociación entre el procesamiento alfabético y numérico puede observarse tanto a nivel de comprensión como de producción. En comprensión, McCloskey et al. (1985, 1986) describen el caso de HY, que realiza correctamente tareas de comparación numérica, lo que

implica que la comprensión de números arábigos está intacta. Sin embargo, el paciente en tareas de comparación de números presentados en forma visualmente verbal (escritos con palabras) responde aleatoriamente, por el déficit de HY afecta a la comprensión de números en forma verbal.

En cuanto a nivel de producción son más abundantes los casos descritos. McCloskey et al. (1985) señalan que Berger en 1926, observa los casos de dos pacientes que ponen de manifiesto una doble disociación entre producción arábica y producción verbal. Ante un problema de aritmética simple, uno de los pacientes (P1) responde correctamente en forma oral (verbal) pero falla al escribir la respuesta en forma arábica; por ejemplo, se le pide que resuelva 10×5 , el paciente dice “fifty” (50) pero escribe “32”. Por el contrario, el otro paciente (P2) escribe la respuesta correcta en forma arábica, pero la pronuncia erróneamente; por ejemplo, para $24 \div 6$ el paciente escribe “4” pero dice “two” (dos). Este último paciente además muestra una disociación para los números verbales entre producción y comprensión, ya que escribe la respuesta correcta a problemas presentados auditivamente, lo que implica que la comprensión verbal está intacta, y el déficit afecta sólo a la producción verbal.

En esta línea están los resultados de la paciente AT (McCloskey y Caramazza, 1987) que muestra una buena ejecución cuando se le presenta un número escrito en forma verbal y se le pide que lo escriba en forma arábica. Sin embargo, presenta severas dificultades para leer en voz alta números escritos tanto en forma verbal como arábica (20% de errores). Por ejemplo, se le presenta el estímulo “three hundred fifty-seven” y se le pide que lo escriba en forma arábica, y la paciente escribe correctamente “357”, sin embargo lo lee como “four hundred fifty-nine” (459). Por tanto, esta paciente es capaz de recodificar números de forma verbal a arábica y sin embargo, no es capaz de leer un número escrito ni en forma arábica ni verbal. Cuando se le presentan números escritos en forma verbal para que los escriba en arábigo la realización es correcta, lo que indica que su habilidad para producir numerales arábigos está intacta, así como la comprensión de números escritos en forma verbal, por tanto,

los errores en lectura no pueden atribuirse a un impedimento en la comprensión de estímulos verbales escritos, sino más bien a un déficit en la producción de respuestas orales. Por tanto, esta paciente muestra una disociación entre la producción de números arábigos (intacta) y la producción de números verbales a nivel oral (impedida), en otras palabras, presenta una disociación a nivel de producción entre los números arábigos y los verbales.

Por otro lado, se han descrito casos inversos a los que venimos comentando, es decir, pacientes que conservan intacto el procesamiento alfabético pero que tienen alterado el procesamiento numérico arábigo. Este patrón inverso, es decir, mantener la capacidad para procesar material alfabético pero no numérico, también ha sido ampliamente documentado (P.e., Bastian, 1898; citado por Grewel, 1969; Hecaen et al., 1961; Henschen, 1919, 1920).

Más reciente es el caso de un paciente de hemiatención (neglect), BAL, estudiado por Cipolotti, Warrington y Butterworth (1995) que puede leer letras, palabras y palabras de números, pero no números escritos en forma arábigo. El paciente presenta una dificultad específica para producir numerales en forma verbal cuando se le presentan en forma arábigo, es decir, para recodificar de arábigo a verbal. Este problema se pone de manifiesto en la lectura en voz alta de dígitos simples, así como al responder oralmente a operaciones aritméticas presentadas en forma arábigo. No presenta evidencias de alteraciones en la comprensión, ya que realiza correctamente varias tareas de comprensión en forma arábigo (comparación numérica, seriación, etc.). El paciente no presenta dificultades en el funcionamiento de los mecanismos de producción de numerales en forma verbal. Cipolotti et al. (1995) interpretan estos resultados como evidencia de que el acceso a la forma verbal del número es, al menos parcialmente, independiente del acceso a la representación interna del número en forma arábigo.

Esta doble disociación es también confirmada por el paciente SF (Cipolotti, 1995) que sufre de demencia, probablemente tipo Alzheimer. Este paciente presenta dificultades en la

lectura en voz alta de números en forma arábica pero dispone de habilidad para leer material alfabético, incluso palabras de números, es capaz de responder a preguntas sobre el conocimiento de los números y realiza estimaciones cognitivas correctamente en forma verbal, pero su ejecución es deficitaria en la lectura de los números arábigos. Por tanto, el paciente presenta alteraciones severas en lectura en voz alta de números pero no tiene dificultad para leer en voz alta material alfabético.

Resultados similares obtienen Delazer y Girelli (1997) en el estudio del caso de un paciente de afasia y alexia, ZA, en el que también se observa una disociación entre el procesamiento en notación arábica y alfabética. El paciente muestra graves problemas en lectura de ambos tipos de estímulos, numéricos y alfabéticos, pero las dificultades en lectura de estímulos numéricos dependen del tipo de notación, la lectura en notación alfabética (nombres de números) está mejor preservada que la lectura en notación arábica. Después de 3 años, se observa una mejora significativa en la lectura de estímulos alfabéticos, tanto de palabras, no palabras como de palabras de números, pero no en la de estímulos arábigos. Para Delazer y Girelli (1997) la mejoría en la lectura de nombres de números se explica en función de la mejora en la lectura alfabética en general y en el funcionamiento de las rutinas subléxicas de la lectura, las cuales sustentan la lectura de palabras de números, pero no la de números arábigos.

En esta línea están los resultados del paciente HP (Mayer et al., 1999) que está considerado como un caso puro de síndrome de Gerstmann. Este paciente mantiene la habilidad para realizar todas las tareas numéricas que requieren procesamiento alfabético, en concreto, leer y escribir nombres de números, pero tiene impedido el sistema de procesamiento arábigo, tanto la comprensión como la producción. Además, es incapaz de contar, por lo que podría estar relacionado con el efecto SNARC (Dehaene, 1992; Dehaene et al., 1990, 1993) comentado anteriormente, es decir, podría deberse a dificultades en la representación espacial de los números.

La doble disociación, a nivel de producción, se completa con el caso del paciente K (McCloskey et al., 1985), cuyo déficit afecta al procesamiento numérico en forma arábica estando intacto para los números en forma verbal. Este paciente realiza correctamente tareas de comparación mayor-menor de números escritos en forma verbal, pero cuando los estímulos se le presentan en forma arábica comete un 33% de errores.

Por tanto, la evidencia empírica pone de manifiesto que los mecanismos para el procesamiento de los números en forma arábica son diferentes a los mecanismos para el procesamiento de los números en forma verbal, tanto a nivel de comprensión como de producción.

2.3.3.2.- Producción y comprensión, oral y escrita

Por un lado, se han descrito casos de pacientes que conservan intacta la comprensión, pero que tienen alterada la producción. Singer y Low, en 1933 describen el caso de un paciente con daño cerebral debido a una intoxicación de monóxido de carbono. La comprensión de números arábigos de este paciente está conservada, por ejemplo, es perfectamente capaz de seleccionar el mayor de dos números arábigos dados, así como de elegir de una lista el número que se le dicta. Sin embargo, es incapaz de escribir números al dictado mayores de 100; los errores que comete ponen de manifiesto un déficit para producir respuestas en forma arábica, pero no en la comprensión de estímulos dictados (McCloskey, 1992).

Por otra parte, Benson y Denckla (1969) estudian el caso de un paciente con daño cerebral en el hemisferio izquierdo. Este paciente comprende los números tanto en forma oral como escrita, pero no los produce ni en forma oral ni escrita. Cuando se le presentan problemas de aritmética simple (por ejemplo, $4+5$, ó $372+69$) en forma visual arábica u oralmente, el paciente consistentemente elige la respuesta correcta de una lista de números arábigos.

Este resultado implica que mantiene la habilidad para comprender numerales arábigos en problemas con estímulos escritos, así como la habilidad para comprender numerales en forma verbal presentados oralmente. Además, el paciente es capaz de señalar con el dedo el número arábigo correcto cuando se le dicta un número, lo que de nuevo sugiere que la comprensión arábigo y oral (verbal) de numerales está intacta. Sin embargo, en tareas que requieren una producción de números arábigos o una producción oral de numerales el paciente está severamente impedido. Cuando se le pide que diga o escriba la respuesta a problemas aritméticos simples, sus respuestas son sistemáticamente erróneas. Por ejemplo, para el problema “4+5” dice “eight” (8) y escribe “5”, pero sin embargo elige “9” de una lista. El paciente presenta buenos resultados en problemas de aritmética donde se le presentan opciones para que elija la correcta. Los errores en los problemas que requieren escribir o pronunciar las respuestas, reflejan un impedimento en producción y no para comprender los estímulos ni en la recuperación de los datos aritméticos. En consonancia con esto, el paciente comete frecuentes errores cuando se le pide que escriba numerales arábigos al dictado y cuando se le pide que lea en voz alta números arábigos. Por ejemplo, al estímulo “two hundred twenty-one” (221) responde “215”. La comprensión numérica parece estar intacta. Los errores en lectura y escritura de numerales es poco probable que se deban a dificultades en la comprensión de los estímulos verbales orales (tarea de escritura al dictado) o de los estímulos arábigos (tarea de lectura); más bien los errores se deben a déficits en la producción de números arábigos y en la pronunciación de numerales. Por tanto, el paciente muestra una disociación entre comprensión (intacta) y producción (impedida) tanto para los números en forma arábigo como en forma verbal (tanto oral como escrita), con lo que apoya el supuesto de que la comprensión numérica y los mecanismos de producción numérica son funcional y estructuralmente distintos.

En esta misma línea están los resultados obtenidos con el paciente JS (Sokol y McCloskey, 1988) que realiza adecuadamente las tareas de comprensión de números arábigos, pero que tiene severas dificultades en las tareas de producción numérica, tanto de forma oral

como escrita, lo que pone de manifiesto un déficit específico en los procesos de producción verbal, ya que la comprensión de estímulos arábigos está intacta.

Esta disociación en el procesamiento de números arábigos entre comprensión y producción, es también confirmada con los resultados del paciente VO (McCloskey et al., 1985; McCloskey y Caramazza, 1987). La realización del paciente en las pruebas de comprensión numérica es correcta, tanto en forma verbal como arábica, sin embargo, cuando se le presenta un número escrito verbalmente y se le pide que lo escriba en forma arábica el paciente muestra graves impedimentos. Por ejemplo, se le presenta el estímulo “seven thousand forty” (7.040) y escribe “700040”. La realización normal en tareas de comprensión numérica en forma verbal permite descartar un déficit a nivel de comprensión, y sugiere más bien una dificultad para recodificar el número desde la forma verbal escrita a la forma arábica debido a un déficit en la producción de respuestas arábigas. Por tanto, este caso pone de nuevo de manifiesto la disociación entre comprensión (intacta) y producción (impedida).

Una disociación similar entre comprensión y producción de números arábigos, presenta el paciente HY (McCloskey et al., 1986). Este paciente realiza correctamente las tareas de comprensión numérica en forma arábica, no verbal como vimos anteriormente, sin embargo, presenta limitaciones en los procesos de producción, en concreto, tiene grandes dificultades en la lectura en voz alta de números arábigos, por ejemplo, lee 1 como “two” (dos) y 12 como “seventeen” (diecisiete), normalmente sustituye un número por otro; sin embargo, escribe números en notación arábica sin dificultad, por ejemplo, aunque dice “two times five is thirteen” (dos veces cinco son trece) siempre escribe correctamente $2 \times 5 = 10$. Por tanto, se puede decir que el paciente tiene preservada la memoria para las tablas de multiplicar, porque sólo falla cuando tiene que pronunciar el resultado. El déficit afectaría sólo a los procesos de producción oral, no a los escritos.

Por otro lado, Noel y Seron (1995) estudian el caso de LR que padece de demencia probablemente tipo Alzheimer. El paciente presenta déficits en memoria a corto y largo plazo y algunas dificultades en el lenguaje, perseveraciones en producción oral y dificultades en tareas de denominación de objetos, pero leyendo la ejecución es normal aunque comete algunos errores en escritura. En la recodificación de numerales también tiene problemas, principalmente en aquellos que requieren la producción de un número arábigo desde la forma verbal, ya sea verbal escrito o hablado (50% y 33% de error, respectivamente). En ambas tareas los errores son en parte de lexicalización, por ejemplo, “three thousand seven hundred and one” (3.701) es recodificado como “3000701”.

De acuerdo con Seron y Noel (1995) esta dificultad podría deberse a un déficit en los componentes de la comprensión numeral, en las representaciones abstractas internas, o en los componentes de producción numeral. Para determinar en cuál de estos componentes radica el problema se le aplican diversas pruebas específicas. El paciente comete 1 error de 30 ítems cuando se le pide que seleccione fichas correspondientes a una cantidad expresada por un numeral verbal dado. Se observan 2 errores de 30 ítems cuando se le pide que diga cuantos cientos contiene un numeral verbal, y 2 errores de 30 ítems en tareas de comparación de magnitud.

Estos resultados indican que el paciente no tiene problemas en la comprensión de números verbales y que el déficit en recodificación podría localizarse a nivel de producción de numerales arábigos. Con ello se confirma la disociación entre comprensión y producción numérica.

Un patrón similar es el que presenta el paciente SAM (Cipolotti y Butterworth, 1995) cuyos procesos de comprensión numérica están intactos, mientras que algunos procesos de producción están alterados, en concreto la lectura en voz alta, tanto desde forma verbal como arábigo.

También confirma este patrón de ejecución el paciente YM (Cohen y Dehaene, 1991), considerado un caso de neglect para los números. Este paciente, al que se le había practicado una lobotomía del temporal izquierdo para extirparle un tumor maligno, presenta afasia anómica, dificultades en lectura, y una leve incapacidad en comprensión oral. En lectura en voz alta de números arábigos, YM presenta una tasa de error del 22%, de estos errores el 87% son errores de sustitución léxica. Comete errores con dígitos visualmente parecidos. Cuando se le presentan los números horizontalmente suele fallar más en los que se sitúan en la parte izquierda debido a la neglect. Esta tendencia desaparece cuando se le presentan los estímulos verticalmente.

La comprensión numérica del paciente parece estar intacta, ya que es capaz de realizar comparaciones mayor-menor correctamente con numerales de longitud 1 hasta 4 cifras. Cuando lee estos mismos números la tasa de error es del 43,1%. Por tanto, en este paciente se observa una alteración en el componente de producción estando intacta la comprensión.

Por último, este patrón también lo confirma el paciente NAU (Dehaene y Cohen, 1991) que ha perdido toda la precisión en el conocimiento numérico y todas las habilidades para el cálculo, sin embargo realiza comparaciones con cifras de 1 y 2 dígitos correctamente incluso con estímulo que no consigue leer en voz alta.

El patrón de ejecución inverso al que venimos tratando, también ha sido documentado, es decir, en la literatura se describen casos de pacientes con lesión cerebral adquirida en los que la comprensión numérica está alterada, pero la producción de números se conserva intacta. Es el caso del paciente MAR (Dehaene y Cohen, 1997) que presenta una lesión en la parte inferior del área parietal derecha, en el giro angular (área de Brodmann 39), pero es zurdo. Este paciente mantiene intactos los procesos de producción numérica ya que puede leer en voz alta números arábigos y escribirlos al dictado, además es capaz de transformar numerales de una notación a otra, es decir, puede recodificar, por ejemplo, “2” en “dos”.

Sin embargo, la comprensión numérica del paciente está severamente dañada, así lo pone de manifiesto el hecho de que por una parte, no entiende los números que lee y por otro lado, todos los resultados en las tareas de comprensión numérica (tarea de comparación numérica, de proximidad y de bisección) son erróneos.

En cuanto al cálculo, MAR presenta una disociación entre operaciones que veremos más adelante, por el momento comentar que presenta dificultades en la resta mientras que preserva la multiplicación.

2.3.3.3.-Procesos léxicos y sintácticos, en la producción de números arábigos

Recordar que en el procesamiento numérico se entiende por léxico el procesamiento de los dígitos de manera aislada, mientras que lo sintáctico hace referencia a las relaciones entre los dígitos que forman un numeral. Entre estos procesos, léxicos y sintácticos, se observa una doble disociación. Por una parte, se han descrito casos de pacientes que después de la lesión cerebral presentan alterados los procesos sintácticos, pero conservan los procesos léxicos intactos.

Entre estos casos está el estudiado por Singer y Low en 1933, que vimos anteriormente, y en que las realizaciones del paciente en producción de números arábigos pone de manifiesto esta disociación, ya que el procesamiento léxico lo conserva intacto pero el procesamiento sintáctico está alterado. El paciente escribe números arábigos al dictado correctamente para numerales de 1 y 2 dígitos. Para numerales mayores, en particular dígitos sin cero, las respuestas son correctas, pero van aumentando los errores a medida que aumenta la magnitud del número. Por ejemplo, “two hundred forty-two” (242) lo escribe como “20042”, y “two thousand five hundred” (2.500) como “2000500”.

Estos resultados aparentemente no se deben a una dificultad en la comprensión de estímulos dictados, ya que el paciente siempre realiza correctamente tareas de comparación numérica en forma oral, y es capaz de seleccionar de una lista el numeral arábigo que se empareja con un número pronunciado.

Por lo tanto, los errores en dictado aparentemente reflejan un déficit en la producción de numerales arábigos, y más específicamente en el procesamiento sintáctico. La buena realización para numerales de 1 y 2 dígitos y la consistente corrección en producción con grandes numerales (sin ceros) sugieren que los mecanismos del procesamiento léxico para la producción de números arábigos están intactos; para cada cantidad, sin ceros, el paciente es capaz de recuperar la representación apropiada del número. Sin embargo, los procesos sintácticos están alterados, ya que el paciente es incapaz de ordenar los dígitos en la posición adecuada y combinarlos apropiadamente para producir el número arábigo de forma correcta.

Un patrón de errores similar presenta el paciente VO (McCloskey y Caramazza, 1987; McCloskey et al., 1985). En este paciente la comprensión numérica permanece intacta, tanto en forma arábigo como verbal, pero comete errores sintácticos en producción arábigo.

Por otro lado, la doble disociación se completa con los casos en los que los procesos sintácticos se conservan intactos pero los léxicos están alterados.

Por ejemplo, el paciente estudiado por Benson y Denckla (1969) comentado anteriormente, presenta un déficit en la producción numérica debido a errores de tipo léxico pero no sintáctico. Las ejecuciones de este paciente sugieren un déficit en la capacidad de producir los elementos aislados de un número (por ejemplo, un dígito como 4, o una palabra de un número como *tres*) pero mantiene la habilidad para configurar los distintos elementos en una forma numérica sintácticamente correcta, aunque la respuesta sea errónea, evidentemente por sus problemas léxicos.

Por otro lado, el paciente JT (Cuetos y Miera, 1998) también presenta una disociación en la producción de numerales arábigos entre los procesos léxicos y sintácticos. En este paciente se observan dificultades en los procesos de producción escrita de números arábigos, principalmente de tipo léxico. Sin embargo, no tiene problemas léxicos en otras modalidades de producción, lo que lleva a pensar que esta deficiencia es específica para los numerales arábigos. En cuanto a la producción escrita, JT comete errores principalmente sintácticos al escribir números usando palabras, lo que indica que tiene problemas para recuperar las reglas de escritura de números. Parece posible que estas reglas sean específicas para la escritura de números en forma verbal, ya que este tipo de errores no aparece en la escritura de numerales arábigos o en la producción oral de números. Otro problema que aparece en la escritura de números en forma verbal es la confusión de grafemas. Esta dificultad aparece en la última fase léxica, lo que Ellis (1982) denomina “recuperación alográfica en escritura” y puede aparecer en producción escrita de palabras, no palabras o números en forma verbal. En el estudio de Cuetos y Miera (1998) aparecen diferencias estadísticamente significativas entre producción verbal y escrita y entre producción verbal y arábica. En este caso, los tipos de errores ponen de manifiesto la existencia de dos importantes disociaciones: en producción arábica, entre los procesos léxico y sintáctico, y otra entre producción verbal y escrita a nivel léxico. Las principales disociaciones son entre los procesos léxico y sintáctico en producción arábica y entre producción verbal oral y verbal escrita a nivel léxico.

Por último, el paciente RR (McCloskey y Caramazza, 1987; McCloskey et al., 1985) presenta una alteración de tipo léxico en la producción verbal de números, mientras que sus respuestas son sintácticamente correctas.

2.3.3.4.- Rutas de lectura de números: semántica y no semántica

Cohen y Dehaene (1995) estudian las habilidades de procesamiento numérico en dos pacientes que sufren de alexia pura. En ambos casos el lugar de la lesión es similar y afecta

a la región inferior-medial occipito-parietal izquierda. Estos pacientes presentan las siguientes características:

- La lectura de palabras está severamente impedida, aunque sin límite de tiempo ambos pacientes consiguen suponer la identidad de la palabra del número (deletreada) con una exactitud del 80-90% mediante la identificación de la letra inicial.

- La lectura de numerales de varios dígitos está también severamente impedida (67-80% de errores). La inmensa mayoría de errores se producen en la identificación de los dígitos. No obstante, el output es siempre una cadena de palabras gramaticalmente correcta. Dehaene y Cohen (1995) explican esto aludiendo a que el sistema verbal está intacto, pero no recibe la información apropiada sobre la identidad de los dígitos desde la forma visual del número, ya que está dañada. Incluso en la lectura de dígitos simples presentan errores (8-18%), aunque el índice de error es obviamente más bajo que con números de varios dígitos. Dehaene y Cohen (1991) afirman que la ruta semántica puede transmitir alguna información hacia el sistema verbal sobre dígitos simples, los cuales son estímulos de alta familiaridad, pero no sobre números de varios dígitos.

- Los pacientes pueden seleccionar el mayor de dos números arábigos que no han conseguido leer en voz alta. No cometen errores en comparar números de dos cifras, mientras que la tasa de error cuando leen esos mismos números en voz alta está próxima al 90%. Los autores lo explican por el hecho de que las áreas de identificación visual de sus hemisferios derechos (intacta) pueden comunicarse con la representación de la magnitud necesaria para la comparación numérica, pero las identidades de los dígitos no pueden ser transmitidas al sistema verbal, por lo que no pueden nombrar ya que las áreas de identificación visual del hemisferio izquierdo, las cuales normalmente proporcionan información al sistema verbal, están lesionadas (Dehaene y Cohen, 1995).

Por otra parte, ambos pacientes comenten numerosos errores en cálculos con números arábigos. Por ejemplo, cuando suman dos números arábigos (los cuales comparan correctamente) los pacientes comenten un 70% y 62,5% de errores, respectivamente. Este impedimento es debido a errores en la identificación de los operandos y no a la falta del procedimiento de la suma, ya que la realización de la suma es correcta cuando los mismos pares de dígitos son presentados de forma auditiva. Además, cuando los pacientes ocasionalmente leen mal en voz alta los dígitos, normalmente producen un resultado coherente con lo que han leído. Por ejemplo, cuando se les presenta el par “2 3”, uno de los pacientes dice “six and three makes nine” (seis y tres, nueve). Esto pone de manifiesto que los procedimientos de recuperación de datos aritméticos están intactos, los cuales requieren que los inputs estén codificados verbalmente, pero no les llega la información de la identidad del dígito correctamente debido a que la forma visual del número está dañada (Dehaene y Cohen, 1995).

Además, las pruebas realizadas a estos pacientes ponen de manifiesto un importante efecto de las demandas de la tarea sobre la ejecución en lectura. Cuando se les pide a los pacientes que lean en el contexto de una tarea de comparación (“lee en voz alta estos dos dígitos y dime cual de ellos es mayor?”), no sólo realizan correctamente la comparación, sino que la lectura mejora (10% y 15% de errores). Por el contrario, cuando se les pide a los pacientes que lean en el contexto de una tarea de cálculo (“lee en voz alta estos dos dígitos y sumalos”), la realización en lectura se deteriora significativamente (31% y 45% de errores).

Por tanto, estos resultados sugieren que la selección de la vía de lectura puede estar influida por las instrucciones de la demanda de la tarea (esto mismo plantea Cipolotti, 1995). Una tarea de comparación predispone al paciente a usar la vía semántica (intacta), mientras que una tarea de cálculo predispone a usar la ruta directa (impedida) de la forma numérica del hemisferio izquierdo.

De acuerdo con Dehaene y Cohen (1995) habría que considerar los problemas que estas observaciones presentan para los modelos de procesamiento numérico que no toman en cuenta el conocimiento de la distribución anatómica de las rutas en los dos hemisferios. En tales modelos, por ejemplo el de McCloskey (1992) el hecho de que ambos pacientes puedan comparar números arábigos implicaría que la comprensión de los números arábigos está preservada. Los errores en lectura y en cálculo con números arábigos deberían ser atribuidos a procesos independientes de la comprensión de estímulos, como el cálculo o los procedimientos de producción. Sin embargo, la ejecución perfecta en cálculo oral con operandos presentados de forma auditiva es totalmente inconsistente con esta postura. En cambio, los datos implican la existencia de dos procesos de identificación visual distintos que contribuyen diferencialmente a las tareas de lectura, comparación y cálculo. Por consiguiente, el hecho de que en un paciente permanezca intacta la habilidad para comparar números arábigos no quiere decir que se mantenga la comprensión en la realización de todas las tareas, al contrario de lo que tradicionalmente se ha postulado por McCloskey et al. (1985), sino que como afirman Campbell y Clark (1988) la “comprensión” no puede ser evaluada independientemente de la tarea a realizar por el sujeto. Por lo tanto, deberían utilizarse varias tareas convergentes para probar que las formas visuales tanto derecha como izquierda están intactas (Dehaene y Cohen, 1995).

2.3.3.5.- Lectura de números y aplicación de reglas gramaticales

El paciente HY (McCloskey et al., 1986) completa junto con el paciente JE (McCloskey et al., 1986) una doble disociación entre la lectura de números arábigos y la aplicación de las reglas gramaticales en la escritura de números. Como ya se ha comentado, HY presenta severos impedimentos para leer números en forma arábica, y con frecuencia comete errores de sustitución, sin embargo, no tiene dificultad en descomponer los números en centenas, decenas y unidades. Por ejemplo, lee el número 681 como “six hundred fifty-one” (seiscientos cincuenta y uno) por lo que la estructura gramatical de la secuencia es correcta.

Sin embargo, el paciente JE no sustituye la palabra de un número por la de otro, pero la estructura gramatical la tiene impedida, es decir, reconoce los dígitos individualmente, pero no mantiene el orden adecuado de unidades, decenas, centenas, etc.

2.3.3.6.- Conocimiento numérico léxico y la representación de la cantidad

En primer lugar, hay que hacer una distinción entre el conocimiento numérico de carácter enciclopédico y/o autobiográfico y la representación de la cantidad. En este sentido conviene tener en cuenta que los números arábigos pueden transmitir considerable información además de la magnitud exacta o aproximada. Por ejemplo, los sujetos franceses saben que 1789 es una fecha famosa, que 1664 es una marca de cerveza, etc. Es decir, algunos números tienen múltiples significados. Si tomamos un número de forma aleatoria, por ejemplo 4.523, este número tiene como referente un único concepto: la cantidad que representa. Sin embargo, otros números además de representar una cantidad tienen otro significado, es decir, son capaces de evocar o transmitir otras ideas como fechas (1789), marcas comerciales (501), etc. (Cohen et al., 1994; Dehaene, 1997; Seron y Noel, 1995).

Todos los números son símbolos y como tales tienen un significante y al menos, un significado, que siempre es una cantidad, por lo que se considera que este conocimiento numérico es de carácter cuantitativo. Pero al igual que sucede con las palabras homónimas, un mismo número (significante) puede tener varios significados, es decir, evocar ideas no relativas a cantidades. Estos otros significados de los números no son cantidades, por lo que se considera que es un conocimiento numérico de carácter no-cuantitativo, de ahí que a estos otros significados de los números se les denomine conocimiento numérico cualitativo o léxico (Salguero, Lorca y Alameda, 2004).

Pues bien, existe evidencia empírica que ha puesto de manifiesto que estos otros significados de los números son, al menos en parte, dissociables de la cantidad que representa el número.

Por una parte, se han descrito casos en los que el conocimiento numérico léxico, de carácter enciclopédico y/o autobiográfico, se conserva intacto mientras que la representación de la magnitud está alterada. El paciente MAR (Dehaene y Cohen, 1997), comentado anteriormente, presenta este patrón, ya que a pesar de haber perdido todo el sentido numérico debido a una lesión en el giro angular, mantiene intacto el conocimiento numérico de carácter enciclopédico. Así lo pone de manifiesto el hecho de que hable durante horas de los sucesos que ocurrieron en 1789 ó 1815, también es capaz de narrar la historia del hospital en el que se encuentra incluyendo detalles numéricos. Pero MAR es incapaz de realizar tareas de comparación numérica mayor-menor, por ejemplo, afirma que 5 es mayor que 6, pero sin embargo el número 5 evoca en él un sentimiento religioso con referencia a los “cinco pilares del Islam” (Dehaene, 1997).

También el paciente SF (Cipolotti, 1995), comentado anteriormente, presenta una disociación en este sentido, ya que es capaz de responder a preguntas sobre el conocimiento de los números, a pesar de que no puede leerlos. Con lo que evidencia la independencia entre el conocimiento numérico cualitativo y otros aspectos del procesamiento numérico, en este caso la lectura.

Por otra parte, también se ha observado que el conocimiento numérico léxico puede facilitar el acceso a la representación del número. Estos casos no se pueden considerar disociaciones en sentido estricto, porque en ellos se conserva la representación cuantitativa del número, pero sí ponen en evidencia que el significado cualitativo del número puede producir un efecto de facilitación semántica. Esta facilitación ha sido descrita en la literatura en casos como los siguientes:

1º) Paciente CT estudiado por Cohen et al. (1994), presenta dislexia profunda a consecuencia de una lesión cerebral, como confirman varias pruebas de lectura de palabras y de no palabras. Las principales características del déficit se refieren a los numerales arábigos. El paciente CT realiza correctamente tareas de comparación de números de uno y dos dígitos, también puede realizar sumas sencillas escritas, aunque muy despacio, no se descarta que utilice estrategias de conteo. Por lo tanto, la identificación de números arábigos y la comprensión de magnitudes se puede decir que están preservadas. Sin embargo, CT presenta graves dificultades en la lectura en voz alta de números arábigos. Con numerales arábigos sencillos (los cuales corresponden a palabras de unidades o decenas simples) suele recurrir, con cierto éxito, a una estrategia para nombrar por medio de contar.

El paciente es también incapaz de leer en voz alta no palabras y números no familiares, mientras que su ejecución es significativamente mejor con palabras reales y con numerales arábigos familiares como fechas representativas o marcas de coches. En los casos de números familiares y palabras, produce errores cualitativamente similares, así como con números no familiares y no palabras. La dificultad para leer números arábigos es mucho más pronunciada con los números no familiares que con los familiares.

En este punto, hay que tener en cuenta que la familiaridad y la frecuencia de uso comparten la misma interpretación teórica, únicamente se trata de un procedimiento de operacionalización diferente, en cualquier caso las distintas estimaciones de frecuencia están altamente correlacionadas; Vega et al. (1990) cuantifican esta correlación en 0.81 (para las palabras). Por lo tanto, el concepto de frecuencia es equiparable al de familiaridad (al menos en los valores medios y altos), pero la frecuencia o familiaridad de un número no siempre implica que exista un concepto asociado al número. Por ejemplo, en español, la frecuencia del número 600 no es alta y sin embargo a este número se le asocia el concepto “seat”.

Volviendo al caso del paciente CT, que de dos listas de 52 números cada una, emparejadas en complejidad sintáctica y número de dígitos pero diferentes en familiaridad (una de ellas estaba formada por números familiares, tales como fechas históricas, modelos de coches, etc.), lee correctamente 24 números de la lista familiar y sólo 10 de la no-familiar. Además, con la mayor parte de los números familiares, incluidos los que no conseguía leer, hacía algún comentario que indicaba un acceso al significado, y en algunos casos, cometía errores que se podrían considerar semánticos. Así, para el 1789 decía “me hace pensar en la toma de la Bastilla... pero ¿qué?”, para el 1918 decía “el fin de la Primera Guerra Mundial...1940” o para el 504 decía “fue mi primer coche, comienza con P... Peugeot, Renault.... es Peugeot... 403.... no, 500... 504”. En algunos casos, comete errores semánticos, por ejemplo, asocia correctamente 1918 con el final de la Primera Guerra Mundial, pero dice “1940”.

Hay que señalar que CT padece dislexia profunda en la lectura de palabras, y que realiza aproximaciones semánticas similares y errores semánticos cuando lee palabras de alta frecuencia y palabras imaginables. Por tanto, se confirma que en pacientes de dislexia profunda, la ruta directa de arábigo a verbal estaría dañada y las rutas semánticas funcionarían sólo con los números familiares cuyos significados están almacenados en la memoria.

2º) Un caso de facilitación semántica similar se observa en el paciente ZA (Delazer y Girelli, 1997). Este paciente muestra un consistente efecto de facilitación semántica en la producción de números verbales en tareas que requieren un conocimiento enciclopédico de los números, que no aparece en otro tipo de tareas como la lectura. Es decir, la verbalización de números es significativamente mejor en tareas semánticas y en tareas de recodificación que en tareas de lectura (no semántica). Mientras que la producción oral de números como respuesta a cálculos (suma y multiplicación) no difiere del rendimiento en tareas de lectura.

En el estudio de Delazer y Girelli (1997) se le pide al paciente que realice tres tipos de tareas que requieren un acceso al significado del número, y por lo tanto pueden considerarse “tareas semánticas”. Sin embargo, según las autoras, los significados implicados en las tareas son claramente de distinta naturaleza, y por consiguiente, es posible que tengan diferentes efectos de facilitación. Los tipos de tareas son los siguientes:

- a) Tareas de recodificación de puntos; requieren que el sujeto acceda a la cantidad.
- b) Tareas de cálculo; requieren la manipulación de valores cardinales.
- c) Tareas de conocimiento enciclopédico; requieren la recuperación de fechas, medidas o etiquetas numéricas.

Los resultados obtenidos por Delazer y Girelli (1997) ponen de manifiesto un efecto de facilitación en la producción verbal numérica de ZA en tareas que requieren un conocimiento enciclopédico y en tareas en las que las cantidades tienen que ser evaluadas, pero no en tareas de cálculo. El paciente es capaz de responder a preguntas relativas a fechas famosas o a sucesos de su propia vida, también es capaz de leer números arábigos después de haber sido entrenado para asociar cada numeral con un significado antes de leerlo en voz alta. La ejecución es significativamente peor cuando no se le dan instrucciones y se le presentan los mismos números pero mezclados con otros (distractores).

Una posible explicación de la mejor ejecución en tareas de conocimiento enciclopédico podría ser que el conocimiento numérico de carácter enciclopédico esté siempre unido al conocimiento semántico general. Por otra parte, las respuestas a cálculos son más abstractas y no están unidas al conocimiento semántico general. La recodificación de puntos requiere la valoración (estimación) de una cantidad y puede ser facilitada por el patrón visual que representan los puntos.

Las disociaciones entre los tres tipos de tareas semánticas indican que existe información semántica que tiene efectos de facilitación diferentes sobre los mecanismos de producción verbal los cuales seleccionan la palabra del número apropiada.

Con esto se pone de manifiesto la distinción, antes comentada, entre el conocimiento léxico de los números y la representación de la cantidad (Seron y Noel, 1995). Los resultados son consistentes con el supuesto de que existe una ruta semántica y otra no semántica en la “recodificación” de números.

Por otro lado, la doble disociación se completa con casos, en los que el conocimiento numérico léxico, de carácter enciclopédico y/o autobiográfico se observa alterado mientras que la representación de la magnitud se conserva intacta. El paciente HBa (Guttmann, 1937; tomado de Dehaene, 1992) presenta grandes dificultades en estimaciones de cantidad y en conocimiento numérico, sin embargo la representación de la magnitud la conserva, puesto que accede a las tablas de multiplicar y realiza cálculos aritméticos simples.

2.3.3.7. -Procesamiento numérico y cálculo

La habilidad para comprender y producir números puede diferenciarse de la habilidad para realizar cálculos (P.e., Cohn, 1961; Grewel, 1952; Hecaen et al., 1961; Henschen, 1919). La existencia de esta disociación implica que el procesamiento numérico y el cálculo dependen de mecanismos funcionalmente independientes.

Por una parte, se observa que el procesamiento numérico se presenta alterado, mientras el cálculo se conserva intacto. Este patrón de disociación entre el procesamiento numérico y el cálculo ha sido puesto de manifiesto, entre otros, en el caso del paciente SAM (Cipolotti y Butterworth, 1995), que sufre de una degeneración neurológica progresiva de origen desconocido. Este paciente presenta una alteración en el procesamiento numérico a nivel de

producción, en concreto, está incapacitado para tareas de cambio de código que requieren una producción oral o escrita, es decir, en tareas de recodificación en general. Sin embargo, SAM es capaz de producir los números correctamente en la realización de cálculos escritos, incluso con cifras de varios dígitos y en cálculos verbales con cifras de dos dígitos; además, responde correctamente a preguntas relativas a conocimiento numérico cuya respuesta consiste en pronunciar palabras de números.

Estos resultados son confirmados por el caso del paciente JS estudiado por García-Orza, León-Carrión y Vega (2003), que presenta severas dificultades en lectura en voz alta y escritura de números tanto en forma arábica como verbal. A pesar de los graves impedimentos en producción de números, en este tipo de tareas, JS no presenta alteraciones en el cálculo, cuando se le presentan distintas operaciones aritméticas, el paciente es capaz de escribir el resultado correcto en forma arábica.

Por otro lado, en la literatura se describen casos en los que el procesamiento numérico está preservado, pero el cálculo se encuentra afectado, completándose así la doble disociación. El paciente DRC (Warrington, 1982) presenta una lesión parietal occipital en el hemisferio izquierdo debido a la rotura de un vaso sanguíneo en su cerebro. Este paciente lee y escribe números sin dificultad, es capaz de decidir rápidamente y con exactitud cuál de dos números es mayor, y responde razonablemente a estimaciones numéricas (por ejemplo, *¿cuál es la estatura promedio de la mujer inglesa?*). Sin embargo, en las pruebas de aritmética básica se observa un déficit en las tareas que requieren respuestas rápidas, y es más lento y algo menos exacto que los sujetos del grupo control, incluso en problemas sencillos (por ejemplo, $5+7$). Cuando se le pregunta sobre sus dificultades para resolver problemas simples de suma y resta, contesta que suele conocer la respuesta al problema de forma aproximada, por ejemplo, ante la resolución de $5+7$ contesta “13 aproximadamente”. Sin embargo, afirma que entiende la operación aritmética y que puede calcular la respuesta al problema contando (por ejemplo, para resolver $8+4$, desde 8 cuenta 4 más). Además, DRC es capaz de dar definiciones

razonables de suma, resta, multiplicación y división, y realiza bien los problemas en tareas sin tiempo limitado.

Por tanto, estos resultados ponen en evidencia la distinción entre conocimiento numérico y conocimiento aritmético. La ejecución del paciente podría explicarse de forma general asumiendo que el conocimiento aritmético está alterado mientras que su conocimiento numérico (o procesamiento numérico) permanece intacto.

Esta disociación entre procesamiento numérico y cálculo la presenta también el paciente de Borges et al. (1999) que vimos con anterioridad, ya que es capaz de reconocer y reproducir correctamente los dígitos pero no de realizar operaciones aritméticas.

Los pacientes MAR y BOO (Dehaene y Cohen, 1997) pueden leer en voz alta números arábigos y escribirlos al dictado, pero ambos presentan dificultades en tareas de cálculo simple.

La paciente BOO (Dehaene y Cohen, 1997) mantiene intacta su capacidad para identificar y producir números, sin embargo, la lesión le ha provocado dificultades para el cálculo. La memoria para las tablas aritméticas está totalmente impedida, de manera que comete errores en problemas simples como $2*3$ ó $4*4$. Esta paciente muestra una excelente comprensión de las cantidades, ya que realiza correctamente tareas de comparación numérica y puede completar series numéricas. Aunque muestra una disociación entre operaciones aritméticas ya que la resta permanece intacta como veremos más adelante.

El paciente MAR (Dehaene y Cohen, 1997) también puede nombrar números arábigos y escribirlos al dictado, y sin embargo presenta alteraciones en el cálculo, en concreto, en la resta y la división. Esta disociación entre operaciones la comentaremos más adelante.

2.3.3.8. Cálculo exacto y aproximado

El paciente DRC (Warrington, 1982) comentado anteriormente, comete errores en la recuperación de datos aritméticos exactos en operaciones de suma, resta y multiplicación, pero siempre propone números aproximados, por lo que realiza correctamente cálculos aproximados o estimaciones. Por el contrario, el paciente HBa (Guttmann, 1937; tomado de Dehaene, 1992) presenta el patrón inverso, completando la doble disociación, ya que conoce las tablas de multiplicar y realiza cálculos aritméticos simples accediendo a la recuperación de los datos exactos, pero tiene dificultades con estimaciones de cantidad, es decir, con el cálculo aproximado.

2.3.3.9. Recuperación de datos y procedimientos de cálculo

Se puede realizar una distinción dentro del conocimiento aritmético, entre el conocimiento de las operaciones aritméticas y el conocimiento de los datos aritméticos o, lo que es lo mismo, entre la recuperación de datos y los procedimientos de cálculo.

Por una parte, se han descrito casos en los que la recuperación de datos está alterada pero se conservan los procedimientos de cálculo. Esto sucede al paciente DRC (Warrington, 1982), cuyo conocimiento de las operaciones aritméticas está aparentemente intacto, tal como evidencia su habilidad para definir las operaciones y para resolver problemas sin limitarle el tiempo pero que, por el contrario, está impedido para recuperar el conocimiento almacenado de las tablas aritméticas tales como $8+4=12$. Por consiguiente, los datos tienen que ser calculados mediante estrategias alternativas (por ejemplo, contando) lo que conduce a un deterioro en las tareas con tiempo limitado (aunque permite buenas ejecuciones en tareas sin límite de tiempo). Por tanto, este caso plantea una disociación entre el procesamiento aritmético en general y la recuperación exacta de datos en el cálculo.

Esta distinción entre la recuperación de datos aritméticos y la ejecución de los procedimientos de cálculo, se ha planteado también en otros estudios, es el caso de MW (McCloskey et al., 1985) que presenta una alteración específica en la recuperación de datos aritméticos, particularmente en la multiplicación, a pesar de que realiza correctamente los procedimientos de cálculo y comprende las operaciones aritméticas. Hay dos razones que permiten descartar que el impedimento para realizar las tareas de multiplicar, tanto simples como con varios dígitos, sea debido a problemas en la comprensión numérica. Primero, este paciente no sólo presenta dificultades para la ejecución de la multiplicación, sino también en tareas de verificación de un resultado. Y segundo, los errores que presenta son siempre con números que pertenecen a alguna de las tablas de multiplicar, por ejemplo, comete errores con los números 56 y 48, que son los resultados de multiplicar $7*8$ y $6*8$, respectivamente, pero no con 59 ni 47, que no son resultados de las tablas de multiplicar.

Igualmente, Sokol et al. (1991) en el estudio de PS (daño en el hemisferio izquierdo), plantean específicamente la distinción entre recuperación de datos aritméticos y la ejecución de los procedimientos de cálculo. En multiplicaciones de un dígito, PS está claramente impedida, falla en 451 problemas de los 2.300 presentados, es decir, en un 20%.

La realización es buena en varias tareas de procesamiento numérico, lo que indica que los errores en multiplicación no pueden explicarse por un déficit en comprensión o producción numérica, sino que reflejan más bien un déficit en la recuperación de los datos de la tabla de multiplicar. Este déficit en la recuperación de datos también aparece cuando se le pide que resuelva problemas de multiplicación de varios dígitos. Sin embargo, la ejecución en los procedimientos de cálculo está claramente intacta. Cuando está resolviendo problemas de varios dígitos, siempre “se lleva” la cifra apropiada en el orden correcto (aunque no siempre con éxito). Por otro lado, esta paciente trata apropiadamente con los productos parciales y ejecuta la suma de los productos adecuadamente. Por tanto, PS presenta una clara disociación entre la recuperación de datos aritméticos (impedida) y la ejecución de procedimientos de

cálculo (intacta). Los resultados de varias tareas indican que PS tiene intacta la comprensión y producción de números.

Por otra parte, la doble disociación se completa con los casos en los que la recuperación de datos está conservada pero hay una alteración en los procedimientos de cálculo. Este es el caso del paciente 1373 (*Vietnam Head Injury Study*; tomado de McCloskey et al., 1985) cuyo déficit afecta a los procedimientos de multiplicación aunque recupera los datos correctos. En concreto, este paciente falla siempre en las multiplicaciones al colocar los productos intermedios en la segunda fila.

En los casos de déficits en los procedimientos del cálculo, hay que tener en consideración, que éstos pueden presentarse de distintas formas, reflejando así la alteración en diferentes componentes del sistema de procedimiento del cálculo. McCloskey et al. (1985) describen los siguientes tipos de errores:

- ✓ VO falla consistentemente cuando tiene que “llevarse” en las operaciones de sumar.
- ✓ DL presenta un curioso déficit a la hora de llevarse en las tareas de multiplicación. Este paciente suma lo que se lleva a la siguiente cifra del multiplicando antes de multiplicar. Por ejemplo, para multiplicar 73×5 , dice tres por cinco, quince; me llevo una; una y siete, ocho; ocho por cinco, cuarenta.
- ✓ WW presenta un déficit de procedimiento que implica una confusión entre la secuencia de dos operaciones. Este paciente emplea el procedimiento de multiplicar en un problema de suma (además escribe los sumandos intermedios sin realizar el proceso de llevarse). Por ejemplo, para sumar 45 y 8, primero suma 8 y 5, después 8 y 4.
- ✓ HY aplica el procedimiento de la suma a un problema de multiplicación, aunque recupera los datos de la multiplicación, pero la ejecución es la de sumar. Por ejemplo, para multiplicar 58×69 , primero multiplica 8×9 , y después multiplica 6×5 y le suma lo que se lleva. Es decir, recupera los datos de la tabla de multiplicar pero ejecuta el procedimiento de la suma.

- ✓ Por último, los autores recogen los casos de otros dos pacientes con claros déficits en el procedimiento del cálculo, en un caso de la suma y en otro, de la multiplicación. En el caso de la suma, el paciente mantiene la recuperación de datos intacta, pero el procedimiento está totalmente alterado, mientras que realiza la suma de $68+59$, va diciendo: 8 más 9 es 17, 6 más 5 son 11, 17 más 11 son 28, es decir, sumas las unidades de ambos números, luego suma las cifras de las decenas y, por último, suma esos dos resultados (ver figura 21). En el caso de la alteración en el procedimiento de multiplicar, el paciente recupera los datos correctos pero de manera desordenada y mal colocados, aunque luego los suma correctamente, como se muestra en la siguiente figura:

68	703
+59	x98
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>
28	24
	27
	56
	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>
	107

Figura 21.- Ejemplos de alteraciones en el procedimiento del cálculo (tomado de McCloskey et al., 1985:185).

2.3.3.10. - Conocimiento conceptual de la aritmética y datos

Por un lado, se han descrito casos de pacientes cuyo conocimiento conceptual se observa alterado, pero conserva el conocimiento de datos intacto. Esta disociación ha sido puesta de manifiesto en el estudio de la paciente JG (Delazer y Benke, 1997) que presenta síndrome de Gerstmann como consecuencia de una intervención quirúrgica de un tumor en el lóbulo parietal izquierdo. Sufre una pérdida total del conocimiento conceptual de la aritmética mientras que preserva parte del conocimiento de los datos aritméticos memorísticos

(multiplicaciones, y algunas sumas y restas). Conserva el conocimiento de las tablas de multiplicar sin acceder a los conceptos básicos de las cuatro operaciones, ya que es incapaz de aplicar los principios básicos de la aritmética. Delazer y Benke (1997) concluyen que en esta paciente el conocimiento de los datos aritméticos se mantiene como un conjunto de elementos de información aislados, vacíos de significado y sin relaciones entre ellos.

Por otra parte, se ha descrito el patrón de realización inverso, es decir, el conocimiento se conserva, pero el conocimiento de los datos está afectado. Es el caso del paciente BE (Delazer, Semenza y Denes, 1994). Además, se han descrito varios casos similares a éste (Warrington, 1982; Delazer, Sailer y Benke, 1995), por lo que se confirma que existe una doble disociación entre ambos tipos de conocimiento implicados en el cálculo: memoria de datos y conocimiento conceptual aritmético.

2.3.3.11. - Procesamiento de signos aritméticos y otras habilidades del cálculo

Los signos aritméticos son símbolos al igual que las palabras y los números en los que las relaciones entre significado y significante son arbitrarias. Por tanto, son susceptibles de dañarse independientemente de que estén o no afectadas las representaciones lingüísticas y/o numéricas. Así, Caramazza y McCloskey (1987) y Ferro y Botelho (1980) plantean la posibilidad de que se presente un déficit selectivo en el procesamiento de los signos de las operaciones, independientes de la habilidad para comprender números así como para recuperar datos aritméticos y para los procedimientos de cálculo en los que hay que “llevar”.

Ferro y Botelho (1980) describen el caso de dos pacientes de habla portuguesa, (AL y MA) que presentan déficits selectivos en la comprensión de los símbolos escritos de las operaciones (por ejemplo, +, x). Cuando se les presentan problemas de aritmética de un dígito o de varios, suelen realizar correctamente la operación equivocada, por ejemplo, AL multiplica cuando se le presenta $721+36$ y obtiene el producto correcto, 25.956. El hecho de que la

operación equivocada se realiza correctamente, es decir, que multiplique en lugar de sumar, pero la suma la realiza correctamente, sugiere que el paciente tiene intacta la producción y la comprensión de numerales arábigos, tanto en la recuperación de datos aritméticos como en la ejecución de los procedimientos de cálculo.

De esta manera, los patrones de realización sugieren un déficit en la comprensión de los símbolos de las operaciones y efectivamente, varias pruebas de comprensión de símbolos aritméticos ponen en evidencia el déficit de ambos pacientes. Es interesante el hecho de que el déficit sólo afecte a los símbolos aritméticos escritos, cuando el problema se presenta oralmente los pacientes lo realizan bien, y no tienen problemas para comprender las palabras referentes a las operaciones. Se confirma por tanto, que el procesamiento verbal (en este caso oral) está disociado del procesamiento escrito, también en el caso de los signos aritméticos, al igual que sucede con palabras y números.

El paciente LR (Noel y Seron, 1995), que comentamos anteriormente, también presenta dificultades en tareas aritméticas, más específicamente en el reconocimiento de los signos aritméticos y en cálculos escritos.

2.3.3.12.- Operaciones aritméticas

Son varios los patrones de realización y/o impedimento en la realización de las operaciones aritméticas que se describen en la literatura, de forma general puede decirse que las operaciones aritméticas básicas son susceptibles de ser dañadas selectivamente, es decir, pueden alterarse unas quedando intactas otras. Las principales disociaciones encontradas entre operaciones aritméticas son las siguientes:

Existe una disociación entre, por una parte, la suma y la multiplicación y, por otro lado, la resta, ya que consistentemente se han observado casos en los que la resta se encuentra mejor

preservada que la suma y la multiplicación (Dagenbach y McCloskey, 1992; Lampl et al., 1994; McNeil y Warrington, 1994; Pesenti et al., 1994). Señalar que este caso de Dagenbach y McCloskey (1992), el paciente RG, presenta además una disociación entre las puntuaciones que obtiene en tarea de verificación de resultados y las de tarea de ejecución de operaciones aritméticas.

Para las disociaciones entre operaciones, el paciente HAR (McNeil y Warrington, 1994) es un buen ejemplo: muestra un déficit selectivo en suma y multiplicación de números arábigos, con preservación de la resta en forma arábica (el cálculo oral lo mantiene intacto).

Por otro lado, también se han descrito casos en los que se observa el patrón inverso al anterior, es decir, alteraciones en la resta estando preservada la suma, éste es el caso del paciente MAR (Dehaene y Cohen, 1997) que presenta severas dificultades incluso con restas sencillas mientras que la multiplicación está mucho mejor preservada. Concretamente, en este paciente se observa una disociación por una parte, entre la resta y la división y, por otro lado, la suma y la multiplicación, ya que las diferencias entre ambos pares de operaciones son significativas, en el sentido de mejor preservación de la suma y la multiplicación que en la resta y la división, incluso cuando los operandos en las sumas y en las multiplicaciones son de mayor longitud que los empleados en las restas y divisiones.

También se ha puesto de manifiesto una disociación entre las operaciones de suma y resta y la multiplicación, en el sentido de que se han observado alteraciones en las tablas de multiplicar estando mejor o totalmente preservadas la suma y la resta (P.e., McCloskey et al., 1985; McCloskey, Aliminosa y Sokol, 1991; Delazer et al., 1994).

Este patrón se observa en la paciente BOO (Dehaene y Cohen, 1997), que presenta alteraciones en la multiplicación mientras que la suma y la resta están mejor preservadas, incluso multiplicaciones muy sencillas como $2*3$ están afectadas.

Por último, Cipolotti y De Lacy-Costello (1995), describen un caso de déficit selectivo para la división, y Van Harskamp y Cipolotti (2001) han observado varios casos de déficits selectivos para una operación, aunque estos casos son relativamente poco frecuentes:

- ▶ FS, presenta un impedimento selectivo para las sumas simples.
- ▶ VP, alteración específica para las multiplicaciones sencillas.
- ▶ DT, déficit exclusivo para restas simples.

2.3.3.13.- Cálculo oral y escrito

La evidencia empírica pone de manifiesto que el cálculo escrito puede estar alterado mientras que el cálculo oral permanece intacto. El caso de HAR (McNeil y Warrington, 1994), visto con anterioridad, confirma la existencia de disociación en cálculo entre las modalidades oral y escrita. Como ya comentamos, este paciente presenta un déficit selectivo en suma y multiplicación de números arábigos escritos, con preservación de la resta con números escritos, sin embargo, el cálculo oral lo conserva intacto.

La disociación entre cálculo oral y escrito también está presente en dos pacientes que sufren de alexia pura estudiados por Cohen y Dehaene (1995). Ambos pacientes realizan correctamente sumas simples presentadas oralmente, sin embargo, cometen entre un 62,5 y 70% de error cuando las mismas operaciones se les presentan en forma arábica.

2.3.3.14.- Cálculos simples y complejos

Por una parte, se han descrito casos en que los cálculos simples se conservan intactos pero los cálculos complejos están alterados. Ardila et al. (2000) informan de un paciente que puede realizar operaciones aritméticas simples tanto en forma oral como escrita, y resuelve

problemas numéricos elementales, pero falla en pruebas más complejas, mientras expresa espontáneamente la importancia de sus dificultades para el cálculo. Por tanto, su sistema de cálculo está intacto para realizar tareas simples, es decir, cálculos elementales, pero el sistema para realizar cálculos complejos está significativamente impedido.

Por otro lado, también ha sido descrito el patrón inverso, es decir, pacientes que presenta una ejecución deficitaria en los cálculos simples, pero conservan intactos los cálculos complejos. Delazer et al. (1995) estudian pacientes acalcúlicos que no han perdido el conocimiento algebraico. Uno de sus pacientes, después de una lesión subcortical izquierda, presenta una pérdida de la memoria para recuperar las tablas de sumar y multiplicar. Sin embargo, este paciente puede calcular datos aritméticos utilizando sofisticadas fórmulas matemáticas, con lo que pone de manifiesto un excelente dominio conceptual de la aritmética. Por ejemplo, resuelve $7*8$ de la siguiente manera $(7*10) - (7*2)$, como los circunloquios del lenguaje.

Otro de los pacientes está incapacitado para resolver operaciones aritméticas simples como $2*3$, $7-3$, $9\div 3$, ó $5*4$. Sin embargo, este paciente realiza cálculos formales abstractos. Como se presenta en la figura 22, aplicando las propiedades de las operaciones aritméticas (conmutativa, asociativa y distributiva) es capaz de simplificar lo siguiente (Dehaene, 1997:199):

$$\frac{axb}{bxa} = 1$$

$$a \times a \times a = a^3$$

Figura 22.- Ejemplos de simplificaciones abstractas realizadas por un paciente con el cálculo simple alterado (Dehaene, 1997:199).

En la figura 23, se presenta un ejemplo de ecuación que este paciente es capaz de reconocer rápidamente como falsa (Dehaene, 1997:199):

$$\frac{d}{c} + a = \frac{d+a}{c+a}$$

Figura 23.- Ejemplo de ecuación que un paciente con el cálculo simple alterado es capaz de identificar correctamente como falsa (Dehaene, 1997:199).

En resumen, como hemos visto, el sistema de procesamiento numérico y cálculo está compuesto por múltiples procesos susceptibles de dañarse de manera selectiva dejando intactos otros, lo que podría ser indicador del funcionamiento independiente de cada uno de estos procesos. A continuación, en la tabla 2 se presenta un resumen de las principales disociaciones descritas en la literatura.

Tabla 2.- Resumen de las principales disociaciones descritas en la literatura.

DISOCIACIÓN	Paciente/autor/año
procesamiento numérico y alfabético	JS Grafman et al. (1989) Anderson et al 1990 Borges et al. (1999) HY (McCloskey et al., 1985, 1986) AT (McCloskey y Caramazza, 1987) BAL (Cipolotti et al., 1995) SF (Cipolotti, 1995) ZA (Delazer y Girelli, 1997) HP (Mayer et al., 1999) K (McCloskey et al., 1985)
producción y comprensión, oral y escrita	Benson y Denckla (1969) JS (Sokol y McCloskey, 1988) VO (McCloskey et al., 1985; McCloskey y Caramazza, 1987) HY (McCloskey et al., 1986) LR (Noel y Seron, 1995) SAM (Cipolotti y Buterworth, 1995) YM (Cohen y Dehaene, 1991) NAU (Dehaene y Cohen, 1991) MAR (Dehaene y Cohen, 1997)
procesos léxicos y sintácticos en producción arábica	VO (McCloskey et al., 1985; McCloskey y Caramazza, 1987) Benson y Denckla (1969) JT (Cuetos y Miera)
rutas de lectura: semántica y no semántica	Cohen y Dehaene (1995)
lectura de números arábigos y reglas gramaticales	HY (McCloskey et al., 1986) JE (McCloskey et al., 1986)
conocimiento numérico léxico y representación de la cantidad	MAR (Dehaene y Cohen, 1997) SF (Cipolotti, 1995) CT (Cohen et al., 1994) ZA (Delazer y Girelli, 1997)

DISOCIACIÓN	Paciente/autor/año
procesamiento numérico y cálculo	SAM (Cipolotti y Buterworth, 1995) JS (García-Orza et al., 2003) DRC (Warrington, 1982) Borges et al. (1999) MAR (Dehaene y Cohen, 1997) BOO (Dehaene y Cohen, 1997)
cálculo exacto y aproximado	DRC (Warrington, 1982) HBa, Guttman 1937 (Dehaene, 1992)
recuperación de datos y procedimientos de cálculo	DRC (Warrington, 1982) MW (McCloskey et al., 1985) PS (Sokol et al., 1991) caso 1373, VO, DL, WW y HY (McCloskey et al., 1985)
conocimiento conceptual de la aritmética y conocimiento de datos	JG (Delazer y Benke, 1997) BE (Delazer et al., 1994)
procesamiento de signos y otras habilidades de cálculo	Caramazza y McCloskey (1987) AL y MA (Ferro y Botelho, 1980) LR (Noel y Seron, 1995)
operaciones aritméticas	RG (Dagenbach y McCloskey, 1992) HAR (McNeil y Warrington, 1994) MAR (Dehaene y Cohen, 1997) BOO (Dehaene y Cohen, 1997) Cipolotti y De Lacy-Costello (1995) FS, VP y DT (Van Harskamp y Cipolotti, 2001)
cálculo oral y escrito	HAR (McNeil y Warrington, 1994) Cohen y Dehaene (1995)
cálculo simples y complejos	Ardila et al. (2000) Delazer et al. (1995)

III. MARCO EMPÍRICO

3.1.- Objetivo e hipótesis

El presente trabajo de Tesis Doctoral se enmarca dentro de la Neuropsicología Cognitiva, por tanto nuestro fin último es contribuir a la comprensión del procesamiento cognitivo normal, a partir del estudio y análisis de los déficit adquiridos por sujetos que han sufrido daño cerebral. En concreto, nuestro interés se centra en la evaluación del procesamiento numérico y el cálculo en pacientes que tras sufrir una lesión cerebral presentan dificultades en las habilidades numéricas, tanto a nivel de procesamiento lingüístico de los números como en las habilidades de cálculo propiamente dichas.

En este trabajo se plantean los siguientes objetivos:

Objetivos generales:

1º.- Estudiar las relaciones entre procesamiento lingüístico y procesamiento numérico. Es decir, observar posibles relaciones entre trastornos en las habilidades lingüísticas y trastornos en las habilidades numéricas.

2º.- Conocer las relaciones entre el conocimiento numérico cuantitativo y el conocimiento numérico cualitativo o léxico.

3º.- Analizar los distintos procesos cognitivos, en general, y los módulos de procesamiento, en particular, que están implicados en el procesamiento numérico y en el cálculo, así como las relaciones entre ellos, es decir, determinar qué síntomas aparecen juntos (asociaciones) y cuáles lo hacen independientemente (disociaciones).

Objetivos específicos:

1. Determinar la relación entre el conocimiento numérico cuantitativo, es decir, la representación de la cantidad o comprensión numérica, y las habilidades de cálculo propiamente dichas: la aritmética.
2. Estudiar la relación entre el conocimiento numérico cuantitativo, es decir, la representación de la cantidad y el conocimiento numérico de carácter cualitativo: autobiográfico, enciclopédico, léxico, fechas famosas, etc.
3. Conocer las relaciones entre los distintos tipos de conocimiento numérico cualitativo, y su posible conexión con los procesos de memoria en general.
4. Analizar la relación entre el uso “lingüístico” de los números, es decir, los procesos de recodificación, y la realización de las tareas de cálculo.
5. Establecer similitudes y diferencias entre el cálculo escrito y el cálculo oral.
6. Determinar los mecanismos cognitivos subyacentes a la recuperación de los datos aritméticos, las posibles diferencias en función de la operación aritmética, así como su relación con la memoria en general.
7. Determinar los mecanismos cognitivos diferenciales implicados en las distintas operaciones aritméticas que permitan justificar las disociaciones puestas de manifiesto en la literatura.

Hipótesis

Hipótesis I: de las relaciones entre los distintos componentes de sistema de procesamiento numérico y cálculo.

Hipótesis 1.1.- El conocimiento numérico cuantitativo es independiente de la Recodificación numérica, del Sistema de Cálculo y del Conocimiento numérico Cualitativo.

Hipótesis 1.2.- El Procesamiento numérico es independiente del Sistema de Cálculo y del Conocimiento Numérico Cualitativo.

Hipótesis 1.3.- El Sistema de Cálculo es independiente del Conocimiento Numérico Cualitativo.

Hipótesis II: de los números y la producción del lenguaje.

Hipótesis 2.1.- La comprensión numérica es funcionalmente independiente de las habilidades lingüísticas.

Hipótesis 2.2.- El Procesamiento numérico está estrechamente relacionado con las habilidades de producción lingüística.

Hipótesis 2.3.- El Sistema de Cálculo funciona independientemente de los mecanismos lingüísticos.

Hipótesis III: del sistema de cálculo.

Hipótesis 3.1.- Verificación y ejecución de operaciones aritméticas son funcionalmente independientes.

Hipótesis 3.2.- Cálculo oral y escrito son funcionalmente independientes.

Hipótesis 3.3.- Las distintas operaciones aritméticas de sumar, restar y multiplicar son funcionalmente independientes.

Hipótesis 3.4.- Cálculo contextualizado y aislado son funcionalmente independientes.

Hipótesis 3.5- El procesamiento de los signos aritméticos, datos numéricos y procedimientos de ejecución de las distintas operaciones, son independientes.

Hipótesis IV: del conocimiento numérico cualitativo o léxico.

Hipótesis 4.1.- El conocimiento numérico cualitativo está compuesto por distintos tipos de conocimientos que son independientes entre sí.

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. INSTRUMENTOS

3.2.1.1. Estudio Normativo: Proceso de Elaboración de la Batería de Procesamiento Numérico y Cálculo

Para el examen de las habilidades numéricas y el cálculo, a todos los pacientes se les aplica la Batería para la Evaluación del Procesamiento Numérico y Cálculo. Esta batería ha sido elaborada para la realización de esta investigación, puesto que a la hora de seleccionar el instrumento apropiado para la evaluación de las habilidades objeto de estudio, no encontramos una batería adecuada para aplicarla a sujetos hispano hablantes. Los instrumentos específicos para el examen de los números que aparecen en la literatura son, por un lado, la batería EC301, elaborada con estímulos en francés (Deloche y Seron, 1991) y por otra parte, una batería con estímulos en inglés publicada más recientemente por Delazer et al. (2003). Aunque el idioma no es relevante para el estudio de los números arábigos, sí lo es para la investigación del procesamiento numérico si los numerales están en forma verbal.

Por otra parte, también se han utilizado diversas pruebas neuropsicológicas estandarizadas, para la evaluación de distintos procesos cognitivos que pudieran verse afectados por la lesión (p.e., atención, memoria, lenguaje, etc.). Estas pruebas no han sido las mismas en todos los casos, puesto que se han seleccionado en función de la sintomatología específica de cada uno.

La elaboración de la Batería de Evaluación del Procesamiento Numérico y Cálculo, ha sido un proceso largo, desarrollado en varias fases, que se resumen brevemente en los siguientes pasos:

1º) En primer lugar, se realiza una revisión bibliográfica acerca de las estrategias de evaluación de las habilidades numéricas.

2º) Después del análisis de la literatura, se seleccionan las tareas con las que evaluar cada tipo de habilidad o conocimiento.

3º) Selección de los ítems para cada tarea. En la selección de estímulos numéricos, se han tenido en cuenta dos factores o variables independientes: la longitud y la frecuencia de uso. En cuanto a la *longitud* de los números, se han utilizado numerales de 1, 2, 3 y 4 dígitos. Respecto a la *frecuencia*, se distingue entre números de alta y de baja frecuencia así como estímulos sin frecuencia o de frecuencia igual a 0. La frecuencia se extrae del recuento realizado por Cuetos y Alameda (1997). En la tabla 3, se recogen los estímulos seleccionados para cada condición, y su frecuencia de uso.

4º) Diseño de pruebas.

5º) Validación de las pruebas. Las pruebas se aplican a un total de 83 sujetos adultos sanos. La edad de los sujetos está comprendida entre los 20 y los 55 años. Para que la muestra fuese representativa en cuanto a la formación numérico-matemática de los sujetos, se incluyen tres tipos: alumnos universitarios, profesionales sin formación universitaria y profesionales con formación universitaria. Por otra parte, las pruebas se dividen en dos grupos, uno de aplicación colectiva, y otro en la que la aplicación es individual.

6º) Análisis de los resultados. Se crea una base de datos en la que se introducen todos los resultados de cada uno de los sujetos (aciertos, errores y omisiones) en cada una de las tareas. A partir de ahí, se obtienen los estadísticos descriptivos de los aciertos: media, moda, desviación típica, máximo y mínimo.

Tabla 3.- Estímulos numéricos con sus respectivas frecuencias de uso. *f*: frecuencia; AF: alta frecuencia; BF: baja frecuencia; SF: sin frecuencia o frecuencia 0.

1 dígito		2 dígitos				3 dígitos						4 dígitos					
AF		AF		BF		AF		BF		SF		AF		BF		SF	
n°	f	n°	f	n°	f	n°	f	n°	f	n°	f	n°	f	n°	f	n°	f
0	33	10	291	76	7	100	206	195	4	993	0	1992	125	1951	6	1675	0
1	395	15	209	56	12	150	49	253	4	952	0	2000	104	1939	8	1841	0
2	335	20	234	58	12	200	84	334	4	845	0	1993	117	1919	10	1452	0
3	413	30	237	97	5	250	35	404	11	853	0	1985	99	1928	11	1825	0
4	231	50	222	96	13	300	63	525	4	781	0	1982	62	1909	6	1354	0
5	243	40	172	63	11	400	43	650	6	715	0	1984	76	1958	12	1245	0
6	130	12	155	86	6	500	56	750	8	685	0	1989	60	1948	13	3627	0
7	129	25	180	62	14	700	32	960	3	615	0	1990	76	1929	10	3425	0
8	112	16	158	67	10	800	31	232	8	515	0	1975	51	1957	11	4538	0
9	124	60	117	81	3			193	3	542	0	6000	30	1492	4	4793	0
		70	112	79	7			212	2	489	0	5000	45	1894	3	5221	0
		80	115	69	10			148	2	471	0	1987	88	1997	4	5732	0
		13	99	71	11			165	3	372	0	1991	91	3200	2	6321	0
		18	122	66	16			270	3	324	0	1974	42	1942	5	6542	0
		24	117	91	15			321	3	268	0	1976	49	1876	5	7528	0
		14	130	74	11			375	3	243	0	1979	51	1902	4	7424	0
		27	97	89	11			795	2	168	0	1978	63	1933	4	8721	0
		11	127	96	13			830	2	154	0	1500	52	1854	3	8143	0
		17	104	82	14			312	2	416	0	1971	33	1758	4	9648	0
		23	94	83	11			420	3	536	0	1000	45	1541	2	9325	0

3.2.1.2. Descripción de la Batería Evaluación Procesamiento Numérico y Cálculo

La batería está organizada en 6 bloques, relacionados con las principales de habilidades de procesamiento numérico y de cálculo. Cada bloque, está compuesto por distintas tareas. A continuación se describen los distintos bloques, así como las tareas que incluyen cada uno.

El procesamiento de los números arábigos: una aproximación desde la Neuropsicología Cognitiva

3.2.1.2.1.- Bloque 1. Comprensión Numérica

Este primer conjunto de tareas está formado por 9 pruebas diferentes. A continuación se describe en qué consiste cada prueba así como el objetivo y el fundamento teórico de la misma.

- **Identificación de números arábigos.** Esta tarea consiste en la presentación de números arábigos en un folio. La longitud de los números varía de 1 a 4 dígitos. Se pide al sujeto que señale el número que el examinador indica oralmente (Blanken, Dorn y Sinn, 1997; Cipolotti, 1995; Cipolotti y Butterworth, 1995; Salguero et al., 2003, 2004; Takayama et al., 1994).

- **Tarea de comparación numérica.** En esta tarea, el sujeto tiene que decidir cuál de dos números dados es el mayor. Se presentan 10 pares de estímulos de 1, 2, 3, y 4 dígitos. Esta tarea, es la que se utiliza por excelencia para evaluar la comprensión numérica (Blanken et al., 1997; Cipolotti, 1995; Cipolotti y Butterworth, 1995; Cohen et al., 1994; Cohen y Dehaene, 1996; Dehaene y Cohen, 1997; Delazer y Benke, 1997; Luria, 1967/1974; McCloskey et al., 1986; Salguero et al., 2003, 2004; Takayama et al., 1994). La Batería de Cálculo y Procesamiento Numérico EC301 (Deloche y Seron, 1991) también incluye este tipo de tarea y ha sido utilizada en distintos trabajos (P.e., Basso et al., 2000; Cuetos y Miera, 1998; Mayer et al., 1999; Noël y Seron, 1995). La comparación numérica permite evaluar la manipulación interna de las cantidades (Dehaene y Cohen, 1997). Para realizarla correctamente es necesario acceder a las representaciones de la magnitud, es decir, a la cantidad que representa cada número. Esto es lo que en algunos modelos se denomina “representación abstracta interna” (Cipolotti, 1995; Cuetos y Miera, 1998; McCloskey et al., 1985) y en otros “representación de la magnitud” (Cohen et al., 1994; Dehaene, 1992; Dehaene y Cohen, 1995).

- ☐ **Tarea de bisección numérica.** Consiste en que el sujeto decida qué número estaría situado justo en la mitad del intervalo que se le presenta. Por ejemplo, entre 1 y 3, o entre 20 y 30. La respuesta puede solicitarse tanto en forma oral como escrita. Se han utilizado estímulos con longitud entre 1 y 4 dígitos. Esta es una tarea que se emplea para la evaluación de la comprensión numérica (Dehaene y Cohen, 1997; Salguero et al., 2003, 2004) ya que para realizarla correctamente es necesario acceder a la representación de la magnitud de cada uno de los números del intervalo. Requiere conservar la línea numérica mental que es la que dota de significado a los números, tanto verbales como arábigos (Dehaene, 1997). Es muy ilustrativo el caso del paciente MAR (Dehaene, 1997; Dehaene y Cohen, 1997) que ante la imposibilidad de realizar la tarea comenta “no visualizo muy bien los números” (Dehaene, 1997: 188).

- ☐ **Tarea de proximidad numérica.** Esta tarea consiste en decidir cuál de dos números dados estaría más cerca de un tercer número. Por ejemplo, ¿qué número es más próximo a 4, 5 ó 9? Se presentan un total de 10 ítems de 1, 2 y 3 dígitos de longitud. Esta tarea se emplea para la evaluación de la comprensión numérica (Cohen y Dehaene, 1996; Salguero et al., 2003, 2004) ya que para realizarla correctamente es necesario acceder a la representación de la magnitud de los tres números dados y comparar las tres magnitudes. En palabras de Dehaene y Cohen (1997) esta tarea evalúa la manipulación interna de las cantidades.

- ☐ **Escala analógica:** Tarea del Termómetro (Dehaene y Cohen, 1997). Esta tarea consta de dos partes. Primero, se pide al sujeto que señale en una escala (el dibujo de un termómetro) dónde estaría situado el número que le indica el examinador oralmente. La segunda parte, consiste en que el sujeto diga o escriba, qué número estará situado en un punto determinado del dibujo que señale el examinador. Esta tarea se emplea para la evaluación de la comprensión numérica (Cipolotti, 1995; Dehaene y Cohen, 1997; Deloche y Seron, 1991; Salguero et al., 2003, 2004).

- ☐ **Asociación número-cantidad:** Este conjunto de tareas tiene como objetivo evaluar el estado de la asociación entre una cantidad y el símbolo que la representa. Su ejecución requiere de dos habilidades básicas: por una parte, es necesario contar los objetos del conjunto, y por otro lado, hay que identificar o producir el símbolo (número) que representa esa cantidad. En este trabajo hemos empleado tres modalidades de esta tarea (Salguero et al., 2003, 2004):
- Asociación Simple: hay que asociar una cantidad con el símbolo numérico que la representa. Sólo tiene que seleccionar la tarjeta en la que aparece el número.
 - Asociación y producción escrita. Esta modalidad está basada en Luria (1967/1974). En este caso se presenta al sujeto un conjunto de objetos y se pide que escriba el número que representa esa cantidad de objetos.
 - Verificación de asociación número-cantidad: basada en Noël, Fias y Brysbaert (1997). Se presenta al sujeto un conjunto de puntos junto con un número. El sujeto tiene que decidir si el número es el que representa la cantidad de puntos o no.

En estas tareas del bloque 1, relacionadas con la comprensión numérica, apenas se han registrado errores en los sujetos adultos sanos. En la tabla 4 se presentan el número de ítems de cada prueba de este bloque, el número de sujetos a los que se les ha aplicado cada una, así como los resultados de los estadísticos descriptivos.

Tabla 4.- Resultados de las pruebas del bloque 1: Comprensión Numérica (N: número de sujetos; \bar{x} : media; Md: Moda; Sx: desviación típica).

Tarea	nº ítems	N	\bar{x}	Md	Sx	mínimo	máximo
Identificación de números arábigos	20	54	20	20	0	20	20
Comparación	10	69	10	10	0	10	10

Tarea	n° ítems	N	\bar{x}	Md	Sx	mínimo	máximo
Bisección	15	67	14,9	15	0,239	14	15
Proximidad	15	70	14,9	15	0,12	14	15
Asociación n°-cantidad simple	10	64	10	10	0	10	10
Asoc. n°-cantidad con producción	10	68	10	10	0	10	10
Verificación asociación n°-cantidad	16	70	15,8	16	0,33	15	16
Escala analógica 1	10	39	9,8	10	0,5	8	10
Escala analógica 2	10	48	9,9	10	0,2	9	10

En la figura 24 se presentan las puntuaciones medias del grupo control en cada una de las tareas que componen en bloque de comprensión numérica.

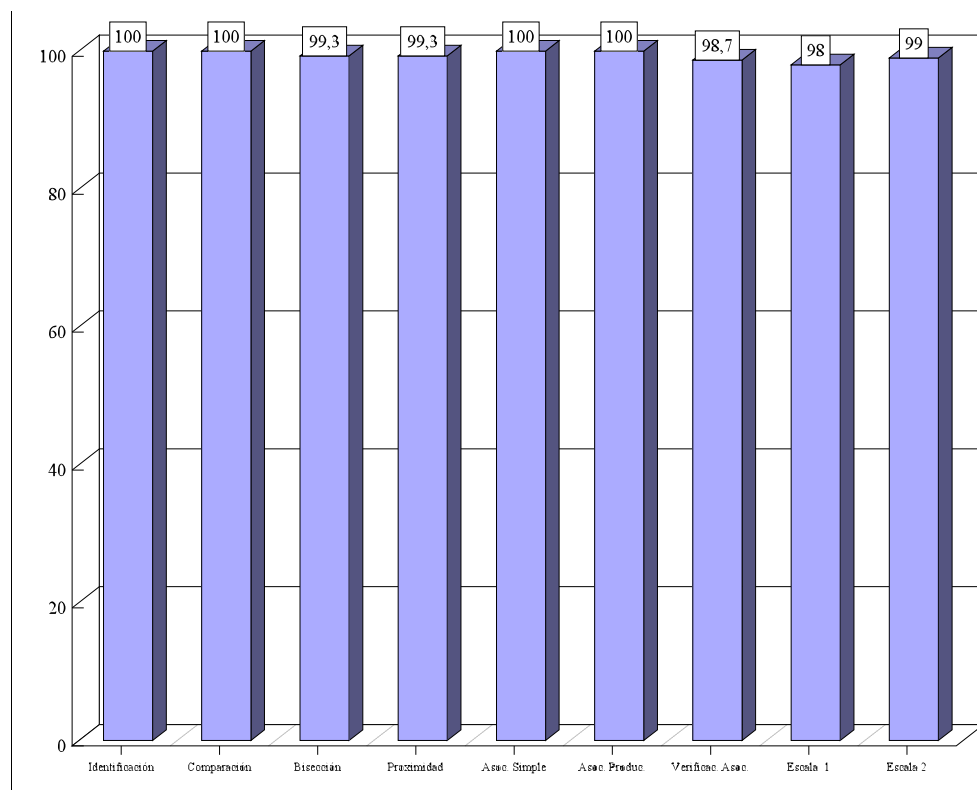


Figura 24.- Representación del porcentaje de aciertos del grupo control en cada tarea del bloque 1: comprensión numérica.

3.2.1.2.2. Bloque 2. Recodificación Numérica

Las tareas de recodificación numérica o cambio de código son 7 en total. A continuación se describe en que consiste cada prueba así como el objetivo y el fundamento teórico de la misma.

- ❑ **Repetición de nombres de números.** La tarea consiste en que el sujeto repita en voz alta el número que el examinador pronuncia. Se trata, por tanto, de repetir un modelo oral. El estímulo se presenta en el mismo código en el que se solicita la respuesta. La tarea consta de 66 ítems de longitud entre 1 y 4 dígitos. El objetivo de esta tarea es evaluar la habilidad del sujeto para reproducir oralmente un estímulo numérico, presentado también en forma oral (Blanken et al., 1997; Cipolotti, 1995; Cipolotti y Butterworth, 1995; Mayer et al., 1999; Salguero et al., 2003, 2004). La habilidad para repetir sonidos es determinante para establecer el origen de una dificultad o trastorno en el lenguaje. La ausencia de repetición se relaciona con algunos tipos de afasia (Broca, Wernicke, conducción y global).
- ❑ **Lectura de números arábigos.** Se presentan al sujeto números en forma arábica de 1, 2, 3 y 4 dígitos de longitud para que los lea en voz alta. Esta tarea se utiliza siempre que se examina el procesamiento numérico, es una tarea clásica en la evaluación de la producción numérica (Blanken et al., 1997; Cipolotti, 1995; Cipolotti y Butterworth, 1995; Cohen et al., 1994; Cohen y Dehaene, 1996; Cuetos y Miera, 1998; Delazer y Benke, 1997; Delazer y Girelli, 1997; Deloche y Seron, 1991; Macaruso et al., 1993; McCloskey et al., 1986; Mayer et al., 1999; Salguero et al., 2003, 2004; Takayama et al., 1994). El objetivo de esta tarea es evaluar la habilidad del sujeto para leer en voz alta estímulos arábigos.

- **Lectura de números en forma verbal.** Se presentan números en forma verbal, es decir, escritos con palabras, que representan cifras de 1, 2, 3 y 4 dígitos de longitud. Se pide al sujeto que los lea en voz alta. Los números son los mismos que en la prueba anterior, pero en este caso aparecen escritos en forma verbal. Es una tarea muy utilizada en los exámenes de procesamiento numérico (P.e., Cipolotti, 1995; Cipolotti y Butterworth, 1995; Cohen et al., 1994; Cuetos y Miera, 1998; Delazer y Benke, 1997; Delazer y Girelli, 1997; Deloche y Seron, 1991; Macaruso et al., 1993; McCloskey et al., 1986; Mayer et al., 1999; Salguero et al., 2003, 2004). La lectura de números en forma verbal es equivalente a la lectura de palabras. Es decir, consta de los mismos mecanismos, primero, intervienen los procesos perceptivos entre los que se incluye el análisis visual de los estímulos; y segundo, tienen lugar los procesos léxicos. Estos procesos léxicos pueden llevarse a cabo a través de distintas rutas. Ruta visual o directa y ruta fonológica o indirecta (conversión grafema-fonema). Mediante la ruta directa es obligatorio el acceso al sistema semántico, mientras que a través de la ruta indirecta no es necesario.

- **Recodificación de forma verbal a arábigo.** Se pide al sujeto que escriba en forma arábigo los números que se le presentan escritos en forma verbal. Los números son de entre 1 y 4 dígitos (Cipolotti y Butterworth, 1995; Cuetos y Miera, 1998; Delazer y Benke, 1997; Deloche y Seron, 1982, 1991; Macaruso et al., 1993; Mayer et al., 1999; Salguero et al., 2003, 2004). El objetivo de esta tarea es evaluar el estado de los procesos de recodificación de estímulos desde la forma verbal a la arábigo. Para su correcta realización se requiere un proceso de recodificación de los estímulos (desde el código verbal al arábigo), lo que supone la aplicación de las reglas sintácticas de conversión verbal-arábigo.

- **Recodificación de forma arábigo a verbal.** Se presentan al sujeto números arábigos y se le pide que los escriba en forma verbal, es decir, con palabras (Delazer y Benke,

- 1997; Deloche y Seron, 1991; Macaruso et al., 1993; Mayer et al., 1999; Salguero et al., 2003, 2004). Los números son de entre 1 y 4 dígitos de longitud. El objetivo de esta tarea es examinar los mecanismos de recodificación numérica.
- **Dictado de números (escribir en forma verbal).** Esta tarea consiste en un dictado en el que se pide al sujeto que escriba los números que se le dictan con palabras, es decir, en forma verbal (Cipolotti, 1995; Cuetos y Miera, 1998; Delazer y Benke, 1997; Deloche y Seron, 1991; Macaruso et al., 1993; Mayer et al., 1999; Salguero et al., 2003, 2004).
 - **Dictado de números (escribir en forma arábigo).** Se pide al sujeto que escriba los números que se le dictan en forma arábigo. Las cifras son de distintas longitudes: 1, 2, 3 y 4 dígitos. Se dictan 20 números. Esta tarea permite evaluar el conocimiento del sujeto de las reglas sintácticas de la escritura verbal de números, y es una tarea ampliamente utilizada en los exámenes de procesamiento numérico (Cipolotti, 1995; Cipolotti y Butterworth, 1995; Cuetos y Miera, 1998; Dehaene y Cohen, 1997; Delazer y Benke, 1997; Deloche y Seron, 1991; Macaruso et al., 1993; Mayer et al., 1999; Salguero et al., 2003, 2004; Takayama et al., 1994). Así, el objetivo de la tarea es evaluar los procesos de recodificación numérica, es decir, la habilidad del sujeto para transformar un sonido (verbal) en un símbolo arábigo. La ejecución correcta requiere de los procesos de recodificación numérica, es decir, desde el código verbal (oral, en este caso) al arábigo.

En cuanto a las tareas relacionadas con la recodificación numérica, bloque 2, en la tabla 5 se presenta el número de ítems de cada una de ellas, el número de sujetos a los que se les ha aplicado cada una, así como los resultados del análisis estadístico. Como se puede observar el nivel de ejecución en nuestros sujetos también es muy alto.

Tabla 5.- Resultados de las pruebas del bloque 2: Recodificación Numérica (N: número de sujetos; \bar{x} : media; Md: Moda; Sx: desviación típica).

Tarea	nº ítems	N	\bar{x}	Md	Sx	mínimo	máximo
Repetición de nombres de números	66	54	66	66	0	66	66
Lectura de números arábigos	66	65	65,6	66	0,5	64	66
Lectura de números verbales	66	54	65,3	65	0,7	64	66
Copiado verbal-arábigo	66	67	65,2	65	0,8	64	66
Copiado arábigo verbal	66	68	65,6	66	0,6	64	66
Dictado de números (arábigo)	20	66	19,9	20	0,24	19	20
Dictado de números (verbal)	20	62	19,8	20	0,3	19	20

En la figura 25 se presentan los resultados del grupo control en cada una de las tareas que componen el bloque recodificación numérica.

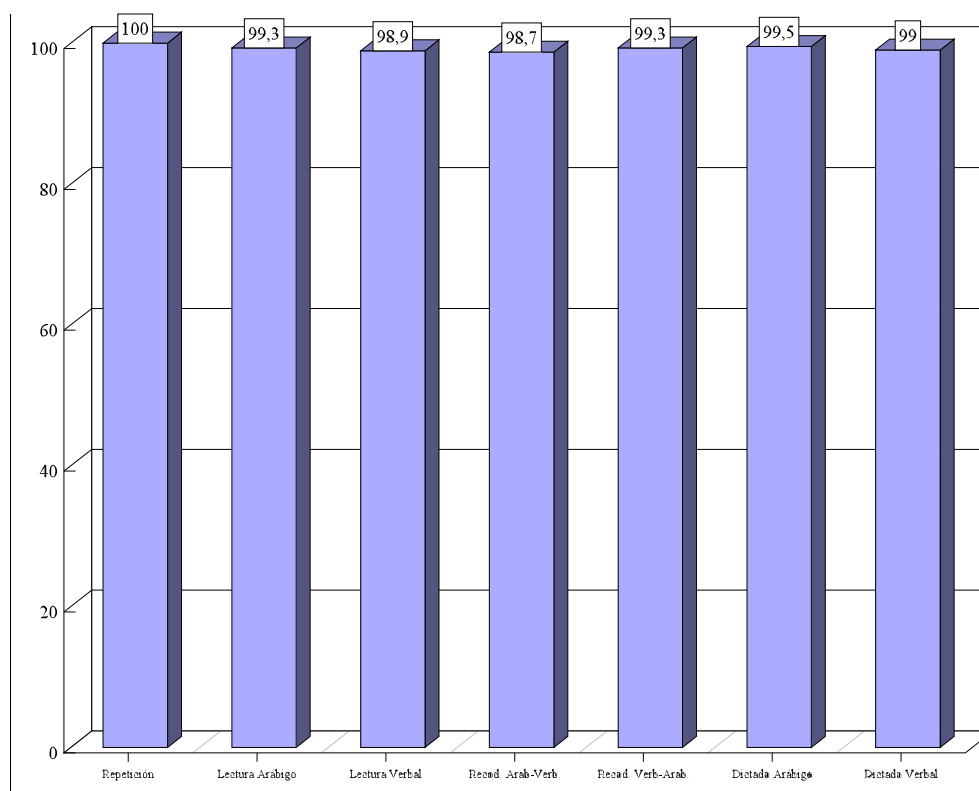


Figura 25.- Representación del porcentaje de aciertos del grupo control en las tareas del bloque 2: recodificación numérica.

3.2.1.2.3.- Bloque 3. Signos Aritméticos Básicos

Este bloque está compuesto por 3 tareas. Seguidamente, se describe en qué consiste cada una de ellas así como el objetivo y el fundamento teórico de la misma.

- ☐ **Signos aritméticos: Identificación.** Consiste en identificar cada uno de los signos aritméticos básicos de forma aislada (Delazer y Benke, 1997; Deloche y Seron, 1991; Salguero et al., 2003, 2004; Takayama et al., 1994).
- ☐ **Signos aritméticos: Denominación (Naming).** Se trata de una tarea de lectura en voz alta o pronunciación de viva voz, en la que se pide al sujeto que nombre cada uno de los signos que se presentan.

El objetivo de las dos tareas anteriores es evaluar la comprensión de los signos aritméticos. De acuerdo con el modelo de procesamiento numérico y cálculo de McCloskey et al. (1985), la comprensión y producción de los signos aritméticos es parte fundamental del sistema de cálculo, pero independiente de otros componentes del sistema: procedimientos de ejecución de las operaciones aritméticas y recuperación de datos aritméticos. La evidencia empírica con pacientes con lesión cerebral confirma este supuesto (Ferro y Bothelo, 1980; McCloskey et al., 1985; Salguero et al., 2003).

- ☐ **Uso de los signos aritméticos** (P.e., Cohen et al., 1994; Cohen y Dehaene, 1996; Luria, 1967/1974; Takayama et al., 1994). La tarea consiste en completar con el signo aritmético correspondiente la operación que se presenta incompleta, por ejemplo, $2...2=4$. El objetivo de la tarea es evaluar la comprensión de los signos aritméticos. Luria (1967/1974) afirma que si un paciente no es capaz de realizar esta tarea implica que ha perdido la capacidad de reconocer las operaciones numéricas.

En la tabla 6 se recoge el número de ítems de las 3 pruebas relacionadas con los signos aritméticos, así como el número de sujetos a los que se les ha aplicado cada una. Los resultados muestran que nuestros sujetos no tienen problemas en la identificación y lectura de los signos, recogiendo los únicos errores en la tarea de uso de signos, siendo éstos reducidos.

Tabla 6.- Resultados de las pruebas del bloque 3: Signos Aritméticos Básicos (N: número de sujetos; \bar{x} : media; Md: Moda; Sx: desviación típica).

Tarea	nº ítems	N	\bar{x}	Md	Sx	mínimo	máximo
Signos aritméticos: Identificación	4	54	4	4	0	4	4
Signos aritméticos: Naming	4	54	4	4	0	4	4
Uso signos aritméticos	16	71	15,68	16	0,52	14	16

3.2.1.2.4.- Bloque 4. Cálculo

En la evaluación del procesamiento numérico y el cálculo es necesario incluir tareas de cálculo tanto orales como escritas, puesto que las habilidades para el cálculo oral y escrito parecen estar disociadas (Cohen y Dehaene, 1995; McNeil y Warrington, 1994).

Este conjunto de tareas está formado por 4 pruebas diferentes. A continuación se describe en qué consiste cada una así como el objetivo y el fundamento teórico de la misma.

1. **Verificación de resultados.** La tarea consiste en presentar operaciones aritméticas resueltas para que el sujeto decida si el resultado propuesto es correcto o incorrecto (Cohen et al., 1994; McCloskey et al., 1986; Salguero et al., 2003, 2004). Se plantean 12 operaciones, todas con operandos de 1 dígito, la mitad sumas y la otra mitad restas.
2. **Razonamiento numérico.** Se presentan un total de 30 problemas matemáticos simples, cinco de cada uno de los tipos: $a+b$, $a-b$, $a+b+c$, $a-b-c$, $a+(a+b)$ y $a*b$. Para resolver un

problema no sólo es necesario resolver una operación aritmética. En el proceso de resolución se pueden distinguir varias fases (Miranda y Gil-Llario, 2001): analizar la información del enunciado, relacionando los distintos datos que se presentan, elegir una estrategia adecuada que permita llegar al resultado partiendo de los datos disponibles, ejecutar la estrategia seleccionada, etc. Para resolver alguno de los problemas que se plantean se requiere sumar o restar tres cantidades, es lo que Luria (1967/1974) denomina “cálculos secuenciales”. Se trata de conocer si el paciente es capaz de retener los datos de una operación para realizar la siguiente (Luria, 1975/1985; Salguero et al., 2003,2004; Takayama et al., 1994).

3. **Cálculo Escrito.** Se pide al sujeto que realice distintas operaciones aritméticas simples: suma, resta y multiplicación.
 - a. **Suma.** La tarea consiste en resolver las operaciones de sumar que se presentan escritas, en forma vertical (Cipolotti, 1995; Cipolotti y Butterworth, 1995; Cuetos y Miera, 1998; Dehaene y Cohen, 1997; Delazer y Benke, 1997; Delazer y Girelli, 1997; Macaruso et al., 1993; McCloskey et al., 1986; Luria, 1967/1974; Marterer et al., 1996; Salguero et al., 2003, 2004).
 - b. **Resta.** La tarea consiste en resolver las operaciones de restar que se presentan escritas, en forma vertical, es decir, el sustraendo y debajo el minuendo (Cipolotti, 1995; Cipolotti y Butterworth, 1995; Cuetos y Miera, 1998; Dehaene y Cohen, 1997; Delazer y Benke, 1997; Macaruso et al., 1993; Luria, 1967/1974; Salguero et al., 2003, 2004). De acuerdo con Dehaene y Cohen (1995) esta tarea permite evaluar la habilidad del sujeto para la manipulación semántica de las cantidades numéricas.

- c. **Multiplicación.** La tarea consiste en resolver las operaciones de multiplicar que se presentan de forma escrita (Cipolotti y Butterworth,1995; Cuetos y Miera,1998; Dehaene y Cohen,1997; Delazer y Benke,1997; Delazer y Girelli, 1997; Macaruso et al., 1993; Luria, 1967/1974; Marterer et al., 1996; Salguero et al., 2003, 2004). Los procesos cognitivos que subyacen a la multiplicación están actualmente en entredicho. Por un lado, Dehaene y Cohen (1997) afirman que la multiplicación se resuelve mediante automatismos verbales. Por otra parte, estudios realizados tanto con pacientes de daño cerebral como con sujetos sanos, ponen en evidencia que no se produce mediación lingüística en la resolución de tareas de multiplicar (Damas y García-Orza, 2004;García-Orza et al., 2003).
4. **Cálculo oral.** Se presentan de forma oral operaciones aritméticas simples (Salguero et al., 2003, 2004):
- 15 Sumas.
 - 15 Restas.
 - 10 Multiplicaciones.

En cuanto a las tareas de cálculo, en la tabla 7 se recogen los resultados. Como se puede observar, los sujetos presentan más errores en las restas y multiplicaciones que en las sumas.

Tabla 7.- Resultados de las pruebas del bloque 4: Cálculo (N: número de sujetos; \bar{x} : media; Md: Moda; Sx: desviación típica).

Tarea	n° ítems	N	\bar{x}	Md	Sx	mínimo	máximo
Verificación de resultados	12	71	11,87	12	0,38	10	12
Razonamiento numérico	30	61	29,5	30	0,6	28	30
Suma escrita	36	78	35,4	36	0,7	34	36

Tarea	n° ítems	N	\bar{x}	Md	Sx	mínimo	máximo
Resta escrita	36	60	35	35	0,7	34	36
Multiplicación escrita	35	63	32,8	33	1,7	29	35
Suma oral	15	52	14,5	15	0,6	13	15
Resta oral	15	52	14,4	15	0,7	13	15
Multiplicación oral	10	50	9,2	10	0,7	8	10

En la figura 26 se presenta el porcentaje de aciertos del grupo control en cada una de las tareas del bloque de cálculo.

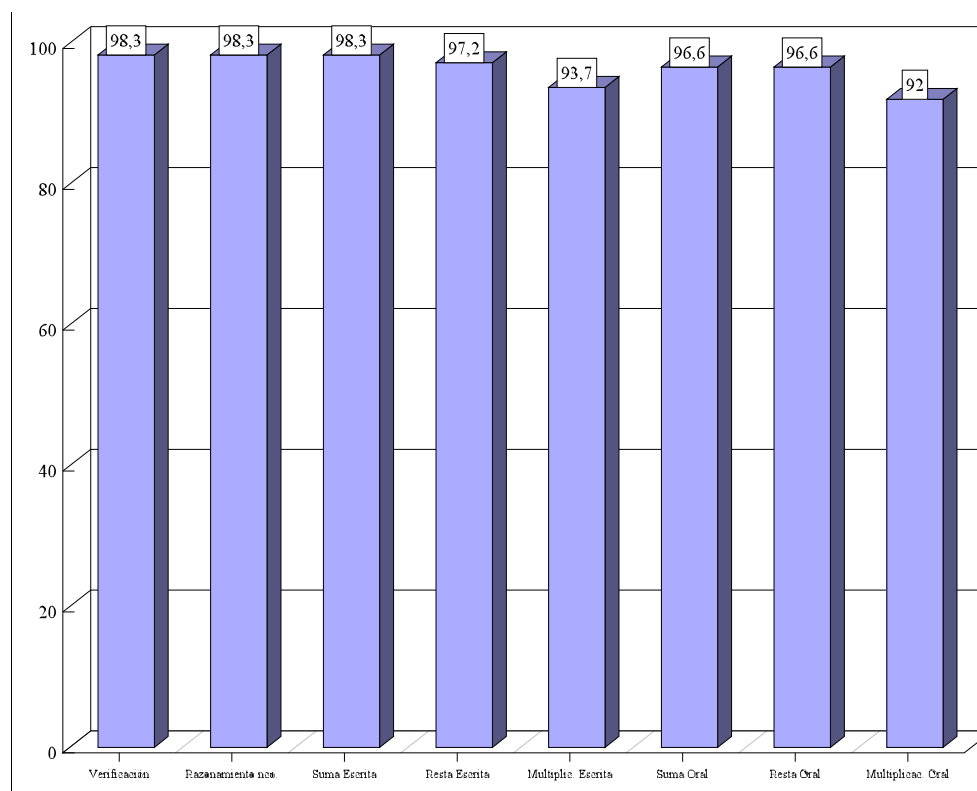


Figura 26.- Porcentaje de aciertos del grupo control en las tareas del bloque de cálculo.

3.2.1.2.5.- Bloque 5. Conocimiento Numérico Léxico

Todos los números representan una cantidad, pero algunos de ellos además tienen otros significados. Al conjunto de estos otros significados, de carácter no cuantitativo, es a lo que se denomina conocimiento numérico léxico. Es decir, cuando un número actúa o se comporta como una palabra, porque la información que transmite no se refiere a una cantidad.

Hay que tener en cuenta que algunas palabras aportan información cuantitativa, éstas son principalmente los adverbios de cantidad (poco, mucho,...) y algunos adjetivos (grande, pequeño,...). Los niños con dificultades de aprendizaje en matemáticas presentan problemas en el manejo de estos conceptos que son previos a la comprensión de los conjuntos y del concepto de número (Miranda y Gil-Llario, 2001).

El conocimiento numérico léxico o cualitativo, abarca distintos tipos de información, en líneas generales se distingue *información personal* de carácter “autobiográfico”, esto es los números personales, como fecha de nacimiento, el número del D.N.I., la matrícula del coche, *información general*, de carácter “enciclopédico”, constantes de tiempo (7, 12, 24, 365) constantes matemáticas (3.1416), fechas famosas (1789, 1492,...), marcas publicitarias, como son modelos de coches (600, etc.) marcas de coñac (501, 103) ...

Para evaluar este tipo de conocimiento se han empleado dos pruebas diferentes. A continuación se describe en qué consiste cada prueba así como el objetivo y el fundamento teórico de la misma.

- **Preguntas.** Para la evaluación del conocimiento numérico léxico se realizan al sujeto un total de 42 preguntas. Estas preguntas abarcan tres tipos de información numérica: autobiográfica y personal, general y fechas significativas o famosas (Cipolotti, 1995;

Cipolotti y Butterworth, 1995; Delazer y Girelli, 1997; Deloche y Seron, 1991; Dehaene y Cohen, 1997; Luria, 1967/1974; McCloskey et al., 1986; Salguero et al., 2003, 2004). La respuesta en todos los casos es un número. La modalidad de respuesta puede ser oral o escrita.

- **Juicios de paridad.** La tarea consiste en decidir si un número dado es par o impar. Se presentan un total de 10 ítems de 1 y 2 dígitos de longitud. Con esta tarea se evalúa el conocimiento numérico no-cuantitativo o léxico (Dehaene y Cohen, 1997; Salguero et al., 2003, 2004). Aunque como hemos visto, de acuerdo con el modelo Anatómico funcional de Dehaene y Cohen (1995, 1997), esta tarea es responsabilidad de la representación numérica de tipo arábigo-visual, es decir, no sería parte del conocimiento numérico léxico, sin embargo, desde nuestros planteamientos la paridad sí es parte de este tipo de conocimiento, ya que hace referencia a una cualidad del número que es independiente de la cantidad que representa.

Respecto al conocimiento numérico léxico o enciclopédico, destacar que nuestros sujetos no presentan ningún error en los juicios de paridad (par-impar), mientras que en las cuestiones cometen un error del 6,4%, siendo quizás más llamativo que el nivel de omisiones sea del 8,6%. Ver tabla 8.

Tabla 8.- Resultados de las pruebas del bloque 5: Conocimiento Numérico Léxico (N: número de sujetos; \bar{x} : media; Md: Moda; Sx: desviación típica).

Tarea	nº ítems	N	\bar{x}	Md	Sx	mínimo	máximo
Preguntas	38 ¹	71	32	32	4,164	23	40
Juicios de paridad	12	71	11,92	12	0,327	10	12

¹En esta tarea, el número total de ítems no es el mismo para todos los sujetos, hay preguntas que no se contabilizan. Por ejemplo, a los participantes solteros, la pregunta “¿cuántos años llevas casado?” se considera nula. Por tanto, 38 es la media de ítems a los que responden los sujetos.

En la figura 27 se presentan los porcentajes de aciertos del grupo control en las tareas de este bloque.

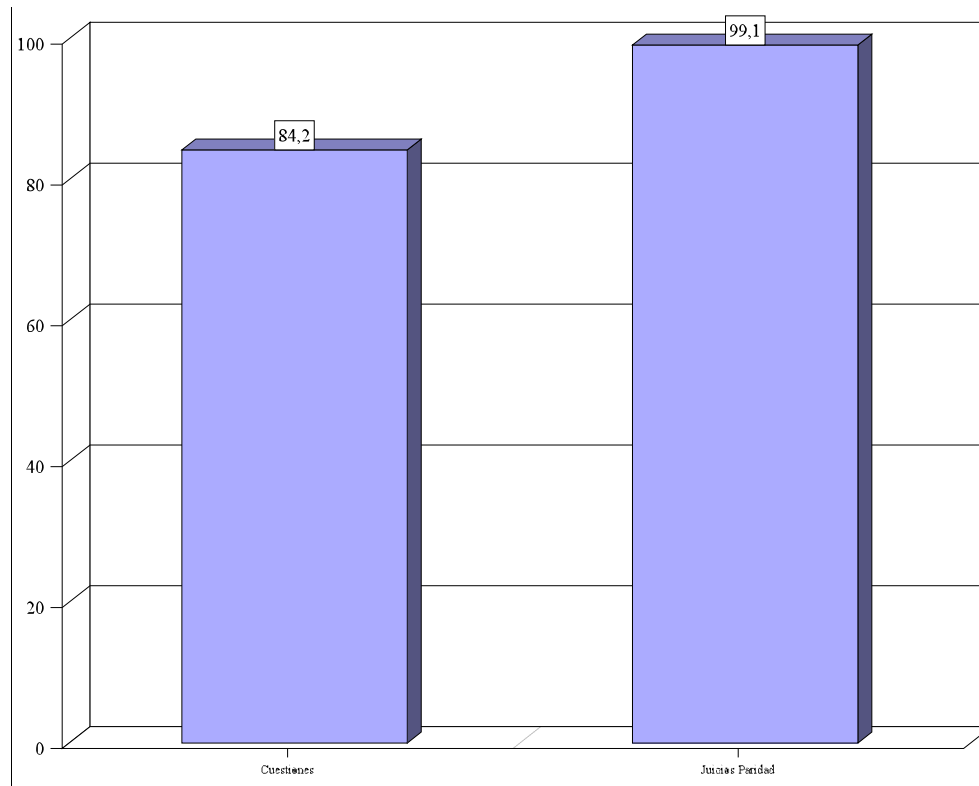


Figura 27.- Representación del porcentaje de aciertos del grupo control en cada tarea del bloque Conocimiento Numérico Léxico.

3.2.1.2.6.- Bloque 6. Secuencia Numérica

Por último, en este conjunto de tareas se evalúa la secuencia numérica. Seguidamente, se describe en qué consiste cada prueba así como el objetivo y el fundamento teórico de la misma.

- **Secuencia directa.** El objetivo de esta prueba es comprobar si el sujeto conserva el denominado en el modelo clásico de Gelman y Gallistel (1978) principio de orden.

Este principio consiste en elegir los números de manera “ordenada”, es decir, primero el 1, luego el 2, etc. a la hora de asignarlos en forma de correspondencia a los objetos de un conjunto. Se pide al sujeto que cuente en voz alta de 1 a 20 (Delazer y Benke, 1997; Deloche y Seron, 1982; Salguero et al., 2003, 2004; Takayama et al., 1994). Esta tarea permite además, examinar la memoria de las rutinas verbales (Dehaene y Cohen, 1997) puesto que la secuencia numérica se almacena en forma de rutina verbal.

- ☐ **Secuencia inversa.** Se pide al sujeto que cuente en voz alta desde 20 hasta 1 (Salguero et al., 2003, 2004).
- ☐ **Orden.** Se presentan en un folio los 20 primeros dígitos de forma desordenada. Se pide al sujeto que una, con una línea, los números de acuerdo con el orden de la secuencia numérica (Blanken et al., 1997; Cipolotti, 1995; Salguero et al., 2003, 2004). Con en esta tarea se evalúa con más precisión el principio de orden en los casos en que la rutina verbal de la secuencia numérica está dañada.
- ☐ **Secuencia de números pares.** Se presentan en un folio los números pares desde el 2 hasta el 10 de forma dispersa. Se pide al sujeto que una, con una línea, los números de acuerdo con la secuencia numérica (Dehaene y Cohen, 1997; Salguero et al., 2003, 2004). El objetivo de la tarea es evaluar si se conserva el principio de orden en las series numéricas, en este caso en la serie de números pares.

En las tareas relacionadas con la Secuencia Numérica (bloque 6), la ejecución de los sujetos se puede considerar perfecta como se puede observar en la tabla 9.

Tabla 9.- Resultados de las pruebas del bloque 6: Secuencia Numérica (N: número de sujetos; \bar{x} : media; Md: Moda; Sx: desviación típica).

Tarea	nº ítems	N	\bar{x}	Md	Sx	mínimo	máximo
Secuencia numérica directa	20	70	20	20	0	20	20
Secuencia numérica inversa	20	64	20	20	0	20	20
Secuencia numérica: Orden	10	71	10	10	0	10	10
Serie de números pares10	10	69	10	10	0	10	10

Por último y a modo de resumen, en la figura 28 se presentan los resultados del grupo control (adultos sanos) en cada uno de los bloques de la batería. Como se puede observar, en general, el porcentaje de aciertos está muy próximo al 100%, excepto en el bloque de conocimiento numérico léxico, que es en el que se presentan más dificultades.

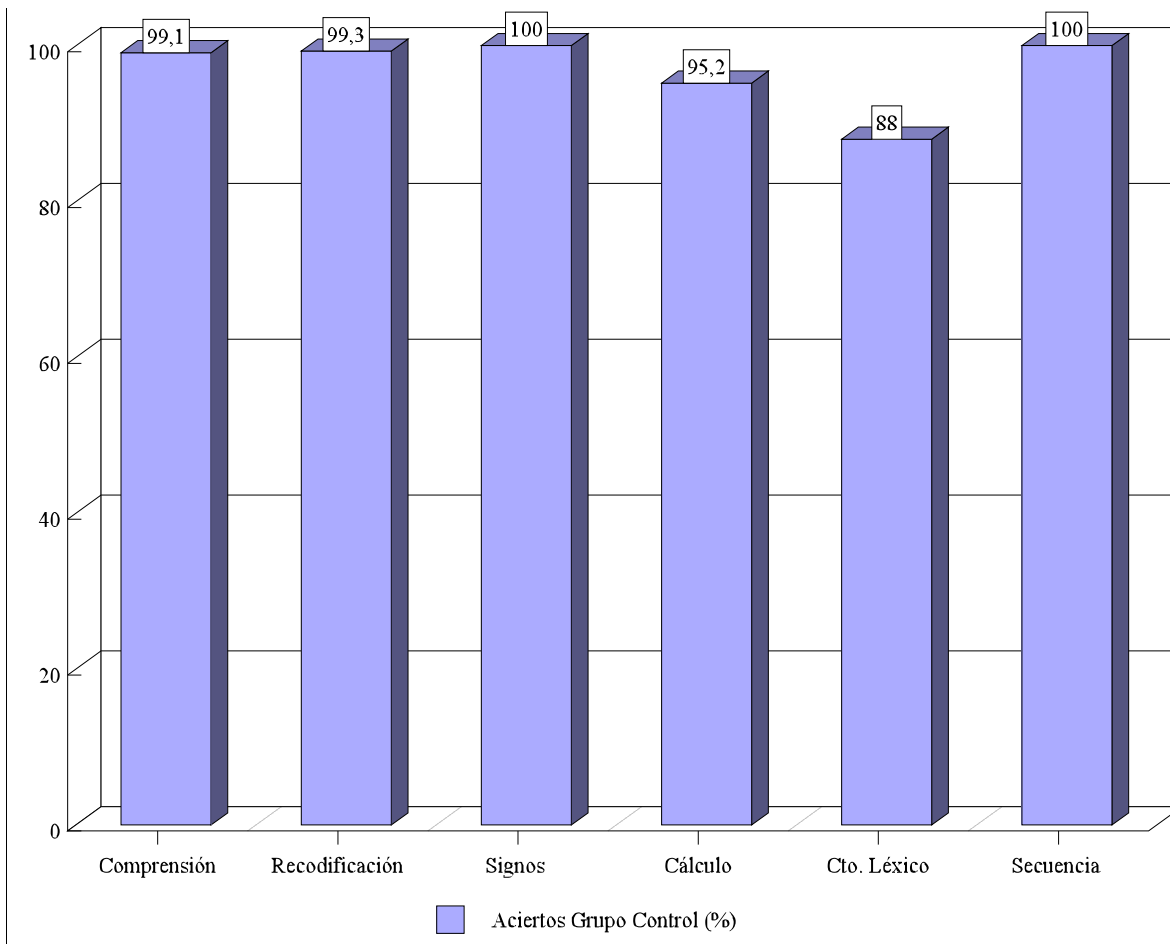


Figura 28. Porcentaje de aciertos del grupo control en cada bloque de la Batería de Procesamiento Numérico y Cálculo.

3.2.2. PACIENTES

3.2.2.1. Criterios de Inclusión

Los sujetos de este estudio son pacientes con lesión cerebral adquirida y que como consecuencia de ello, presentan trastornos neuropsicológicos, principalmente de carácter lingüístico y/o numérico (afasia, dislexia, acalculia, etc.). Los participantes tienen una serie de características en común; por ello, en la selección de los sujetos se han aplicado los siguientes criterios:

- ☐ Ser mayor de 16 años, y mostrar su acuerdo con participar en el estudio, estando en plena posesión de sus facultades mentales. En caso de estar bajo la responsabilidad de sus padres o de un tutor legal, ha sido necesario la aprobación tanto de éstos como del sujeto. Por último, para garantizar los aspectos éticos del estudio, se ha informado a cada paciente acerca de los objetivos del estudio.
- ☐ Haber transcurrido, al menos, 6 meses desde el momento de la lesión cerebral, para así evitar los posibles efectos de procesos de recuperación espontánea.
- ☐ El nivel de escolarización del sujeto antes del daño cerebral, al menos de 8º de E.G.B. o equivalente, ya que de no ser así no hay certeza de que el paciente tenía desarrolladas las habilidades numéricas que después de la lesión aparecen alteradas. En los casos en los que no estaba disponible la documentación al respecto, se han tenido en cuenta los informes de la familia acerca de las habilidades numéricas y matemáticas anteriores a la lesión.

- ☐ El origen del trastorno ha de ser central, es decir, cerebral y no periférico, ya que este estudio se centra en los procesos cognitivos implicados en el procesamiento numérico y el cálculo.
- ☐ El nivel de conciencia de los sujetos óptimo (no alterado) ya que de no ser así no se podrían determinar con exactitud los procesos cognitivos que han sido alterados por la lesión.
- ☐ No presentar alteraciones en comprensión del lenguaje. Sí se han incluido enfermos con déficits en producción del lenguaje, tanto graves como ligeros, para intentar establecer relaciones entre los procesos lingüísticos y los numéricos, pero los pacientes con afectación en la comprensión han sido excluidos ya que no ofrecen garantía de comprender las instrucciones de las tareas y por lo tanto, pueden invalidar los resultados.

3.2.2.2. Selección de los casos

Para seleccionar los casos de estudio, una vez cumplidos los criterios expuestos anteriormente, se aplica una versión reducida de la batería, en la que se evalúan los distintos tipos de habilidades numéricas: comprensión, recodificación, signos aritméticos, cálculo, conocimiento numérico cualitativo y secuencia numérica.

En la versión reducida no se han incluido todas las tareas de cada bloques, y se ha reducido también el número de ítems:

Bloque 1: Comprensión Numérica

Tarea de Comparación: 9 ítems.

Tarea de Bisección: 8 ítems.

Bloque 2: Recodificación Numérica

Tarea de recodificación arábigo-verbal: 8 ítems.

Tarea de recodificación verbal-arábigo: 8 ítems.

Bloque 3: Signos Aritméticos

Tarea de Uso de los Signos Aritméticos: 6 ítems.

Bloque 4: Cálculo

Verificación de resultados: 10 ítems.

Razonamiento numérico: 6 ítems.

Suma Escrita: 8 ítems.

Resta Escrita: 8 ítems.

Multiplicación Escrita: 8 ítems.

Bloque 5: Conocimiento Numérico Cualitativo

Tarea de Cuestiones: 8 ítems.

Bloque 6: Secuencia Numérica

Tarea Serie de pares: del 0 al 20.

La ejecución correcta de la versión reducida indica que el paciente conserva intactas las habilidades de procesamiento numérico y cálculo, por lo que se descarta el estudio completo. Por el contrario, si en la realización de la versión reducida se observan errores, en uno o más tipos de habilidades, se aplica la batería completa. Estos resultados no se someten a ningún tipo de análisis, es decir, en el momento que se detecta la posible alteración se realiza la evaluación completa del procesamiento numérico y el cálculo. Este examen global, ha confirmado y, desde luego, ampliado los resultados de la exploración previa, pero en ningún caso se ha detectado a posteriori alteraciones que no estuvieran registradas de ante mano en la versión reducida. Esto es lo que nos garantiza no haber excluido casos inadecuadamente durante el proceso de selección.

La utilización de la versión reducida nos ha permitido optimizar recursos en varios sentidos. Por una parte, su aplicación es muy rápida y permite detectar las dificultades en el procesamiento numérico y el cálculo en aproximadamente 15 ó 20 minutos, mientras que la prueba completa es mucho más extensa y requiere de más de 1 hora, de hecho a los pacientes que se les ha administrado se ha realizado en al menos dos sesiones. Otra de las ventajas, es que ha sido de gran ayuda para planificar los viajes, y los días de estancia necesarios, puesto que conocíamos de antemano el número de pacientes a los que había que evaluar.

Esta versión reducida se aplica a enfermos con daño cerebral de distintas asociaciones, clínicas y unidades hospitalarias de Huelva, Sevilla, Cádiz y Granada. En total a 45 pacientes, que se distribuyen entre distintas entidades de la siguiente manera:

- ⇒ Asociación de Familiares y Amigos del Paciente con Daño Cerebral de Cádiz (ADACCA): 14 de los que se seleccionan 6.
- ⇒ Asociación de Granada de Enfermos de Daño Cerebral (AGREDACE): se seleccionan 5 de 10.
- ⇒ Asociación de Enfermos de Alzheimer (AFA) de El Campillo (Huelva): ninguno de los 2 evaluados.
- ⇒ Centro de Evaluación y Rehabilitación de Daño Cerebral “Seren” de Huelva: 2 de las 2 evaluadas.
- ⇒ Hospital Vázquez Díaz de Huelva: 1 que no fue seleccionado.
- ⇒ Servicios Sociales del Ayuntamiento de Alosno (Huelva): 3 de los que no se seleccionan ninguno.
- ⇒ Fundación Virgen de las Nieves de Granada: 6 de los que se seleccionan los 6.
- ⇒ Unidad de Neuropsicología del Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla: 7 de los que no se seleccionan ninguno.

A partir de los resultados de la versión reducida de la batería y de los informes neurológicos y neuropsicológicos de cada enfermo, se seleccionan los 19 casos que se presentan en este trabajo y que se describen en el siguiente apartado.

Este procedimiento de selección se ha seguido con pacientes de daño cerebral de diferente naturaleza y localización: Enfermedad de Alzheimer en fase I (EA), casos de lesión axonal difusa (LAD), lesiones ocupantes de espacio (LOE), malformaciones arteriovenosas (MAV), accidentes cerebrovasculares (ACV) y traumatismos craneoencefálicos (TCE). Los casos que forman parte del estudio son representativos de todos estos tipos de lesiones excepto de los enfermos de Alzheimer.

Los casos de Enfermedad de Alzheimer, hubo que descartarlos debido al grave deterioro cognitivo general, a pesar de encontrarse en fase I. Así, el paciente GC realiza correctamente la tarea de comparación, lo que evidencia que conserva el acceso a la representación abstracta de la cantidad, y recita las tablas de multiplicar, sin embargo el examen de la comprensión oral del paciente no ofrece garantías de que comprenda las instrucciones de las tareas, lo que nos obliga a descartar su estudio. En la paciente PA se observan alteraciones en el procesamiento numérico y el cálculo, por ejemplo, errores de lexicalización en la tarea de recodificación verbal-arábigo: para el ítem “ciento cincuenta” escribe “10050”, y para el ítem “mil novecientos nueve” escribe “10009009”. Sin embargo el estudio de esta paciente se descarta por la misma razón que el anterior, es decir, las dificultades observadas en comprensión del lenguaje, tanto oral como escrito, no garantizan que entienda las instrucciones de las tareas.

Se descartan también todos los casos de la Unidad de Neuropsicología del Hospital Virgen del Rocío de Sevilla, estos pacientes estaban en fase aguda de la enfermedad y no habían transcurrido 6 meses en el momento de la recogida de datos. Estos casos serán evaluados en futuros trabajos si procede.

Los casos que se presentan a continuación, cumplen todos los criterios de inclusión, y son por una parte, aquellos en los que se ha detectado una alteración en el procesamiento de los números y/o el cálculo, y por otro lado, se han incluido aquellos casos en los que las habilidades relacionadas con el procesamiento de los números y el cálculo están totalmente preservadas a pesar de la gravedad y la localización de la lesión, ya que hemos considerado de interés observar, estudiar y explicar las razones que permiten a estos pacientes manipular perfectamente los números teniendo las lesiones que sufren, esto puede ayudar a descartar la implicación de funciones y zonas cerebrales que supuestamente participan del procesamiento numérico y el cálculo.

3.2.2.3. Descripción de los casos

Los pacientes se han clasificado en tres grupos: daño principal en el hemisferio izquierdo, daño principal en el hemisferio derecho y daño generalizado. En total son 19 casos, 11 presentan daño principal en el hemisferio izquierdo, 4 en el hemisferio derecho y otros 4 daño generalizado. De estos últimos, 3 están diagnosticados de lesión axonal difusa pero la paciente BET presenta daño frontal bilateral, y al ser la afectación de ambos hemisferios igual de importante se ha decidido incluirla en este grupo.

A continuación se describen las principales características de cada caso: datos personales, historia médica y evaluación neuropsicológica, en la que se incluye el estado de los distintos procesos psicológicos (atención, memoria, lenguaje, etc.). Indicar que no en todos los casos se ha podido recoger misma cantidad de información, estas diferencias se deben a la distinta procedencia de los pacientes. De todos disponemos de la información mínima necesaria, pero de aquellos casos en los que los datos han sido más abundante se ha decidido incluirlos para así enriquecer el trabajo sin que esto vaya en detrimento de los pacientes con menos información.

La información que a continuación se presenta de cada paciente se ha obtenido tras el análisis y resumen de los distintos informes médicos disponibles (neurológicos, radiológicos, etc.) así como de los informes neuropsicológicos correspondientes. Estos informes se han procurado sintetizar de manera que los datos que se aportan son los que consideramos relevantes para este trabajo.

3.2.2.3.1.- Paciente ACH

1. DATOS PERSONALES

Edad/Fecha de nacimiento: 40 (26/1/1966)

Sexo: varón

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: Técnico electricista.

2. HISTORIA MÉDICA

Lesión Axonal Difusa consecuencia de un TCE por accidente de tráfico. Pequeña lesión temporal en hemisferio derecho. Hemorragia subaracnoidea sin especificar zona; Higroma (linfangioma quístico) frontal de predominio derecho.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Orientación: Correcta en lugar y tiempo. La conciencia sobre la ocurrencia del accidente es correcta, pero presenta anosognosia sobre sus secuelas actuales, ya que no mantiene un reconocimiento constante de las limitaciones cognitivas y no tiene ninguna conciencia de las alteraciones presentes en la autorregulación emocional y comportamental.
- * Integración visoperceptiva: conservada.
- * Coordinación visomotora: conservada.
- * Atención: déficit leve en atención selectiva, mantenida y dividida.
- * Velocidad de procesamiento de la información: enlentecida.

- * Memoria. Déficit leve en memoria de trabajo y déficit moderado en memoria verbal a corto y largo plazo.
- * Funciones ejecutivas. Déficit moderado en planificación, ejecución y autoevaluación de la propia conducta.
- * Lenguaje y comunicación. Conservados, con ligera dificultad en la pronunciación debida a las secuelas sensitivas y motóricas izquierdas.
- * Personalidad. Desinhibición emocional y comportamental por déficit de autorregulación.
- * Estado de ánimo. Eutímico.
- * Comportamiento. Alteraciones conductuales derivadas de la desinhibición (con episodios de agresividad verbal, rotura de objetos, ingesta compulsiva, etc.) y de la falta de conciencia de sus limitaciones actuales (insistencia en conducir, salir de noche con sus amigos, consumir tabaco, alcohol, etc.)

3.2.2.3.2.- Paciente AMA

1. DATOS PERSONALES

Edad/Fecha de nacimiento: 40 años (26/5/1965)

Sexo: mujer

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: 10 años escolarizada

2. HISTORIA MÉDICA

Resonancia Magnética (RM) craneal prequirúrgica: masa de 6cm de diámetro en línea media que infiltra septum interventricular, asociada a ligera dilatación de la porción vestibular de los ventrículos laterales. En mayo de 2005 es intervenida de neurocitoma central (tumor cerebral) con resección parcial mediante craneotomía, presentando en el postoperatorio hemiparesia severa derecha y disfasia motora. Cambios postquirúrgicos tras craneotomía parietal posterior izquierda con lóculo en lecho quirúrgico que causa efecto de retracción sobre

el ventrículo lateral izquierdo. Se observa una masa de 3.5x2cms localizada en la mitad posterior del tabique interventricular protruyendo a ambos lados de la línea media, y que presenta moderado realce tras contraste. Existe también una imagen nodular en el agujero de Monroe izquierdo y la pared del cuerpo ventricular izquierdo de características similares de intensidad de señal. Los hallazgos descritos son compatibles con resto tumoral en línea media sin poder descartar que las lesiones del agujero de Monroe y de la pared lateral del ventrículo izquierdo puedan corresponder a lesión tumoral o cambios postquirúrgicos. Cambios postquirúrgicos en la calota parietal izquierda, con trayecto encefalomalácico amplio en el parénquima subyacente que comunica con el atrio ventricular izquierdo. Dilatación asimétrica por prominencia del ventrículo lateral izquierdo generalizada que sugiere obstrucción del foramen de Monroe. Masa sólida hipercaptante heterogénea (que mide en su eje mayor 3 cm de diámetro) en el lecho del septum pelucidum correspondiente a restos tumorales de neurocitoma central. Resultado de anatomía patológica: tumor benigno.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Lenguaje: Disfasia motora
- * Memoria: Déficit moderado en memoria de trabajo. Déficit grave de memoria verbal y visual a corto y largo plazo. Velocidad de procesamiento: dentro de la media baja.
- * Atención: Déficit ligero en atención mantenida y concentración. Déficit grave en atención dividida

3.2.2.3.3.- Paciente ANB

1. DATOS PERSONALES

Edad/Fecha de nacimiento: 38 años (14/5/1964)

Sexo: mujer

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: 17 años de escolaridad/Licenciada en Filología Hispánica.

2. HISTORIA MÉDICA

Ingresa de urgencia con cuadro de cefalea frontotemporal de un mes de duración. Se diagnostica de quiste coloide del III ventrículo, con hidrocefalia reactiva. A los 3 días es intervenida quirúrgicamente. Se le realiza una craneotomía frontal izquierda, penetrando en el ventrículo lateral izquierdo a través de una corticotomía circular. La familia refiere desconexión total al principio del postoperatorio, de la que fue recuperándose poco a poco. Periodo de amnesia retrógrada a anterógrada (ésta última de mayor duración, aproximadamente un año). Refieren también problemas de memoria, repetición de ideas de forma obsesiva, y cambios de carácter. En informe psicológico se recoge presencia de déficits cognitivos relacionados con fallos de memoria e inadecuada adaptación a situaciones novedosas. Comienza una psicoterapia, pero abandona debido a la no evolución positiva. Derivada a Salud Mental, ante la persistencia de los fallos cognitivos y cambios en su carácter. Presenta síndrome extrapiramidal 3 años después. Durante todo este tiempo su estado de ánimo ha sido depresivo, con sentimientos de tristeza, desvaloración y desmotivación, acompañándose de sintomatología ansiosa. El servicio de Neurología 4 años después, dictamina “secuelas cognitivas y conductuales tras intervención de quiste coloidal”.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Atención: focalizada y sostenida conservadas. Atención dividida alterada.
- * Velocidad del procesamiento de la información: enlentecida significativamente.
- * Funciones premotoras: programación, coordinación e integración del acto motor se encuentran conservadas. No comete errores en alternancias motoras y coordinación.
- * Las funciones prácticas de tipo ideomotor e ideacional: preservadas.
- * Orientación: temporal, del lugar y personal conservadas.
- * Funciones visoperceptivas: capacidades visoespaciales y visomotoras, por debajo de la normalidad.
- * Capacidades lingüísticas: expresión, articulación, repetición, y escritura normales. Comete más fallos en comprensión oral (sin llegar a ser incapacitante) que en escrita.

Sin embargo su fluidez verbal y capacidad de denominación se encuentran disminuidas para su grupo de edad y educación equivalente.

- * Memoria y aprendizaje: memoria de trabajo y manipulación mental de la información: se detectan dificultades. Severos problemas para aprender material novedoso de naturaleza verbal. En términos generales, su curva de aprendizaje no sigue una distribución normal. Se detecta un índice nulo de recuerdo consistente, no llegando a recordar en ningún momento la totalidad de la información. No existe ganancia mnésica a lo largo de los ensayos. Comete numerosas intrusiones que dificultan el proceso de aprendizaje. Los fallos hacen referencia al proceso de codificación del material, por lo que influye negativamente en el almacenamiento, así como en la recuperación de la poca información aprendida. No es capaz de almacenar información a largo plazo. En memoria visual, la paciente es capaz de retener a la media hora lo que aprendió de manera inmediata, por lo que apuntamos a fallos en su memoria visual inmediata más que a largo plazo. Los errores los comete a la hora de retener de manera inmediata los detalles aislados del diseño, desajustes característicos sobre todo del hemisferio cerebral izquierdo. Los resultados del Test de Retención Visual de Boston indican marcado deterioro cognitivo.
- * Funciones ejecutivas: alteradas.
- * Esfera psicosocial y emocional. Cambios en personalidad debido a la enfermedad: alta frustración e irritabilidad, tristeza y desmotivación, ideas obsesivas, nerviosismo y marcada preocupación. Se descarta evidencia de depresión.

3.2.2.3.4.- Paciente ANC

1. DATOS PERSONALES

Edad/Fecha de Nacimiento: 46 años (08/07/1959)

Sexo: mujer

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: Artes Plásticas

2. HISTORIA MÉDICA

En enero de 2005 presenta cefalea de instauración brusca y 24 horas de evolución, con mareo, náuseas e inestabilidad, rebelde a tratamiento habitual. Se realiza Tomografía Axial Computerizada (TAC) craneal y angio-TAC con imagen compatible con hemorragia subaracnoidea (HSA) en territorio de arteria comunicante anterior (ACA). En la angiografía, se aprecia formación secular en arteria pericallosa derecha, compatible con aneurisma, no susceptible de tratamiento endovascular, por lo que se procede a clipaje del mismo. En el postoperatorio, aparece cuadro de hemiparesia derecha y anartria, realizándose nuevo TAC de control donde se aprecia imagen compatible con infarto isquémico en territorio de arteria comunicante anterior izquierda (ACAI). En resumen, HSA en ACA y aneurisma en región pericallosa (2 mm de diámetro en eje mayor). No se han detectado aneurisma en otras localizaciones. Hemiplejía espástica. Afasia motora. En TAC de control posterior se observa imagen compatible con infarto isquémico en la distribución de la ACAI, así como otra hipodensidad cortico-subcortical frontoparietal izquierda igualmente compatible con infarto isquémico reciente. Se observan signos de extensa HSA, más abundante en la cisterna supraquiasmática, en el territorio de ACA y en menor medida, en toda el área del polígono de Willis, valles silvianos e interpeduncular. Se extienden a través del espacio subaracnoideo hasta la los surcos frontales más superiores.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Lenguaje: en comprensión se observa mejoría en la comprensión de órdenes complejas. En expresión presenta gran alteración en fluidez, con disnomias frecuentes y construcciones sintácticas simples. Afasia motora. Articulación: disartria. Presenta alexia, agrafia y acalculia.
- * Atención: déficit ligero-moderado en atención mantenida y selectiva. Déficit ligero en concentración.
- * Razonamiento: déficit ligero en razonamiento y asociación de conceptos. Media baja en razonamiento espacial.

- * Apraxia constructiva.
- * Memoria: déficit en memoria verbal no cuantificado por la afasia, déficit en memoria visual no cuantificado por la apraxia.
- * Psicomotricidad: síndrome hombro-mano severo. Realiza marcha con vigilancia.

3.2.2.3.5.- Paciente APRF

1. DATOS PERSONALES

Edad: 44 (9/12/1960)

Sexo: varón

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: 21 años de escolaridad/Maestro

2. HISTORIA MÉDICA

Antecedentes de crisis epilépticas desde los 18 años bien controladas farmacológicamente, última crisis hace aproximadamente 14 años. Entre enero y febrero de 2005, comienza a tener dificultades en el lenguaje, principalmente en denominación y lectura. En mayo, se le realiza RM de cráneo en la que se visualiza lesión ocupante de espacio localizada en área temporal izquierda, de aspecto sólido y bordes aparentemente bien delimitados, intraxial. Ejerce efecto masa sobre hipocampo izquierdo y asta temporal del ventrículo lateral sin desviación de línea media. En junio es intervenido quirúrgicamente del tumor (glioblastoma multiforme grado I/II). Inicia sesiones de quimio y radioterapia.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Atención: focalizada: normal; sostenida: normal; dividida: normal.
- * La velocidad del procesamiento de la información es adecuada.
- * La orientación personal, temporal y al lugar, se encuentran conservadas. La orientación derecha-izquierda, tanto personal como extrapersonal, es normal.

- * Las funciones visoperceptivas, visoespacial y visoconstructivas se encuentran preservadas.
- * Lenguaje: Las capacidades expresivas del lenguaje referente a fluidez y denominación se encuentran moderadamente alteradas y alteradas, respectivamente. La repetición se encuentran dentro de la normalidad. La comprensión auditiva es normal. Manifiesta dificultad en la comprensión lectora, necesitando demasiado tiempo y varias lecturas para llegar a comprender el material leído. En ocasiones, confunde grafemas y emite parafasias literales. La mecánica de la escritura es normal, aunque su fluidez se ve ligeramente afectada a causa de las dificultades expresivas.
- * Memoria y aprendizaje: La memoria remota personal, familiar y laboral se encuentra preservada, sin amnesia retrógrada. La capacidad de aprendizaje verbal a corto plazo es normal. No obstante, conforme avanza el tiempo y las interferencias se produce un decaimiento en el porcentaje de recuerdo del material a recordar a largo plazo. La capacidad de aprendizaje visual también está conservada a corto plazo. A largo plazo, se detectan fluctuaciones. La capacidad para establecer relaciones entre diferentes tipos de material y crear asociaciones que permitan el aprendizaje se encuentra moderadamente alterada.
- * La integridad somatosensorial está conservada y no presenta asteroognosias.
- * Las funciones práxicas de tipo ideomotor e ideacional están preservadas.
- * Las funciones premotoras relacionadas con la programación, coordinación e integración del acto motor se encuentran conservadas.
- * Las funciones ejecutivas: dentro de la normalidad.
- * Esfera emocional y psicosocial: Su estado de ánimo no llega a ser depresivo, no obstante en ocasiones “se viene abajo” y sufre de una “profunda tristeza”.

3.2.2.3.6.- Paciente BET

1. DATOS PERSONALES

Edad/Fecha de nacimiento: 42 (17/4/1963)

Sexo: mujer

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: Estudios Primarios.

2. HISTORIA MÉDICA

En marzo de 2005 sufre TCE y HSA. Es intervenida y embolizada de aneurisma de comunicante anterior cuatro meses después. Hidrocefalia tratada con derivación ventriculoperitoneal. Áreas de encefalomalacia residual en el extremo anterior de ambos lóbulos frontales, en localización anterobasal en el izquierdo y afectando predominantemente a la circunvolución frontal superior en el derecho, que se asocian a efecto de retracción sobre las astas frontales más marcados en el hemisferio cerebral izquierdo. Catéter derivativo ventricular a través de lóbulo frontal derecho.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Anomia moderada.
- * Velocidad de procesamiento: déficit moderado-grave.
- * Atención mantenida: déficit grave.
- * Déficit moderado en integración visoperceptiva
- * Déficit grave de aprendizaje implícito.
- * Déficit de memoria.
- * Déficit motivacional.
- * Anosognosia sobre la mayoría de sus déficits.

3.2.2.3.7.- Paciente BRN

1. DATOS PERSONALES

Edad/Fecha de nacimiento: 40 años (30/1/1963)

Sexo: varón

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: Estudios Primarios

2. HISTORIA MÉDICA

Es atropellado por vehículo en octubre de 2001. Sin antecedentes patológicos de interés. Ingresa con una GCS² de 3. Los resultados de TAC craneal muestran contusión en partes blandas fronto-parietal izquierdas. HSA silviana izquierda con algún foco de contusión puntiforme semioval izquierda, corticales izquierdas y dudoso parasagital frontal derecho. Los resultados de electroencefalograma (EEG) realizado en mayo de 2003 muestran discreta afectación bioeléctrica cerebral a nivel de áreas parietotemporales del hemisferio izquierdo.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Orientación: temporal, del lugar y personal se mantienen conservadas.
- * Las funciones premotoras relacionadas con la programación, coordinación e integración del acto motor se encuentran entre ligeramente alteradas (MD) y alteradas (MI). En alternancias motoras y coordinación, se observa lentitud y torpeza.
- * La integridad somatosensorial está preservada y no presenta asteroagnosias. Sin embargo, presenta ligeras dificultades en la identificación de los dedos de las manos cuando estos son tocados simultáneamente.
- * Las funciones práxicas de tipo ideomotor e ideacional están preservadas.
- * Existen algunos fallos a la hora de explorar el campo visual, pero sin llegar a hemianopsia o hemiatención.

²GCS, del inglés Glasgow Coma Score. Escala que mide el grado de consciencia, compuesta por tres parámetros: Respuesta Ocular, Motora y Verbal. La puntuación mínima es 3 (estado de coma profundo) y la máxima 15 (estado normal de consciencia).

- * Alteración de las funciones visoperceptivas. Las funciones visoconstructivas se encuentra dentro de la normalidad. Las funciones visoespaciales están entre alteradas y normales.
- * La capacidad de almacenamiento de información se encuentra en una posición límite. Sin embargo no hay alteraciones en la capacidad de manipulación mental de la información. Existen también fallos en atención compleja, es decir cuando tiene que manipular información de diferente naturaleza. La capacidad para poder alternar o cambiar el foco atencional se encuentra entre ligera y moderadamente alterado. Existen interferencias neurocognitivas que dificultan la ejecución.
- * Enlentecimiento en la velocidad de procesamiento de la información.
- * La capacidad de cálculo sencillo y complejo está entre moderadamente alterada y alterada. El cálculo escrito se encuentra también alterado.
- * Lenguaje: alteración en fluidez verbal, denominación, comprensión lectora, mecánica de la escritura, repetición de frases complejas y deletreo de palabras. Pese a estos resultados, hay que tener muy en cuenta el hecho de que su bajo nivel educativo también está influyendo en las puntuaciones.
- * Memoria y aprendizaje: graves problemas a la hora de aprender información novedosa de naturaleza verbal. Aunque no se aprecian grandes recaídas en su curva de aprendizaje, todas las puntuaciones están por debajo de la normalidad. Los problemas hacen referencia al proceso de codificación de la información, por lo que está repercutiendo a la hora de almacenar y recuperar el material de manera exitosa. Comentar también el elevado índice de adiciones, repeticiones y perseveraciones en este tipo de tarea. Alteración en memoria visual tanto inmediata y alteración moderada en memoria demorada. Los errores están relacionados con la estructura general del diseño y con los detalles específicos.
- * Resolución de problemas: por debajo de la normalidad (percentil <5). El paciente manifiesta dificultades al actuar desde un análisis previo de la situación para captar el

problema como un conjunto, actuando sin estrategias y con marcada desinhibición en este tipo de tareas.

- * Las funciones ejecutivas: alteradas.
- * Nivel emocional: se han detectado cambios referentes a un descenso en su tolerancia a la frustración y mayor desinhibición. El síntoma más característico en estos momentos es la labilidad emocional.

3.2.2.3.8.- Paciente GG

1. DATOS PERSONALES

Edad/Fecha de nacimiento: 55 años (9/10/1951)

Sexo: varón

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: Contabilidad

2. HISTORIA MÉDICA

Ictus isquémico de la Arteria Cerebral Media Izquierda con tratamiento de trombolisis a los 120 minutos. En TAC de control a las 24 horas aparece infarto isquémico extenso temporo-parietal izquierdo con ligero efecto masa. Presenta hemiparesia derecha incluida la mano.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Orientación: personal, del lugar y tiempo conservadas.
- * Integración visoperceptiva. Déficit perceptivo de intensidad entre ligera y moderada por alteración en la habilidad para la integración visoespacial.
- * Habilidad visomotora. Dentro de la media con las dificultades psicomotoras derivadas de la hemiparesia de la mano derecha.
- * Atención. Déficit ligero en atención sostenida. Tiene capacidad para concentrarse pero durante un espacio de tiempo más corto de lo normal ya que rápidamente se produce

- fatiga o cansancio mental al realizar actividades intelectuales. Sus recursos atencionales se agotan rápidamente por lo que está repercutiendo en su capacidad para la realización de esfuerzos intelectuales prolongados ya que o bien, se cansa y abandona la tarea o bien se bloquea, quedándose “en blanco”.
- * Memoria. Memoria retrógrada: presenta leves dificultades en el recuerdo de información anterior al accidente cerebrovascular (ACV). Memoria anterógrada verbal: Memoria de trabajo, memoria a corto, largo plazo y reconocimiento de material aprendido dentro de la media-baja para su edad. Memoria anterógrada visual (aprendizaje de informaciones nuevas de contenido visual): presenta dificultades para el aprendizaje de información por la vía visual ya que se ha detectado un déficit de intensidad ligera en la memoria a corto plazo y en el reconocimiento del material aprendido y un déficit moderado en la memoria a largo plazo.
 - * Funciones ejecutivas. Motivación y organización de la conducta dentro de la media. En la ejecución y evaluación de las tareas se ha observado reiteración o repetición de estrategias ineficaces, es decir, falta de flexibilidad cognitiva o mental.
 - * Lenguaje y comunicación. Dificultades para la expresión oral derivadas de una disartria residual a una afasia motora inicial y de alteraciones en la fluidez verbal provocadas por déficit moderado en el acceso a la memoria semántica verbal y por déficit severo en el acceso a la memoria fonológica verbal. Sus problemas expresivos se incrementan notablemente y se escapan al control voluntario en las situaciones de excitación nerviosa. Las dificultades y bloqueos del discurso hacen que reinicie la emisión del mensaje por (1) no retener en qué momento del mismo se paró y (2) pensar que no ha sido comprendido por el receptor. Presenta déficits en la expresión escrita provocados por disortografía.
 - * Personalidad. Sin alteraciones respecto a los rasgos premórbidos.
 - * Estado de ánimo. Eutímico.
 - * Comportamiento. Sin alteraciones de la conducta.

3.2.2.3.9.- Paciente ISR

1. DATOS PERSONALES

Edad: 16 años (3/11/89)

Sexo: varón

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: Estudiante de 2º de Bachillerato.

2. HISTORIA MÉDICA

En julio de 2005 sufre TCE por accidente de tráfico. En TAC se observa lesión axonal difusa. Hemorragia intraventricular de predominio derecho. Hemorragia subaracnoidea. RM: lesión axonal difusa con depósitos de hemosiderina en región del uncus temporal derecho, tronco del encéfalo, parte derecha del cuerpo caloso y centro semioval derecho.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Memoria. Déficit moderado-grave en memoria verbal a corto y largo plazo. Reconocimiento dentro de la media. Déficit moderado en memoria visual a corto y largo plazo con grave déficit en reconocimiento.
- * Déficit ligero en velocidad de procesamiento.
- * Déficit moderado en fluidez verbal semántica y fonológica.
- * Déficit ligero en concentración.
- * Otras áreas cognitivas: dentro de la media.

3.2.2.3.10.- Paciente LC

1. DATOS PERSONALES

Edad/Fecha de nacimiento: 27 años (2/12/1976)

Sexo: mujer

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: 14 años de escolaridad.

2. HISTORIA MÉDICA

En junio de 2002 presenta bruscamente cefalea fronto-temporal derecha, junto con sensación de parestesia. Acude a urgencias, durante su estancia en el hospital presenta una crisis convulsiva generalizada y a continuación una disminución del nivel de conciencia (GCS 3). Se realiza TAC urgente en el que se observa gran hematoma occito-parietal derecho con efecto masa y HSA. Los resultados de pruebas complementarias (RM craneal, Angio-RM de cráneo y arteriografía cerebral) apuntan a una malformación arterio-venosa (MAV) parieto-occipital dependiente de la arteria cerebral posterior (ACP). Se descarta intervención quirúrgica de MAV. En ese momento, la paciente se muestra consciente y orientada; hemianopsia homónima izquierda y paresia facial izquierda; hemiplejía izquierda con hipotonía. En resumen, es diagnosticada de hematoma occito-parietal derecho secundario a malformación arterio-venosa occipital. Se somete a tratamiento de radiocirugía. En psiquiatría se le diagnostica de episodio depresivo mayor y Trastorno de la personalidad de origen orgánico (TOP). En revisión de agosto de 2003 se evidencia una mejoría, con recuperación prácticamente total de la fuerza así como de la sensibilidad profunda, persistiendo una discreta hipoestesia superficial. Mejora de la hemianopsia homónima izquierda y la paresia facial izquierda.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Atención: atención focalizada: está conservada; atención sostenida: ligeramente alterada; atención dividida: dentro de la normalidad.
- * Velocidad del procesamiento de la información: Se observa enlentecimiento significativo.
- * La orientación temporal, del lugar y personal se encuentran conservadas.
- * Las funciones visoperceptivas: ligeramente alteradas. Capacidades visoespaciales y visomotoras, aunque disminuidas, se encuentran dentro de la normalidad.
- * Lenguaje. En relación a las capacidades lingüísticas, la expresión, articulación, repetición, comprensión (auditiva y escrita) y escritura son normales. Se han detectado

errores en su habilidad de denominación y una escasa fluidez verbal comparados con su rango de edad y educación equivalente.

- * Memoria y Aprendizaje: dificultades en la memoria de trabajo y manipulación mental de la información. Memoria verbal a corto y largo plazo dentro de la normalidad. La curva de aprendizaje sigue una distribución normal. Respecto a la memoria visual, manifiesta problemas a la hora de retener el material visual a largo plazo. En este caso, sus fallos se refieren a detalles aislados del diseño, característicos de desajustes sobre todo en el hemisferio cerebral izquierdo.
- * Funciones ejecutivas: entre normal y ligeramente alteradas.
- * Esfera psicosocial y emocional: baja tolerancia a la frustración, irritabilidad, sentimientos de tristeza y sobre todo de desconfianza ante todo el mundo.

3.2.2.3.11.- Paciente MC

1. DATOS PERSONALES

Edad: 31 años (1/1/1966)

Sexo: mujer

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: Diplomada Universitaria en Enfermería.

2. HISTORIA MÉDICA

TCE grave por accidente de tráfico. Presenta hemorragia subaragnoidea en silvio derecho, contusiones hemorrágicas en lóbulo temporal derecho y ganglios basales izquierdos, además de disminución del tamaño de ventrículos laterales y tercero. En Potenciales Evocados se observan signos de afectación a nivel subcortical (diencefálico). Presenta tetraplegia (tetraparesia).

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Lenguaje: afasia motora tipo Broca, con una fluidez muy limitada, incapaz de fonar. Sólo pronuncia /no/ y /ma/ de forma estereotipada, aunque a veces estas fonaciones son instrumentales, presenta una grave dificultad para el acceso léxico fonológico que produce una severa anomia que viene a dificultar aún más su capacidad expresiva tanto oral como escrita. Su expresión es funcional mediante un puntero láser adaptado con muy buenos resultados. De cualquier manera, incluso con este método sigue manteniendo una disgrafía adquirida, secundaria a su afasia y sobre todo, secundaria a la anomia. La comprensión del lenguaje está conservada (oral y escrita), y la expresión verbal es nula, pero es capaz de iniciar interacciones de forma espontánea mediante comunicación no verbal y puede comunicar signos de malestar.
- * Memoria: presenta graves trastornos de memoria episódica, verbal, visual y de trabajo. Su memoria retrógrada se mantiene básicamente conservada aunque mantiene grandes lagunas, y dificultad en la recuperación de información almacenada (su reconocimiento es bueno pero no su recuerdo). Sus mayores limitaciones se encuentran en la memoria anterógrada, con dificultad en adquirir aprendizajes nuevos. Moderadas dificultades visoperceptivas.

3.2.2.3.12.- Paciente MNL

1. DATOS PERSONALES

Edad/Fecha Nacimiento: 47 (24/9/1956)

Sexo: varón

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: Médico especialista en Medicina Familiar y Comunitaria.

2. HISTORIA MÉDICA

Antecedentes de cefaleas y cardiopatía valvular reumática (estenosis mitral), con prótesis metálica y fibrilación auricular crónica. En mayo de 2003 sufre infarto de la Arteria Cerebral Media Izquierda (ACMI) y es llevado a urgencias al día siguiente, encontrándose bradipsíquico, con anosognosia, leve desorientación temporoespacial, hemianopsia homónima derecha y hemiparesia sensitivo-motora derecha.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Orientación: leve desorientación temporal, correcta en espacio y persona.
- * Integración visoperceptiva: en la media baja.
- * Visomotora: déficit ligero.
- * Atención: déficits ligeros en atención mantenida, selectiva y dividida.
- * Memoria y aprendizaje: memoria y aprendizaje verbal normales. Déficits entre moderados y severos en la memoria visual y en la memoria de trabajo.
- * Funciones ejecutivas: déficits en el mantenimiento de la dirección cognitiva, el control de los impulsos, la planificación, ejecución y evaluación del comportamiento.
- * Lenguaje y comunicación: normales.
- * Personalidad y Comportamiento: hipersexualidad, parcial reconocimiento de sus limitaciones, irritabilidad.
- * Estado de ánimo: deprimido.

3.2.2.3.13.- Paciente ML

1. DATOS PERSONALES

Edad/Fecha de nacimiento: 67 (18/5/1934)

Sexo: mujer

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: Estudios Primarios

2. HISTORIA MÉDICA

En noviembre de 2000 la familia la encuentra en el suelo con la boca desviada a la izquierda. En TAC presenta un infarto isquémico de temporo-parietal izquierdo. Eco-Doppler normal. Presenta infarto isquémico en las áreas perisilviana tanto superficial como profunda. Afasia mixta de predominio expresivo y una hemiparesia de predominio braquial.

En resumen, hemianopsia derecha, cuadro piramidal residual derecho de predominio braquial, afectación sensitiva derecha que afecta a la sensibilidad superficial y profunda, apraxia bucofacial, apraxia ideomotora e ideatoria de predominio derecho y afasia mixta.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Orientación: personal conservada, del lugar y tiempo moderadamente alteradas.
- * Atención: normal. Buen nivel de activación.
- * Lenguaje: receptivo: buena comprensión en general; expresivo: grave trastornos en denominación, en léxico de output fonológico. Escritura: incapacidad total para la escritura de palabras, no realiza ningún tipo de escritura. Agrafía y alexia.
- * Esfera emocional: actitud agresivo-pasiva, cambios de humor y labilidad emocional, buen nivel de conciencia, no se observa anosognosia.
- * Funciones motoras: pérdida de las habilidades de realizar movimientos coordinados con los dedos, sobre todo con mano derecha.
- * Praxias orales: no aparecen trastornos en los movimientos individuales de la cara.

3.2.2.3.14.- Paciente MLN

1. DATOS PERSONALES

Edad: 29 años (23/12/1973)

Sexo: mujer

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: 12 años. Diplomada Universitaria en Enfermería.

2. HISTORIA MÉDICA

Antecedentes personales de cefaleas y ansiedad, en febrero de 1999 ingresa en hospital por cuadro de disminución brusca del estado de conciencia (GCS 8). En TAC de urgencias muestra imagen compatible con hematoma intraparenquimatoso temporoparietal derecho, con gran desplazamiento de la línea media e imagen compatible con malformación arteriovenosa periventricular. En marzo es intervenida quirúrgicamente, se le practica craneotomía, evacuación del hematoma y extirpación de MAV. Presenta hemiparesia izquierda y hemianagnosia homónima izquierda. En TAC de control postoperatorio, se visualiza una encefalomalacia quística que afecta a región fronto-temporo-parieto-occipital derecha. En agosto, se realiza estudio de RM cerebral y Angio del Polígono de Willis, se aprecia amplia área de encefalomalacia quística en región frontotemporoparietooccipital derecha con atrofia focal, aumento de tamaño del sistema ventricular derecho. En Angio RM, se observan disminución del calibre de la arteria cerebral media derecha así como oclusión de arteria cerebral posterior derecha. Presenta hemiparesia izquierda y hemianagnosia homónima izquierda.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Atención: atención focalizada: conservada; atención sostenida: ligeramente alterada; atención dividida: ligeramente alterada.
- * La velocidad del procesamiento de la información: adecuada para su edad.
- * La orientación temporal, del lugar y personal se encuentra conservada. La orientación derecha-izquierda personal está preservada. La orientación derecha-izquierda extrapersonal, está ligeramente alterada. La orientación en un plano está alterada.
- * Las funciones visoperceptivas, visoespaciales y visoconstructivas: entre ligera y moderadamente alteradas.
- * Lenguaje. En relación a las capacidades lingüísticas, las habilidades expresivas, es decir, articulación, repetición, fluidez, denominación y escritura son normales. Por otro lado, la comprensión auditiva y lectora, también se encuentran dentro de la normalidad.

- * La capacidad de aprendizaje verbal a corto y largo plazo esta conservada. Por el contrario, la memoria visual esta ligeramente alterada. Esta deficiencia se agrava aún más por sus problemas visoconstructivos.
- * La integridad somatosensorial está preservada y no presenta asterognosias para la mano derecha. El miembro superior izquierdo carece de sensibilidad.
- * Las funciones práxicas de tipo ideomotor e ideacional están preservadas.
- * Las funciones ejecutivas ligeramente alteradas. Manifiesta rigidez cognitiva. Su habilidad en resolución de problemas se sitúa muy por debajo de la normalidad. La paciente manifiesta dificultades al actuar desde un análisis previo de la situación para captar el problema como un conjunto, actuando en ocasiones de manera rígida y sin estrategias en este tipo de tareas.

3.2.2.3.15.- Paciente MRC

1. DATOS PERSONALES

Edad:39 (25/11/1966)

Sexo: varón

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: Ingeniero eléctrico.

2. HISTORIA MÉDICA

En mayo de 2001 sufre un accidente de tráfico con resultado de TCE y pérdida de conciencia inmediata. Precisa intubación y ventilación mecánica. Se realiza TAC que informa de lesión axonal difusa, hematoma en ganglios basales izquierdo y hemorragia subaracnoidea postraumática. RM de cráneo: Secuelas del hematoma. Atrofia cortico-subcortical de la corteza y del tronco cerebral.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Atención: Atención selectiva y mantenida: dentro de la media.
- * Velocidad de procesamiento: dentro de la media.
- * Control de la interferencia atencional: dentro de la media.
- * Razonamiento espacial superior a la media.
- * Función Ejecutiva: dificultades en la planificación, resto de la función ejecutiva dentro de la media.
- * Memoria visual: dentro de la media.
- * Expresión del lenguaje: déficit ligero en fluidez semántica y severo en fluidez fonológica.

3.2.2.3.16. Paciente PP

1. DATOS PERSONALES

Edad/Fecha de nacimiento: 54 años (10/11/1950)

Sexo: varón

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: 6 años de escolaridad/Empresario

2. HISTORIA MÉDICA

Antecedentes de Hipertensión arterial (HTA). Ingresó en el hospital por urgencias el 27 de marzo de 2000, con un cuadro de pérdida motora y sensitiva en miembros derechos (con previos episodios los días anteriores). Exploraciones: en EEG se visualizan ondas thetas-delta hipervoltadas en áreas parieto-temporales izquierdas. TAC craneal, muestra infarto isquémico en parietal izquierdo. RM craneal: infarto temporo-parieto-occipital izquierdo; pequeño infarto en protuberancia; focos isquémicos en corona radiada derecha y pedúnculo cerebral derecho; en ECO-doppler se detecta oclusión en origen de arteria carótida interna izquierda sin hallazgos patológicos en carótida derecha; en el EEG (48 horas después), concluye la afectación bioeléctrica cerebral lentificada a nivel de áreas parieto-temporales izquierdas. Es

diagnosticado de trombosis de carótida interna izquierda en su origen, infarto cerebral en territorio de dicha arteria. Infartos lacunares cerebrales en otros territorios vasculares. En la arteriografía realizada en abril se confirma la oclusión del origen de la arteria carótida izquierda. En TAC de mayo de 2000 muestra hipodensidad a nivel parietal izquierdo. Recibe el alta en mayo de 2000, con diagnóstico de trombosis de arteria de carótida izquierda, con infarto cerebral en territorio de la citada arteria; hemiplejía derecha; HTA y afasia mixta.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Atención: déficits en atención sostenida y dividida.
- * Reducción en la velocidad del procesamiento de la información.
- * Hemiagnosia homónima del campo visual derecho. Ligera alteración visoespacial y visoconstructiva.
- * Lenguaje: moderada alteración de la fluidez verbal, denominación y repetición. Alexia. Agrafia. Acalculia.
- * Memoria: alteración de la memoria verbal y visual.
- * Apraxia ideomotora e ideacional.
- * Hemiplejía derecha.
- * Funciones ejecutivas: ligera alteración, ligera desinhibición social, impulsividad, rigidez mental y baja tolerancia a la frustración.

3.2.2.3.17.- Paciente PPCH

1. DATOS PERSONALES

Edad/Fecha de nacimiento: 51 años (27/7/56)

Sexo: varón

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: 8 años de escolaridad.

2. HISTORIA MÉDICA

Antecedentes de etilismo crónico. En abril de 2000 de forma brusca comienza a notar mientras conduce parestesias y debilidad en miembros izquierdos, así como alteración en la articulación del lenguaje. Heminegligencia visual izquierda. Paresia facial supranuclear izquierda. Hemiparesia izquierda severa. Hemihipoestesia e hipoalgesia izquierda. TAC craneal: área hipodensa con atrofia focal asociada en lóbulo frontal derecho. Existe otra imagen similar de menor tamaño en lóbulo occipital derecho. RM craneal: imágenes compatibles con infarto agudo extenso en territorio de ACM derecha afectando parcialmente a territorio de perforante. Signos de oclusión de ACI derecha.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Memoria: memoria de trabajo dentro de la media baja. Memoria verbal a corto y largo plazo dentro de la media baja y déficit moderado-grave en el reconocimiento del material expuesto previamente.
- * Heminegligencia espacial izquierda.
- * Atención: déficit leve en atención mantenida. Déficit moderado en atención dividida. Déficit moderado en control de las interferencias atencionales.
- * Función ejecutiva: déficit grave.
- * Déficit leve en fluidez verbal semántica y fonológica.
- * Cambio de personalidad: rasgos fóbicos muy marcados y síndrome apático.

3.2.2.3.18.- Paciente RFL

1. DATOS PERSONALES

Edad/Fecha de nacimiento: 53 años (1/5/1953)

Sexo: varón

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: empresario de hostelería.

2. HISTORIA MÉDICA

En septiembre de 2004, presenta hemiparesia derecha como consecuencia de infarto en arteria cerebral media izquierda. En TAC de control (a las 24 horas) se observa imagen compatible con infarto subagudo en territorio de arteria cerebral media del hemisferio izquierdo.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Lenguaje: afasia motora, con dificultad para la nominación pero buena comprensión. Comprensión lectora conservada en lectura para sí mismo y comprensión oral conservada salvo en conversaciones rápidas o de más de dos personas. Parafasias vocales. Correcta identificación de palabras.

3.2.2.3.19.- Paciente TRS

1. DATOS PERSONALES

Edad: 46 años (11/11/1958)

Sexo: mujer

Nivel educativo/Años de escolaridad/Profesión: Auxiliar de enfermería.

2. HISTORIA MÉDICA

Presenta repentina cefalea y algias faciales izquierdas, poco después comienza con trastorno en la emisión y comprensión del lenguaje junto con desviación de comisura bucal. Desaparición del déficit motor y permanece estable con ligera mejoría del trastorno del lenguaje presentando una afasia de características mixtas y de predominio expresivo. TC craneal: área encefalomalácica residual que afecta a la ínsula y circunvoluciones laterales así como parcialmente a la región opercular y circunvoluciones inferiores del lóbulo parietal del hemisferio cerebral izquierdo. La exploración realizada muestra signos precoces de isquemia aguda en territorio de la arteria cerebral media izquierda, consistentes en borramiento de la

corteza insular así como discreta hipodensidad en ganglios basales izquierdos. Exploración posterior mediante angio-TAC muestra signos de prominente hipoperfusión en el territorio de la arteria cerebral media izquierda demostrado por prominente alargamiento del tiempo de tránsito medio, disminución del volumen sanguíneo y del flujo sanguíneo en el territorio de la arteria cerebral media izquierda.

3. EVALUACIÓN NEUROPSICOLÓGICA

- * Lenguaje: Afasia mixta de predominio expresivo con evolución lenta pero positiva, realizando actualmente copia correcta y mejorando la comprensión, el dictado y la lectura.
- * Atención, memoria, velocidad de procesamiento, integración visoperceptiva y habilidad visomotora: dentro de la media.

3.3.- RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de cada bloque de la Batería de Evaluación del Procesamiento numérico y el Cálculo. Cada uno de los bloques está dividido, de acuerdo con la clasificación anterior, es decir, los pacientes están agrupados según el lugar de la lesión principal: daño principal en hemisferio izquierdo, daño principal en hemisferio derecho y daño generalizado. Cada uno de estos grupos se ha dividido en función del grado de conservación de la producción del lenguaje, distinguiéndose 3 niveles:

- 1.- Producción del lenguaje normal: aquellos que no presentan alteraciones lingüísticas de ningún tipo.
- 2.- Leves alteraciones en producción del lenguaje: se han incluido los casos en los que las dificultades lingüísticas afectan a la fluidez, es decir, en los el déficit incide exclusivamente a la velocidad de producción.
- 3.- Graves alteraciones del lenguaje: aquellos casos en los que además de estar afectada la fluidez se presenta el cuadro completo de afasia motora, así como aquellos casos en los que se observan otro tipo de dificultades lingüísticas, como anomia, alexia, agrafia, etc.

Las pruebas utilizadas en el examen del lenguaje han sido distintas subpruebas del test de Boston (p.e., tarea de denominación, lectura comprensiva de oraciones y párrafos, deletreo al dictado, repetición de frases y oraciones, etc.), de la batería EPLA (Evaluación del Procesamiento Lingüístico en la Afasia (versión española de Psycholinguistic Assessment of Language Processing in Aphasia, PALPA; Valle y Cuetos, 1995). Así como algunas subpruebas de Luria (p.e., comprensión oral, comprensión lectora, etc.).

Teniendo en cuenta el lugar de la lesión principal y el estado del lenguaje, los pacientes quedan distribuidos como se recoge en la tabla 10.

Tabla 10.- Distribución de pacientes de acuerdo con el lugar de la lesión principal y la conservación de la producción del lenguaje.

LUGAR DE LA LESIÓN PRINCIPAL	PRODUCCIÓN DEL LENGUAJE		
	normal	leve alteración	grave alteración
hemisferio izquierdo	ANB MNL	AMA APRF BRN GG TRS	ANC ML PP RFL
hemisferio derecho	LC MLN	PPCH	MC
generalizado	ACH BET	ISR MRC	

Para el análisis estadístico de los datos se ha realizado una diferencia de proporciones (Moore y McCabe, 2001; Pryce, 2005), con la que se obtiene una puntuación z , así como su significatividad. Este procedimiento permite comparar dos puntuaciones obtenidas. Bien con la misma prueba, bien con pruebas paralelas, esto nos permite comparar la ejecución de un paciente en relación a un grupo control o la comparación de las ejecuciones de dos pacientes diferentes, incluso en situaciones donde el total de ítems utilizado en uno y otro caso pueden ser diferentes. El procedimiento es el siguiente:

```

* Large-sample significance test for two population proportions.
MATRIX.
COMPUTE n1 = { }. /* total prueba 1(número de ítems de la prueba aplicada al Grupo Control) */
COMPUTE n2 = { }. /* total de ítems del paciente/
COMPUTE x1 = { }. /* aciertos en n1 (número de aciertos, la media de aciertos del grupo control) */
COMPUTE x2 = { }. /* aciertos en n2 (número de aciertos del paciente) */
*The remainder of the syntax calculates the z score and significance levels given the values for n1,
    n2, x1 and x2 which you have entered.
*NB you don't need to alter anything from here on.
COMPUTE p1 = x1/n1.
COMPUTE p2 = x2/n2.
COMPUTE phat = (x1 + x2) / (n1 + n2).
COMPUTE SE_phat = SQRT(phat * (1 - phat) * ((1/n1) + (1/n2))).
COMPUTE z = (p1 - p2) /SE_phat.
COMPUTE SIGz_2TL = 2 * (1 - CDFNORM(ABS(z))).
COMPUTE SIGz_LTL = CDFNORM(Z).
COMPUTE SIGz_UTL = 1 - CDFNORM(Z).
COMPUTE ANSWER = {p1, p2, SE_phat, z, SIGz_2TL, SIGz_LTL, SIGz_UTL}.
PRINT ANSWER / FORMAT "F10.5" / CLABELS = p1, p2, SE, z, SIGz_2TL, SIGz_LTL, SIGz_UTL.
END MATRIX.

```

Cuadro 1. Procedimiento estadístico de diferencia de proporciones.

Como se puede observar, el procedimiento parte de la elaboración de una matriz a partir de cuatro puntuaciones: n1 (total de ítems de la prueba aplicada al grupo control), n2 (aciertos del grupo control), x1 (total de ítems de la prueba que se aplica a un paciente) y x2 (aciertos del paciente). Como se ha comentado anteriormente n1-n2 y x1-x2, pueden hacer referencia también a dos pacientes, “a” y “b”, respectivamente.

Por otra parte, el procedimiento que hemos utilizado en el análisis de los datos, las diferencias de proporciones, no permite calcular el valor de z si el total aciertos y de ítems del paciente y del grupo control son iguales, aunque no sean del 100%. Por ejemplo, tanto paciente como grupo control presentan un 90% de aciertos. En estos casos p es igual a 1, y el valor de z es el mínimo, registrándose en las tablas como “min”. Otra circunstancia en la que no se puede obtener el valor de z , es cuando el porcentaje de aciertos es igual a 100 tanto en el grupo control como en el paciente, aunque el total de ítems sea distinto, por ejemplo si al grupo

control se le aplican 66 ítems siendo la media de aciertos del 100% de aciertos, no podemos obtenerla z de la ejecución de un paciente que tenga 25 aciertos de 25 ítems. En estos casos también se ha registrado en las tablas el valor de z como “min”.

La razón por la que el número de ítems es distinto para el grupo control y los pacientes es que para estos últimos se han reducido, con el fin de evitar fatiga innecesaria, ya que los datos del grupo control indican la probabilidad de error en cada prueba. Por ejemplo, en la tarea de repetición para el grupo control consta de 66 ítems, todos distribuidos aleatoriamente en cuanto a frecuencia y longitud. Los resultados de esta prueba son de un 100% de aciertos en el grupo control, de manera que sabemos que si un sujeto repite correctamente los 20 primeros ítems la probabilidad de error en los restantes es mínima. Esto ha permitido que al aplicar la prueba a los pacientes cuando se ha observado una ejecución correcta en los 20 primeros ítems, se ha dado por finalizada la tarea y así evitar el agotamiento, por el contrario si el paciente comete en los primeros ítems algún error se le sigue aplicando hasta completarlos todos, de manera que luego se han realizado los correspondientes análisis cualitativos de los errores. Nuestra experiencia con el grupo control evidencia que incluso a personas sanas, resultan tremendamente tediosas las tareas tan largas y eso es lo que hemos intentado evitar a nuestros pacientes cuando ha sido posible.

En resumen, mediante las diferencias de proporciones se obtienen las puntuación z , que permiten determinar la significatividad de las diferencias entre un paciente y el grupo control en cada una de las pruebas que componen la batería.

3.3.1.- COMPRENSIÓN NUMÉRICA

3.3.1.1.- Lesión principal en el hemisferio izquierdo

En la tabla 11 se recogen los resultados de los análisis estadísticos (z y p) de los pacientes con daño principal en el hemisferio izquierdo, divididos en tres grupos de acuerdo con el estado en que conservan la producción del lenguaje: normal, ligeramente afectada y gravemente afectada.

Tabla 11.- Resultados en Comprensión Numérica de Pacientes Daño principal en hemisferio izquierdo.

BLOQUE 1: COMPRENSIÓN NUMÉRICA		producción del lenguaje normal		leve alteración en producción del lenguaje					grave alteración en producción del lenguaje			
		ANB	MNL	AMA	APRF	BRN	GG	TRS	ANC	ML	PP	RFL
IDENTIFICAC. NÚMEROS ARÁBIGOS	% PD	100	100	100	100	100	100	85	----	61	95	18
	z	min	min	min	min	min	min	1,8	----	6,96	2,26	11,7
	p	1	1	1	1	1	1	0,07	----	0,00	0,23	0,00
COMPARAC.	% PD	100	94	100	100	100	100	94	93,5	90	100	94
	z	min	2,48	min	min	min	min	2,48	0,80	1,02	min	2,48
	p	1	0,01	1	1	1	1	0,01	0,42	0,30	1	0,01
BISECCIÓN	% PD	93	71,5	100	100	85,5	100	100	----	50	100	79
	z	2,69	2,22	min	min	1,51	min	min	----	3,06	min	1,89
	p	0,00	0,02	1	1	0,12	1	1	----	0,00	1	0,05
PROXIMIDAD	% PD	68	100	100	100	100	100	100	94	55	100	100
	z	2,55	min	min	min	min	min	min	0,95	2,82	min	min
	p	0,01	1	1	1	1	1	1	0,33	0,00	1	1
ASOCIACIÓN 1	% PD	100	85,5	100	100	100	100	100	57	100	100	100
	z	min	1,23	min	min	min	min	min	2,28	min	min	min

El procesamiento de los números arábigos: una aproximación desde la Neuropsicología Cognitiva

BLOQUE 1: COMPRENSIÓN NUMÉRICA		producción del lenguaje normal		leve alteración en producción del lenguaje					grave alteración en producción del lenguaje			
		ANB	MNL	AMA	APRF	BRN	GG	TRS	ANC	ML	PP	RFL
	p	1	0,21	1	1	1	1	1	0,02	1	1	1
ASOCIACIÓN 2	% PD	100	85,5	100	100	100	85,5	100	----	80	100	100
	z	min	1,23	min	min	min	1,23	min	----	1,49	min	min
	p	1	0,21	1	1	1	0,21	1	----	0,13	1	1
ASOCIACIÓN 3	% PD	100	100	100	100	100	100	100	66,5	100	100	92
	z	min	min	min	min	min	min	min	2,49	min	min	1,1
	p	1	1	1	1	1	1	1	0,01	1	1	0,23
ESCALA ANALÓGICA 1	% PD	0	100	83	100	100	100	20	100	100	100	100
	z	3,35	-1,12	0,39	-1,12	-1,12	-1,12	2,71	-1,12	-1,12	-1,12	-1,12
	p	0,00	0,26	0,69	0,26	0,26	0,26	0,00	0,26	0,26	0,26	0,26
ESCALA ANALÓGICA 2	% PD	60	100	83	100	100	100	20	----	100	100	100
	z	2,14	min	0,39	min	min	min	2,71	----	min	min	min
	p	0,03	1	0,69	1	1	1	0,00	----	1	1	1

(----) No sabe, no contesta.

Los resultados de AMA, APRF, BRN, GG, PP y TRS son en todas las pruebas similares al grupo control, en ninguna de las tareas las diferencias con el grupo control son significativas. Por lo que se puede afirmar que conservan intactas las habilidades relacionadas con la comprensión de los números.

MNL presenta una menor puntuación en la tarea de Bisección en la que las diferencias con el grupo control son significativas, pero todas las demás pruebas están realizadas perfectamente, por lo que los datos, permiten afirmar que conserva la comprensión de los números.

En RFL las diferencias con el grupo control son significativas en la Identificación y en la tarea de Bisección, sin embargo los excelentes resultados en el resto de pruebas indican que conserva la comprensión numérica. Lo mismo sucede a ML, a pesar de que en Identificación, Bisección y Proximidad las diferencias con el grupo control son significativas, los resultados en las otras tareas indican que conserva las habilidades necesarias para la manipulación mental de cantidades.

Los casos en los que la Comprensión numérica está más afectada son los de las pacientes ANB y ANC, aunque en ninguna de las dos se observa una pérdida absoluta de la comprensión de los números, sino una grave alteración.

En ANB se observa la Comprensión numérica, en general, alterada. En el total de las pruebas del bloque, las diferencias con el grupo control son significativas ($z=4,24$; $p=0,00$), pero en algunas tareas las ejecuciones son de un 100% de aciertos. Los principales déficits aparecen en la tarea de Proximidad y en las dos versiones de Escala Analógica. Estas diferencias entre unas tareas y otras no pueden explicarse por dificultades en la comprensión oral de la paciente (intacta) o por distintos niveles de complejidad de las tareas. Los resultados permiten plantear que la paciente tiene dificultades para acceder a la representación interna de los números, es decir, a la cantidad, pero no podemos afirmar que esté totalmente incapacitada para ello. Los resultados de ANB en la tarea de comparación numérica son del 100% de aciertos, esto indica que es capaz de acceder a la cantidad que representan los números, y comparar mentalmente estas dos representaciones para decidir cuál de ellas es mayor, por tanto no hay una pérdida de la noción de número ni de cantidad. Lo mismo sucede con ANC, los resultados muestran que realiza perfectamente algunas de las pruebas, por ejemplo, Comparación y Proximidad, así como la Escala Analógica 1, mientras que otras es incapaz de ejecutarlas, por ejemplo la Bisección. Además, se observa que ANB obtiene las mejores puntuaciones precisamente en las que peor realiza ANC y viceversa, lo que pone de manifiesto que las dificultades de ambas no se deben a la diferencia en la complejidad de las

tareas. Por tanto, ambas pacientes presentan graves alteraciones en la Comprensión Numérica, pero no una pérdida absoluta del acceso a las cantidades que representan los números ni a la manipulación mental de ellos.

En resumen, en los pacientes con lesión principal en el hemisferio izquierdo, se observa una gran variabilidad en los resultados, pero en ninguno de los casos hay una pérdida total de la capacidad para acceder a la representación de las cantidades. Ninguno de estos pacientes presenta diferencias significativas con el grupo control en la tarea de Comparación numérica, que como ya se ha comentado es la que permite determinar si se puede acceder a las cantidades y manipularlas mentalmente.

Como se observa en la figura 29, las puntuaciones más bajas en Comprensión numérica son las de los pacientes con graves alteraciones en producción del lenguaje. Pero la heterogeneidad de estos resultados no está en todos los casos relacionada directamente con el grado de afectación en producción del lenguaje. Vemos como en el grupo de lenguaje normal, la paciente ANB, a pesar de conservar intacto el lenguaje, presenta menores puntuaciones, por ejemplo, que el paciente PP con el lenguaje gravemente afectado. La relativa independencia entre producción del lenguaje y comprensión numérica, se observa en el grupo de pacientes con leves alteraciones lingüísticas, cuyos resultados son en todos los casos similares al grupo control.

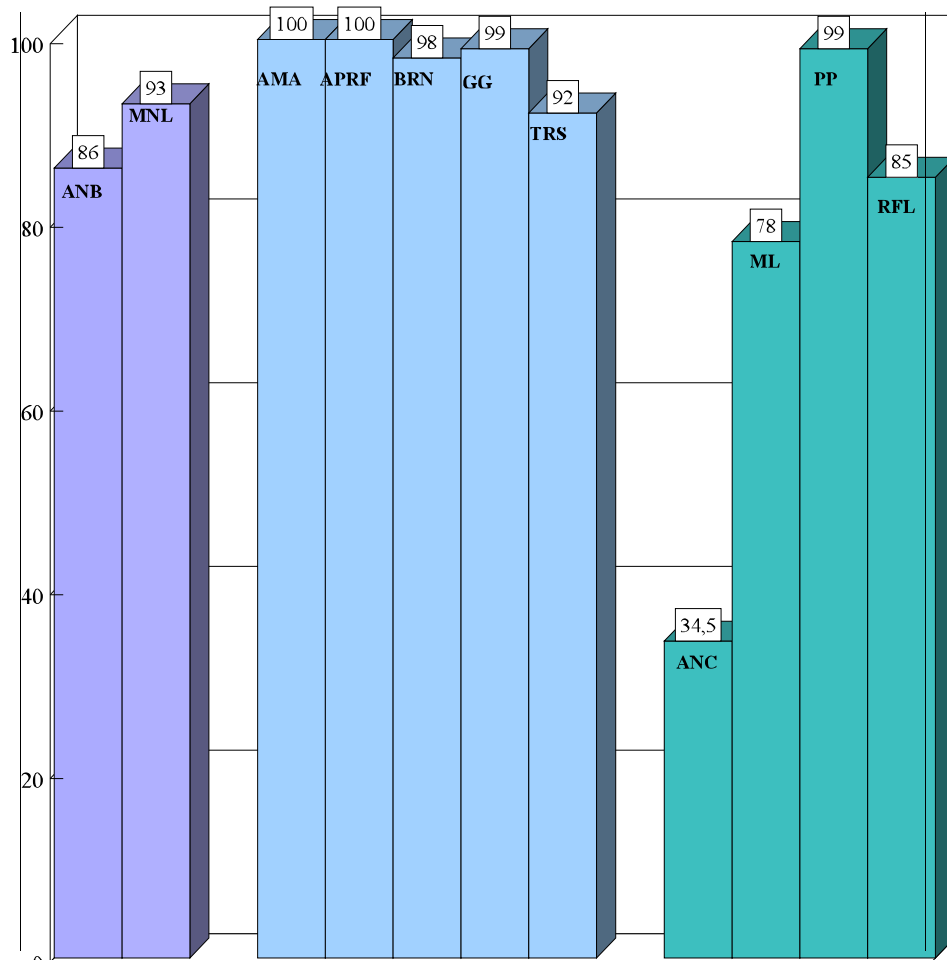


Figura 29.- Resultados de los pacientes con lesión principal en el hemisferio izquierdo en función del estado de conservación del lenguaje en el bloque de Comprensión Numérica.

3.3.1.2.- Lesión principal en el hemisferio derecho

En la tabla 12 se presentan los resultados de los pacientes con daño principal en el hemisferio derecho.

Tabla 12.- Resultados en Comprensión Numérica de Pacientes Daño principal en hemisferio derecho.

BLOQUE 1: COMPRESIÓN NUMÉRICA		producción del lenguaje normal		leve alteración en producción del lenguaje	grave alteración en producción del lenguaje
		LC	MLN	PPCH	MC
IDENTIFICACIÓN NÚMEROS ARÁBIGOS	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1
COMPARACIÓN	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1
BISECCIÓN	% PD	100	100	78,5	86
	z	min	min	1,89	1,51
	p	1	1	0,05	0,12
PROXIMIDAD	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1
ASOCIACIÓN 1	% PD	100	100	100	**
	z	min	min	min	**
	p	1	1	1	**
ASOCIACIÓN 2	% PD	100	100	100	**
	z	min	min	min	**
	p	1	1	1	**

BLOQUE 1: COMPRESIÓN NUMÉRICA		producción del lenguaje normal		leve alteración en producción del lenguaje	grave alteración en producción del lenguaje
		LC	MLN	PPCH	MC
ASOCIACIÓN 3	% PD	100	100	100	**
	z	min	min	min	**
	p	1	1	1	**
ESCALA ANALÓGICA 1	% PD	100	100	100	90
	z	-1,12	-1,12	-1,12	0,00
	p	0,26	0,26	0,26	1,00
ESCALA ANALÓGICA 2	% PD	100	100	100	90
	z	min	min	min	1,02
	p	1	1	1	0,30

(**) No se puede evaluar debido a problemas motores.

Como se observa en la figura 30, en estos pacientes están intactas las habilidades implicadas en la comprensión numérica, independientemente de la afectación de la producción del lenguaje.

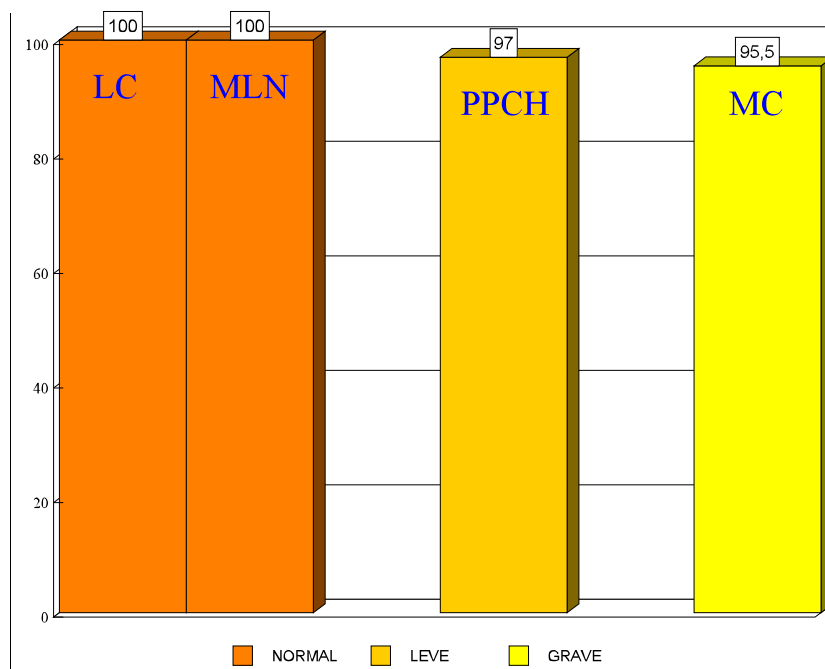


Figura 30.- Resultados en Comprensión numérica del grupo de pacientes con lesión principal en el hemisferio derecho, clasificados en función de la conservación de la producción del lenguaje.

3.3.1.3.- Daño generalizado

Los resultados de estos pacientes se pueden observar en la tabla 13.

Tabla 13.- Resultados en Comprensión Numérica de Pacientes Daño generalizado.

BLOQUE 1: COMPRESIÓN NUMÉRICA		producción del lenguaje normal		leve alteración en producción del lenguaje	
		ACH	BET	ISR	MRC
IDENTIFICACIÓN	% PD	100	100	100	100
NÚMEROS	z	min	min	min	min
ARÁBIGOS	p	1	1	1	1

BLOQUE 1: COMPRESIÓN NUMÉRICA		producción del lenguaje normal		leve alteración en producción del lenguaje	
		ACH	BET	ISR	MRC
COMPARACIÓN	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1
BISECCIÓN	% PD	78,5	86	100	87,5
	z	1,89	1,5	min	1,41
	p	0,05	0,12	1	0,15
PROXIMIDAD	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1
ASOCIACIÓN 1	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1
ASOCIACIÓN 2	% PD	100	86	100	100
	z	min	1,23	min	min
	p	1	0,21	1	1
ASOCIACIÓN 3	% PD	100	100	92	100
	z	min	min	1,17	min
	p	1	1	0,23	1
ESCALA ANALÓGICA 1	% PD	100	100	100	100
	z	-1,12	-1,12	-1,12	-1,12
	p	0,26	0,26	0,26	0,26
ESCALA ANALÓGICA 2	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1

Los pacientes estudiados con daño generalizado, conservan las habilidades de Comprensión Numérica intactas, como se representa en la figura 31, o lo que es lo mismo, son capaces de acceder a la representación de la cantidad que implican los números y a la línea mental en la que se representan. Conservan, pues, el concepto o noción de número.

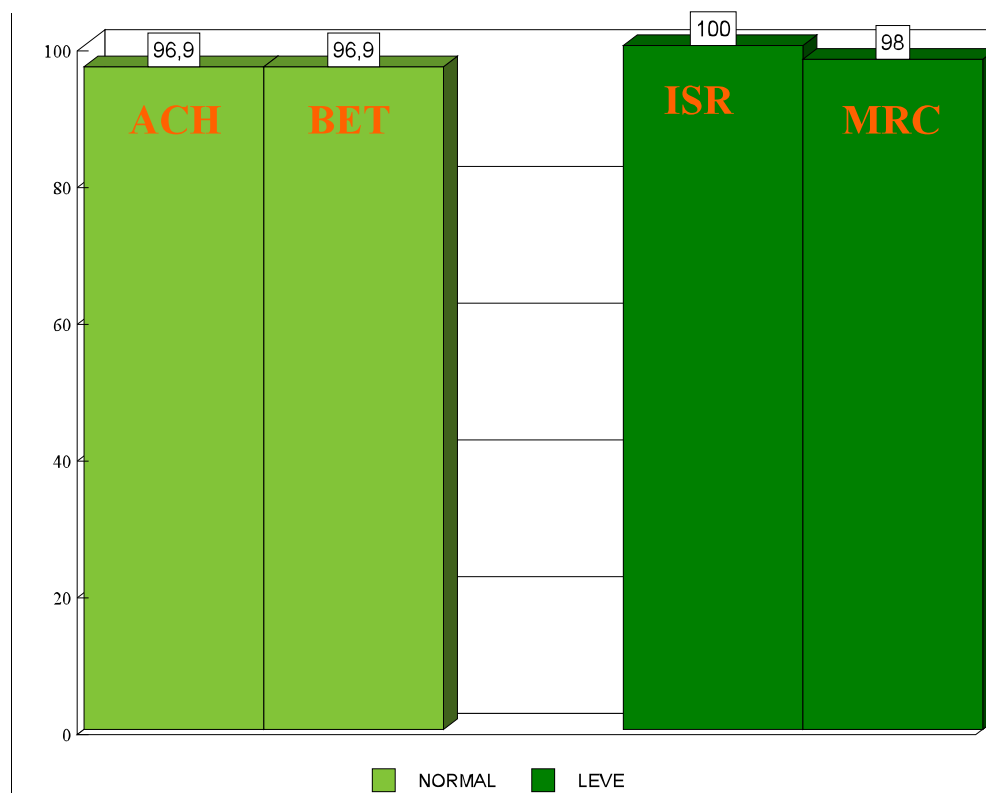


Figura 31. Resultados en Comprensión Numérica del grupo de pacientes con daño generalizado, en función del grado de conservación de la producción del lenguaje.

A modo de resumen, en la figura 32 se presentan los resultados de todos los pacientes en Comprensión Numérica en función del lugar de la lesión principal. Como se puede observar las alteraciones en Comprensión Numérica se producen exclusivamente en pacientes con daño principal en el hemisferio izquierdo, aunque no en todos ellos. Las lesiones en el hemisferio derecho y el daño generalizado no parecen afectar a los procesos de Comprensión Numérica. Las habilidades relacionadas con la comprensión de los números, es decir, la noción o

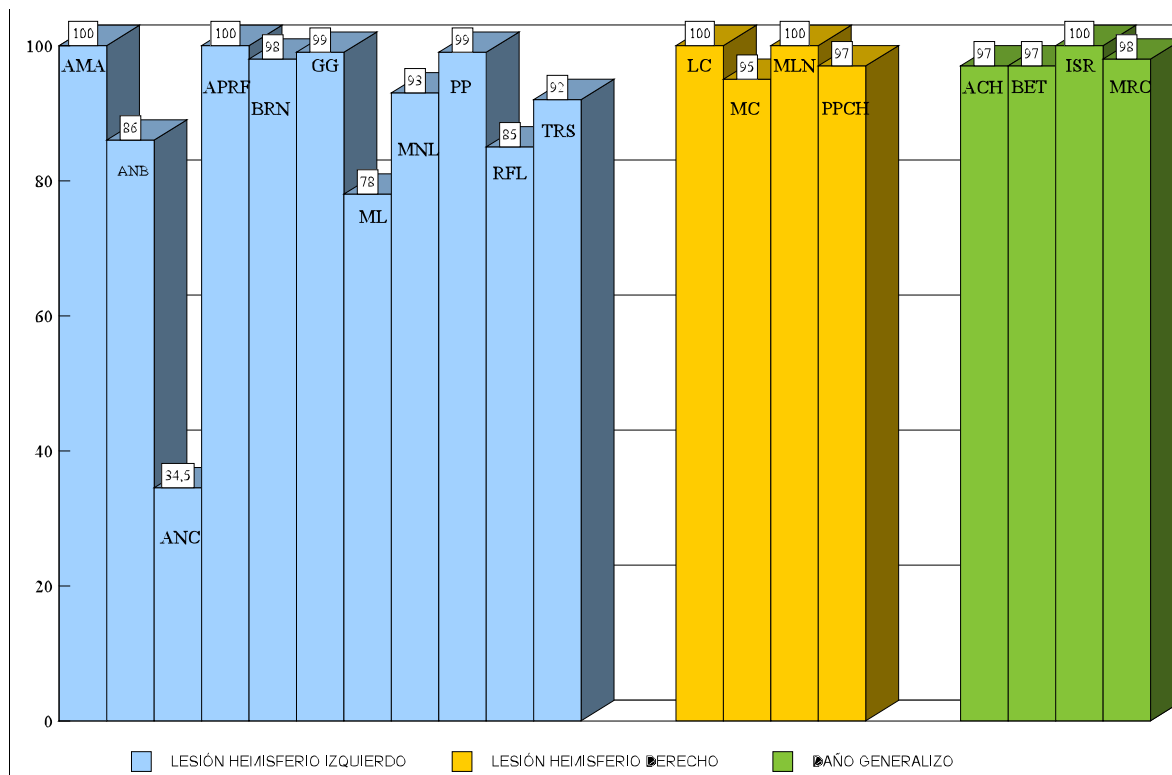


Figura 32.- Resultados en Comprensión Numérica de los tres grupos de pacientes, agrupados por el lugar de la lesión principal.

concepto de número, así como la línea numérica mental, estaría localizada en el hemisferio izquierdo.

En la figura 33 se representan de nuevo todos los casos clasificados en función del grado de afectación de la producción del lenguaje, independientemente del lugar de la lesión. Como se puede observar las puntuaciones más bajas son las de los pacientes con producción del lenguaje gravemente afectada, pero no en todos los casos. Las alteraciones leves de la producción lingüística no parecen incidir en la Comprensión Numérica, este es el grupo con resultados mejores, en general, en los que no se aprecian excepciones.

Por tanto, el grado de conservación de la producción del lenguaje parece incidir aunque no de manera determinante. Sí es más concluyente, el resultado comentado anteriormente, respecto al lugar de la lesión, ya que todos los casos en los que se observa la Comprensión Numérica alterada, la lesión principal se encuentra en el hemisferio izquierdo. Estos resultados serán discutidos más adelante.

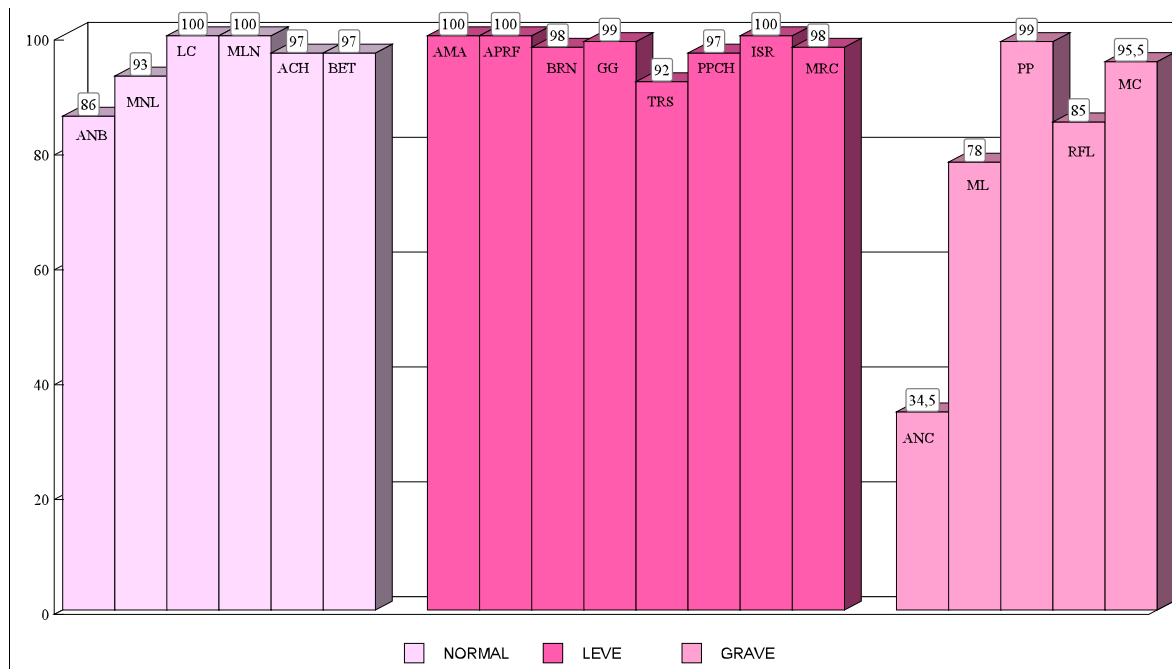


Figura 33.- Resultados de todos los casos en Comprensión Numérica agrupados en función del estado de la producción del lenguaje.

3.3.2.- RECODIFICACIÓN NUMÉRICA

3.3.2.1.- Lesión principal en el hemisferio izquierdo

En la tabla 14 se recogen los resultados de los análisis estadísticos (z y p) de los pacientes con daño principal en el hemisferio izquierdo en cada una de las pruebas de recodificación numérica.

Tabla 14.- Resultados en Recodificación Numérica de Pacientes Daño principal en hemisferio izquierdo.

BLOQUE 2: RECODIFICACIÓN NUMÉRICA		producción lenguaje normal		leve alteración en producción del lenguaje					grave alteración en producción del lenguaje				
		ANB	MNL	AMA	APRF	BRN	GG	TRS	ANC	ML	PP	RFL	
REPETICIÓN	% PD	100	91	95,5	100	100	100	100	----	0	26,5	88,5	----
	z	min	2,45	1,75	min	min	min	min	----	8,77	8,0	2,8	----
	p	1	0,01	0,07	1	1	1	1	----	0,00	0,00	0,0	----
LECTURA NÚMEROS ARÁBIGOS	% PD	100	97	94	98,5	100	100	100	----	----	----	----	----
	z	min	1,42	2,03	1,00	min	min	min	----	----	----	----	----
	p	1	0,15	0,04	0,31	1	1	1	----	----	----	----	----
LECTURA NÚMEROS VERBALES	% PD	100	100	100	100	100	100	100	100	----	----	----	----
	z	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	----	----	----	----
	p	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	----	----	----	----
REC. VERBAL- ARÁBIGO	% PD	100	100	100	98,5	91,5	87	96*	96*	----	----	96*	100*
	z	-0,55	-0,55	-0,55	0,00	1,64	2,29	0,75*	0,75*	----	----	0,75*	-0,55*
	p	0,57	0,57	0,57	1,00	0,1	0,02	0,45*	0,45*	----	----	0,45*	0,57*
REC. ARÁBIGO- VERBAL	% PD	100	80	100	97	60,5	85,5	100*	100*	----	----	100*	96*
	z	-0,55	2,79	-0,55	0,58	5,98	2,52	-0,55*	-0,55*	----	----	-0,55*	0,75*
	p	0,57	0,00	0,57	0,55	0,00	0,01	0,57*	0,57*	----	----	0,57*	0,45*

BLOQUE 2: RECODIFICACIÓN NUMÉRICA		producción lenguaje normal		leve alteración en producción del lenguaje					grave alteración en producción del lenguaje			
		ANB	MNL	AMA	APRF	BRN	GG	TRS	ANC	ML	PP	RFL
DICTADO ARÁBIGO	% PD	100	100	100	100	85,5	100	----	----	75	65	----
	z	min	min	min	min	0,8	min	----	----	2,39	2,9	----
	p	1	1	1	1	0,41	1	----	----	0,01	0,00	----
DICTADO VERBAL	% PD	100	100	100	100	50	69	----	----	----	----	----
	z	min	min	min	min	3,41	2,64	----	----	----	----	----
	p	1	1	1	1	0,00	0,00	----	----	----	----	----

(*) se le aplica la prueba adaptada.

(**) no puede escribir por problemas motores, pero hace un ítem a modo de ejemplo, debido al esfuerzo que le supone escribir no se le pide que haga la prueba completa.

(----) no sabe, no contesta.

ANB y APRF en las pruebas de Recodificación Numérica se ajustan por completo al grupo control, no presentan ninguna dificultad en las distintas modalidades que se examinan en este bloque. Ambos conservan intactas todas las habilidades relacionadas con el uso lingüístico de los números, leen y escriben en forma verbal y arábica tanto al dictado como en tareas de recodificación.

AMA realiza correctamente las tareas de recodificación numérica, aunque presenta algunas dificultades en la prueba de Repetición. La posible explicación a esta alteración es que la paciente tiene gravemente alterado el lazo articulatorio de la memoria de trabajo, lo que le impide repetir secuencias de palabras de cierta longitud, como es el caso de los números de cuatro cifras. Los resultados de AMA en otras pruebas, nos permite afirmar que no presenta dificultades en el manejo lingüístico de los números y que su dificultad para repetir numerales de 3 o más dígitos se debe a las alteraciones que presenta en la memoria a corto plazo.

La paciente ANC está totalmente impedida para el manejo lingüístico de los números. La afasia motora que presenta le impide realizar cualquier tarea de este tipo. La única que ejecuta es la repetición, pero sin ningún éxito, ni siquiera repite números de 1 dígito, pero siempre responde con el nombre de otro número, por ejemplo, para 4 repite “siete”, sin embargo cuando se le pide que repita palabras de sustantivos de alta frecuencia, baja longitud y referentes a objetos tangibles, no abstractos, por ejemplo, “casa”, “libro”, etc. responde correctamente, incluso si estos ítems se le presentan distribuidos entre los estímulos numéricos. El hecho de que ante un estímulo numérico responda con el nombre de un número, aunque la respuesta sea incorrecta, indica que algún tipo de acceso se está produciendo, es decir, su respuesta es errónea pero no aleatoria, en el sentido de siempre que se le pide que repita un número ella contesta con un número. Esto evidencia que, bien los mecanismos cognitivos que participan en la repetición de ambos estímulos son distintos, o bien que el almacén en el que se encuentran ambos tipos de representaciones es diferente. En cualquier caso, los resultados evidencian que ANC conserva la capacidad para repetir una palabra, pero tiene alterada la habilidad para repetir un estímulo numérico.

BRN presenta graves alteraciones en las tareas de Recodificación Numérica. En Lectura de números no tiene dificultades, ni en forma verbal ni en arábigo, tampoco presenta alteraciones en Recodificación verbal-arábigo, aunque confunde 6 y 7 cuando se presentan en contextos amplios, es decir, no los confunde si se le presentan de forma aislada. Esto se debe posiblemente al parecido ortográfico, ya que ambos estímulos son vecinos léxicos: (sesenta/sesenta), por ejemplo, para “sesenta y siete” escribe 77. De hecho éste es el error más frecuente en los sujetos del grupo control. En concreto en esta tarea, Recodificación verbal-arábigo, el 70,7% de los errores del grupo control son una confusión entre 6 y 7.

Las dificultades de BRN se presentan en la tarea de Recodificación arábigo-verbal, es decir, en la escritura de numerales. En algunos casos los errores que comete son de segmentación, por ejemplo, para 1948 escribe “mil nueve cuarenta y ocho”.

En otras ocasiones, se observa una severa confusión de la posición que ocupa cada uno de los dígitos en el número. Esto indica que BRN ha perdido la estructura posicional del sistema numérico decimal, es decir, la sintaxis de la escritura de números de 4 dígitos. Por ejemplo:

- Para 1909 escribe “mil nueve ciento nueve”;
- Para 1958 escribe “mil nueve quinienta y ocho”

Sin embargo, conserva los mecanismos sintácticos para números de menor longitud, de 1, 2 y a veces de 3 dígitos, aunque podría ser que la magnitud del numeral también incida en los procesos de escritura ya que los dos únicos errores que comete con números de 3 dígitos son precisamente con los dos ítems de mayor magnitud (650 y 960) en los que el paciente comete errores de segmentación. Como se puede observar en los siguientes ejemplos, los casos A, B y C los realiza correctamente mientras que en D y E, aun siendo de la misma longitud los segmenta, no guarda las reglas sintácticas de la escritura. Por ejemplo:

- (A) Para 150 “ciento cincuenta”
- (B) Para 195 “ciento noventa y cinco”
- (C) Para 334: escribe “trecenta y cuatro”
- (D) Para 650 escribe “sicicuenta”
- (E) Para 960 escribe “nueve setenta”

Por tanto, se puede plantear la posibilidad de que la longitud del número esté relacionada con la sintaxis. Así, los mecanismos sintácticos implicados en la escritura de números no serían cuestión de todo-nada, sino que en ellos podrían incidir otras variables como la longitud del estímulo, y posiblemente también la magnitud que representa, aunque hay que tener en cuenta que tanto longitud como magnitud correlacionan positivamente con la frecuencia de uso del número (Cuetos y Alameda, 1997).

En la tarea de dictado en forma arábica, el paciente BRN comete un error, que se puede considerar de atención: para 2000, escribe 200, porque precisamente con este estímulo no ha presentado dificultades en ninguna de las tareas anteriores, incluso lo recodifica correctamente de arábigo a verbal, y además, en la tarea de dictado arábigo, escribe con normalidad estímulos más complejos, como 6759. Por tanto, se confirma que la escritura arábica está conservada en BRN.

Por el contrario, en dictado verbal, se presentan de nuevo las mismas dificultades comentadas en la tarea de Recodificación arábigo-verbal. Por ejemplo, el estímulo 6759, que acabamos de señalar que escribe perfectamente en arábigo, en forma verbal el paciente escribe “seimil setedociento cincuenta y nueve”. Estos resultados evidencian que la principal alteración del paciente, se encuentra en la escritura de números en forma verbal, porque cuando tiene que escribirlos en forma arábica, aunque comete errores, las diferencias con el grupo control no son significativas.

Los datos confirman que el déficit de BRN se localiza en los procesos de escritura verbal de números, lo que indicaría la independencia entre los mecanismos cognitivos responsables de la escritura de números en forma verbal y en forma arábica.

GG lee correctamente números presentados tanto en forma arábica como en forma verbal. En las tareas de cambio de código, los resultados son distintos según el código en el que tenga que producir la respuesta. Para la recodificación desde forma verbal a forma arábica, las habilidades de GG están totalmente conservadas, ya que no presenta dificultades para escribir estímulos arábigos. Sin embargo, a la hora de pasar de arábigo a verbal, el paciente se muestra incapaz de realizar la tarea. Las dificultades, por lo tanto, se localizan en los mecanismos de escritura verbal, es decir, al escribir palabras, en este caso las palabras de los nombres de los números. Esto mismo se observa en las tareas de dictado, GG escribe correctamente en forma arábica todos los estímulos numéricos, pero cuando se le pide que

esos mismos números los escriba en forma verbal, es decir, con palabras, no puede realizar la tarea. Estos resultados están en consonancia con el diagnóstico neuropsicológico general en el que como hemos visto se recogen las dificultades de GG en expresión escrita provocadas en general por una disortografía, aunque en lo relativo a los números es más conveniente denominar a este déficit agrafia.

En resumen, el caso de GG pone de manifiesto la disociación entre la escritura de estímulos alfabéticos y numéricos, el déficit que presenta se centra en la escritura de palabras, por lo que no puede escribir números utilizando palabras, en forma verbal, sin embargo, el paciente no muestra dificultades para escribir los números en notación arábica, ni en tarea de recodificación, ni en escritura al dictado.

Estos resultados, al igual que los de BRN, indican la independencia de los mecanismos responsables de la escritura arábica respecto de la escritura de palabras.

Los datos de ML, ponen de manifiesto que el conjunto de habilidades implicadas en la Recodificación Numérica están gravemente afectadas, ML presenta diferencias significativas con el grupo control en tarea de repetición de nombres de números. Aunque al igual que en el caso de la paciente ANC, comentado anteriormente, cuando se le pide que repita un número siempre responde con un número, aunque de manera errónea, por ejemplo, para 5 repite “siete”. Sin embargo, al contrario que ANC, ML también presenta dificultades para la repetición de estímulos no numéricos, como el nombre y sonido de las letras (30,8% y 57,7% de aciertos, respectivamente). La evidencia aportada por ML viene a confirmar los planteamientos realizados para ANC, en el sentido de que, los datos en la tarea de Repetición, indican que algún tipo de procesamiento del estímulo numérico se produce, aunque esté alterado, por eso no consiguen realizar con éxito la tarea, pero ese procesamiento podría ser exclusivo para los números, de ahí que ambas pacientes respondan siempre con un número, aunque equivocado.

En las demás tareas de Recodificación se observa que ML está totalmente impedida para el uso lingüístico de los numerales: no lee números ni en forma arábica ni en verbal, no es capaz de recodificar ni de arábigo a verbal ni viceversa. En los dictados las diferencias con el grupo control son significativas tanto en forma arábica como verbal. Sin embargo, aunque en ambos casos se observan alteraciones, en producción arábica presenta un 75% de aciertos frente al 0% en verbal. Con esto se confirma la disociación entre escritura arábica y alfabética. De acuerdo con el examen neuropsicológico general de la paciente la escritura de palabras está gravemente afectada.

El paciente PP en estas pruebas de Recodificación Numérica, presenta graves alteraciones; muestra dificultades en el procesamiento de tipo lingüístico de los números, lo que está en consonancia con el diagnóstico de afasia, alexia y agrafia, aunque habría que hacer algunas matizaciones:

- ① En la tarea de Repetición, los resultados del paciente con cifras de 1, 2 y 3 dígitos son del 100% de aciertos (29/29). Pero en las cifras de 4 dígitos, 15 en total, presenta 10 aciertos y 5 errores, por tanto la repetición está alterada sólo para numerales de longitud igual o mayor que 4, pero no en general, como en los casos de las pacientes ANC y ML.
- ② El paciente no puede realizar tareas de recodificación, es decir, pasar un número del código arábigo al verbal ni viceversa, pero si estas tareas se le presentan adaptadas los resultados varían considerablemente. La adaptación de la tarea de recodificación arábigo-verbal consiste en que se le presenta al paciente un numeral en forma arábica y cinco numerales diferentes, iguales en longitud ortográfica, en forma verbal para que elija cuál de ellos se corresponde con el número arábigo. Se le aplican varios ítems de distintas longitudes, desde 1 hasta 4 dígitos, y el paciente presenta 100% de aciertos. En la adaptación de la tarea de recodificación verbal a forma arábica, se procede de la misma manera, y de nuevo el paciente acierta la totalidad de ítems (100% aciertos). Ver ejemplos de adaptación en la figura 34.

A)	63	sesenta y uno setenta y tres cuarenta y uno sesenta y tres ochenta y dos
B)	sesenta y tres	61 73 41 63 82

Figura 34.- A) Ejemplo de adaptación de la tarea de recodificación arábigo-verbal. B) Ejemplo de adaptación de la tarea de recodificación verbal-arábigo.

③ De acuerdo con el diagnóstico de alexia, el paciente no lee números en forma verbal, independientemente de la longitud ortográfica del mismo. Sin embargo, en forma arábica sí lee los números de 1 dígito (de 0 a 9).

④ Respecto a la escritura, en consonancia con el diagnóstico de agrafia, el paciente no escribe números al dictado en forma verbal. Sin embargo, sí los escribe en forma arábica, aunque con errores. El análisis cuantitativo de los errores pone de manifiesto que esta habilidad está alterada, pero un análisis cualitativo de los mismos muestra que el paciente no tiene dificultades para escribir al dictado numerales de 1 dígito (100% de aciertos), aunque presenta alterada la escritura al dictado de números arábigos de 2 o más dígitos. En cualquier caso, los errores no son aleatorios, y se pueden distinguir tres tipos:

- A. Confunde cifras que fonológicamente pueden considerarse “parecidas”, por ejemplo:
/veintiocho/ y escribe “38”
/seiscientos cincuenta y nueve/ y escribe “759”
/mil novecientos setenta y cuatro/ y escribe “1994”
- B. Confunde el último dígito del numeral que se le dicta, por otro sin ningún parecido fonológico. Esto podría deberse a un déficit en el lazo articulatorio de la memoria de trabajo, en otras palabras, es como si se olvidara del último dígito mientras está escribiendo los primeros. Por ejemplo:
/ochenta y cuatro/ y escribe “87”
/doscientos veintiséis/ y escribe “228”
/trescientos ochenta y cinco/ y escribe “387”
- C. Confunde la posición que ocupan dos dígitos en una cifra, es decir, invierte las posiciones, por ejemplo:
/seis mil setecientos cincuenta y nueve/ y escribe 6795

RFL y TRS presentan el mismo patrón de ejecución en las tareas de Recodificación Numérica. Ambos son incapaces de realizar la tarea de repetición de nombres de números. No pueden leer ni en forma arábica ni verbal. No pueden escribir al dictado ni en notación arábica ni verbal. Y a pesar de que no son capaces de realizar las tareas de cambio de código, verbal-arábigo y arábigo-verbal, puesto que no pueden escribir, realizan correctamente estas tareas cuando se les presentan adaptadas (100% aciertos). La adaptación en estos casos es la misma que la que acabamos de comentar para el paciente PP, mediante opciones múltiples de respuesta en las que el paciente debe elegir.

Por tanto, los datos evidencian la grave afectación de los pacientes RFL y TRS para el uso lingüístico de los números. En estos casos el déficit en las tareas de recodificación Numérica, son parte de las graves alteraciones que presentan en la producción del lenguaje. RFL sólo conserva la comprensión lectora en lectura para sí mismo, teniendo el resto de habilidades lingüísticas afectadas, mientras que TRS presenta afasia mixta de predominio expresivo, con evolución positiva, pero presentando aún severas dificultades en comprensión, dictado y lectura. Por tanto las dificultades puestas de manifiesto por estos pacientes en el manejo de los números no se pueden considerar propias del procesamiento numérico, sino consecuencia de las alteraciones que presentan en el lenguaje.

Como se observa en la figura 35, los deterioros en la producción del lenguaje se reflejan en los resultados que obtienen los pacientes en Recodificación Numérica, de manera que aquellos que presentan graves afectaciones en producción oral y/o escrita del lenguaje son los que obtienen las puntuaciones más bajas. Al contrario sucede con aquellos que conservan intactas las habilidades lingüísticas, sus resultados no muestran dificultades en las tareas de Recodificación. Mientras que el grupo con leve alteración en producción lingüística es el que presenta resultados más variados, pero no parece que esta alteración leve incapacite para las tareas de recodificación, lo que sí sucede si la alteración es grave. Por tanto, es posible que el manejo lingüístico de los números esté estrechamente relacionado con las habilidades lingüísticas en general.

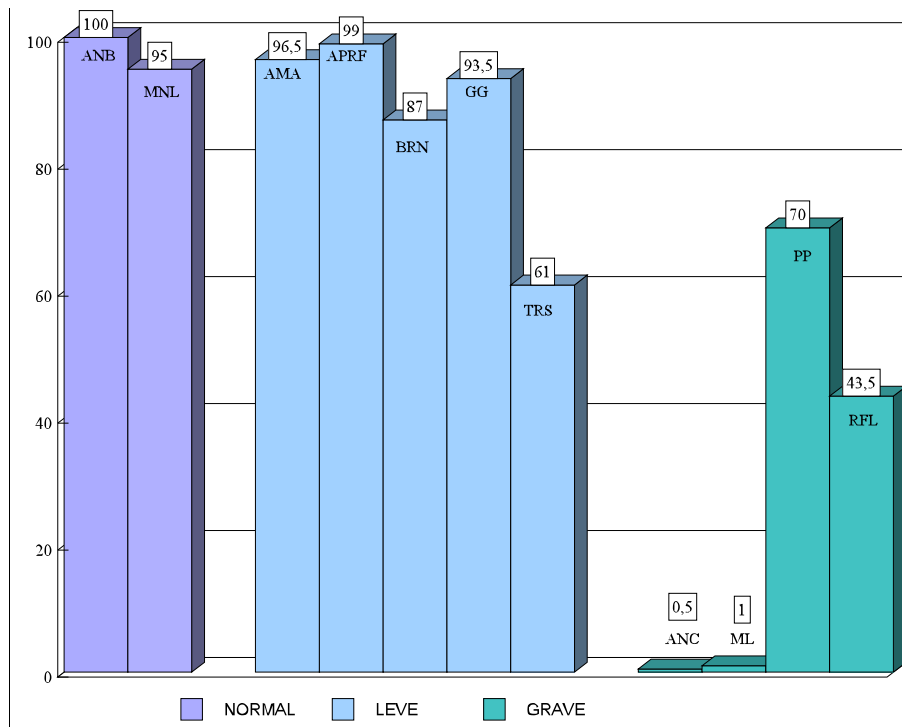


Figura 35.- Resultados en Recodificación Numérica de los pacientes con daño principal en el hemisferio izquierdo, en función del estado de la producción del lenguaje.

3.3.2.2.- Lesión principal en el hemisferio derecho

El grupo de pacientes con daño principal en el hemisferio derecho conserva las habilidades lingüísticas relacionadas con los números: LC, MLN y PPCH, pueden realizar perfectamente todas las tareas del bloque de Recodificación Numérica. Los resultados que obtienen son iguales a los del grupo control. Los datos obtenidos de la paciente MC indican que preserva los procesos de recodificación numérica, al menos en las modalidades que se han podido evaluar debido a sus déficits motores. En la tabla 15 se recogen los resultados de los análisis estadísticos de las puntuaciones de estos pacientes.

Tabla 15.- Resultados en Recodificación Numérica de Pacientes Daño principal en el hemisferio derecho.

BLOQUE 2: RECODIFICACIÓN NUMÉRICA		producción lenguaje normal		leve alteración producción lenguaje	grave alteración producción lenguaje
		LC	MLN	PPCH	MC
REPETICIÓN	% PD	100	100	100	**
	z	min	min	min	**
	p	1	1	1	**
LECTURA NÚMEROS ARÁBIGOS	% PD	100	100	100	**
	z	min	min	min	**
	p	1	1	1	**
LECTURA NÚMEROS VERBALES	% PD	100	100	100	**
	z	-0,55	-0,55	-0,55	**
	p	0,57	0,57	0,57	**
RECODIFICACIÓN VERBAL-ARÁBIGO	% PD	100	100	100	94,8
	z	-0,55	-0,55	-0,55	0,46
	p	0,57	0,57	0,57	0,64
RECODIFICACIÓN ARÁBIGO-VERBAL	% PD	97	100	100	94
	z	0,50	-0,55	-0,55	1,36
	p	0,61	0,57	0,57	0,17
DICTADO ARÁBIGO	% PD	100	100	100	**
	z	min	min	min	**
	p	1	1	1	**
DICTADO VERBAL	% PD	100	100	100	**
	z	min	min	min	**
	p	1	1	1	**

(**) no es evaluable

(----) no sabe, no contesta.

Por tanto, en el grupo de pacientes con daño principal en el hemisferio derecho no se observan diferencias entre los pacientes en función del estado de conservación de la producción del lenguaje, aunque posiblemente esto se deba a la ausencia de la evaluación completa de paciente MC, con grave alteración en producción del lenguaje, que lamentablemente no es evaluable. En la figura 36 se presentan los resultados.

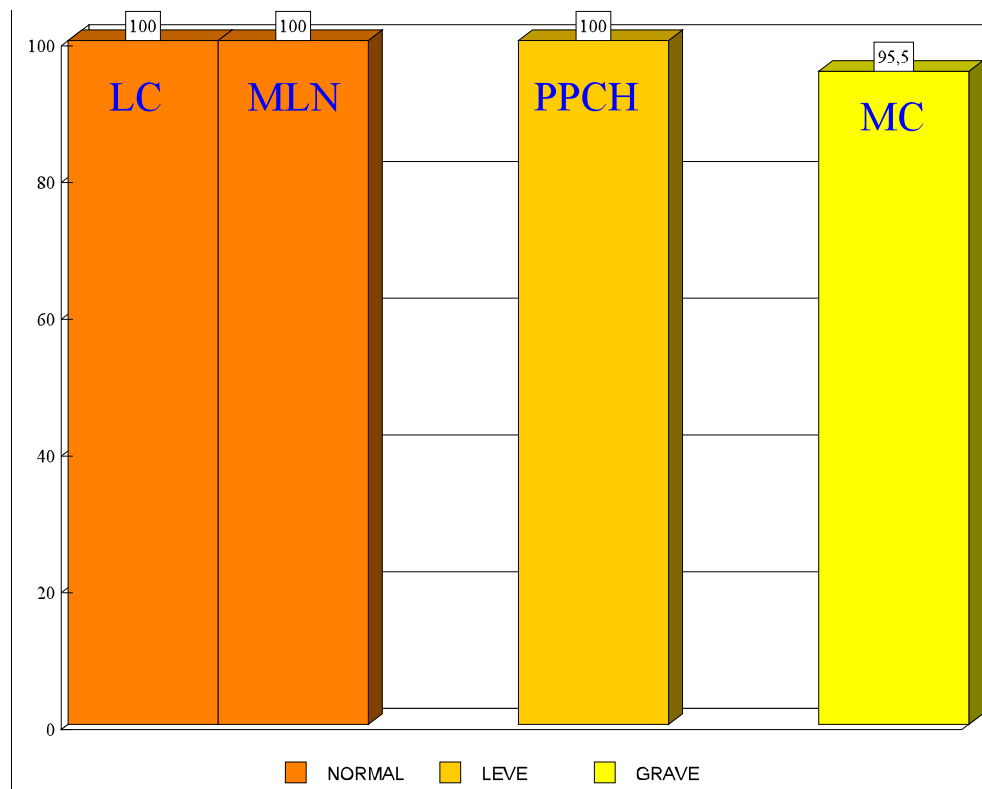


Figura 36.- Resultados en Recodificación Numérica del grupo de pacientes con daño principal en el hemisferio derecho, clasificados de acuerdo con la conservación de la producción del lenguaje.

3.3.2.3.- Daño generalizado

En la tabla 16 se recogen los resultados obtenidos de los pacientes con daño cerebral generalizado.

Tabla 16.- Resultados en Recodificación Numérica de Pacientes Daño Generalizado.

BLOQUE 2: RECODIFICACIÓN NUMÉRICA		producción lenguaje normal		leve alteración producción del lenguaje	
		ACH	BET	ISR	MRC
REPETICIÓN	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1
LECTURA NÚMEROS ARÁBIGOS	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1
LECTURA NÚMEROS VERBALES	% PD	87,5	100	100	100
	z	2,44	-0,55	-0,55	-0,55
	p	0,01	0,57	0,57	0,57
RECODIFICACIÓN VERBAL-ARÁBIGO	% PD	78	94,5	100	96*
	z	3,33	0,99	-0,55	0,75*
	p	0,00	0,31	0,57	0,45*
RECODIFICACIÓN ARÁBIGO-VERBAL	% PD	100	100	100	96*
	z	-0,55	-0,55	-0,55	0,75*
	p	0,57	0,57	0,57	0,45*
DICTADO ARÁBIGO	% PD	87,5	100	100	**
	z	1,61	min	min	**
	p	0,1	1	1	**
DICTADO VERBAL	% PD	100	100	100	**
	z	min	min	min	**
	p	1	1	1	**

(*) Se le aplica la prueba adaptada. (**) No puede escribir por problemas motores, pero hace un ítem a modo de ejemplo, debido al esfuerzo que le supone escribir no se le pide que haga la prueba completa.

BET e ISR no presentan dificultades en las tareas de Recodificación Numérica, ambos repiten los nombres de los números, leen en arábigo y en verbal, y escriben en arábigo y en verbal tanto en tareas de cambio de código como en escritura al dictado. Por tanto, los datos señalan que el uso lingüístico de los números está totalmente conservado en estos pacientes.

MRC conserva las habilidades de recodificación, pero con algunas limitaciones debido a los déficits motores que presenta. Sus dificultades para escribir son de naturaleza psicomotriz y no cognitivas, de ahí que las tareas de recodificación se le pasen en la versión adaptada y en los dictados, sólo se le pide que escriba un estímulo a modo de ejemplo, porque el esfuerzo es agotador para el paciente.

ACH, lee perfectamente en notación arábigo, sin embargo el paciente presenta dificultades en la lectura de numerales en forma verbal, siendo las diferencias con el grupo control significativas ($z=2,44$; $p=0,01$). En la tarea de recodificación verbal-arábigo se observa una ejecución deficitaria, siendo las diferencias con el grupo control significativas ($z=3,33$; $p=0,00$). Por el contrario, la realización de ACH en recodificación arábigo-verbal es igual a la del grupo control. Los resultados en escritura al dictado ponen de manifiesto que el paciente no tiene dificultades para escribir en notación arábigo ni verbal. Por lo que el déficit observado en recodificación verbal-arábigo no se debe a problemas en la escritura arábigo, sino a las dificultades en lectura de palabras, tal como confirma la tarea de lectura verbal, en la que como hemos visto presenta diferencias significativas con el grupo control ($z=2,44$; $p=0,01$). En resumen, las alteraciones del paciente se centran exclusivamente la lectura de palabras, en notación arábigo no presenta dificultades. Este resultado implica la independencia entre los mecanismos cognitivos responsables de la lectura arábigo y la verbal. Estas diferencias entre notación arábigo y verbal es la misma observada en la escritura de los pacientes BRN y GG. Así, los resultados permiten afirmar que la independencia entre notaciones puede afectar selectivamente a la escritura y/o lectura.

En la figura 37 se representan los resultados de estos pacientes de acuerdo con el estado de conservación de la producción del lenguaje.

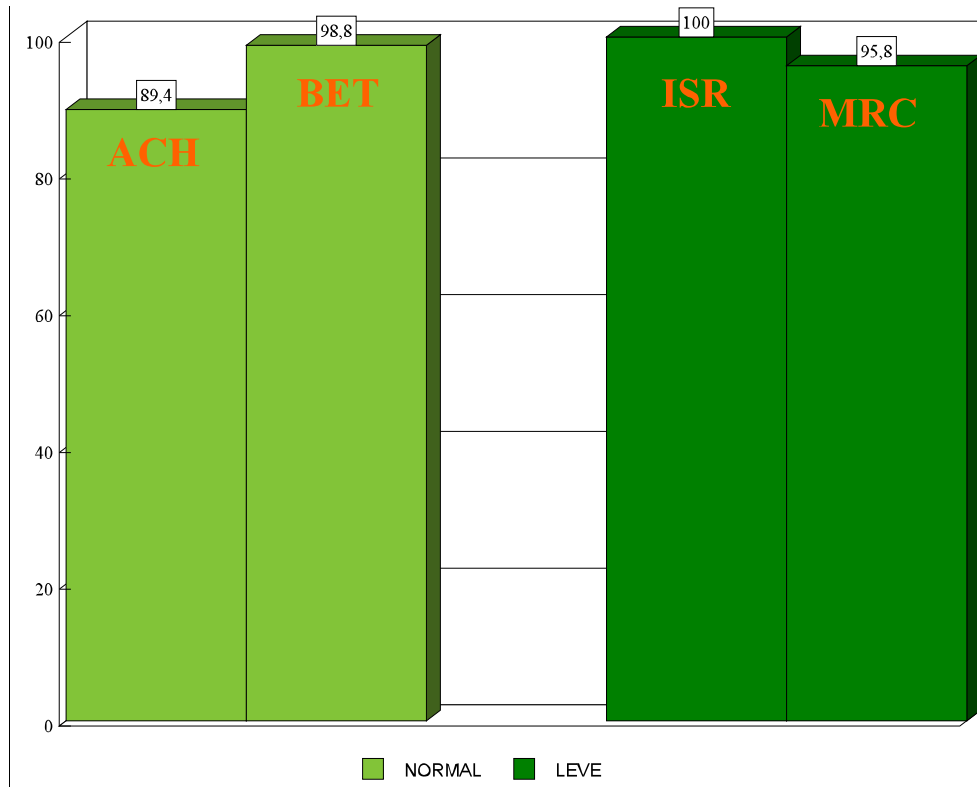


Figura 37. Resultados de pacientes con daño generalizado en Recodificación Numérica, clasificados en función de la conservación de la producción del lenguaje.

A modo de resumen, en la figura 38 se presentan los resultados de todos los pacientes. Como se puede observar el grupo de daño principal en el hemisferio derecho, así como el grupo de daño generalizado, muestran puntuaciones similares al grupo control, es decir, conservan las habilidades necesarias para el uso lingüístico de los números. Por el contrario, los pacientes con daño principal en el hemisferio izquierdo son un grupo diverso, en el que como ya hemos visto, las ejecuciones en el manejo lingüístico de los números parecen estar muy influidas por las habilidades lingüísticas generales, principalmente cuando éstas son graves.

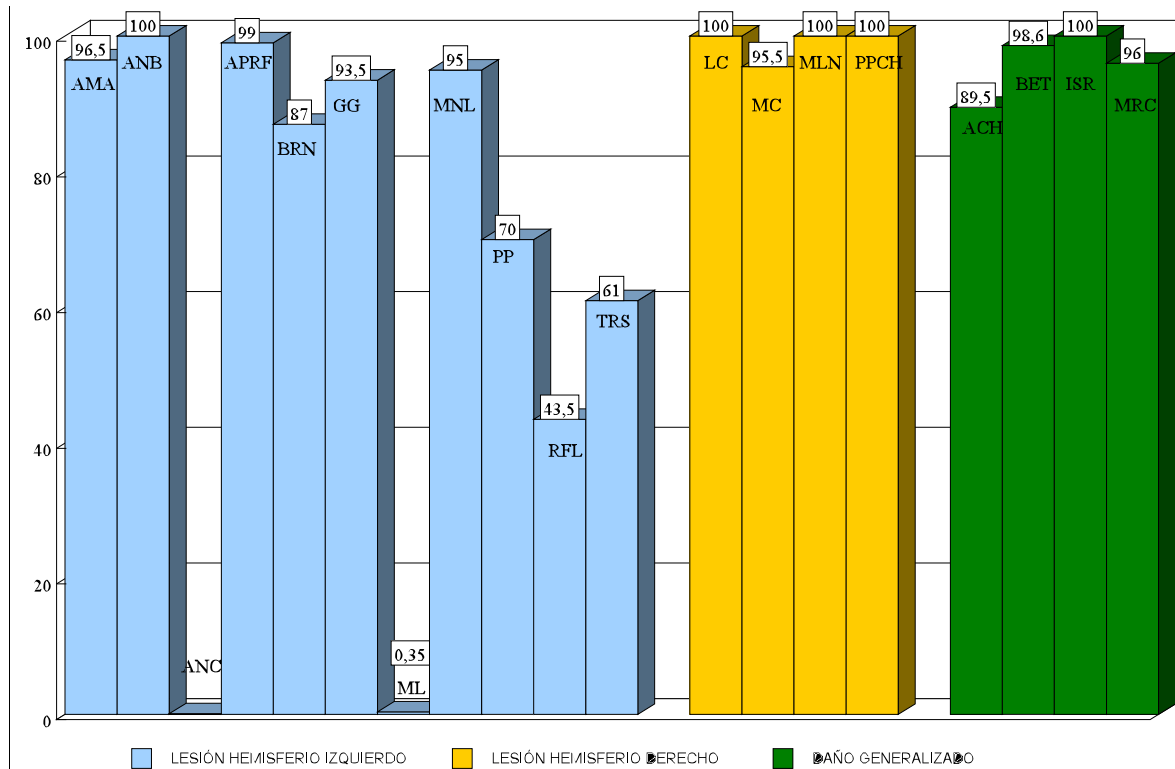


Figura 38.- Resultados de todos los casos en Recodificación Numérica, agrupados según el lugar de la lesión principal.

3.3.3.- SIGNOS ARITMÉTICOS

3.3.3.1.- Lesión principal en el hemisferio izquierdo

A continuación, se presentan los resultados de los pacientes en el bloque 3 de la batería de Evaluación de Procesamiento y Cálculo: Signos Aritméticos. Al igual que en los apartados anteriores, los pacientes están agrupados de acuerdo con el lugar de la lesión y el estado de conservación de la producción del lenguaje.

De los pacientes con lesión principal en el hemisferio izquierdo, como se observa en la tabla 17, los resultados de AMA, ANB, APRF, BRN, GG y TRS en el bloque de Signos Aritméticos son similares a los del grupo control, no siendo las diferencias en ningún caso significativas. Por tanto, estos pacientes conservan intactas las habilidades relacionadas con los signos aritméticos. Los otros pacientes presentan diferencias significativas con el grupo control en al menos una de las tareas que componen el bloque, pero el tipo de error que comenten es distinto.

Tabla 17.- Resultados en Signos Aritméticos de Pacientes Daño principal en hemisferio izquierdo.

BLOQUE 3: SIGNOS ARITMÉTICOS		normal		leve alteración en producción del lenguaje					grave alteración en producción del lenguaje			
		ANB	MNL	AMA	APRF	BRN	GG	TRS	ANC	ML	PP	RFL
IDENTIFICACIÓN	% PD	100	100	100	100	100	100	100	100	0	100	0
	z	min	min	min	min	min	min	min	min	2,82	min	2,82
	p	1	1	1	1	1	1	1	1	0,00	1	0,00
NOMBRADO	% PD	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	25
	z	min	min	min	min	min	min	min	2,82	2,82	2,82	2,19
	p	1	1	1	1	1	1	1	0,00	0,00	0,00	0,02
USO	% PD	100	68,5	100	100	100	100	98	----	----	62	60
	z	min	2,43	min	min	min	min	1,01	----	----	2,71	2,81
	p	1	0,01	1	1	1	1	0,3	----	----	0,00	0,00

(----) No sabe, no contesta.

ANC, es capaz de identificar los signos aritméticos, pero no nombra ninguno de ellos, debido posiblemente a las graves alteraciones que presenta en la producción del lenguaje. La tarea de Uso de los signos es incapaz de realizarla, gesticula señalando que no puede.

ML, tiene afectada todas las habilidades relacionadas con los signos aritméticos, no es capaz de realizar ninguna de las tareas que componen el bloque, no puede identificar los signos, es incapaz de nombrarlos, y no puede utilizarlos en el contexto de una operación aritmética.

MNL, reconoce y nombra los signos con normalidad, igual que el grupo control, sin embargo, en la tarea de uso presenta severas dificultades para encontrar el signo apropiado para cada ítem, las diferencias con el grupo control son significativas ($z=2,43$; $p=0,01$).

En PP se observa un déficit en la tarea de denominación (naming), que está en consonancia con el diagnóstico de afasia. Para identificar los signos no tiene ninguna dificultad. Por otra parte, los resultados en la tarea de Uso de los Signos ponen en evidencia que el paciente presenta dificultades en su ejecución, las diferencias con el grupo control son significativas ($z= 2,71$; $p=0,006$).

RFL, no identifica ninguno de los signos aritméticos, y en tarea de denominación presenta un 25% de aciertos. En la tarea de Uso de los signos las diferencias con el grupo control son significativas ($z=2,81$; $p=0,004$). El paciente está por tanto gravemente afectado para las habilidades relacionadas con los signos aritméticos.

En la figura 39 se recogen los resultados de los pacientes con lesión principal en el hemisferio izquierdo. Se observa la tendencia de los pacientes con lenguaje normal o alteraciones leves a conservar intacta las habilidades relacionadas con los signos aritméticos. La excepción es el caso de MNL, que como ya hemos visto, a pesar de tener el lenguaje intacto presenta puntuaciones muy bajas en la tarea de Uso de los signos. En los pacientes con graves alteraciones del lenguaje se observa que están afectados en las habilidades relacionadas con los signos aritméticos.

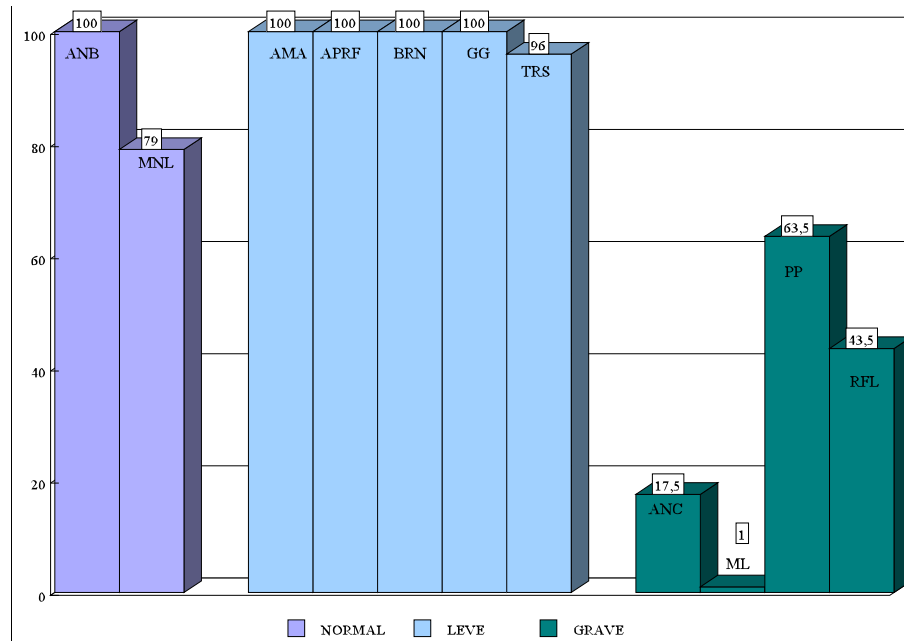


Figura 39.- Resultados de los pacientes con lesión principal en el hemisferio izquierdo agrupados en función del estado de conservación de la producción del lenguaje.

3.3.3.2.- Lesión principal en el hemisferio derecho

De los pacientes con daño principal en hemisferio derecho, como se observa en la tabla 18, los pacientes LC, MLN y PPCH nombran e identifican los signos aritméticos básicos sin dificultad, igual que el grupo control, en la tarea de Uso las diferencias con el grupo control no son significativas.

Tabla 18.- Resultados en Signos Aritméticos de Pacientes Daño principal en hemisferio derecho.

BLOQUE 3:SIGNOS ARITMÉTICOS		producción lenguaje normal		leve alteración producción lenguaje	grave alteración producción lenguaje
		LC	MLN	PPCH	MC
IDENTIFICACIÓN	% PD	100	100	100	25
	z	min	min	min	2,19
	p	1	1	1	0,02
NOMBRADO	% PD	100	100	100	**
	z	min	min	min	**
	p	1	1	1	**
USO	% PD	94	100	94	100
	z	1,01	min	1,01	min
	p	0,3	1	0,3	1

(**) No es evaluable.

Los resultados de MC, ponen de manifiesto que en general, está impedida para identificar los signos aritméticos. De los cuatro signos que se le presentan identifica dos, pero la paciente no es capaz de identificar los signos de sumar y restar. Sin embargo, estas dificultades aparecen exclusivamente en el reconocimiento de los signos de forma aislada, y no cuando el signo se encuentra en el contexto de una tarea de cálculo. Además, como evidencian los resultados de la tarea de Uso, la paciente es capaz de utilizarlos correctamente (100% de aciertos).

Por tanto, como se observa en la figura 40, la alteración grave en la producción del lenguaje afecta al procesamiento de los signos aritméticos, mientras que las alteraciones leves parecen no incidir.

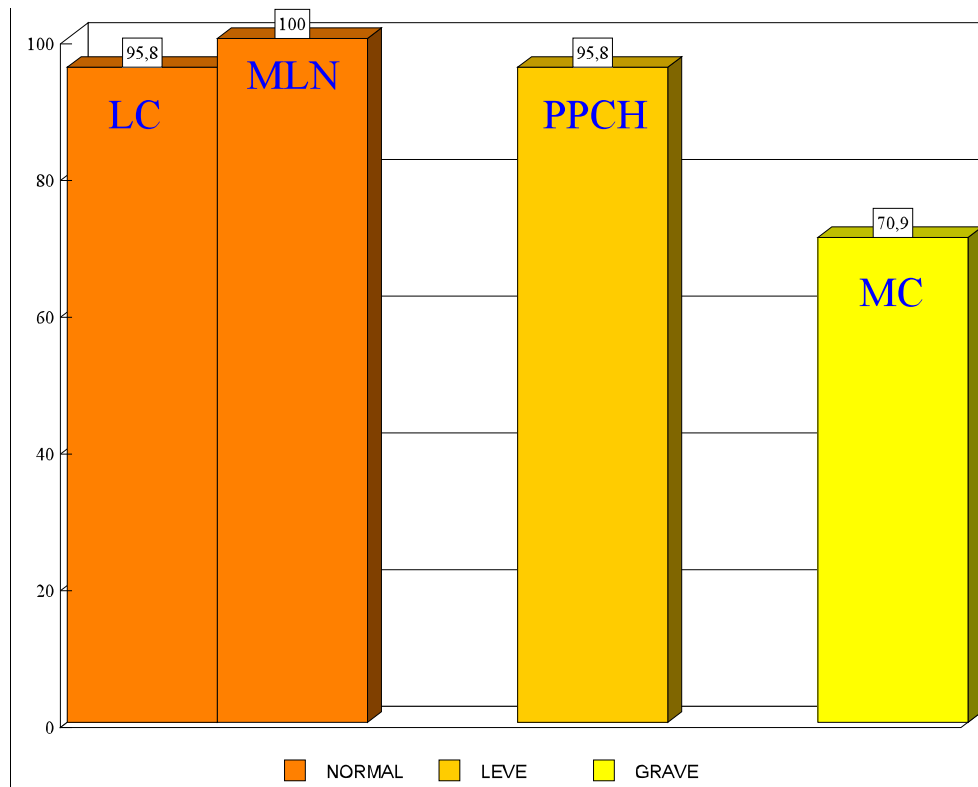


Figura 40.- Resultados de pacientes con daño principal en el hemisferio derecho, en función del estado de la producción del lenguaje.

3.3.3.3.- Daño generalizado

En la tabla 19 se presentan los resultados de los pacientes con daño generalizado en Signos Aritméticos.

Tabla 19.- Resultados en Signos Aritméticos de Pacientes Daño generalizado.

BLOQUE 3: SIGNOS ARITMÉTICOS		producción lenguaje normal		leve alteración producción lenguaje	
		ACH	BET	ISR	MRC
IDENTIFICACIÓN	% PD	100	50	100	100
	z	min	2,58	min	min
	p	1	0,00	1	1
NOMBRADO	% PD	100	50	100	100
	z	min	2,58	min	min
	p	1	0,00	1	1
USO	% PD	100	81,5	100	94
	z	min	1,81	min	1,01
	p	1	0,06	1	0,3

Los pacientes ACH, ISR y MRC presentan en las tres pruebas del bloque puntuaciones iguales al grupo control, lo que indica que tienen intactas las habilidades relacionadas con los signos aritméticos básicos, los pueden identificar y nombrar así como utilizarlos el contexto de operaciones de cálculo.

La paciente BET tiene dificultades tanto para nombrar como para identificar los signos aritméticos básicos, el error fundamental es que confunde los signos de restar y dividir, mientras que con los de sumar y multiplicar no presenta dificultades. En ambas tareas, identificación y nombrado, las diferencias con el grupo control son significativas ($z=2,58$; $p=0,00$ en ambas tareas). Sin embargo, en la tarea de Uso a pesar de que comete algunos errores las diferencias con el grupo control no son significativas, por lo que al igual que sucede en el caso de MC, que hemos visto anteriormente, las dificultades aparecen para procesar los signos de forma aislada y no en el contexto de las operaciones de cálculo.

Por una parte los resultados de estos pacientes, con daño generalizado, están en la línea de los anteriores, ya que las alteraciones leves en producción del lenguaje no parecen incidir en el procesamiento de los signos aritméticos. Sin embargo, encontramos como excepción a la paciente BET, que a pesar de conservar intacta la producción del lenguaje presenta dificultades considerables en el procesamiento de los signos aritméticos. En la figura 41 se presentan los resultados de este grupo de pacientes.

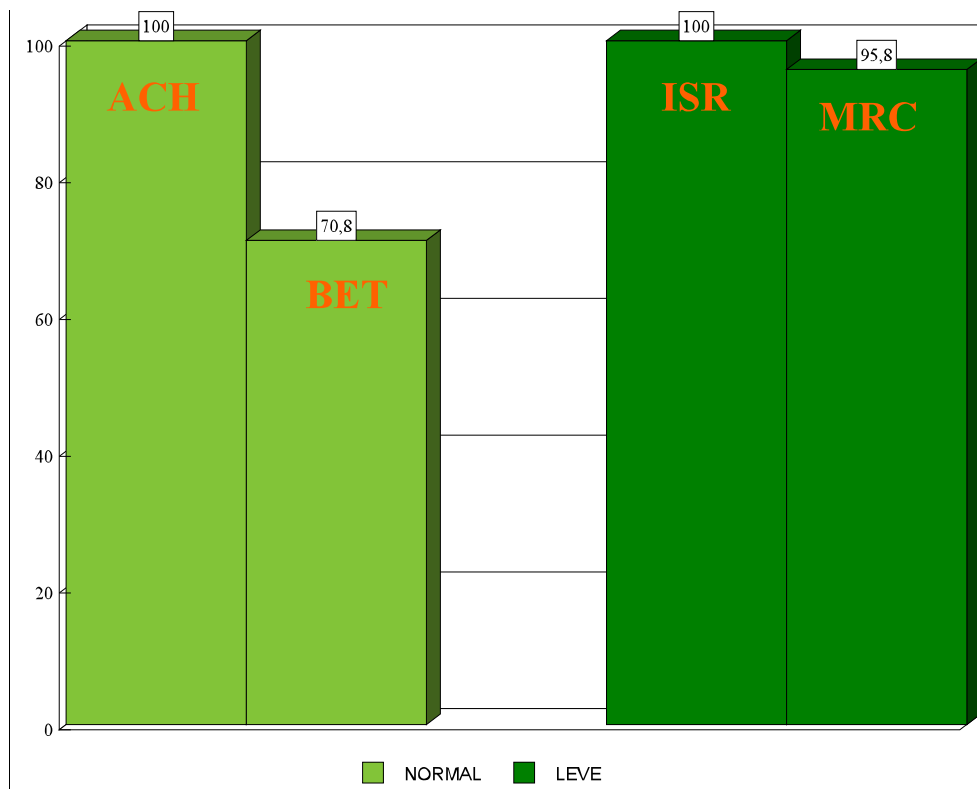


Figura 41. Resultados en Signos Aritméticos de los pacientes con daño generalizado, de acuerdo con los niveles de producción del lenguaje.

Como resumen, se presenta la figura 42 en la que se observan los resultados de los tres grupos de pacientes. De nuevo el grupo con daño principal en el hemisferio izquierdo es el que ofrece mayor heterogeneidad, mientras que pacientes con daño principal en el hemisferio derecho, así como los de daño generalizado obtienen mejores resultados en general.

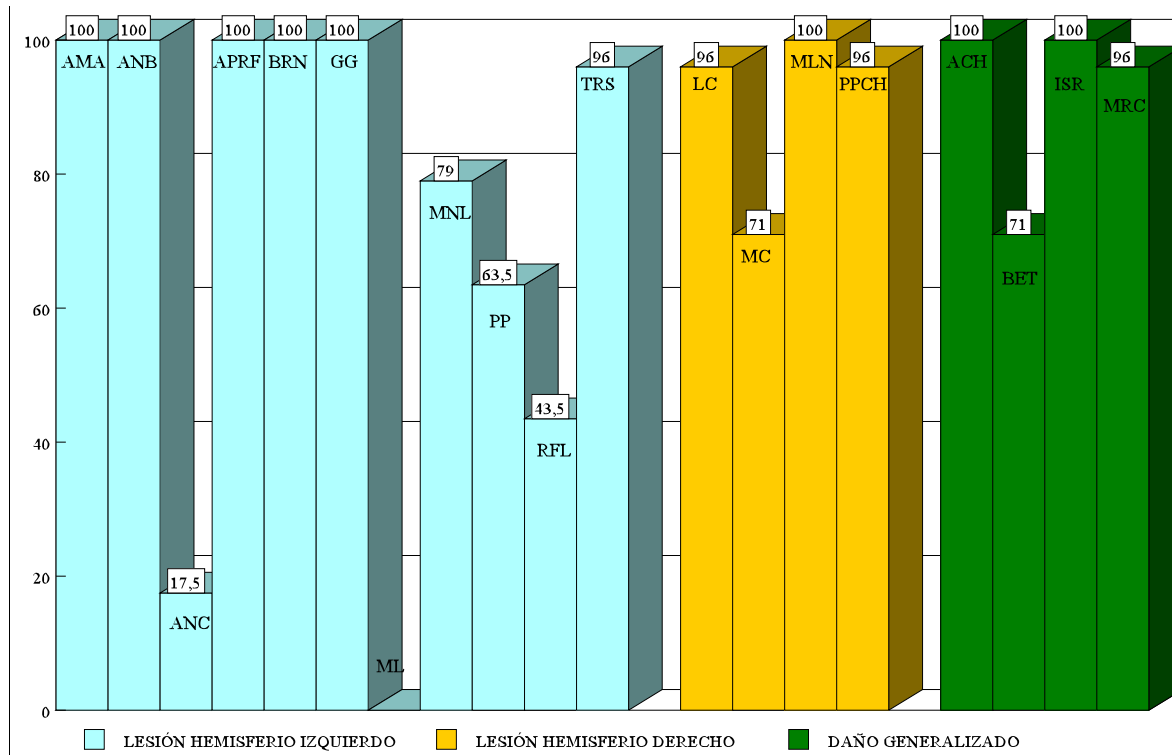


Figura 42. Resultados de los tres grupos de pacientes, en función del lugar de la lesión principal.

Por otra parte, en la figura 43 se presentan los resultados de los tres grupos de pacientes, clasificados en función del estado de la producción del lenguaje. Como se puede observar los pacientes con graves alteraciones en producción del lenguaje son los que presentan las puntuaciones más bajas. Las alteraciones leves en producción del lenguaje no parecen incidir en el procesamiento de los signos aritméticos. En los pacientes con producción del lenguaje normal los resultados en general son correctos pero se observan dos excepciones: los casos de MNL y BET. Estos pacientes a pesar de conservar intacta la producción del lenguaje tienen dificultades en el procesamiento de los signos aritméticos. Ambos además tienen en común una disfunción ejecutiva, por lo que la explicación a estas dificultades podrían estar relacionadas con estas funciones.

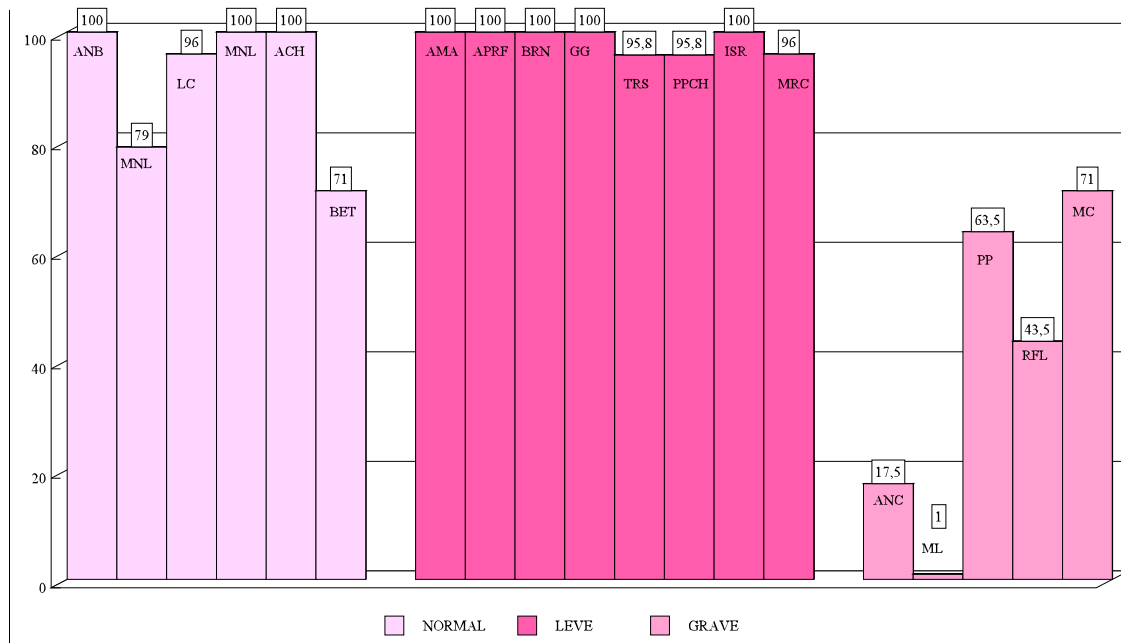


Figura 43.- Resultados en Signos Aritméticos en función de la producción del lenguaje.

3.3.4.- CÁLCULO

3.3.4.1.- Lesión principal en el hemisferio izquierdo

En la tabla 20 se recogen los resultados de los pacientes con daño principal en el hemisferio izquierdo en las distintas tareas de Cálculo.

Tabla 20.- Resultados en Cálculo de Pacientes Daño Principal en el Hemisferio Izquierdo.

BLOQUE 4: CÁLCULO		producción lenguaje normal		leve alteración en producción del lenguaje					grave alteración en producción del lenguaje			
		ANB	MNL	AMA	APRF	BRN	GG	TRS	ANC	ML	PP	RFL
VERIFICACIÓN RESULTADOS	% PD	100	89	100	100	66,5	100	83,5	83,5	58,5	78	89
	z	min	1,19	min	min	2,23	min	1,49	1,4	2,51	1,75	1,19
	p	1	0,23	1	1	0,02	1	0,13	0,1	2,51	0,07	0,23
RAZONAMIENTO NUMÉRICO	% PD	50	50	----	86,5	90	93,5	70	----	40	100	----
	z	4,08	4,08	----	1,4	1,03	0,59	2,77	----	4,71	-0,99	----
	p	0,00	0,00	----	0,16	0,3	0,55	0,00	----	0,00	0,32	----
SUMA ESCRITA	% PD	97	94,5	86	100	91,5	91,5	70	----	0	69	64
	z	0,00	0,58	1,7	-1,00	1,02	1,05	2,25	----	8,25	3,16	3,57
	p	1,00	0,55	0,08	0,31	0,3	0,28	0,02	----	0,00	0,00	0,00
RESTA ESCRITA	% PD	100	73,5	96,5	100	86	100	66,5	----	5,5	96	33
	z	-1,31	2,38	-0,43	-1,31	1,1	-1,31	2,91	----	7,54	-0,43	5,4
	p	0,18	0,01	0,66	0,18	0,25	0,18	0,00	----	0,00	0,66	0,00
MULTIPLICACIÓN ESCRITA	% PD	100	93	93,5	100	86,5	100	26,5	----	0	66	0
	z	-1,16	-0,2	-0,2	-1,16	0,5	-1,16	4,67	----	7,67	2,18	6,17
	p	0,24	0,86	0,82	0,24	0,6	0,24	0,00	----	0,00	0,02	0,00
SUMA ORAL	% PD	86,5	60	93,5	100	100	80	13	----	----	60	----
	z	0,6	2,15	0,00	-1,01	-1,01	1,07	4,39	----	----	2,15	----
	p	0,54	0,03	1,00	0,30	0,30	0,28	0,00	----	----	0,03	----
RESTA ORAL	% PD	80	60	86,5	100	86,5	100	26	----	----	46,5	----
	z	1,07	2,15	0,6	-1,01	0,6	0,00	3,72	----	----	2,78	----
	p	0,28	0,03	0,54	0,30	0,54	1,00	0,00	----	----	0,00	----
MULTIPLICACIÓN ORAL	% PD	80	50	60	80	90	70	0	----	----	3	----
	z	0,62	1,95	1,54	0,62	0,00	1,11	4,04	----	----	2,73	----
	p	0,53	0,05	0,12	0,53	1,00	0,26	0,00	----	----	0,00	----

(----) No sabe, no contesta.

De los pacientes de este conjunto se distingue por una parte los casos de AMA, APRF y GG, en los que se observa que las diferencias en las ejecuciones no son significativas con respecto al grupo control en las tareas que componen el examen del Cálculo. A pesar de que AMA no realiza la tarea de Razonamiento Numérico, debido a los graves déficits que presenta en memoria, principalmente en el lazo articulatorio de la memoria de trabajo, como ya se ha comentado, de manera que la causa de su incapacidad para realizar esta tarea no está relacionada con los aspectos numéricos de la misma. Por tanto, estos pacientes conservan intactas las habilidades numéricas relacionadas con el cálculo.

Los resultados de la paciente ANB en este bloque son más controvertidos, en las tareas de cálculo así como en la Verificación de resultados, no presenta alteraciones, los resultados son iguales a los del grupo control en las distintas operaciones aritméticas evaluadas, suma, resta y multiplicación, tanto en la modalidad escrita como en la oral. Sin embargo, la paciente es incapaz de realizar alguno de los tipos de problemas de razonamiento numérico. Las diferencias con el grupo control son significativas en los problemas de tipo $a-b-c$, $a+(a+b)$ y $a*b$, así como en el total de la prueba ($z=4,08$; $p=0,00$). Es decir, ANB no es capaz resolver un problema de razonamiento numérico sencillo, por ejemplo, “un libro vale 5 €, ¿cuánto valen 4 libros?”, pero en tarea de cálculo oral, no presenta dificultad para responder ¿cuánto es $5*4$?, y en tareas de cálculo escrito, realiza correctamente este tipo de multiplicaciones, e incluso otras más complejas, por ejemplo, $73*5$, en la que hay que multiplicar 2 dígitos por un dígito y ejecutar el procedimiento de llevarse.

Los resultados de la paciente ANC en Cálculo muestran que está totalmente impedida para la realización de cualquier tipo de operación aritmética tanto en forma oral como escrita, de manera aislada y en el contexto de un problema de razonamiento numérico. Sin embargo, en la tarea Verificación de Resultados se observa que las diferencias en su ejecución con respecto al grupo control no son significativas. Es decir, a pesar de que la paciente no es capaz de realizar un cálculo sí conserva la habilidad para determinar si una operación que se le

presenta ya resuelta está realizada correctamente o no, aunque por sí misma no sea capaz de acceder al resultado. Esto es similar a las diferencias entre recuerdo y reconocimiento, en el sentido de que ANC no puede obtener el resultado de una operación aritmética, no tiene acceso al dato numérico pero sí es capaz de reconocer, una vez que tiene la información, si el resultado es correcto o no.

El paciente BRN, tiene perfectamente conservadas las operaciones de sumar, restar y multiplicar, tanto en la modalidad escrita como en la oral. Pero a pesar de los excelentes resultados en el conjunto de las tareas de cálculo, se observa una severa dificultad en la tarea de Verificación de Resultados, que afecta exclusivamente a las operaciones de restar. Por tanto, este dato viene a confirmar la disociación puesta de manifiesto por la paciente ANC entre la verificación de un resultado de una operación aritmética y la realización de la operación. Con la particularidad de que en el caso de BRN las dificultades para verificar afectan exclusivamente a las restas.

En el caso de BRN, el análisis de los distintos tipos de problemas de la tarea de Razonamiento numérico ponen en evidencia que tiene dificultades en el tipo $a+(a+b)$. Desde un planteamiento teórico este tipo de razonamiento es el más complejo de los que se examinan puesto que además de ser un cálculo secuencial como $a+b+c$, en este caso para llegar al final de la secuencia hay que realizar una operación previa y luego retroceder mentalmente para recuperar un dato anterior, mientras que en $a+b+c$, se va desarrollando la secuencia de procesamiento pero al nuevo resultado se le añade el siguiente sin necesidad de retroceder en ningún momento, la secuencia es lineal. Por tanto, la explicación a la alteración en este tipo de razonamiento, podría ser simplemente la mayor dificultad de la tarea. En cualquier caso, las diferencias en la ejecución de BRN respecto al grupo control en esta tarea no son significativas ($z=1,03$; $p=0,3$), lo que permite afirmar que conserva la habilidad para razonar con símbolos numéricos.

En la paciente ML, se observa que el Cálculo está gravemente afectado. En todas las pruebas y subpruebas las diferencias con el grupo control son significativas, excepto en el razonamiento numérico para el caso de la suma de dos dígitos, el tipo $a+b$. A pesar de que la paciente se muestra incapaz de sumar dos dígitos en tareas de cálculo, tanto oral como escrito, sin embargo, los resultados observados cuando los dígitos se le presentan en el contexto de un problema, haciendo referencia a situaciones de la vida cotidiana, y no en abstracto, las diferencias en la ejecución de ML no son significativas. Este patrón de ejecución es inverso al de la paciente ANB comentado anteriormente, que realiza las operaciones de manera aislada pero no en el contexto de un problema de razonamiento numérico, e igual al de los pacientes PP y TRS que veremos a continuación.

El paciente MNL presenta severas alteraciones en las tareas del bloque de Cálculo. En tarea de Verificación de resultados, se observan leves dificultades en multiplicación, aunque las diferencias con el grupo control son no significativas. Esto está en consonancia con los resultados de BRN, en el sentido de que las disociaciones entre operaciones también se reflejan en la Verificación de Resultados, y no sólo en la ejecución de las operaciones.

En Razonamiento numérico la afectación de MNL es más grave, siendo las diferencias con el grupo control significativas excepto en los problemas de tipo $a+b$. Es decir, el paciente no realiza los problemas de razonamiento numérico de los tipos $a-b$, $a+b+c$, $a-b-c$, $a+(a+b)$ y $a*b$ ($z=2,71$ y $p=0,006$; $z=4,53$ y $p=0,000$; $z=2,71$ y $p=0,006$; $z=3,68$ y $p=0,000$; y, $z=3,68$ y $p=0,000$, respectivamente). La explicación a este déficit es la misma que para ANB, es decir, la disfunción ejecutiva le incapacita para realizar los procesos de planificación necesarios para resolver un problema. Y al igual que ANB, a pesar de los déficits ejecutivos, MNL conserva las habilidades necesarias para las actividades de la vida cotidiana, de hecho vive solo, bajo la supervisión esporádica de un familiar.

En cuanto al cálculo escrito, MNL no presenta diferencias significativas con el grupo control en las operaciones de sumar y multiplicar, por lo que se puede considerar que estas operaciones están conservadas. Sin embargo, en las ejecuciones de las operaciones de sustracción, las diferencias con el grupo control son significativas ($z=2,38$; $p=0,01$). Por tanto, la resta se observa alterada. En las restas escritas el principal tipo de error que comete MNL consiste en restar al número mayor el menor, independientemente de que se sitúe en el minuendo o en el sustraendo. En la figura 44 se presentan ejemplos de estos errores.

$$\begin{array}{r} 81 \\ -6 \\ \hline 85 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 63 \\ -5 \\ \hline 62 \end{array}$$

Figura 44.- Ejemplos de errores en resta del paciente MNL.

MNL mientras realiza la operación comenta en voz alta que los operandos están mal colocados pero que a pesar de ello, él puede realizar correctamente la resta (“está mal, no están bien puestos, pero no importa.....lo estoy haciendo y eso que están mal...”).

En las ejecuciones del paciente MNL en cálculo escrito, se observa una disociación de la resta (alterada) respecto de la suma y la multiplicación (conservadas).

En el cálculo oral, las diferencias en las ejecuciones de MNL respecto del grupo control son significativas en todas las operaciones aritméticas, es decir, los resultados de las sumas, restas y multiplicaciones ponen de manifiesto que el cálculo oral está severamente afectado. Sin embargo, MNL contesta a todos los ítems y mostrando gran seguridad en sus respuestas, por ejemplo ante la pregunta “¿cuánto es 56 más 1?”, responde muy seguro: “Pues 52” denotando que la respuesta a lo que se le pregunta es para él bien sencilla, prácticamente

obvia. Del total de errores que presenta en cálculo oral, en el 76,5% de los casos responde con un número que se puede considerar aproximado, por ejemplo, “¿cuánto es 750 más 2?”, responde muy seguro, “pues 754”. Pero en el 23,5% restante de errores las respuestas son “imposibles”, es decir, para una suma responde con un número más pequeño o en una resta contesta con un número mayor. Por ejemplo, “¿cuánto es 47 más 3?”, “Pues 46” y “¿Cuánto es 195 menos 3?”. “Pues, 196, claro”. Como ya hemos visto los errores no se deben a dificultades en la comprensión oral de los números, la cual está intacta.

De las tareas de Cálculo, el paciente MNL tiene afectadas las habilidades para realizar razonamientos con símbolos numéricos, la resta en forma escrita y el cálculo oral completo: suma, resta y multiplicación.

Los resultados del paciente MNL evidencian una disociación entre cálculo oral (impedido) y cálculo escrito (conservado, excepto la resta), con más exactitud la disociación se establece entre suma oral (alterada) y suma escrita (conservada) así como entre multiplicación oral (alterada) y multiplicación escrita (conservada).

El paciente PP, en el bloque de Cálculo, en general, está afectado, aunque los datos hay que analizarlos con más detenimiento. Por una parte, en Verificación de Resultados, las diferencias con el grupo control no son significativas ($z=1,75$; $p=0,07$). En tarea de Razonamiento Numérico, los resultados son de un 100% aciertos. Pero a pesar de estos resultados correctos en estas tareas, PP presenta severas dificultades en las tareas de cálculo, tanto en forma oral como escrita, excepto en la resta escrita. En suma y multiplicación escritas las diferencias con el grupo control son significativas ($z=3,16$; $p=0,001$ y $z=2,18$; $p=0,028$ respectivamente). A pesar de que el análisis cuantitativo de los resultados de la tarea de multiplicación escrita pone de manifiesto que está alterada, el análisis cualitativo de los ítems evidencia el 100% de aciertos en las multiplicaciones en las que no es necesario ejecutar el procedimiento de llevarse, mientras que en los casos en los que sí hay que llevarse el paciente

presenta el 100% de errores. Esta diferencia no se observa en otras tareas de cálculo, en las que los aciertos y errores son independientes del procedimiento de llevarse, por tanto es posible que para el caso de las multiplicaciones sólo esté afectado el procedimiento de llevarse y no la recuperación de los datos numéricos. Por ejemplo, PP realiza correctamente 73×3 y sin embargo no es capaz de realizar la multiplicación 73×5 . Ambos ítems son de la misma dificultad, lo único que hace que 73×5 sea más complejo es que requiere del la ejecución del procedimiento de llevarse.

En el paciente PP, se observa que la resta escrita está conservada ($z=-0,43$; $p=0,666$). Estos resultados permiten afirmar la disociación entre la suma y multiplicación (afectadas) y la resta (conservada). De manera que el patrón de ejecución de PP en cálculo escrito es el contrario al del paciente MNL, lo que viene a confirmar que las operaciones aritméticas pueden estar doblemente disociadas, puesto que por una parte, MNL conserva la suma y la multiplicación pero tiene alterada la resta, mientras que por otro lado, PP presentan déficits en suma y multiplicación pero conserva la resta.

En cálculo oral, PP presenta alteraciones tanto en suma ($z=2,15$; $p=0,03$), resta ($z=2,78$; $p=0,00$) como multiplicación ($z=2,73$; $p=0,01$). Estos resultados confirman la disociación entre los procesos de cálculo oral y cálculo escrito, aunque en este caso los datos se restringen a la resta, es decir, permiten afirmar la existencia de una disociación entre la resta oral (alterada) y la escrita (conservada). Estos déficits en cálculo oral no pueden explicarse por dificultades en comprensión, puesto que PP no presenta alteraciones en este sentido, sus déficits lingüísticos afectan sólo a la producción. Así lo evidencian los resultados que presenta, por ejemplo, en la tarea de Razonamiento numérico, que como hemos señalado son de un 100% de aciertos.

En resumen, PP está gravemente afectado en todas las habilidades relacionadas con el cálculo, excepto en la resta escrita y en Razonamiento numérico. Por tanto, a pesar de estar impedido para la realización operaciones aritméticas de sumar, restar y multiplicar, tanto en forma oral como escrita, a excepción de la resta escrita, el paciente realiza sin dificultad la tarea de Razonamiento numérico, en la que los resultados que presentan son superiores a la media del grupo control (100 y 96,6 % de aciertos, respectivamente). Es decir, no puede realizar cálculos aritméticos si éstos se le presentan de manera aislada, pero si se le presentan contextualizados, haciendo referencia a objetos concretos PP no presenta dificultades en la ejecución.

Este es el mismo patrón que presenta ML, comentado anteriormente, que realiza las operaciones en contextos específicos pero no de forma aislada, en abstracto. Aunque en esta paciente el razonamiento numérico no está totalmente preservado como sucede en el caso de PP, sólo conserva las del tipo $a+b$, pero hay que tener cuenta que ML no suma dos dígitos si no están en el contexto de un problema de razonamiento numérico, ni en forma oral ni escrita.

Esto mismo sucede a la paciente TRS, que está impedida para realizar operaciones aritméticas, tanto en la modalidad escrita, suma ($z=2,25$; $p=0,02$), resta ($z=2,91$; $p=0,00$) y multiplicación ($z=4,67$; $p=0,00$) como en la oral, suma ($z=4,39$; $p=0,00$), resta ($z=3,72$; $p=0,00$) y multiplicación ($z=4,04$; $p=0,00$). Sin embargo, en tarea de Razonamiento numérico, a pesar de que en el total de la prueba las diferencias con el grupo control son significativas ($z=2,77$; $p=0,00$), en el análisis por tipo de problema se observa que las diferencias con el grupo control no son significativas para los tipos $a+b$ ($z=1,48$; $p=0,13$), $a-b$ (100% aciertos), $a+b+c$ ($z=1,48$; $p=0,13$) y $a-b-c$ ($z=1,48$; $p=0,13$). Al igual que en los casos anteriores TRS no es capaz de resolver operaciones aritméticas que se le presentan aisladas, ni de forma oral ni escrita. Pero de nuevo se observa un efecto facilitador en la resolución de cálculos si éstos se presentan contextualizados, es decir, haciendo referencia a objetos tangibles.

Por tanto, teniendo en cuenta que estos pacientes, PP, ML y TRS, presentan lesiones en las áreas perisilvianas izquierdas, y que tienen gravemente afectada la producción del lenguaje, se podría plantear la posibilidad de que la presentación de los operandos de manera contextualizada facilitara la realización de la operación aritmética, es decir, que se produjera un efecto de facilitación en la ejecución del cálculo.

Estas relaciones entre cálculo aislado y cálculo contextualizado descritas para los casos de PP, ML y TRS, son contrarias a las que presentan los casos de ANB y MNL, que obtienen mejores resultados en operaciones aritméticas de forma aislada, es decir, en abstracto que contextualizadas en un problema de razonamiento numérico. Como hemos visto ANB es incapaz de resolver problemas de tipo $a*b$ y sin embargo, no presenta dificultades en multiplicaciones incluso realizando el procedimiento de llevarse. Lo mismo sucede a MNL, que en tarea de Razonamiento numérico presenta diferencias con el grupo control significativas en todos los tipos de problemas excepto en el tipo $a+b$, mientras que en cálculo aislado los resultados son considerablemente mejores, principalmente en la modalidad escrita, donde se observa que la suma y la multiplicación están conservadas.

Ambos pacientes, ANB y MNL, son incapaces de planificar el proceso de resolución de un problema, debido a la grave disfunción ejecutiva que presentan. Esto permite plantear que el déficit ejecutivo puede producir un efecto inhibitorio en la ejecución de las operaciones cálculo si la operación se presenta en el contexto de un problema ya en estos casos se requiere de la intervención de los mecanismos de planificación que estos pacientes tienen alterados.

Por tanto, los resultados de los pacientes PP, ML y TRS por un lado, y de ANB y MNL por otro, podrían indicar la existencia de una doble disociación entre calcular de forma aislada y calcular en el contexto de un problema de razonamiento numérico, es decir, una doble disociación entre el cálculo contextualizado y el cálculo aislado, y por tanto, su independencia funcional y/o estructural. En la figura 45 se pueden observar las diferencias respecto al grupo

control entre ambos conjuntos de pacientes, por una parte, ANB y MNL con disfunción ejecutiva, en los que los resultados son mejores en cálculo aislado/abstracto que en cálculo contextualizado, y por otro lado, los casos de PP, ML y TRS que presentan alteraciones en la producción del lenguaje y en los que los resultados son significativamente mejores para la tarea de Razonamiento numérico que para el cálculo aislado.

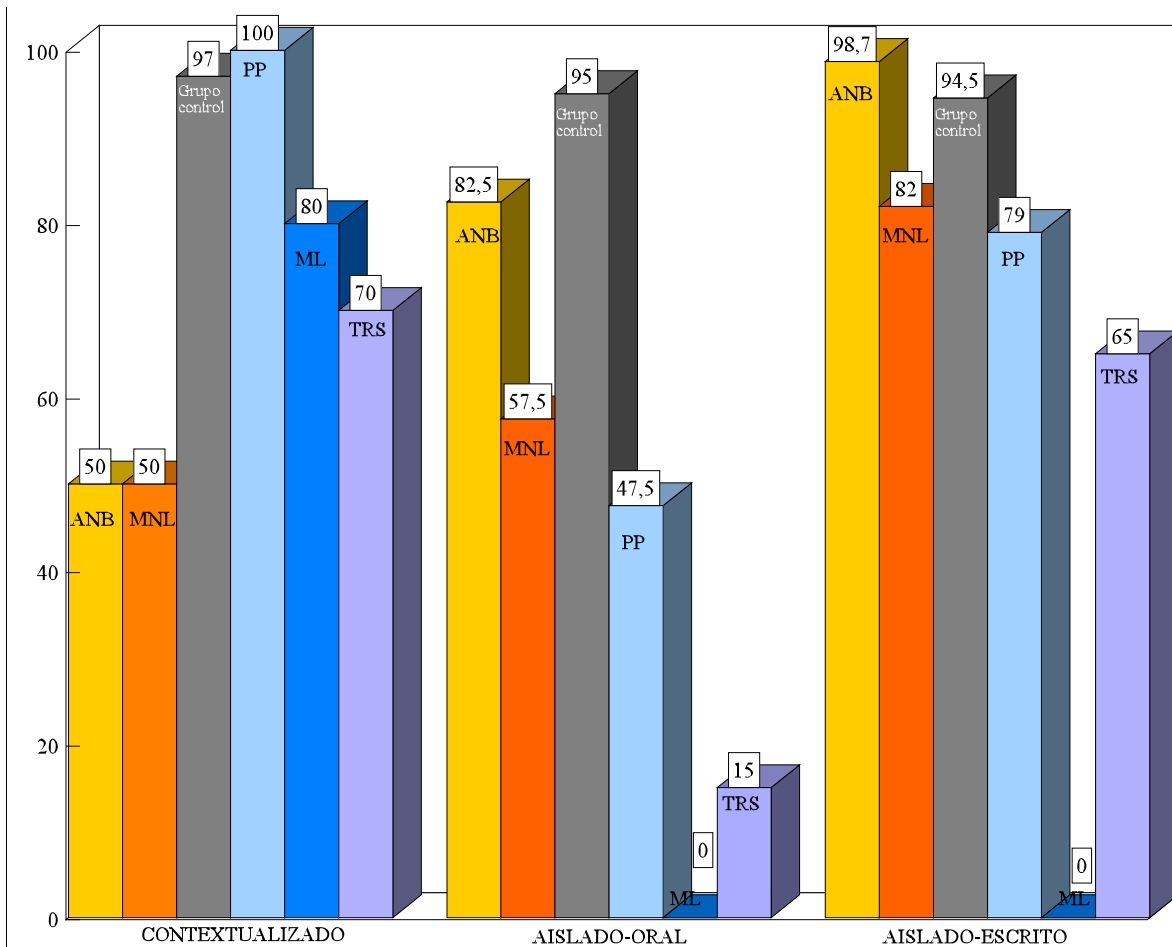


Figura 45.- Resultados en cálculo aislado (oral y escrito) y en cálculo contextualizado.

Los resultados de RFL en el bloque de Cálculo muestran las graves dificultades que presenta en estas habilidades. En tarea de Verificación de Resultados es la única en la que las diferencias con el grupo control no son significativas ($z=1,19$; $p=0,23$). La tarea de

Razonamiento numérico no es capaz de realizarla, contesta simplemente que no sabe. En cálculo escrito responde a todos los ítems pero de manera errónea, las diferencias con el grupo control son significativas para todas las operaciones: suma ($z=3,57$; $p=0,00$), resta ($z=5,4$; $p=0,00$) y multiplicación (0% de aciertos). En cálculo oral, RFL no responde, se limita a decir que no sabe y que no puede. Este paciente confirma el supuesto que planteamos para ANC, es decir, a pesar de estar completamente impedido para la realización de tareas de cálculo, sí conserva la habilidad para discriminar si una operación ya resuelta está realizada correctamente o no. La paciente TRS, que hemos presentado anteriormente, también corrobora esta disociación, ya que a pesar de estar totalmente impedida para la realización de operaciones aritméticas, las diferencias con el grupo control en la tarea de Verificación de resultados no son significativas ($z=1,49$; $p=0,13$), por lo que se puede afirmar que conserva la habilidad para determinar si una operación que se le presenta ya resuelta está realizada de manera correcta o no.

Por tanto, los casos de ANC, RFL y TRS, ponen de manifiesto la independencia de los procesos cognitivos responsables de realizar una operación de cálculo y los encargados de reconocer si una operación resuelta está realizada correctamente o no.

Como resumen, en la figura 46, se observan los resultados de los pacientes con daño principal en el hemisferio izquierdo en función del estado en que se encuentra la producción del lenguaje. De nuevo, se aprecian importantes diferencias entre los pacientes con el lenguaje conservado y ligeramente alterado respecto a los que tienen graves alteraciones, que son los que presentan las puntuaciones más bajas.

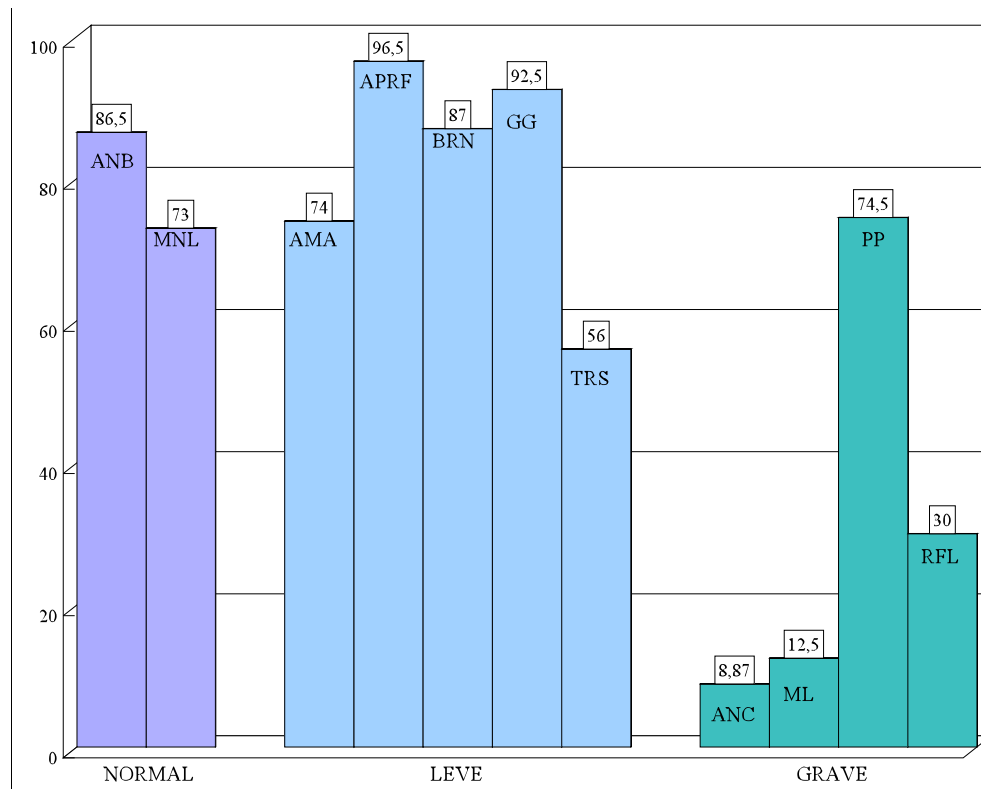


Figura 46.- Resultados en Cálculo de los pacientes con daño principal en el hemisferio izquierdo en función del estado de la producción del lenguaje.

3.3.4.2.- Lesión principal en el hemisferio derecho

Los pacientes con daño principal en el hemisferio derecho LC, MLN y PPCH, como se observa en tabla 21, presentan conservadas las habilidades relacionadas con el Cálculo. Las diferencias en los resultados de estas pruebas y el grupo control no son significativas. Conservan intactas las habilidades necesarias para Verificar resultados, el Razonamiento numérico, el cálculo escrito (suma, resta y multiplicación) y el cálculo oral (suma, resta y multiplicación).

Tabla 21.- Resultados en Comprensión Numérica de Pacientes Daño principal en hemisferio derecho.

BLOQUE 4: CÁLCULO		producción lenguaje normal		leve alteración producción lenguaje	grave alteración producción lenguaje
		LC	MLN	PPCH	MC
VERIFICACIÓN RESULTADOS	% PD	100	100	83,5	100
	z	min	min	1,49	min
	p	1	1	0,13	1
RAZONAMIENTO NUMÉRICO	% PD	90	97	100	83,5
	z	1,03	0,00	-1,00	1,72
	p	0,3	1,00	0,30	0,08
SUMA ESCRITA	% PD	97	91,5	94,5	69,5
	z	0,00	1,05	0,58	3,16
	p	1,00	0,28	0,55	0,00
RESTA ESCRITA	% PD	93,5	89,5	100	60,5
	z	0,18	0,7	-1,28	2,97
	p	0,85	0,44	0,19	0,00
MULTIPLICACIÓN ESCRITA	% PD	100	93,5	100	48,5
	z	-1,16	0,22	-1,16	3,9
	p	0,24	0,82	0,24	0,00
SUMA ORAL	% PD	100	100	100	100
	z	-1,01	-1,01	-1,01	-1,01
	p	0,30	0,30	0,30	0,30

BLOQUE 4: CÁLCULO		producción lenguaje normal		leve alteración producción lenguaje	grave alteración producción lenguaje
		LC	MLN	PPCH	MC
RESTA ORAL	% PD	100	93,5	93,5	84,5
	z	-1,01	0,00	0,00	0,74
	p	0,30	1,00	1,00	0,45
MULTIPLICACIÓN ORAL	% PD	90	90	90	90
	z	0,00	0,00	0,00	0,00
	p	1,00	1,00	1,00	1,00

La paciente MC realiza con normalidad la tarea de Verificación de resultados así como la de Razonamiento numérico. En cálculo escrito, las diferencias de las ejecuciones de MC respecto al grupo control son significativas para la suma ($z=3,16$; $p=0,00$), resta ($z=2,97$; $p=0,00$) y multiplicación ($z=3,9$; $z=0,00$). Los resultados evidencian que la paciente presenta alterado el cálculo escrito.

MC realiza correctamente las sumas en las que no es necesario llevarse (95,24% de aciertos), de manera que los déficits se presentan cuando la suma requiere la realización de este procedimiento. En estos casos los errores no se producen en la recuperación de los datos numéricos, ya que los números que suma son correctos (98,8% de aciertos cuando suma dos cantidades, ya sea llevándose o sin llevarse), sino que tienen lugar como consecuencia del hecho de tener que llevarse. Estos errores son de dos tipos.

1) Sumas en las que omite el proceso de llevarse, pero mantiene intacto el resto del procedimiento, es decir, la cifra de la unidad del resultado corresponde con la unidad de la cantidad que se obtiene al sumar la unidad de cada uno de los sumandos, de la misma forma la cifra de las decenas del resultado corresponde con la unidad del número que da sumar las decenas de los sumandos. El error en estos casos consiste en que no suma la cantidad que hay que llevarse. Este tipo de error es independiente de la longitud de los sumandos. Ver ejemplos en figura 47.

2) Sumas en las que además de no sumar la cantidad que se lleva, esta cifra la escribe en el lugar de las decenas del resultado. Este tipo de error también es independiente de la longitud de los sumandos. Ver ejemplos en la figura 47.

(A)	$\begin{array}{r} 334 \\ +97 \\ \hline 321 \end{array}$	$\begin{array}{r} 758 \\ +76 \\ \hline 724 \end{array}$	$\begin{array}{r} 574 \\ +736 \\ \hline 1200 \end{array}$
(B)	$\begin{array}{r} 7\bar{6} \\ +\bar{6}7 \\ \hline 1313 \end{array}$	$\begin{array}{r} 9\bar{6} \\ +\bar{5}6 \\ \hline 1412 \end{array}$	$\begin{array}{r} 19\bar{5} \\ +\bar{6} \\ \hline 1911 \end{array}$

Figura 47.- Errores de la paciente MC en sumas. A) Errores en los que no suma la cantidad que se lleva. B) Ejemplos en los que incluye en el resultado la cantidad que debe llevarse.

En las restas, la paciente presenta alteraciones similares a las de las sumas, es decir, cuando no hay que llevarse no tiene dificultades (95,24% aciertos). Sin embargo, presenta severas alteraciones cuando tiene que llevarse. En general, los errores que comete consisten en una inversión del orden correcto de la resta, es decir, no respeta la regla básica de sustraendo menos minuendo, sino que al mayor de los operandos le resta el menor de ellos, independientemente del lugar que ocupen. De esta forma omite el proceso de tener que llevarse. Es el mismo patrón de ejecución que hemos comentado para el paciente MNL.

En las multiplicaciones, MC realiza correctamente todas aquellas en las que se multiplica 1 dígito por 1 dígito (100% aciertos), pero es incapaz de multiplicar un número de 2 dígitos por otro de 1 dígito, independientemente de que tenga que llevarse o no (0% de aciertos). En estos casos los errores presentan el mismo patrón de ejecución: multiplica correctamente el multiplicador por la cifra de la unidad del multiplicando y a este resultado le sitúa delante, como si estuviera sumando, la cifra de la decena del multiplicando. Ver ejemplos en la figura 49.

Los resultados de este tipo de multiplicaciones son iguales en el caso de que la multiplicación requiera llevarse (0% de aciertos). Y el tipo de errores es similar al anterior, es decir, recupera correctamente al multiplicar por la cifra de la unidad, a este resultado (que es de dos cifras) le sitúa delante, como si estuviera sumando, la cifra de la decena del multiplicando. Ver ejemplo en la figura 48.

Otro tipo de error de la paciente MC es el que consiste en añadir a la cifra de la decena lo se lleva, como si se tratara de una suma, pero escribe lo que se lleva en el resultado (ver ejemplo en la figura 48).

En los casos comentados anteriormente, el dato que recupera de las tablas es correcto, aunque el resultado de la operación no lo sea debido a los problemas de procedimiento, pero en otras ocasiones el dato que recupera es falso, aunque corresponde con datos de la tabla correspondiente, por ejemplo, al multiplicar “6*3” recupera de forma incorrecta como resultado “36”, que también es un dato de la tabla del 6. De la misma manera, al multiplicar “4*8” recupera erróneamente como resultado “28” que es un dato de la tabla del 4. Por tanto, se puede considerar una confusión en la recuperación de los datos pero pone de manifiesto que la paciente puede acceder a los datos de la tabla de multiplicar (ver ejemplo en la figura 48).

(A)	$\begin{array}{r} 52 \\ \times 4 \\ \hline 58 \end{array}$	$\begin{array}{r} 23 \\ \times 3 \\ \hline 29 \end{array}$
(B)	$\begin{array}{r} 44 \\ \times 7 \\ \hline 428 \end{array}$	$\begin{array}{r} 52 \\ \times 9 \\ \hline 518 \end{array}$
(C)		$\begin{array}{r} 73 \\ \times 5 \\ \hline 875 \end{array}$
(D)	$\begin{array}{r} 23 \\ \times 6 \\ \hline 336 \end{array}$	$\begin{array}{r} 94 \\ \times 8 \\ \hline 128 \end{array}$

Figura 48. Errores de la paciente MC en multiplicaciones. A) Errores en multiplicaciones sin llevarse. B) Errores en multiplicaciones llevándose. C) Suma lo que se lleva, pero lo escribe en el resultado. D) Recupera siempre datos de la tabla aunque de manera equivocada.

Dejando a un lado si el resultado final de la multiplicación es correcto o no y considerando los resultados de cada vez que MC multiplica (que no es siempre que debe hacerlo, ya que las cifras de las decenas las suma) se observa que en un 89,09% de las ocasiones el resultado que recupera es correcto considerándolo individualmente, a pesar de que como ya se ha comentado el resultado de la operación resulta incorrecto por no cumplir las normas procedimentales del llevarse. Por otra parte, los resultados de la paciente MC en las tareas de cálculo oral evidencian que éste está preservado. Esto confirma el planteamiento que realizábamos ya para el caso de MNL, en cuanto a la disociación entre cálculo escrito y cálculo oral, y por tanto su posible independencia funcional y/o estructural. En la figura 49 se presentan los resultados de este grupo de pacientes.

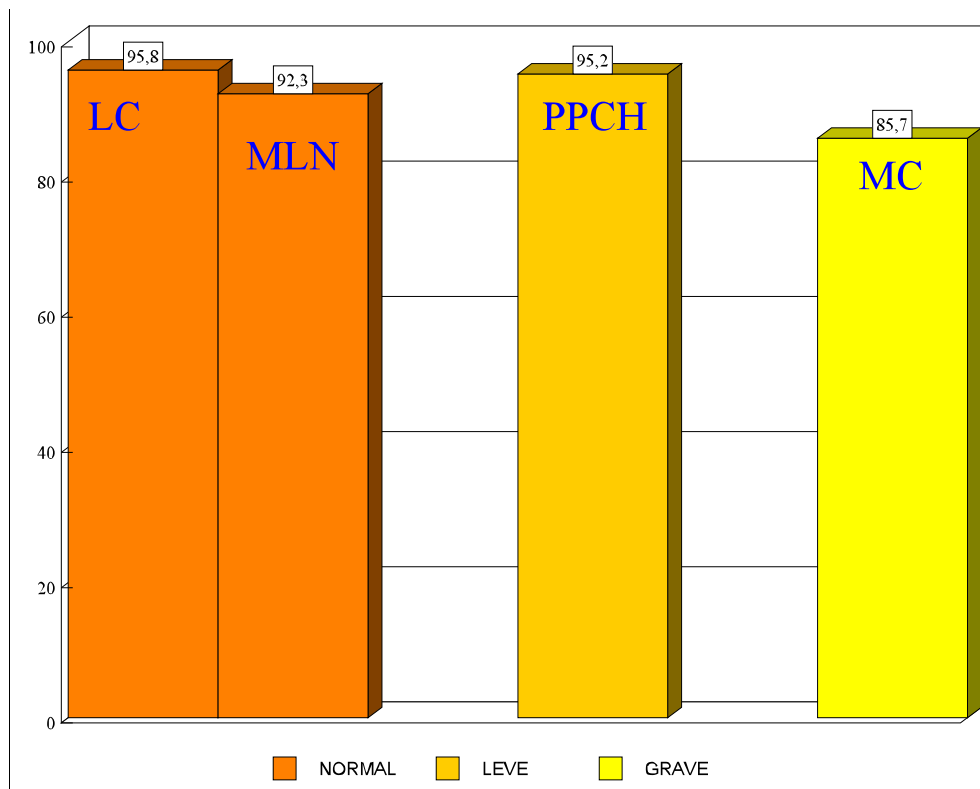


Figura 49.- Resultados en Cálculo de pacientes con daño principal en el hemisferio derecho, clasificados de acuerdo con el estado de conservación de la producción del lenguaje.

3.3.4.3.- Daño generalizado

Del grupo de pacientes con daño generalizado, como se puede observar en la tabla 22, MRC realiza correctamente la tarea de Verificación de resultados así como la de Razonamiento numérico, con un 100% de aciertos en ambos casos. En cálculo escrito presenta algunos errores, pero las diferencias con el grupo control no son significativas. El cálculo escrito está, por tanto, conservado. Respecto al cálculo oral, los resultados del paciente MRC son iguales a los del grupo control, estando éste totalmente preservado, tanto para suma, resta como multiplicación.

Tabla 22.- Resultados en Cálculo de Pacientes Daño generalizado.

BLOQUE 4: CÁLCULO		producción lenguaje normal		leve alteración producción lenguaje	
		ACH	BET	ISR	MRC
VERIFICACIÓN RESULTADOS	% PD	78	81,5	100	100
	z	1,75	1,19	min	min
	p	0,07	0,23	1	1
RAZONAMIENTO NUMÉRICO	% PD	63,5	76	100	100
	z	3,22	2,27	-1,00	-1,00
	p	0,00	0,02	0,31	0,31
SUMA ESCRITA	% PD	94,5	66,5	97,5	86
	z	0,58	3,37	0,00	1,7
	p	0,55	0,00	1,00	0,08
RESTA ESCRITA	% PD	66,5	54	97	97
	z	2,91	3,71	-0,43	-0,43
	p	0,00	0,00	0,66	0,66

BLOQUE 4: CÁLCULO		producción lenguaje normal		leve alteración producción lenguaje	
		ACH	BET	ISR	MRC
MULTIPLICACIÓN ESCRITA	% PD	53	33	69	80
	z	3,08	4,29	2,2	1,13
	p	0,00	0,00	0,00	0,25
SUMA ORAL	% PD	66,5	80	100	93,5
	z	1,82	1,07	-1,16	0,00
	p	0,06	0,28	0,24	1,00
RESTA ORAL	% PD	73,5	93,5	93,5	100
	z	1,46	0,00	0,00	-1,01
	p	0,14	1,00	1,00	0,30
MULTIPLICACIÓN ORAL	% PD	40	70	70	100
	z	2,34	1,11	1,11	-1,02
	p	0,00	0,26	0,26	0,30

El paciente ISR presenta resultados similares a los del grupo control en las pruebas de este bloque, a excepción de la ejecución en multiplicación escrita, en la que las diferencias entre ISR y el grupo control son significativas ($z=2,2$; $p=0,00$). En la figura 50 se representan gráficamente estas diferencias. Por tanto, este paciente evidencia, por una parte, la disociación entre distintas operaciones aritméticas, suma y resta conservadas y multiplicación alterada, y por otro lado, pone de manifiesto la disociación entre cálculo oral y escrito, conserva la multiplicación oral estando alterada significativamente la multiplicación escrita.

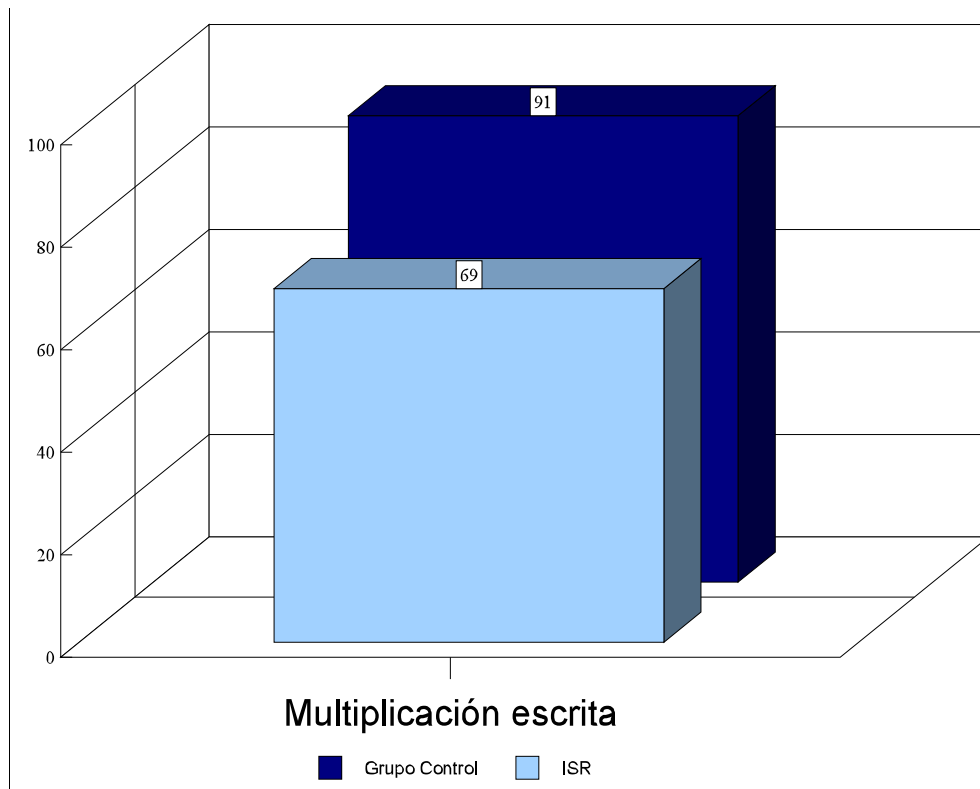


Figura 50. Porcentajes de aciertos del grupo control y del paciente ISR en multiplicación escrita.

El paciente ACH, realiza correctamente la tarea de Verificación de resultados, pero en Razonamiento numérico las diferencias con el grupo control son significativas ($z=3,22$; $p=0,00$) lo que evidencia la gran dificultad que presenta para razonar con símbolos numéricos.

En cálculo escrito, los resultados de las sumas son similares a los del grupo control, no siendo las diferencias significativas, por tanto, la suma está conservada. En cambio, las diferencias con el grupo control son significativas para las operaciones de restar ($z=2,91$; $p=0,00$) y multiplicar ($z=3,08$; $p=0,00$). Se observa de nuevo, que las operaciones aritméticas están disociadas. En el caso de ACH, la suma está conservada mientras que la resta y la multiplicación están alteradas.

En las restas comete entre otros tipos de errores, el que se podría denominar error típico, es decir, en los casos en los que hay que llevarse, restar al número mayor de las cifras de las unidades el número menor, independientemente de que se sitúe en el minuendo o en el sustraendo. El paciente ACH, sí suma a la cifra de la decena la cantidad que se lleva, por lo que no tiene alterado el procedimiento de llevarse. Ver ejemplo en la figura 51.

En cálculo oral, los resultados varían dependiendo de la operación aritmética, las diferencias con el grupo control no son significativas para la suma y la resta, mientras que en la multiplicación las diferencias con el grupo control sí son significativas. Es decir, ACH conserva la suma y resta oral, pero presenta alterada la multiplicación oral.

De manera que los resultados de ACH vienen a confirmar las disociaciones entre las distintas operaciones aritméticas, así como entre las modalidades de cálculo escrito y cálculo oral.

(A)		76
		- 37
		31

(B)		965
	86	+8
	+6	978
	95	

Figura 51. A) Ejemplo de error del paciente ACH en restas. B) Ejemplos de errores en sumas de BET, en los que se observa la recuperación de datos alterada y el procedimiento de llevarse intacto.

La paciente BET, obtiene puntuaciones iguales a las del grupo control en la tarea de Verificación de resultados. En razonamiento numérico, el análisis del total de los ítems pone de manifiesto que las diferencias con el grupo control son significativas, sin embargo, el análisis cualitativo evidencia que de los errores 7 que comete en total, 5 son del tipo $a+(a+b)$, mientras que en el resto de tipos los resultados sí se ajustan a los del grupo control. De manera, que el déficit aparece concretamente en los problemas del tipo $a+(a+b)$. La explicación a que esté afectado este tipo de problemas es la misma que hemos propuesto para el caso de BRN, y es que este tipo es el más complejo y por tanto la alteración posiblemente sea el reflejo de la mayor complejidad de la tarea.

En cálculo escrito, BET presenta diferencias significativas con el grupo control en suma ($z=3,37$; $p=0,00$), resta ($z=3,71$; $p=0,00$) y multiplicación ($z=4,29$; $p=0,00$). Por tanto, el cálculo escrito está alterado en la paciente. Los errores no se producen en los procedimientos sino en los datos numéricos que recupera, que aparentemente recupera de manera aleatoria. En los ejemplos de la figura 52 se observa que BET realiza correctamente el procedimiento de llevarse, pero los datos numéricos que recupera al sumar las columnas de las unidades son erróneos.

En cálculo oral, las diferencias con el grupo control no son significativas para la suma, resta y multiplicación, es decir, BET conserva intacto el cálculo oral para las distintas operaciones. Por tanto, confirma la disociación entre el cálculo escrito (impedido) y cálculo oral (preservado). A continuación, en la figura 52 se presentan los resultados de este grupo de pacientes.

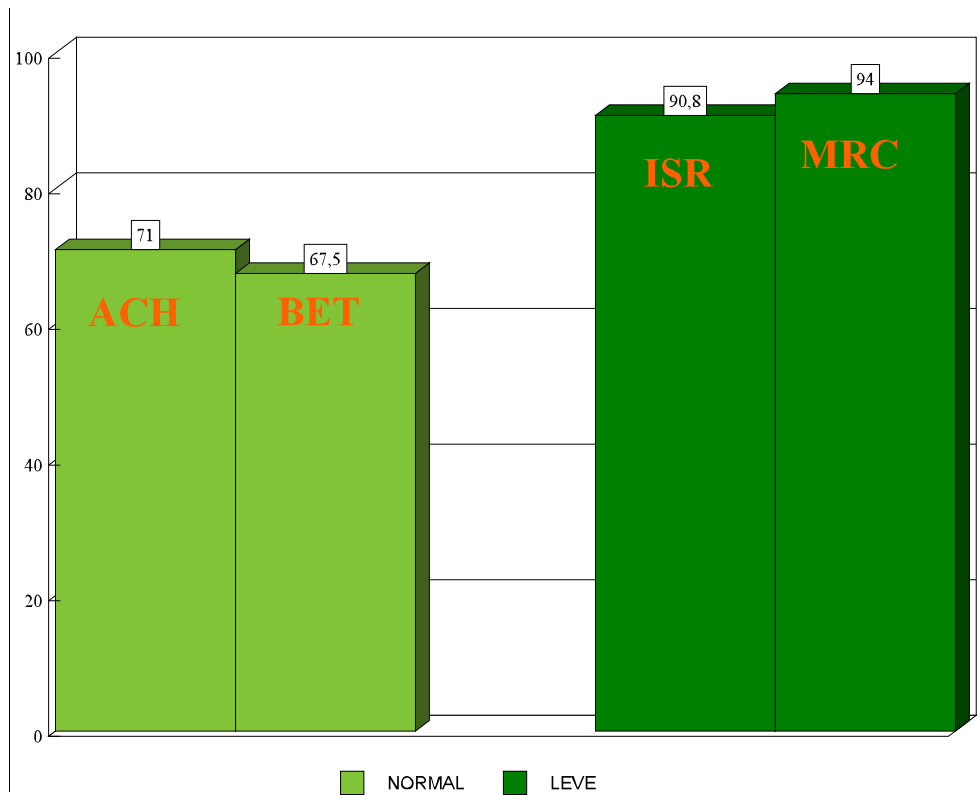


Figura 52.- Resultados en Cálculo de los pacientes con daño generalizado agrupados según el estado de la producción del lenguaje.

Como síntesis, se presenta la figura 53 en la que se recogen los resultados de todos los pacientes en el bloque Cálculo. De nuevo, aparece una gran variabilidad en los resultados del grupo de pacientes con daño principal en el hemisferio izquierdo. La razón de estas diferencias es, como hemos visto, el estado en el que se encuentra la producción del lenguaje en cada uno de ellos, de manera que los pacientes con graves alteraciones lingüísticas son los que obtienen puntuaciones más bajas. Por otra parte, se observa la ligera incidencia del daño en el hemisferio derecho sobre la ejecución en las tareas de cálculo, mientras que los resultados del grupo de daño generalizado son también heterogéneos pero la razón es más difícil de determinar precisamente porque las lesiones de estos pacientes no son focalizadas.

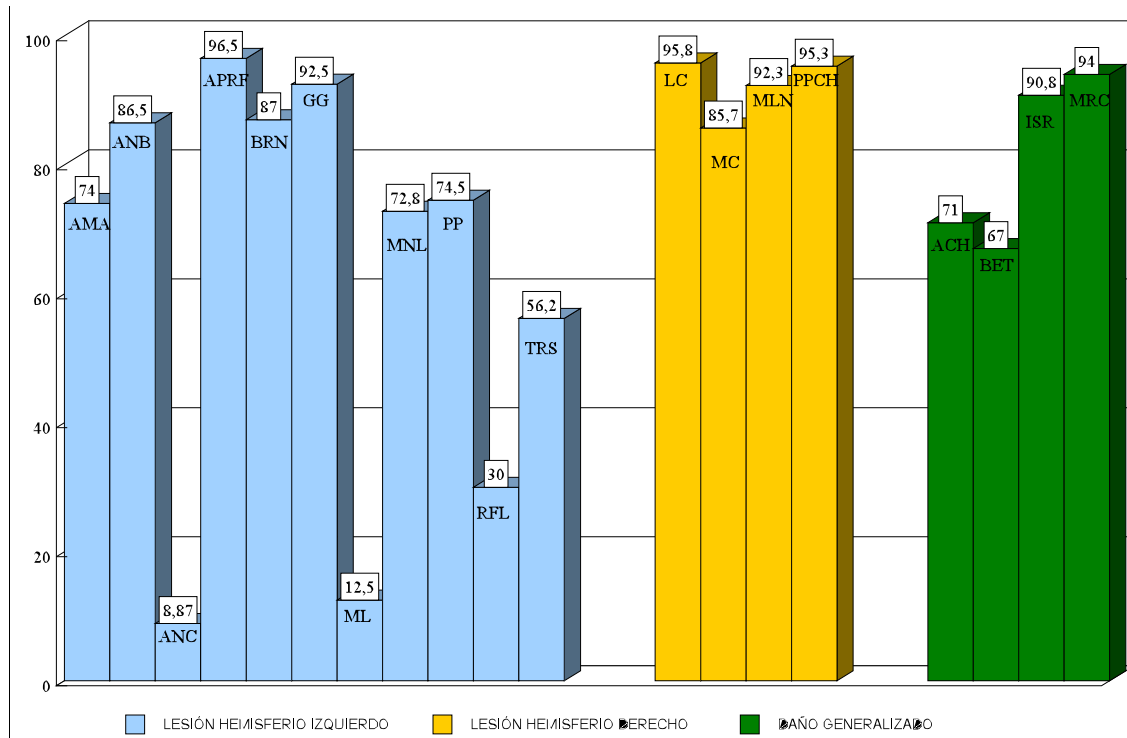


Figura 53. Resultados en Cálculo de todos los pacientes agrupados según el lugar de la lesión principal.

3.5.- CONOCIMIENTO NUMÉRICO CUALITATIVO

3.3.5.1.- Lesión principal en el hemisferio izquierdo

A continuación, se muestran en la tabla 23, los resultados de los pacientes con daño principal en el hemisferio izquierdo en las tareas de evaluación del Conocimiento Numérico Léxico.

Tabla 23.- Resultados en Conocimiento Numérico Cualitativo de Pacientes Daño principal en hemisferio izquierdo.

BLOQUE 5: CONOCIMIENTO NUMÉRICO CUALITATIVO		producción lenguaje normal		leve alteración en producción del lenguaje					grave alteración en producción del lenguaje			
		ANB	MNL	AMA	APRF	BRN	GG	TRS	ANC	ML	PP	RFL
CUESTIONES	% PD	70	83	53,5	95	45	85,5	47,5	0	62	58,5	56
	Z	1,44	0,15	2,91	-1,64	6,7	-0,14	3,42	4,46	2,23	2,5	2,71
	p	0,14	0,87	0,00	0,1	0,00	0,88	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
JUICIOS DE PARIDAD	% PD	100	100	100	100	100	100	100	----	80	100	20
	Z	min	min	min	min	min	min	min	----	1,62	min	3,88
	p	1	1	1	1	1	1	1	----	0,10	1	0,00

(----) No sabe, no contesta.

APRF, GG y MNL obtienen puntuaciones iguales al grupo control en todos los tipos de cuestiones. De manera que, conservan intacto los tres tipos de conocimiento numérico léxico que se examinan en la prueba de Cuestiones.

La paciente AMA presenta diferencias significativas con el grupo control en la tarea de Cuestiones ($z=2,91$; $p=0,00$). En el análisis por tipo de conocimiento se observa que las diferencias con el grupo control para el de tipo Fechas Famosas son significativas ($z=4,7$; $p=0,00$), por lo que este tipo de conocimiento está afectado, mientras que las diferencias no son significativas en los de tipo autobiográfico y enciclopédico, que estarían conservados. Por tanto, los datos permiten plantear la posibilidad de que los distintos tipos de conocimiento sean susceptibles de dañarse de manera independiente, es decir, que sean autónomos funcional y/o estructuralmente. En la figura 54 se ilustran, a modo de ejemplo, las amplias diferencias en las puntuaciones entre los distintos tipos de conocimiento numérico, para el caso de AMA.

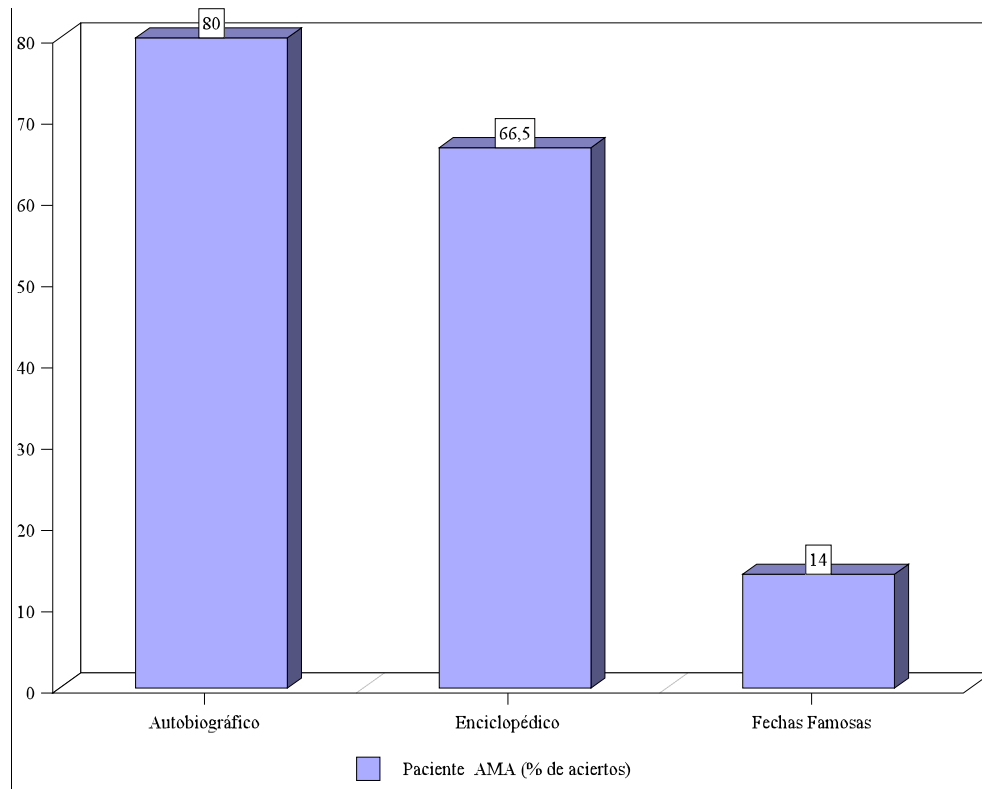


Figura 54. Ejemplo de diferencias entre distintos tipos de conocimiento numérico.

Un patrón de ejecución similar presentan ANB y PP. En la prueba de Cuestiones, las diferencias con el grupo control no son significativas, lo que permite afirmar que conservan el conocimiento numérico léxico. Sin embargo, en el análisis por tipo de conocimiento, de nuevo se observan diferencias entre ellos. En estos casos, ANB y PP, conservan intacto los conocimientos de tipo Autobiográfico y Enciclopédico, mientras que en Fechas Famosas se observan diferencias significativas con el grupo control (ANB: $z=2,71$ y $p=0,00$; PP: $z=2,98$ y $p=0,00$).

ANC, a las preguntas que se le realiza contesta que no sabe, pero no tenemos evidencia para afirmar si “no sé” significa que no lo sabe o bien que no lo sabe decir ni escribir. Como ya se ha comentado, esta paciente está diagnosticada de afasia y agrafia. En este sentido los

datos que se han podido recabar son las respuestas a dos cuestiones. Cuando se le pregunta “¿sabes cuántos días tiene una semana?” Asiente con la cabeza mientras responde “tres”, se le pide que lo señale con los dedos y extendiendo una mano indica cinco, mientras sigue diciendo en voz muy baja “tres”.

A la pregunta “¿Cuántos años tienes?” se produce la secuencia que se presenta a continuación de manera literal. Recordar que ANC tiene 47 años y de hecho es la edad que aparenta.

Examinadora: ¿Cuántos años tienes?

ANC: “Ochenta”

Examinadora: ¿Ochenta?

ANC: No, no (sonriendo).

Examinadora: A ver, ¿cuántos años tienes?

ANC: “Veinte”

Examinadora: ¿Veinte?

ANC: No, no,no sé (vuelve a sonreír).

Estos datos podrían indicar que el déficit en conocimiento numérico léxico no se localiza en los procesos de producción oral puesto que si así fuera hubiese contestado con las manos correctamente a la pregunta de los días de la semana. En cuanto a la pregunta de la edad, aunque no es concluyente respecto al origen del déficit, al menos permite descartar problemas en la comprensión oral. Al contestar “ochenta” o “veinte” parece no percatarse de su equivocación, sin embargo ante la nueva pregunta de la examinadora en la que repite lo que ella ha dicho, se da cuenta de que la respuesta que ha dado es totalmente errónea, por eso sonríe.

Los resultados en la tarea de Cuestiones de BRN, RFL y TRS ponen de manifiesto que tienen gravemente afectado el Conocimiento Numérico léxico (BRN: $z=6,7$; $p=0,00$. RFL: $z=2,71$; $p=0,00$. TRS: $z=3,42$; $p=0,00$) . De nuevo se observa la independencia entre los distintos tipos de conocimiento. En estos casos, las diferencias con el grupo control son significativas en los tipos Enciclopédico y Fechas Famosas, que por tanto, están alterados en estos pacientes, pero no son significativas en el conocimiento numérico de carácter Autobiográfico, que lo tendrían conservado (BRN: $z=0,26$; $p=0,78$. RFL $z=0,91$; $p=0,36$. TRS: $z=1,28$; $p=0,19$).

Los resultados en la tarea de Cuestiones de ML no evidencian diferencias significativas con el grupo control. Sin embargo, los resultados varían, igual que en los casos anteriores, para los distintos tipos de conocimiento numérico. En conocimiento numérico de tipo Autobiográfico las diferencias con el grupo control son significativas ($z=3,21$; $p=0,00$), lo que indica que está severamente afectado, mientras que en conocimiento numérico de tipo Enciclopédico, así como en Fechas famosas, las diferencias con el grupo control no son significativas, de manera que están preservados.

Como se observa en la tabla 23, la mayor parte de este grupo de pacientes, con daño principal en el hemisferio izquierdo, realizan a la perfección la tarea de Juicios de paridad, a excepción de la paciente ANC, que contesta que no sabe, y RFL que responde a todos los ítems pero de forma errónea, por lo que las diferencias con el grupo control son significativas ($z=3,8$; $p=0,00$), de manera que en RFL se observa una grave pérdida de las habilidades relacionadas con los aspectos cualitativos de los números.

A modo de resumen, se presentan en la figura 55 los resultados del bloque de Conocimiento Numérico Léxico de los pacientes con daño principal en el hemisferio izquierdo en función de los distintos grados de conservación de la producción del lenguaje. Como en casos anteriores se observa que los pacientes con la producción gravemente afectada son los

que obtienen puntuaciones más bajas, sin embargo la incidencia de este factor no parece determinante si tenemos en cuenta la diversidad de resultados del grupo con leves alteraciones en producción lingüística, así como los resultados del grupo con lenguaje normal, que no pueden ser considerado significativamente mejores que los de alteraciones leves.

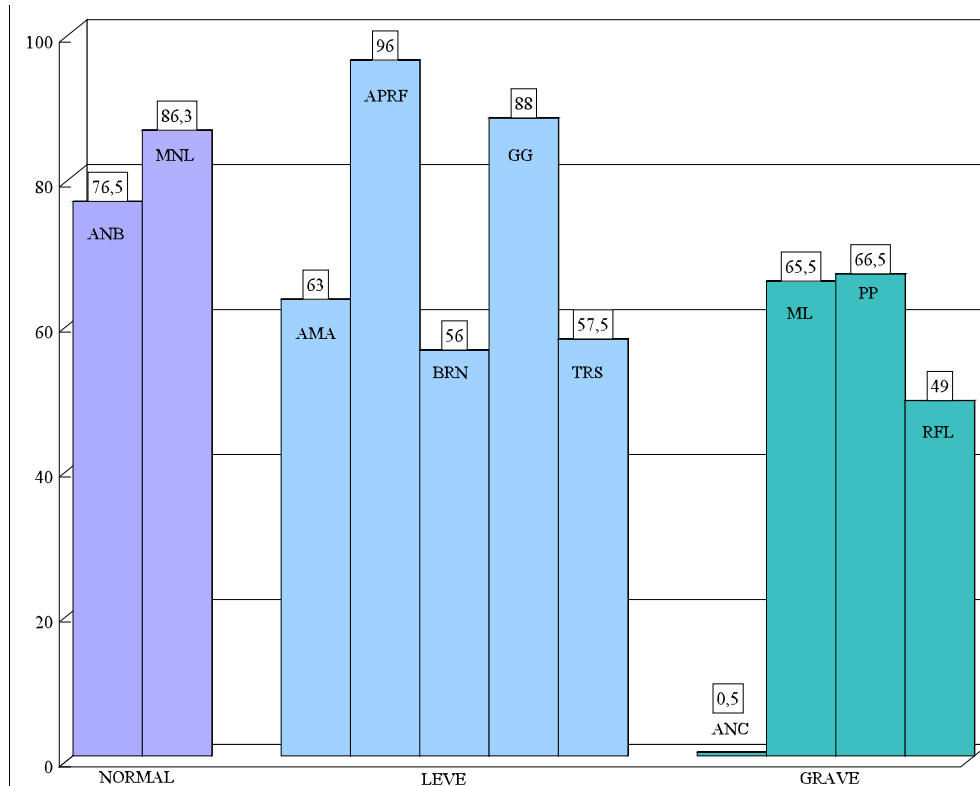


Figura 55.- Resultados de pacientes con lesión principal en el hemisferio izquierdo, en Conocimiento Numérico Léxico, agrupados en función del estado de la producción del lenguaje.

3.3.5.2.- Lesión principal en el hemisferio derecho

En la tabla 24 se presentan los resultados de los pacientes con daño principal en el hemisferio derecho en este conjunto de tareas.

Tabla 24.- Resultados en Conocimiento Numérico Cualitativo de Pacientes Daño principal en hemisferio derecho.

BLOQUE 5: CONOCIMIENTO NUMÉRICO CUALITATIVO		producción lenguaje normal		leve alteración producción lenguaje	grave alteración producción lenguaje
		LC	MLN	PPCH	MC
CUESTIONES	% PD	76,5	89,5	86	39,5
	z	0,86	-0,67	-0,18	4,01
	p	0,38	0,49	0,85	0,00
JUICIOS DE PARIDAD	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1

De los pacientes de este conjunto se distingue por una parte los casos de LC, MLN y PPCH y por otro lado el de MC. En cuanto a los primeros, en los tres se observa que las diferencias en las ejecuciones no son significativas, en todos los tipos de conocimiento examinados en la tarea de Cuestiones, así como en la tarea de Juicios de paridad. Por tanto, estos pacientes conservan intactas las habilidades relacionadas con las propiedades cualitativas de los números.

Sin embargo, en la paciente MC se observan diferencias significativas con el grupo control en la tarea de Cuestiones, lo que pone de manifiesto una severa afectación en el conocimiento numérico léxico de tipo Autobiográfico, Enciclopédico y Fechas famosas, en consonancia con las alteraciones mnésicas generales que presenta, pero hay que tener en consideración que la paciente ANB, que hemos visto anteriormente, también presenta graves alteraciones en memoria y sin embargo conserva el conocimiento numérico léxico. Además como hemos visto, MC es capaz de recordar perfectamente los datos de la tabla de multiplicar, lo que indicaría estos tipos de representaciones numéricas, las cualitativas y las cuantitativas, no son exactamente iguales, al menos en MC están disociados. Por otra parte, la paciente MC sí mantiene conservada la discriminación de la paridad, las diferencias con el grupo control en la tarea de Juicios no son significativas. En la figura 56 se presentan los resultados de este grupo de pacientes.

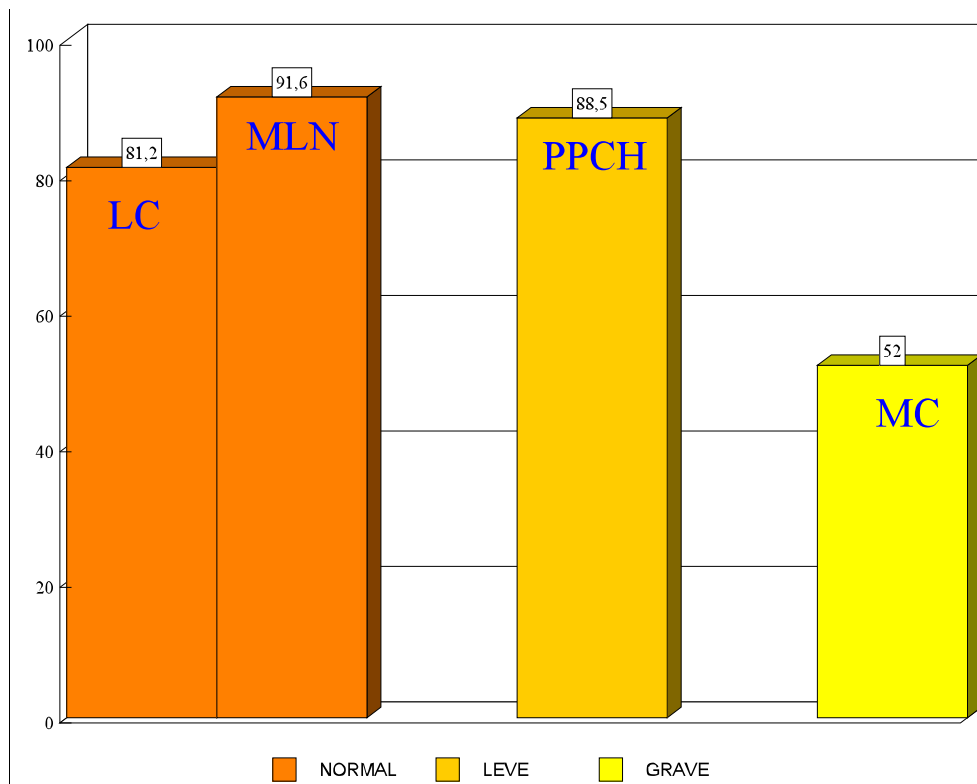


Figura 56.- Resultados de pacientes con daño principal en el hemisferio derecho, en función del estado de la producción del lenguaje.

3.3.5.3.- Daño generalizado

A continuación se presentan los resultados en Conocimiento Numérico léxico de los pacientes con daño generalizado (tabla 25).

Tabla 25.- Resultados en Comprensión Numérica de Pacientes Daño generalizado.

BLOQUE 5: CONOCIMIENTO NUMÉRICO CUALITATIVO		producción del lenguaje normal		leve alteración en producción del lenguaje	
		ACH	BET	ISR	MRC
CUESTIONES	% PD	73	54	81,5	95
	z	1,18	2,78	0,3	-1,4
	p	0,23	0,00	0,76	0,14
JUICIOS DE PARIDAD	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1

Al igual que en el grupo anterior, con los pacientes de daño generalizado se puede distinguir por una parte, los casos de ACH, ISR y MRC, y por otro lado la paciente BET. En cuanto a los primeros, las diferencias con el grupo control en todos los tipos de conocimiento no son significativas, así como en la tarea de Juicios de paridad. Por tanto, los datos permiten afirmar que estos pacientes preservan intactas las habilidades relacionadas con las características cualitativas (léxicas) de los números.

BET presenta el mismo patrón expuesto para los pacientes BRN, RFL y TRS, es decir, las diferencias en la prueba de Cuestiones respecto al grupo control son significativas ($z=2,78$; $p=0,00$), lo que indica que el conocimiento numérico léxico está alterado. Sin embargo, el análisis de cada tipo de conocimiento muestra que en el tipo Autobiográfico las diferencias no

son significativas, por lo que la paciente BET lo tiene conservado. Estos resultados vienen a confirmar la independencia entre los distintos tipos de conocimiento numérico. En la tarea Juicios de paridad la realización de BET es igual a la del grupo control.

En la figura 57 se presentan los resultados de este grupo de pacientes en el bloque de Conocimiento Numérico Cualitativo.

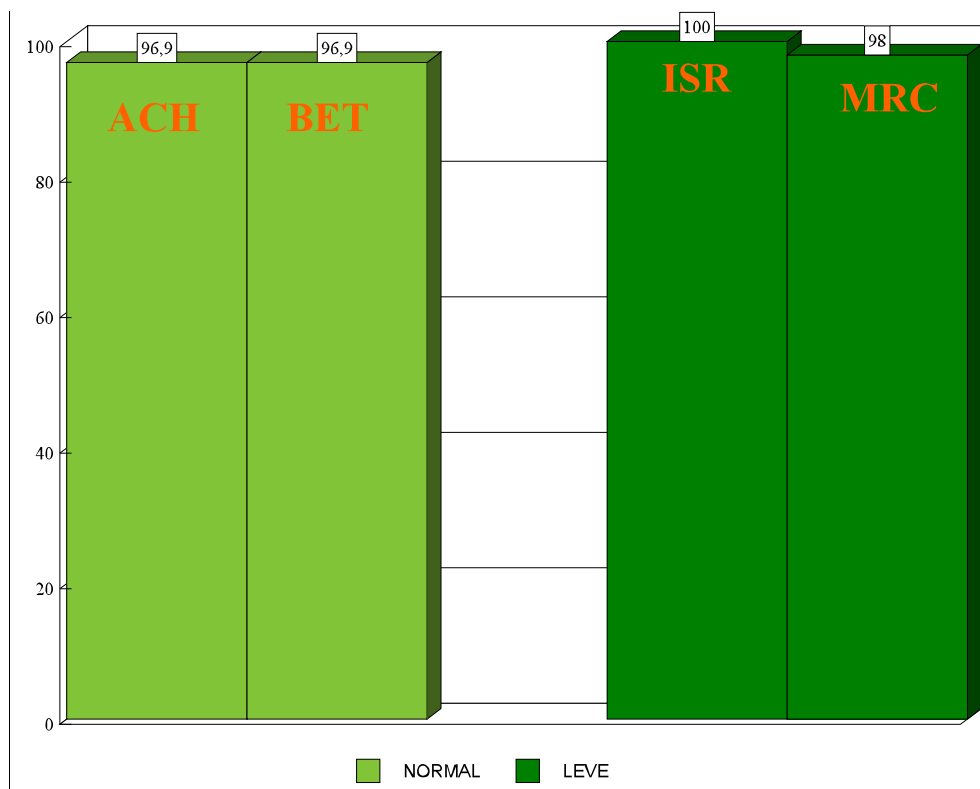


Figura 57.- Resultados en Conocimiento Numérico Cualitativo de los pacientes con daño generalizado, según la conservación de la producción del lenguaje.

Como resumen, se presentan los resultados de todos los pacientes, en la figura 58. Se observa una gran variabilidad en todos los grupos, no sólo en los lesionados en el hemisferio izquierdo, sino también en los pacientes con daño principal en el hemisferio derecho, así como en los que presentan lesiones generalizadas. Por tanto, las alteraciones en Conocimiento Numérico Léxico pueden presentarse en lesiones en ambos hemisferios.

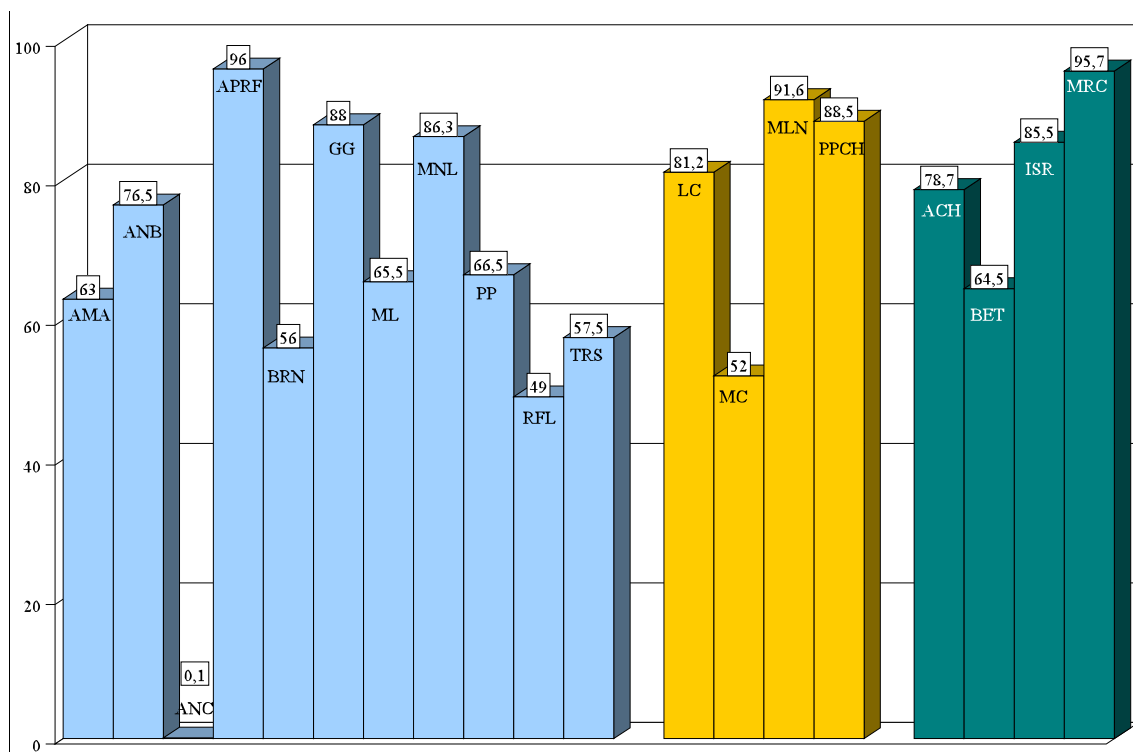


Figura 58.- Resultados de todos los pacientes, agrupados por el lugar de la lesión principal.

En la figura 59 se presentan de nuevo los resultados de todos los pacientes, en este caso, agrupados en función del estado de la producción del lenguaje: normal, alteraciones leves y alteraciones graves. En general se observa que el grupo con producción del lenguaje normal es el que obtiene mejores puntuaciones, aunque algunos pacientes con alteraciones leves en producción del lenguaje obtienen resultados mejores. Lo mismo sucede con el grupo que

presenta grave afectación en producción del lenguaje, es decir, las puntuaciones son en general las más bajas, sin embargo alguno de estos pacientes obtienen resultados iguales o mejores que otros con alteraciones lingüísticas leves. Los resultados son demasiado heterogéneos para poder determinar con exactitud el grado de incidencia del factor producción lingüística.

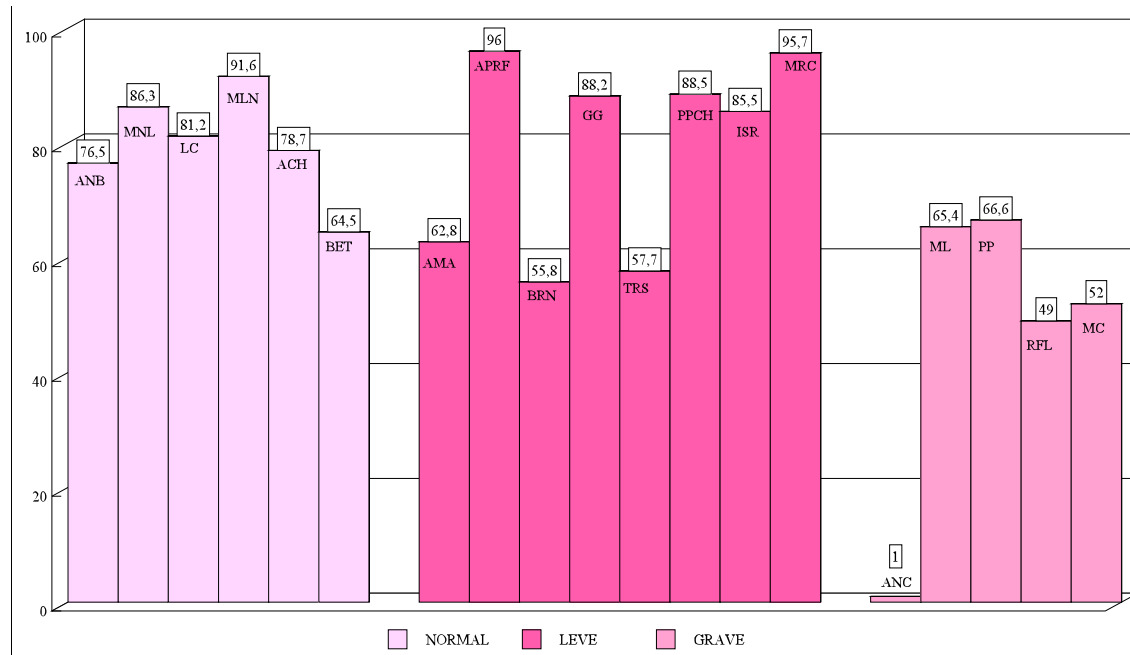


Figura 59.- Resultados de todos los pacientes en Conocimiento Numérico Léxico en función del estado de la producción del lenguaje.

3.3.6. SECUENCIA NUMÉRICA

3.3.6.1.- Lesión principal en el hemisferio izquierdo

En la tabla 26 se muestran los resultados de las pruebas del bloque Secuencia Numérica de los pacientes con lesión principal en el hemisferio izquierdo.

Tabla 26.- Resultados en Secuencia Numérica de Pacientes Daño principal en hemisferio izquierdo.

BLOQUE 6: SECUENCIA NUMÉRICA		producción del lenguaje normal		leve alteración en producción del lenguaje					grave alteración en producción del lenguaje			
		ANB	MNL	AMA	APRF	BRN	GG	TRS	ANC	ML	PP	RFL
DIRECTA	% PD	100	100	100	100	100	100	100	0	50	100	100
	z	min	min	min	min	min	min	min	6,32	3,65	min	min
	p	1	1	1	1	1	1	1	0,00	0,00	1	1
INVERSA	% PD	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0
	z	min	min	0	min	min	min	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32
	p	1	1	1	1	1	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ORDEN	% PD	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	z	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min
	p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SERIE DE PARES	% PD	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	z	min	min	0	min	min	min	min	min	min	min	min
	p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Los pacientes AMA, ANB, APRF, BRN y GG obtienen resultados iguales a los del grupo control en las cuatro pruebas que componen el bloque, por tanto, están intactas las habilidades relacionadas con la secuencia numérica.

La paciente ANC no es capaz de recitar la secuencia numérica ni de forma directa ni inversa, sin embargo, realiza correctamente, igual que el grupo control, las tareas de Orden y Serie de pares. Estos resultados permiten plantear que la paciente conserva la secuencia numérica, es decir, la línea numérica interna, y que las alteraciones en Recitación directa e inversa, sean debidas los graves déficits en producción lingüística, ya que está impedida tanto

para el lenguaje oral como el escrito. De no ser gracias a la conservación de la línea numérica mental, ANC no podría haber realizado correctamente las pruebas de Orden y Serie de pares.

Los resultados de la paciente ML en las pruebas de Secuencia numérica ponen de manifiesto que conoce el orden de la secuencia numérica (hasta 20), aunque es capaz de recitar sólo hasta 10 (de forma directa, pero no inversa). El hecho de que verbalice sólo hasta 10 posiblemente se deba a las alteraciones en producción oral, igual que hemos comentado para ANC. Esto lo confirma el que ML no presente dificultades en las tareas de Orden y Series numéricas, en la que la ejecución es igual a la del grupo control.

Los pacientes PP, RFL y TRS pueden recitar la secuencia numérica hasta 20 sin dificultad, hasta el extremo de que el paciente PP para nombrar un número de un dígito, recita la secuencia, en voz baja, desde el 1 hasta llegar al numeral que tiene que nombrar. Sin embargo, estos pacientes no pueden recitar la secuencia en orden inverso. En el caso de PP se debe a la pérdida de los automatismos verbales inversos, no sólo para los números sino todos en general. Los resultados de PP, RFL y TRS en las tareas de Orden y de Serie de pares son iguales a los del grupo control.

En resumen, como se muestra en la figura 60, parece existir una estrecha relación entre las habilidades lingüísticas y la secuencia numérica. Se observan dos excepciones: TRS y PP. Por una parte, TRS teniendo alteraciones leves en producción del lenguaje presenta puntuaciones más bajas que PP, que padece graves alteraciones en producción lingüística.

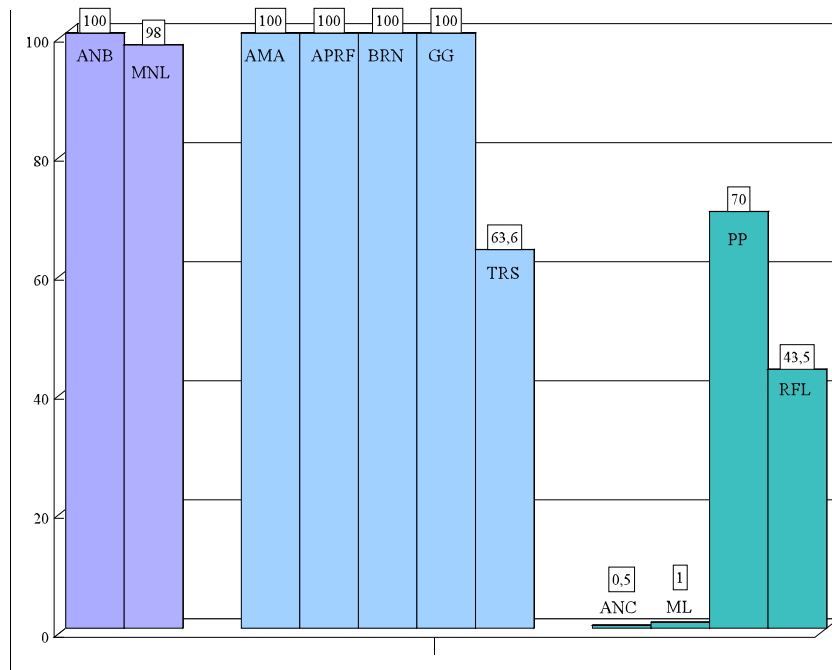


Figura 60.- Resultados del grupo de pacientes con lesión principal en el hemisferio izquierdo, clasificados en función de la conservación de la producción del lenguaje.

3.3.6.2.- Lesión principal en el hemisferio derecho

Los pacientes con daño principal en el hemisferio derecho, LC, MC, MLN y PPCH, presentan resultados iguales a los del grupo control en las cuatro pruebas que componen el bloque de Secuencia Numérica. Por tanto, todos ellos conservan intacta la capacidad para recitar de manera directa e inversa, así como el orden de los números y las habilidades relacionadas con las series de numerales, independientemente del estado de conservación de la producción del lenguaje, al contrario de lo observado en los pacientes con lesión principal en el hemisferio izquierdo. En la tabla 27 se recogen los resultados de los análisis estadísticos de las ejecuciones de estos pacientes.

Tabla 27.- Resultados en Secuencia Numérica de Pacientes Daño principal en hemisferio derecho.

BLOQUE 6: SECUENCIA NUMÉRICA		producción del lenguaje normal		leve alteración en producción lenguaje	grave alteración en producción lenguaje
		LC	MLN	PPCH	MC
DIRECTA	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1
INVERSA	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1
ORDEN	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1
SERIE DE PARES	% PD	100	100	100	100
	z	min	min	min	min
	p	1	1	1	1

Estos resultados indican que el daño derecho no incide en las habilidades relacionadas con la secuencia numérica. Ver figura 61.

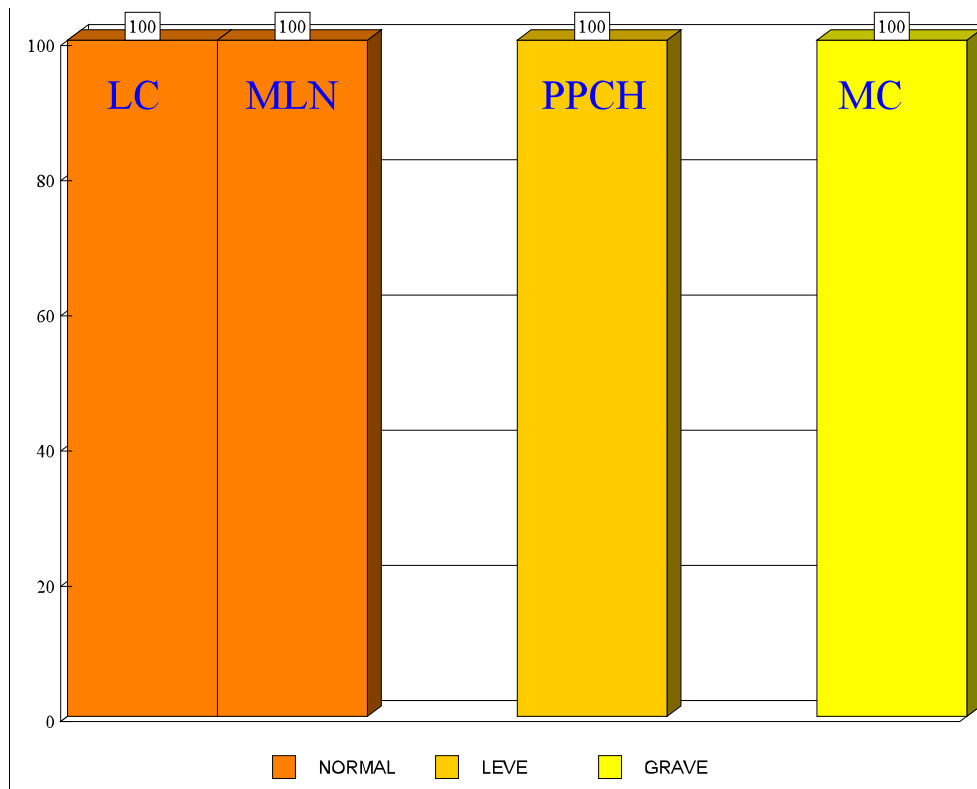


Figura 61.- Resultados en Secuencia Numérica de pacientes con daño principal en el hemisferio derecho en función de la producción del lenguaje.

3.3.6.3.- Daño generalizado

En la tabla 28 se recogen los resultados de los pacientes con daño generalizado en las tareas relacionadas con la secuencia numérica.

Tabla 28.- Resultados en Secuencia Numérica de Pacientes Daño generalizado.

BLOQUE 6: SECUENCIA NUMÉRICA		producción del lenguaje normal		leve alteración en producción del lenguaje	
		ACH	BET	ISR	MRC
DIRECTA	% PD	100	----	100	100
	z	min	----	min	min
	p	1	----	1	1
INVERSA	% PD	100	----	100	100
	z	min	----	min	min
	p	1	----	1	1
ORDEN	% PD	100	70	100	100
	z	min	2,65	min	min
	p	1	0,00	1	1
SERIE DE PARES	% PD		----		
	z	0	----	0	0
	p	1	----	1	1

(----) No sabe, no contesta.

ACH, ISR y MRC obtienen puntuaciones iguales al grupo control en las cuatro tareas que componen el bloque Secuencia numérica, por tanto estas habilidades están intactas en estos pacientes.

Por otro lado, los resultados de la paciente BET ponen de manifiesto que tiene alterada la Secuencia Numérica. No es capaz de recitarla en orden directo, tampoco en sentido inverso. En tarea de Orden, las diferencias con el grupo control son significativas a pesar de que no requiere evocar el número, sino que para realizarla correctamente sólo se necesita conservar

la secuencia de los mismos. Estos datos indican la posible pérdida del principio de orden de los números, sobre el que se sustenta la línea numérica mental, es decir, BET tendría alterada la representación mental de las cantidades. En la figura 62 se presentan estos resultados.

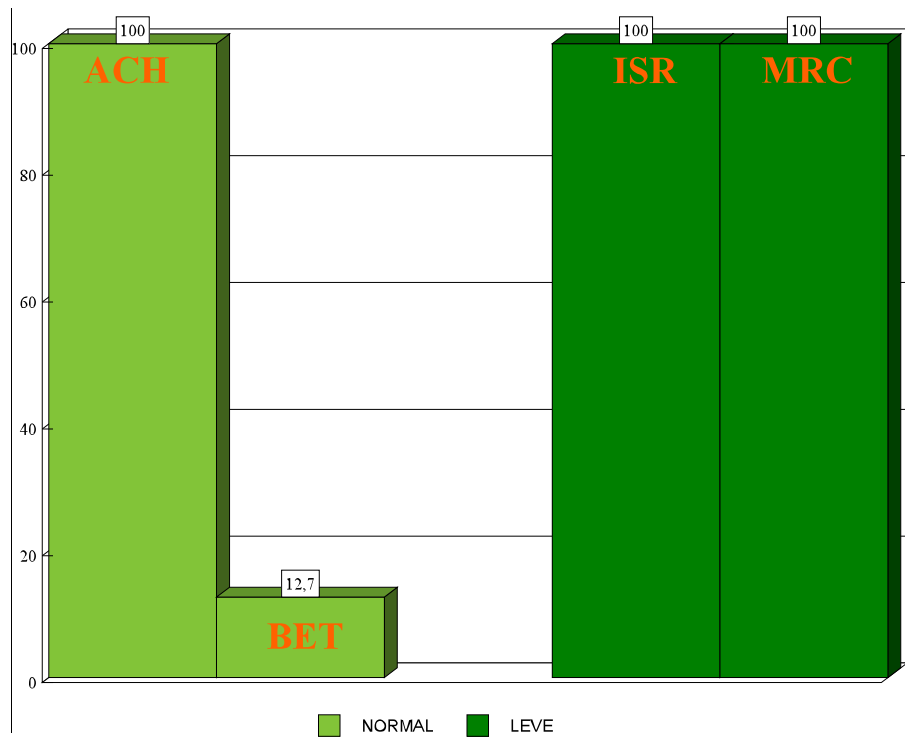


Figura 62.- Resultados en Secuencia Numérica de los pacientes con daño generalizado clasificados en función de la conservación de la producción del lenguaje.

Como resumen se presenta la figura 63, en la que se observa la heterogeneidad de los resultados de los pacientes lesionados en el hemisferio izquierdo y con daño generalizado, así como la total conservación de la Secuencia numérica en pacientes con lesión principal en el hemisferio derecho.

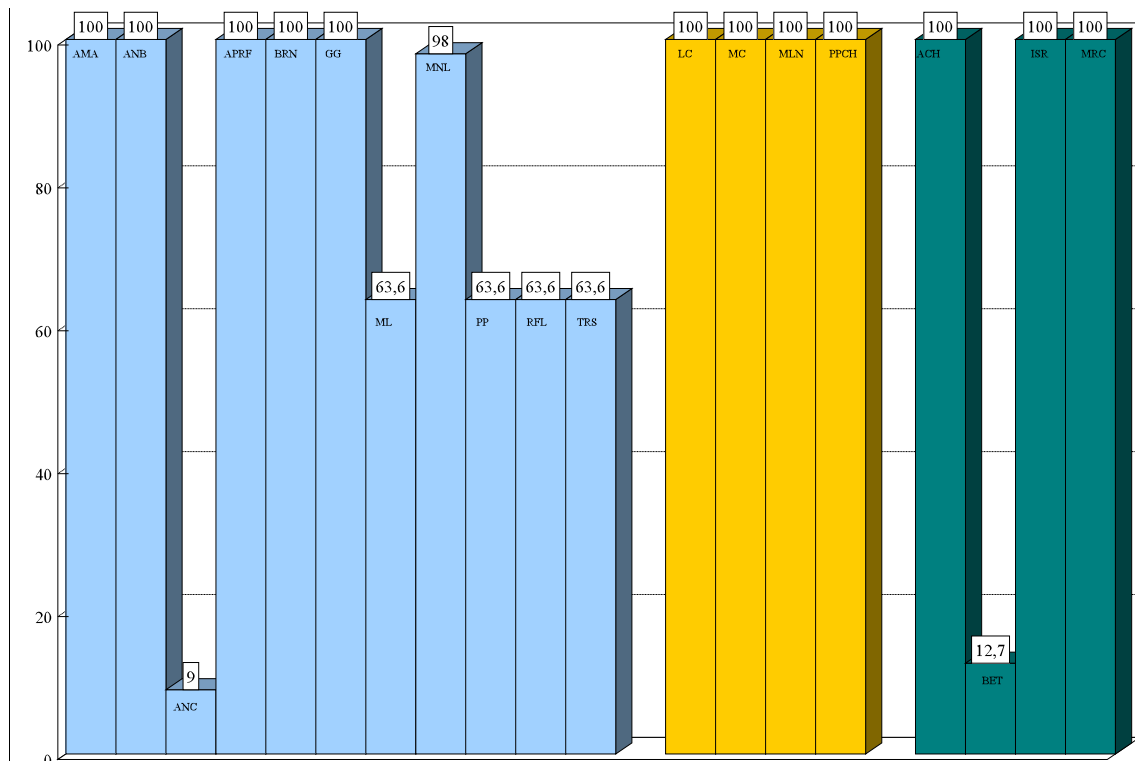


Figura 63.- Resultados de todos los pacientes agrupados de acuerdo con el lugar de la lesión principal.

3.4.- DISCUSIÓN

En este trabajo se ha examinado a los pacientes participantes el conjunto de habilidades relacionadas con el procesamiento numérico y el cálculo. En primer lugar, en el bloque 1 se evalúa la Comprensión Numérica, entendida como la capacidad cognitiva que permite la manipulación interna de las cantidades (Dehaene y Cohen, 1997). Comprender un número implica acceder a la representación mental de la magnitud, es decir, a la cantidad que representa. Esto es lo que en algunos modelos se denomina “representación abstracta interna” (Cipolotti, 1995; Cuetos y Miera, 1998; McCloskey et al., 1985) y en otros “representación analógica de la magnitud” (Cohen et al., 1994; Dehaene, 1992; Dehaene y Cohen, 1995, 1997). De acuerdo con Dehaene (1997) la comprensión de los números está estrechamente relacionada con la línea numérica mental que es en la que representaríamos las cantidades y por tanto, la que dota de significado a los números, tanto verbales como arábigos. Al igual que en la comprensión de palabras, es necesario en los números, establecer la correspondencia entre significado y el significante, que en este caso, en lugar de ser un objeto o un concepto, es una cantidad.

En el segundo bloque se examina la Recodificación Numérica, considerada como el uso lingüístico de los números, es decir, se han evaluado las habilidades implicadas en las tareas de leer, escribir y recodificar números. El conjunto de estos procesos, también se denomina Procesamiento Numérico, e incluye la comprensión y producción de los números, tanto en forma arábica como verbal.

En los bloques tercero y cuarto, se evalúa el sistema de Cálculo, es decir, los signos aritméticos básicos así como la realización de operaciones aritméticas de sumar, restar y multiplicar, en forma escrita y oral y, tanto de manera aislada como en el contexto de problemas de razonamiento numérico.

En el bloque 5 se realiza el examen del Conocimiento Numérico Cualitativo o Léxico. Este tipo de conocimiento se refiere a las propiedades cualitativas de los números, es decir, está formado por aquellos significados de los estímulos numéricos que no hacen referencia a cantidades. Por último, en el bloque 6, se evalúa la Secuencia numérica, o lo que es lo mismo, la conservación del principio de orden de los números.

Este conjunto de pruebas se ha aplicado a pacientes con daño principal en el hemisferio izquierdo, con daño principal en el hemisferio derecho y a pacientes con daño generalizado. Posteriormente, como hemos visto en el apartado de resultados, los datos obtenidos se han analizado teniendo en consideración no sólo el lugar de la lesión principal, sino también el estado de conservación de la producción del lenguaje oral, distinguiendo entre normal, con leves alteraciones y con graves alteraciones.

A continuación, se discuten los principales resultados obtenidos.

3.4.1. HIPÓTESIS I: DE LAS RELACIONES ENTRE LOS DISTINTOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE PROCESAMIENTO NUMÉRICO Y CÁLCULO

Hipótesis 1.1.- El conocimiento numérico cuantitativo es independiente de la Recodificación numérica, del Sistema de Cálculo y del Conocimiento numérico Cualitativo.

Hipótesis 1.1.A. El Conocimiento Numérico Cuantitativo, la comprensión numérica, es funcionalmente independiente del Procesamiento numérico, es decir, de la Recodificación numérica o uso lingüístico de los números: copiar, leer y escribir números arábigos y verbales, así como de las tareas que implican el cambio de un código a otro.

Como se recoge en la tabla 29, nuestros resultados ponen de manifiesto que las habilidades cognitivas implicadas en la Comprensión y Recodificación de números son funcionalmente independientes, puesto que estando alteradas unas las otras pueden estar conservadas.

Tabla 29. - Resumen de resultados.

Paciente	Tarea Comparación Numérica	Total Comprensión Numérica	Total Recodificación Numérica
ANB	conservada	alterada	conservada
ANC	conservada	alterada	alterada
ML	conservada	alterada	alterada
TRS	conservada	alterada	alterada
RFL	conservada	alterada	alterada
BRN	conservada	conservada	alterada
PP	conservada	conservada	alterada
ACH	conservada	conservada	alterada

Por una parte, nuestra paciente ANB presenta alterada la comprensión (aunque no se observa una pérdida absoluta) y sin embargo, conserva intactas las habilidades de recodificación numérica, es decir, el uso lingüístico de los números. Por el contrario, los pacientes ANC, ML, TRS y RFL presentan graves alteraciones en la recodificación numérica, y aunque también tienen alterada la comprensión numérica, son capaces de realizar correctamente la tarea de comparación numérica, por lo que se puede afirmar que conservan cierto acceso a la representación de la cantidad y pueden manipular mentalmente dos cantidades. Además, nuestros pacientes BRN, PP y ACH tienen alterada la recodificación de los números pero conservan intacta la comprensión arábica.

Así, la paciente ANB a pesar de presentar alteraciones en la comprensión numérica conserva intactos los procesos de recodificación, mientras que los pacientes BRN, PP y ACH evidencian el patrón inverso, es decir, tienen totalmente conservada la comprensión de los números pero presentan dificultades para las tareas de recodificación.

La independencia entre comprensión arábigo y procesamiento numérico está estrechamente relacionada con la doble disociación entre procesamiento arábigo y alfabético, puesto que la comprensión numérica se evalúa tradicionalmente con estímulos arábigos mientras que para conservar intacta la recodificación numérica es necesario preservar tanto el procesamiento arábigo como el alfabético, es decir la forma verbal de los números.

Esta disociación entre el procesamiento arábigo y alfabético, ha sido ampliamente documentada en la literatura en ambos sentidos. Por una parte, se han descrito casos en los que el procesamiento alfabético está dañado mientras que se conserva el procesamiento arábigo (P.e., Albert et al., 1973; Anderson et al., 1990; Barbizet et al., 1967; Bonhoeffer, 1923; Borges et al., 1999; Cipolotti et al., 1991; Gardner, 1974; Goodglass et al., 1966; Grafman et al., 1989; Hecaen, 1967; Hecaen et al., 1961; Hecaen y Kremin, 1976; Henschen, 1919, 1920; Hinshelwood, 1899). Estos casos descritos en la literatura son similares a los de nuestros pacientes BRN, PP y ACH, ya que presentan dificultades para el procesamiento de palabras, incluidas las palabras de los nombres de los números, y sin embargo, no tienen dificultades para procesar estímulos arábigos. Los resultados de nuestros pacientes ANC, ML, TRS y RFL están también en consonancia con estos trabajos anteriores a los que nos referimos, ya que están impedidos para el procesamiento de estímulos alfabéticos pero son capaces de realizar correctamente la tarea de comparación numérica, lo que indica que son capaces de acceder a la cantidad que representan los números arábigos, así como de manipular mentalmente estas representaciones para determinar cuál de dos numerales es mayor.

Por otro lado, la independencia funcional entre el procesamiento de estímulos arábigos y alfabéticos, se confirma con los casos que presentan el patrón inverso, es decir, que mantienen la capacidad para procesar material alfabético pero no arábigo. Este es el caso de nuestra paciente ANB, que conserva intacto el procesamiento de estímulos alfabéticos pero tiene alterada la comprensión de números arábigos, es decir, presenta dificultades para acceder a las representaciones de las cantidades así como para su manipulación mental a partir de estímulos arábigos. En esta línea está el caso de BAL (Cipolotti et al., 1995), que es capaz de leer letras, palabras y palabras de números pero no puede leer estímulos arábigos. Esto mismo sucede al paciente SF (Cipolotti, 1995), cuyas dificultades se localizan en el procesamiento de material arábigo, estando intacto el procesamiento de palabras. También Delazer y Girelli (1997) observan en el paciente ZA después de 3 años de tratamiento, una mejoría selectiva en el procesamiento alfabético, tanto de palabras como de no palabras y de palabras de números, pero no se observan cambios en las alteraciones del procesamiento arábigo. Resultados similares se ponen de manifiesto en el estudio del paciente HP (Mayer et al., 1999), que conserva todas las habilidades relacionadas con el procesamiento alfabético, incluso leer y escribir nombres de números, pero está impedido para procesar estímulos en forma arábigo. El paciente K (McCloskey et al., 1985) evidencia también la disociación entre procesamiento alfabético, que conserva intacto, y procesamiento arábigo, que presenta alterado.

La disociación entre Comprensión y Recodificación numérica, está íntimamente relacionada con la independencia entre Comprensión y Producción numérica, porque los procesos de recodificación de números son equivalentes a la producción numérica, oral y escrita. Es decir, afirmar que la comprensión y la recodificación son funcionalmente independientes es igual que afirmar que la comprensión y la producción numérica son independientes.

En el caso de nuestros pacientes, observamos que ANB tiene cierto grado de deterioro en los procesos de comprensión numérica pero conserva intactos los procesos de producción; por el contrario, los pacientes BRN, PP y ACH conservan intacta la comprensión numérica pero presentan alteraciones en los procesos de producción de números, es decir, en lectura, escritura, etc.

Esta doble disociación entre comprensión y producción ha sido abundantemente documentada en la literatura. Por una parte, se han descrito casos que presentan un patrón de ejecución similar al de nuestros pacientes BRN, PP y ACH, es decir, que conservan la comprensión pero presentan alteraciones en la producción numérica (ver tabla 30).

Tabla 30.- Resumen de disociaciones descritas en la literatura similares a las de nuestros pacientes BRN, PP y ACH.

comprensión intacta y producción alterada	
nuestros pacientes	BRN, PP y ACH
literatura	Singer y Low (1933) Benson y Denckla (1969) Paciente JS (Sokol y McCloskey, 1988) Paciente VO (McCloskey et al., 1985; McCloskey y Caramazza, 1987) Paciente HY (McCloskey et al., 1986) Paciente LR (Noel y Seron, 1995) Paciente SAM (Cipolotti y Butterworth, 1995) Paciente YM (Cohen y Dehaene, 1991) Paciente MAU (Dehaene y Cohen, 1991) Paciente JS (García-Orza, et al., 2003)

En 1933, Singer y Low describen el caso de un paciente capaz de comprender los números arábigos pero con importantes alteraciones en producción, por ejemplo, para escribir al dictado (McCloskey, 1992). El paciente estudiado por Benson y Denckla (1969) presenta este mismo patrón de ejecución: conserva intacta la comprensión de números arábigos así como la comprensión de estímulos numéricos presentados oralmente pero tiene graves dificultades para la producción numérica tanto oral como escrita, es decir, las alteraciones afectan tanto a la producción escrita de estímulos arábigos como a la pronunciación de los nombres de los números. Los resultados de Sokol y McCloskey (1988) con el paciente JS, evidencian también la independencia funcional entre comprensión y producción numérica, en el sentido de que JS puede realizar las tareas de comprensión pero tiene alterados los procesos de producción de números tanto en forma oral como escrita.

El caso de VO (McCloskey et al., 1985; McCloskey y Caramazza, 1987) confirma esta disociación. Este paciente realiza correctamente las tareas de comprensión numérica pero presenta un déficit selectivo para la producción de números arábigos. El paciente HY (McCloskey et al., 1986) de nuevo pone de manifiesto la disociación entre comprensión y producción numérica, ya que es capaz de realizar correctamente las tareas de comprensión numérica, pero presenta un déficit selectivo en los procesos de producción oral.

Noel y Seron (1995) describen el caso de LR, los resultados del estudio señalan que el paciente conserva la comprensión de números verbales pero presenta una alteración en la producción de números arábigos. En esta línea están los resultados del paciente SAM (Cipolotti y Butterworth, 1995), que conserva intacta la comprensión numérica, pero presenta dificultades en los procesos de producción, tanto oral como escritos.

El caso YM (Cohen y Dehaene, 1991) confirma la disociación entre comprensión y producción numérica, este paciente conserva intacta las habilidades relacionadas con la comprensión, sin embargo, presenta alteraciones en los procesos de producción. Este patrón

de ejecución es similar al del paciente NAU (Dehaene y Cohen, 1991) incapaz de leer números que sí puede comparar, es decir, conserva la comprensión numérica pero tiene alterada la producción.

El paciente JS (García-Orza et al., 2003) presenta alterado el procesamiento numérico, la lectura y escritura de números tanto en forma verbal como escrita, y sin embargo, realiza correctamente la tarea de comparación numérica. Esto confirma que las habilidades responsables de los procesos de recodificación numérica son funcionalmente independientes de la capacidad para acceder a la representación semántica del número.

Por otra parte, en la literatura también ha sido documentado el patrón inverso, es decir, casos como el de nuestra paciente ANB, que conserva intactos los procesos de producción numérica pero presenta alteraciones en la comprensión de los números. Dehaene y Cohen (1997) describen el caso del paciente MAR, que conserva intactos los procesos de producción, es capaz de leer números en voz alta y de escribirlos al dictado, y sin embargo, no consigue acceder al significado de los números que lee o escribe. Los resultados en las tareas de comprensión evidencian que está alterada.

Por tanto, nuestros resultados evidencian la independencia entre Comprensión y Recodificación numérica. Esta autonomía entre comprensión y producción está en consonancia con los postulados del modelo de McCloskey et al. (1985), pero de acuerdo con este modelo, el módulo de comprensión se “comunica” con el de producción exclusivamente a través de la representación abstracta interna, es decir, mediante el acceso a la cantidad que representa el número, o lo que es lo mismo, gracias a una ruta de procesamiento que es semántica.

Sin embargo, la evidencia empírica pone de manifiesto que es posible producir estímulos numéricos estando alterada la comprensión, como es el caso de nuestra paciente ANB y del paciente MAR (Dehaene y Cohen, 1997).

De la misma manera, se puede conservar la comprensión estando alterada la producción, como en los casos de nuestros pacientes BRN, PP y ACH, y de otros documentados en la literatura (ver tabla anterior).

Por tanto, parece que obviamente la comprensión debe ser semántica, pero la producción no tiene que serlo, podemos producir estímulos numéricos mediante rutas asemánticas. Comprender un número implica el acceso a la representación mental del mismo, a la cantidad que representa y por tanto, es un procesamiento obligatoriamente semántico. Sin embargo, las tareas de recodificación numérica (leer, escribir y pasar de una notación a otra) requieren que estén intactos los procesos de producción de números, pero no necesitan del acceso al significado del número, de manera que el acceso a la representación de la cantidad es opcional, no tiene que ser semántico, sino que también puede ser asemántico.

En este sentido, los modelos de Cipolotti y Butterworth (1995) y Cuetos y Miera (1998), figuras 15 y 16 de este trabajo, suponen una superación del modelo de McCloskey et al. (1985), figuras 5 y 6, puesto que a la ruta semántica propuesta por este último, añaden varias vías de procesamiento asemánticas que permiten procesar estímulos numéricos sin acceder al significado. Desde estos planteamientos en los que se contemplan tanto la vía semántica como las asemánticas es más sencillo explicar la independencia entre comprensión numérica y recodificación o uso lingüístico de los números. En el modelo de Cuetos y Miera (1998) los casos, como el de nuestra paciente ANB y del paciente MAR (Dehaene y Cohen, 1997) en los que se observan dificultades en los procesos de comprensión pero están conservadas las habilidades de recodificación la explicación es una alteración selectiva en la vía semántica, estando las rutas asemánticas conservadas.

Una posición intermedia es la propuesta por Brysbaert (2005), -ver figura 13-, que considera que los números verbales, escritos con palabras, pueden leerse en voz alta mediante la aplicación de las reglas de conversión grafema-fonema, por lo que es posible el

procesamiento sin necesidad de acceder a la cantidad que representa, es decir, a través de una ruta asemántica. Sin embargo, este mismo modelo (Brybaert, 2005) no plantea la posibilidad de leer en voz alta estímulos arábigos de manera asemántica. Para los números arábigos, se postulan dos vías alternativas en función de la familiaridad del número. Los números arábigos familiares tienen acceso al almacén de imágenes mentales de numerales familiares, y luego pasan al conocimiento numérico enciclopédico, que a su vez conecta con el sistema de números mayores y con la línea numérica mental, es decir, con el significado del número, a partir de ahí se pondrían en marcha los mecanismos de producción lingüística. Para los números no familiares, después del análisis visual de los rasgos, Brybaert (2005) propone que tiene lugar el análisis de cada uno de los dígitos en su posición específica, antes de pasar directamente al sistema semántico, bien al sistema de números mayores o bien, a la línea numérica, y a partir de ahí es cuando intervienen los mecanismos de producción lingüística. Por tanto, en ambos casos, sean o no familiares los números arábigos, de acuerdo con este modelo es necesario acceder a la cantidad que representan para leerlos en voz alta.

En resumen, Brybaert (2005) plantea la posibilidad de leer en voz alta un número verbal de manera asemántica, mientras que los números arábigos no es posible leerlos si no es por la vía semántica, accediendo obligatoriamente a la cantidad que representan. Otra limitación de este modelo es que sólo contempla la lectura en voz alta, y no hace referencia a otras tareas numéricas.

Por otra parte, de acuerdo con el modelo de Cuetos y Miera (1998) nuestros pacientes BRN, PP y ACH conservan intacta la vía semántica que va desde el sistema de entrada de números arábigos a la representación abstracta interna, es decir, a la cantidad, ya que realizan correctamente las tareas de comprensión numérica en las que se han utilizado, de acuerdo con la literatura, exclusivamente estímulos arábigos. BRN conserva el sistema de entrada de estímulos numéricos hablados, ya que realiza correctamente el dictado arábigo; los resultados de este paciente en tarea de recodificación verbal-arábigo, ponen de manifiesto que conserva

el sistema de entrada de números escritos. Es decir, de acuerdo con este modelo el paciente BRN conserva los tres sistemas de entrada de estímulos numéricos: arábigo, hablado y escrito. Las dificultades del paciente se localizan en la escritura en forma verbal de números, tal como evidencian las ejecuciones deficitarias en las tareas de dictado verbal y recodificación arábigo-verbal. Por tanto, la alteración de BRN se sitúa en lo que Cuetos y Miera (1998) denominan sistema de producción de números escritos, estando intactos los otros sistemas de output, lo que confirma que estos son funcionalmente independientes, ya que pueden dañarse unos conservándose otros.

La independencia entre los distintos sistemas de producción que plantean Cuetos y Miera (1998), la confirman los resultados del paciente GG, cuyo déficit se centra en la escritura de palabras, es decir, no puede escribir números utilizando palabras, en forma verbal, sin embargo, el paciente no muestra dificultades para escribir los números al dictado en notación arábica (100% aciertos). Por tanto, en GG al igual que en BRN, estarían alterados los mecanismos de producción escrita de nombres de números estando conservados los de números arábigos, así como los de pronunciación de nombres de números.

Por otro lado, el paciente BRN confirma la disociación entre los procesos léxicos y sintácticos que intervienen en la escritura de números arábigos, observada en otros pacientes como es el caso de JS (Cuetos y Miera, 1998). BRN conserva los mecanismos léxicos y mientras que las dificultades se focalizan en los procesos sintácticos. Aunque los resultados de este paciente indican que los mecanismos sintácticos implicados en la escritura de números verbales no serían cuestión de todo-nada, sino que en ellos podrían incidir otras variables como la longitud del estímulo, y posiblemente también la magnitud que representa, aunque hay que tener en cuenta que tanto longitud como magnitud correlacionan negativamente con la frecuencia de uso del número (Cuetos y Alameda, 1997).

En cuanto al paciente PP, además de conservar el sistema de entrada de números arábigos los resultados en las tareas de recodificación arábigo-verbal y verbal-arábigo, que se le aplican en las versiones adaptadas, ponen de manifiesto que el sistema de entrada de números escritos está conservado. El estado del sistema de entrada de números hablados no podemos determinarlo ya que se evalúa mediante los dictados, para los que está incapacitado el paciente. Los tres sistemas de producción que plantea el modelo de Cuetos y Miera (1998) están alterados en PP: numerales arábigos, pronunciación de nombres de números y producción de números escritos.

El paciente ACH, además de conservar el sistema de entrada de números arábigos, también preserva el sistema de entrada de números hablados, puesto que realiza los dictados correctamente, tanto en forma arábica como verbal. Sin embargo, los resultados en lectura de números verbales y en tarea de recodificación verbal-arábigo indican que ACH tiene alterado el sistema de entrada de números escritos. El déficit observado en lectura no se localiza en el sistema de salida encargado de la pronunciación de nombres de números, de ser así afectaría también a la lectura de estímulos arábigos. La alteración que presenta en la tarea de recodificación verbal-arábigo no se encuentra en el sistema de output responsable de la escritura arábica, puesto que entonces afectaría a la escrita de números arábigos al dictado. Por tanto, de acuerdo con el modelo de Cuetos y Miera (1998) el déficit de ACH está localizado en el sistema de input de nombres de números, y se refleja en las tareas de producción numérica en las que este sistema esté implicado, pero los sistemas de output de estímulos numéricos están conservados.

Por otra parte, nuestros pacientes ANC, ML, TRS y RFL, a pesar de tener la comprensión alterada son capaces de realizar la tarea de comparación numérica, por tanto, de acuerdo con Cuetos y Miera (1998) conservan la ruta directa semántica que va desde el sistema de entrada de números arábigos hasta la representación abstracta interna de la cantidad. Sin embargo, ANC y ML presentan alterada la tarea de repetición de nombres de números,

mientras que TRS y RFL no la realizan. Este modelo (Cuetos y Miera, 1998) plantea que la repetición puede realizarse mediante dos rutas, una semántica que permite acceder desde el input fonológico, es decir, desde la pronunciación del nombre del número a la representación abstracta interna del mismo y de ahí, pasar al almacén de output fonológico de nombres de números. La otra posibilidad que plantea el modelo para la repetición del nombre de un número es a través de la ruta asemántica que conecta el sistema de input fonológico con el almacén de output fonológico, sin pasar por la representación abstracta interna del número (ruta asemántica 5 en el modelo). Ambas rutas estarían dañadas en estas pacientes.

En el caso de la paciente ANC, conserva exclusivamente la ruta semántica que va desde el input arábigo a la representación abstracta interna, todas las demás, tanto semánticas como asemánticas, están dañadas. Los sistemas de output, es decir, los mecanismos de producción están alterados: la producción de números arábigos, la pronunciación de nombres de números y la escritura de nombres de números. De ahí que el uso de las rutas asemánticas sea ineficiente. La situación de la paciente ML es similar. La única diferencia respecto a ANC, es que ML es capaz de escribir números arábigos al dictado, aunque con dificultades (75% aciertos) por tanto, los mecanismos de producción de números arábigos funcionan, aunque se observan alterados.

Los paciente TRS y RFL realizan correctamente la versión adaptada de las tareas de recodificación arábigo-verbal y verbal-arábigo, lo que indica que conservan los sistemas de entrada de números arábigos y de números escritos. El estado del sistema de input para números hablados no podemos determinarlo ya que no realizan los dictados, por lo que la alteración puede localizarse tanto en este sistema de entrada como en los outputs, es decir, en la escritura arábigo y/o verbal. Sí podemos afirmar que tienen alterado el sistema de output de números hablados, es decir, la pronunciación de nombres de números, ya que no realizan las tareas de lectura estando conservados los sistema de entrada.

En resumen, para explicar la doble disociación entre Comprensión y Recodificación numérica es necesario considerar que el procesamiento de los números puede realizarse tanto a través de una vía semántica como mediante rutas asemánticas, y que una y otras son susceptibles de dañarse selectivamente (P.e., Cipolotti y Butterworth, 1995; Cuetos y Miera, 1998). De manera que las tareas que requieren de la manipulación mental de las representaciones de las cantidades, por ejemplo, la tarea de comparación numérica, se realizan exclusivamente a través de la ruta semántica, mientras que cuando no es necesario el acceso a la representación de la cantidad, por ejemplo, en lectura o escritura al dictado, la tarea puede realizarse mediante las rutas asemánticas.

Por otra parte, nuestros resultados están en consonancia con el modelo Anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995,1997), que postula que la representación de la cantidad, responsable de la Comprensión numérica, está situada en el área parietal inferior de ambos hemisferios, y es independiente de los procesos de producción de números, que se localizan en las áreas perisilvianas clásicas del lenguaje del hemisferio izquierdo. Teniendo en cuenta que en las tareas de comprensión los estímulos utilizados se han presentado en notación arábica, de acuerdo con el modelo estando conservadas las áreas occipitales (encargadas del reconocimiento visual de dígitos) y uno de los dos parietales inferiores, no se deben observar alteraciones en la comprensión numérica. Asimismo, el modelo plantea que la conservación de las habilidades de Recodificación o uso lingüístico de los números depende de las áreas cerebrales del hemisferio izquierdo responsables del lenguaje en general, y por tanto, son independientes de la comprensión numérica.

Nuestros datos confirman este supuesto. En los casos de lesión principal en el hemisferio izquierdo, la manipulación mental de las cantidades la realizaría el parietal inferior del hemisferio derecho y viceversa cuando el daño se localiza en este hemisferio. En los casos de daño generalizado ninguno de los cuatro pacientes presenta una lesión focalizada en los

lóbulos parietales, por lo que nuestros datos confirman los postulados del modelo en el sentido de que estos pacientes también conservan la comprensión numérica.

Los postulados del modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995) pueden explicar la mayor resistencia de la manipulación mental de cantidades a las lesiones cerebrales, puesto que estas habilidades estarían localizadas en ambos hemisferios. Este conjunto de habilidades, al contrario que otros, no se encuentra totalmente perdido en ninguno de los casos estudiados. En algunos pacientes, como ANB y ANC, se observa en mayor o menor medida alterada pero no hemos observado una pérdida absoluta. Ninguno de nuestros pacientes presenta diferencias significativas con el grupo control en la tarea de Comparación numérica, que tradicionalmente, de acuerdo con la literatura, es la que se considera determinante de la conservación o alteración de la manipulación mental de cantidades, ya que como se ha comentado es la que permite determinar si se puede acceder a las cantidades y manipularlas mentalmente. Este modelo también explica que la capacidad cognitiva de representar y manipular cantidades sea independiente de las habilidades lingüísticas, localizadas exclusivamente en el hemisferio izquierdo y que por tanto, el lenguaje pueda estar gravemente afectado sin que se vea alterada la comprensión de los números mientras esté conservada el área parietal derecha.

Hipótesis 1.1.B. El Conocimiento Numérico Cuantitativo, es decir, la comprensión de números arábigos, es funcionalmente independiente del Sistema de Cálculo.

En la tabla 31 se presentan los resultados de nuestros pacientes relacionados con esta hipótesis.

Tabla 31.- Resumen de resultados.

Paciente	Comprensión Numérica	Cálculo
ANB	alterada	conservado
PP	conservada	alterado
MC	conservada	alterado
ACH	conservada	alterado
BET	conservada	alterado

La paciente ANB a pesar de las dificultades que presenta en la comprensión de estímulos arábigos realiza correctamente las operaciones aritméticas de sumar, restar y multiplicar, tanto en forma oral como escrita. El paciente PP presenta el patrón inverso, es decir, conserva intacta la comprensión numérica y está impedido totalmente para realizar operaciones aritméticas en la modalidad oral, así como para sumar y multiplicar en forma escrita. En esta línea están los resultados de nuestros pacientes MC, ACH y BET, que conservan intacta la comprensión numérica y en los que se observan dificultades en la realización de operaciones aritméticas.

Los resultados de estos pacientes indican que la conservación de la comprensión numérica no garantiza la preservación del sistema de cálculo, y que estando alterada la comprensión pueden realizarse correctamente operaciones aritméticas como evidencia la paciente ANB.

Para explicar estos resultados es necesario tomar como referentes teóricos, los modelos que tienen en consideración tanto el sistema de procesamiento numérico como el cálculo, esto es, las propuestas de McCloskey et al. (1985) y el modelo Anatómico funcional de Dehaene y Cohen (1995, 1997).

El modelo de McCloskey et al. (1985) plantea que los inputs numéricos deben llegar a la representación abstracta semántica y a partir de ahí pasan al sistema de cálculo, el cual puede estar alterado de manera selectiva, estando conservada la vía que va desde el input a la representación semántica. En otras palabras, de acuerdo con este modelo la comprensión del número es un paso previo a la realización del cálculo, y por tanto, puede estar conservada esta primera fase y encontrarse el déficit después. Así se explica de forma sencilla los casos de PP, MC, ACH y BET. Estos pacientes conservarían intacta la ruta que va desde el input numérico a la representación semántica, y por tanto conservan la comprensión numérica, ya que tienen acceso significado del número, pero no pueden realizar operaciones aritméticas porque presentan alterado el sistema de cálculo. En la figura 64 se representa en rojo los procesos que estarían alterados en estos pacientes, y en azul los que estarían conservados.

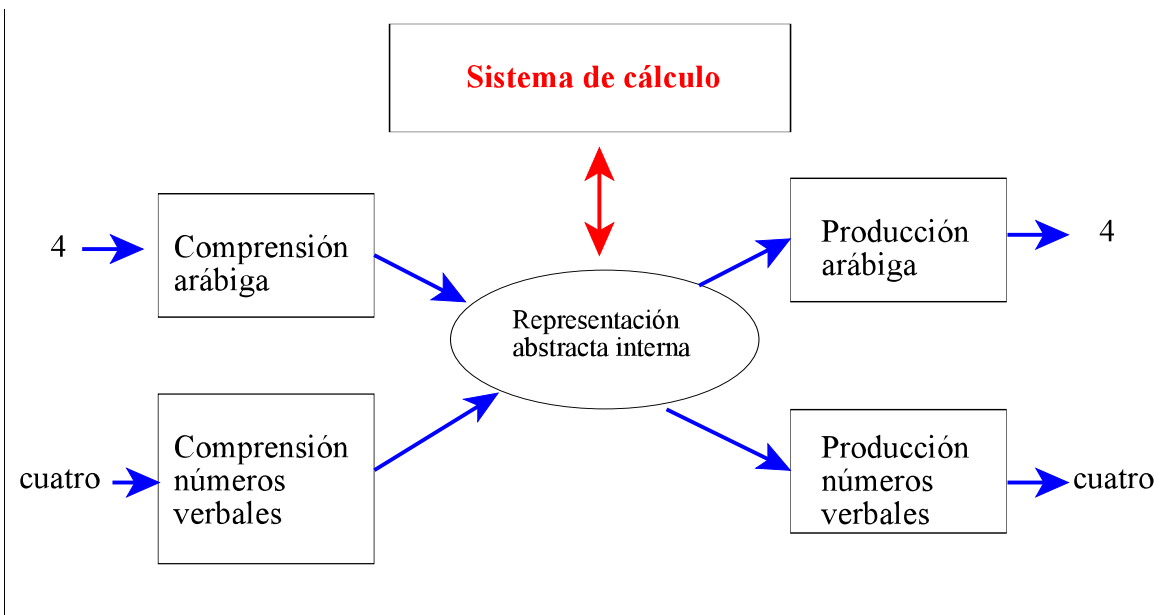


Figura 64.- Esquema del modelo de McCloskey et al. (1985), en el que se representan en rojo las alteraciones de los pacientes PP, MC, ACH y BET, y en azul, los procesos que conservan intactos.

Sin embargo, este modelo (McCloskey et al., 1985) no podría explicar el patrón de ejecución de nuestra paciente ANB, ya que postula el acceso obligatorio a la representación abstracta interna de las cantidades (alteradas en esta paciente) como requisito para la realización correcta de las operaciones aritméticas (que están intactas en ANB). Los resultados de esta paciente no están en consonancia con los postulados del modelo.

Por otra parte, el modelo Anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995, 1997) plantea que el cálculo simple requiere de la implicación de una u otra representación (visual-arábica, estructura verbal de la palabra y representación analógica de la magnitud) en función de la operación aritmética. En concreto, postula que si la operación está basada en procesos de elaboración semántica, como es el caso de la resta, entonces dependería de la representación analógica de la magnitud, mientras que la realización de sumas y multiplicaciones simples, que estarían almacenadas como rutinas verbales, dependerían de la estructura verbal de la palabra del número. Este supuesto implicaría la existencia de una estrecha relación entre la comprensión numérica y la resta, puesto que ambas dependen de la representación analógica de la magnitud, así que al estar alterada la comprensión también se observarían alteraciones en las restas. Los resultados de nuestra paciente ANB contradicen este supuesto, ya que a pesar de las alteraciones que presenta en comprensión numérica realiza correctamente las restas tanto de forma oral como escrita. Esto indica que la resta es posible realizarla sin mediación semántica, es decir, sin necesidad de acceder a la cantidad que representan los operandos.

Además, los pacientes PP, MC, ACH y BET a pesar de conservar la comprensión tienen alteradas las restas, lo que también resulta difícil de explicar para este modelo teniendo en cuenta que plantea que la resta y la comprensión numérica dependen, ambas, de la representación analógica de la magnitud.

Hipótesis 1.1.C. El Conocimiento Numérico Cuantitativo, es decir, la comprensión de números arábigos, es funcionalmente independiente del Conocimiento numérico cualitativo o léxico.

En la tabla 32 se presentan los resultados de nuestros pacientes en comprensión numérica y en el tipo de Conocimiento Numérico que presentan alterado.

Tabla 32.- Resumen de resultados.

Paciente	Comprensión Numérica	Conocimiento Numérico Cualitativo o Léxico
AMA	conservada	Fechas Famosas alteradas
BRN	conservada	Enciclopédico y Fechas Famosas alterados
BET	conservada	Enciclopédico y Fechas Famosas alterados
MC	conservada	Autobiográfico, Enciclopédico y Fechas Famosas alterados
PP	conservada	Fechas Famosas alterado
ML	alterada	Enciclopédico y Fechas Famosas conservados
RFL	alterada	Autobiográfico conservado
TRS	alterada	Autobiográfico conservado

Nuestros pacientes AMA, BRN, BET, MC y PP conservan intacta la comprensión numérica, es decir, el conocimiento numérico cuantitativo, pero presentan alterado uno o varios de los tipos de conocimiento numérico cualitativo. Por el contrario, los pacientes ML, RFL y TRS tienen alterada la comprensión numérica, pero conservan alguno de los tipos de conocimiento numérico léxico. Por tanto, los resultados evidencian que las propiedades cualitativas y cuantitativas de los números son independientes y por tanto puede dañarse selectivamente.

En la literatura se han descritos casos como los de nuestros pacientes ML, RFL y TRS, por ejemplo, el paciente MAR (Dehaene y Cohen, 1997) que no puede realizar la tarea de comparación numérica pero conserva los significados no cuantitativos de los números. Es muy ilustrativa la descripción del paciente que realiza Dehaene (1997) cuando comenta que el paciente afirma que 5 es mayor que 6, pero sin embargo el 5 evoca en él sentimientos religiosos referentes a los “cinco pilares del Islam”.

El patrón de ejecución de los pacientes AMA, BRN, BET, MC y PP, es decir, conservar intacta la comprensión y presentar alteraciones en el conocimiento numérico léxico, también ha sido descrito en trabajos anteriores, por ejemplo el paciente HBa estudiado por Guttmann en 1937, muestra severas dificultades en el conocimiento numérico léxico a pesar de conservar la representación de la magnitud (Dehaene, 1992).

Por tanto, nuestros resultados vienen a confirmar los resultados de trabajos anteriores respecto a la independencia entre el conocimiento numérico cuantitativo y cualitativo.

La mayor parte de modelos teóricos de Procesamiento Numérico y Cálculo, no recogen el conocimiento numérico no cuantitativo o léxico, aunque hay dos excepciones. Por una parte, el modelo Anatómico-funcional (Dehaene y Cohen, 1995), postula tres tipos de representaciones, dos asemánticas, la visual-arábica y la estructura verbal de la palabra y una semántica, denominada representación analógica de la magnitud, en la que estarían incluidos tanto el conocimiento numérico cuantitativo como el cualitativo. Pero este modelo no determina que tipo de relación se establece entre los distintos componentes de la representación analógica de la magnitud, que de acuerdo con la evidencia empírica es de independencia.

La otra excepción es el modelo de Brysbaert (2005), que considera que para acceder al conocimiento numérico cualitativo es necesario procesar la cantidad que representa el número si éste se presenta escrito con palabras, y obviamente si es mediante la cantidad de objetos directamente, lo que el autor denomina “display analógico”. Los números arábigos, según este modelo, podrían tener acceso directo al conocimiento enciclopédico mediante el almacén de “imágenes mentales de números familiares”, que es una vía asemántica. Esto permitiría la comprensión de números arábigos, pero para posteriormente producirlos oralmente sí que sería obligatorio el acceso a la cantidad que representan.

Como hemos señalado, la evidencia empírica pone de manifiesto que el conocimiento numérico cuantitativo y cualitativo están doblemente disociados, de manera que esta independencia, que parece ser consistente tendrá que ser considerada por modelos como el anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995) y el de Brysbaert (2005).

Hipótesis 1.2.- El Procesamiento numérico es independiente del Sistema de Cálculo y del Conocimiento Numérico Cualitativo.

Hipótesis 1.2.A. El procesamiento numérico es independiente del Sistema de cálculo.

Como se presenta en la tabla 33, en el caso de BRN se observan alteraciones en el procesamiento numérico, es decir, en el uso lingüístico de los números pero conserva las habilidades relacionadas con el sistema de cálculo. Por el contrario, las pacientes MC y BET conservan las habilidades de recodificación numérica pero presentan alterado el sistema de cálculo.

Tabla 33.- Resumen de resultados.

Paciente	Recodificación Numérica	Cálculo
BRN	alterada	conservado
MC	conservada	alterado
BET	conservada	alterado

Esta doble disociación entre procesamiento numérico y cálculo que evidencian nuestros pacientes, se recoge descrita en la literatura desde hace décadas (P.e., Cohn, 1961, Hecaen et al., 1961). Más reciente, es el caso de SAM (Cipolotti y Butterworth, 1995) que al igual que nuestro paciente BRN, presenta alteraciones en el procesamiento numérico pero conserva las habilidades responsables del cálculo. Este patrón de ejecución lo confirma el paciente JS (García-Orza et al., 2003), con graves alteraciones en procesamiento numérico, ya que tiene afectadas lectura y escritura tanto de números verbales como de arábigos, y sin embargo, conserva el cálculo.

También se han documentado casos como los de nuestros pacientes MC y BET, es decir, que conservan las habilidades necesarias para el procesamiento numérico pero con el sistema de cálculo alterado. Por ejemplo, Warrington (1982) observa que el paciente DRC, mantiene intactas la lectura y escritura de números, pero presenta un déficit en la realización de operaciones aritméticas. Borges et al. (1999) informan de un caso similar, en el que se observa alterada la ejecución en cálculo estando conservado el procesamiento numérico. Asimismo, los resultados de los pacientes MAR y BOO (Dehaene y Cohen, 1997) confirman esta disociación. El paciente MAR conserva la producción oral y escrita de números pero tiene una alteración selectiva para las operaciones aritméticas de restar y dividir. La paciente BOO conserva intacta la comprensión y producción de números arábigos, pero presenta alterada la ejecución de operaciones aritméticas, excepto la resta.

Para el modelo de McCloskey et al. (1985) estos resultados serían consecuencia de un daño en la vía que va desde la representación abstracta interna hasta el sistema de cálculo, o en el propio sistema de cálculo, (en la figura anterior, figura 64, se representan en rojo los procesos alterados).

El modelo Anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995, 1997) plantea que el procesamiento numérico, entendido como uso lingüístico de los números, depende de la representación denominada estructura verbal de la palabra del número, localizada en las áreas clásicas del lenguaje del hemisferio izquierdo. Esta misma representación, sería la responsable de realización de las sumas y multiplicaciones sencillas, pero no estaría encargada de las operaciones aritméticas que se basan en la elaboración semántica, como es el caso de la resta, según el modelo, por lo que no podría explicar los casos en los que se observan alteraciones en el procesamiento numérico y se conserva la suma y la multiplicación. La alteración del procesamiento numérico implicaría que está afectada la representación verbal de los números, o estructura verbal de la palabra del número, y esto es incompatible, para el modelo, con la ejecución correcta de sumas y multiplicaciones.

Hipótesis 1.2.B. El procesamiento numérico es independiente del Conocimiento Numérico Cualitativo.

Las pacientes AMA, ANB, MC y BET conservan las habilidades relacionadas con la recodificación numérica pero tienen alterado el conocimiento numérico cualitativo o léxico. Por el contrario, el paciente ACH presenta alterado el procesamiento numérico, o uso lingüístico de los números, pero conserva el conocimiento numérico cualitativo. Ver tabla 34.

Tabla 34.- Resumen de resultados.

Paciente	Recodificación Numérica	Conocimiento Numérico Cualitativo o Léxico
AMA	conservada	alterado
ANB	conservada	alterado
MC	conservada	alterado
BET	conservada	alterado
ACH	alterada	conservado

La relación entre procesamiento numérico y conocimiento numérico cualitativo es considerada sólo en el modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995). Esta doble disociación observada en nuestros pacientes, de acuerdo con este modelo, estaría causada por el daño selectivo de los distintos tipos de representaciones numéricas. En los casos de AMA, ANB, MC y BET estaría conservada estructura verbal de la palabra del número responsable del procesamiento numérico o uso lingüístico de los números, mientras que la representación analógica de la magnitud (que según el modelo es responsable del conocimiento numérico léxico) estaría alterada. Este modelo también puede explicar el patrón de ejecución inverso que presenta el paciente ACH. En este caso, la alteración estaría localizada en la estructura verbal de la palabra del número, mientras que la representación analógica de la magnitud estaría conservada.

Así, la independencia entre el procesamiento numérico y el conocimiento numérico léxico es coherente con los planteamientos del modelo Anatómico funcional.

Hipótesis 1.3. El Sistema de Cálculo es independiente del Conocimiento Numérico Cualitativo.

Como se presenta en la tabla 35, AMA y BRN conservan el cálculo pero presentan alterado el conocimiento numérico cualitativo, mientras que en el paciente ACH se observa el patrón inverso, es decir, tiene alteraciones en el sistema de cálculo pero conserva el conocimiento numérico cualitativo.

Tabla 35.- Resumen de resultados.

Paciente	Cálculo	Conocimiento Numérico Cualitativo o Léxico
AMA	conservado	alterado
BRN	conservado	alterado
ACH	alterado *	conservado

(*) La alteración afecta a la resta escrita y a la multiplicación oral y escrita.

De nuevo, hay que tomar como referente el modelo de Dehaene y Cohen (1995, 1997) porque es el único que tiene en consideración tanto el conocimiento numérico cualitativo como el cálculo. Así, de acuerdo con el modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995, 1997) existen dos rutas para la realización de una operación aritmética, dependiendo de que sea o no necesario el acceso semántico. Por una parte, la suma y la multiplicación pueden resolverse de manera asemántica mediante los mecanismos lingüísticos implicados en los automatismos verbales, mientras que la resta sí requiere de elaboración semántica o acceso a la cantidad. De manera que si la resolución está mediada lingüísticamente, es decir, se resuelve por la vía directa asemántica, la representación responsable es la estructura de la palabra del número, pero en el caso de que sean necesarios los procesos de elaboración semántica, tendría que intervenir la representación analógica de la magnitud, en la que según este modelo, está

incluido el conocimiento numérico cualitativo. Sin embargo, el modelo no hace referencia explícita a las relaciones entre los distintos procesos que tienen lugar en la representación analógica de la magnitud. En este sentido, nuestros datos vienen a matizar estas propuestas. Por un lado, AMA y BRN, conservan los procesos de elaboración semántica ya que son capaces de restar, pero tienen alteraciones en el conocimiento numérico cualitativo. Por otra parte, ACH tiene afectados los procesos de elaboración semántica como evidencia su incapacidad para restar, pero conserva el conocimiento numérico cualitativo.

Estos resultados permiten afirmar que dentro de la representación analógica de la magnitud, en los términos que plantea el modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995), las relaciones entre los procesos de elaboración semántica y conocimiento numérico cualitativo son de independencia, de manera que puede dañarse uno estando intacto el otro como muestran nuestros pacientes.

3.4.2.- HIPÓTESIS II: DE LOS NÚMEROS Y LA PRODUCCIÓN DEL LENGUAJE

Hipótesis 2.1.- La comprensión numérica es funcionalmente independiente de las habilidades lingüísticas.

En todos los pacientes la comprensión del lenguaje está conservada, como se comentó, esto fue considerado como uno de los criterios para la selección de los casos. Por tanto, al hacer referencia a habilidades lingüísticas estamos considerando los aspectos relacionados con la producción del lenguaje.

La paciente ANB presenta la comprensión numérica arábiga alterada, a pesar de conservar intacta la producción del lenguaje, así como TRS cuyas alteraciones en producción del lenguaje son leves, pero presenta dificultades en comprensión numérica. Por el contrario,

el paciente PP con grave afectación en la expresión del lenguaje conserva intacta la comprensión numérica. Al igual que los pacientes ANC, ML y RFL, que presentan una pérdida absoluta de los mecanismos de producción lingüística tanto oral como escrita, pero que son capaces de manipular mentalmente las cantidades que representan los números arábigos, al menos en la tarea de comparación numérica. Ver resumen en tabla 36.

Tabla 36.- Resumen de resultados.

Paciente	Tarea de Comparación Numérica	Comprensión Numérica	Estado de la Producción lingüística
ANB	conservada	alterada	normal
TRS	conservada	alterada	leve alteración
PP	conservada	conservada	grave alteración
ANC	conservada	alterada	grave alteración
ML	conservada	alterada	grave alteración
RFL	conservada	alterada	grave alteración

Estos resultados permiten afirmar que las alteraciones en producción del lenguaje como son la afasia, alexia, anomia, etc. son independientes de la comprensión de números arábigos, o lo que es lo mismo, el acceso a la cantidad que representa un número arábigo es independiente de las habilidades implicadas en la producción lingüística.

La evaluación de la comprensión numérica se ha realizado, de acuerdo con la literatura, utilizando estímulos arábigos, por tanto, la independencia observada entre comprensión arábigo y producción del lenguaje, es equivalente a la que ya se ha discutido en la hipótesis 1.1.A. en términos de independencia entre procesamiento arábigo y alfabético. La evidencia

empírica que avala esta disociación es la misma que se ha presentado anteriormente, así como la explicación teórica que proponen los distintos modelos.

Hipótesis 2.2. -El procesamiento numérico está estrechamente relacionado con las habilidades lingüísticas, es decir, las tareas de recodificación numérica dependen de los procesos lingüísticos.

Del grupo de pacientes con producción del lenguaje normal sólo ACH tiene dificultades en las tareas de recodificación numérica (16,6% de los casos). De los pacientes con alteraciones leves en producción lingüística, es decir, aquellos en los que las dificultades se localizan en la fluidez, tan sólo BRN y TRS presentan alteraciones en las habilidades de recodificación (25%). Mientras que el grupo formado por pacientes con graves alteraciones en producción del lenguaje está la mayoría afectado para la realización de las tareas de recodificación (80%). Ver tabla 37.

Tabla 37.- Resumen de resultados.

Estado de la producción del lenguaje	Recodificación numérica alterada	% de casos
Normal	ACH	16,6
Leve alteración	BRN y TRS	25
Grave alteración	ANC, ML, PP y RFL	80

Nuestros resultados ponen de manifiesto que existe una estrecha relación entre la producción del lenguaje en general y el uso lingüístico de los números, o procesamiento numérico. Estos resultados son consistentes con el modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995, 1997) que postula que las habilidades responsables del procesamiento numérico dependen de la estructura verbal de la palabra del número, que estaría localizada

exclusivamente en el hemisferio izquierdo, en las áreas perisilvianas, tradicionalmente consideradas responsables del lenguaje.

Hipótesis 2.3. -El sistema de cálculo funciona independientemente de los mecanismos lingüísticos.

En la tabla 38 se presentan de manera resumida los pacientes en los que se han observado alteraciones en el cálculo, así como el estado en que conservan las habilidades implicadas en la producción del lenguaje.

Tabla 38.- Resumen de resultados.

Paciente	Producción del lenguaje	Cálculo
ACH	normal	alterado (resta escrita y multiplicación oral y escrita)
BET	normal	alterado (suma, resta y multiplicación escritas)
TRS	leve alteración	alterado (suma, resta y multiplicación , orales y escritas)
ANC	grave alteración	alterado (suma, resta y multiplicación , orales y escritas)
ML	grave alteración	alterado (suma, resta y multiplicación , orales y escritas)
PP	grave alteración	alterado (excepto resta escrita)
RFL	grave alteración	alterado (suma, resta y multiplicación , orales y escritas)
MC	grave alteración	alterado (suma, resta y multiplicación escritas)

De los pacientes con producción del lenguaje normal, el 66,6% presenta alteraciones en el sistema de cálculo. En los pacientes con alteraciones leves en expresión del lenguaje tan solo en TRS se observa alterado el sistema de cálculo (12,5%). Y en los casos de grave afectación en la producción del lenguaje, el 100% de los pacientes presentan alterado el sistema de cálculo.

Estos resultados ponen de manifiesto que no existe una relación de dependencia entre la producción del lenguaje y la ejecución en las tareas de cálculo, puesto que en pacientes en que el lenguaje está totalmente conservado aparecen trastornos en el sistema de cálculo.

Para explicar estos resultados hay que tomar como referentes el modelo de McCloskey et al. (1985) y el anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995) por ser los únicos que intentan explicar el cálculo en el contexto del procesamiento numérico.

McCloskey et al. (1985) no hacen referencia explícitamente a la relación entre producción lingüística y cálculo, pero sus postulados permiten explicar casos como los de nuestros pacientes ACH y BET, en los que la alteración se localizaría en el propio sistema de cálculo, que puede dañarse estando intacta la comprensión y producción de estímulos numéricos, tanto arábigos como verbales. En la figura 65, se representa en rojo la posible la localización del déficit de estos pacientes.

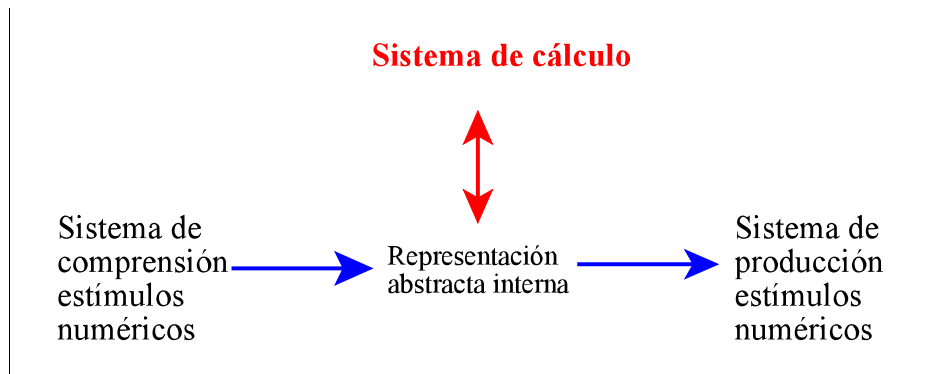


Figura 65.- Representación esquemática del modelo de McCloskey et al. (1985). En rojo se representan las posibles localizaciones de los déficits en cálculo.

Más complicado resulta explicar estos resultados desde el modelo de Dehaene y Cohen (1995, 1997). Como se ha comentado anteriormente, este modelo plantea la existencia de dos rutas para la resolución de cálculos aritméticos sencillos, el uso de una u otra vendría determinado por la operación aritmética que haya que realizar, de manera que para sumar y multiplicar, se emplearía la ruta asemántica, que está mediada lingüísticamente, mientras que para resolver operaciones de restar, basadas en procesos de elaboración semántica, sería necesario emplear la ruta indirecta, que es semántica y que por tanto, requiere del acceso a la representación analógica de la magnitud.

Aplicando los postulados del modelo la realización de sumas y multiplicaciones depende de la representación denominada estructura verbal de la palabra del número, localizada en las áreas perisilvianas del hemisferio izquierdo, las mismas que se encargan de la producción del lenguaje, por tanto los pacientes que conservan intactas las habilidades de expresión lingüística deberían conservar las sumas y multiplicaciones. Los casos de nuestros pacientes ACH y BET, contradicen esta predicción del modelo. En ACH la multiplicación está alterada tanto en forma oral como escrita, y en BET las alteraciones se observan tanto en suma como en multiplicación, escritas. Además, estos pacientes no tienen lesiones focales en las

áreas clásicas del lenguaje, ACH presenta lesión axonal difusa y BET daño frontal bilateral. Por tanto, nuestros resultados ponen de manifiesto que la conservación de las habilidades lingüísticas no es suficiente para resolver operaciones aritméticas simples de sumar y multiplicar.

3.4.3.- HIPÓTESIS III: DEL SISTEMA DE CÁLCULO

Hipótesis 3.1.- La verificación y ejecución de operaciones aritméticas son funcionalmente independientes.

La paciente ANC está totalmente impedida para la realización de operaciones aritméticas de sumar, restar y multiplicar, tanto en forma oral como escrita, pero realiza correctamente la tarea de Verificación de resultados. Similar es el caso de PP, que a excepción de la resta escrit, presenta alteraciones en el resto de tareas de cálculo pero que es capaz de realizar correctamente la tarea de Verificación. Los pacientes TRS y RFL impedidos para las distintas operaciones aritméticas, en forma oral y escrita, realizan correctamente la tarea de Verificación de resultados. Por el contrario, el paciente BRN capaz de sumar, restar y multiplicar en forma escrita y oral, presenta severas dificultades en la tarea de Verificación, aunque esta dificultad afecta sólo a las restas. En la tabla 39 se presenta un esquema resumen.

Tabla 39.- Resumen de resultados.

Paciente	Verificación de resultados	Ejecución de operaciones aritméticas
ANC	conservada	alterada
PP	conservada	alterada (excepto resta escrita)
TRS	conservada	alterada
RFL	conservada	alterada
BRN	alterada	conservada

En la literatura se describe el caso del paciente RG (Dagenbach y McCloskey, 1992), que realiza correctamente la verificación de sumas, restas y multiplicaciones, pero en producción de cálculos presenta conservada la resta estando alteradas las sumas y multiplicaciones. Es decir, en RG se observa una disociación entre la verificación y la ejecución de operaciones aritméticas por lo que confirma los resultados de nuestros pacientes ANC, PP, TRS y RFL. La doble disociación se completa con el caso de BRN, que presenta el patrón inverso: conserva la ejecución de las operaciones pero tiene dificultades en la tarea de verificación de resultados.

Desde los planteamientos teóricos estos resultados no son sencillos de explicar. El sistema de cálculo, según postula el modelo de McCloskey et al. (1985), está compuesto por tres elementos susceptibles de dañarse selectivamente: signos aritméticos, procedimientos de ejecución y recuperación de datos. De manera que una alteración que afectara exclusivamente a la recuperación de los datos podría explicar los casos en los que se conserva la verificación estando alterada la realización de cálculos, puesto que el déficit se localizaría en el acceso al dato aritmético. Sin embargo, el modelo no puede explicar el patrón inverso como es el caso de nuestro paciente BRN, que conserva la realización de las operaciones aritméticas, y por tanto, no tiene alterados los procesos de recuperación de datos, pero presenta afectada la verificación de las operaciones.

Desde el modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995), los casos en los que está afectada la ejecución pero se conserva la verificación, se explicarían por una alteración en el almacén de datos aritméticos, situado en los ganglios basales izquierdos y en el tálamo, que es el encargado de enviar la información numérica al sistema verbal.

Hipótesis 3.2.- Cálculo oral y escrito son funcionalmente independientes.

Varios de nuestros pacientes presentan alteraciones en operaciones aritméticas escritas estando conservadas en forma oral, o viceversa.

De forma resumida, nuestros pacientes ponen de manifiesto las siguientes disociaciones entre forma oral y escrita de sumas, restas y multiplicaciones:

- ✓ El paciente MNL conserva la suma y multiplicación escrita, pero es incapaz de realizarlas de forma oral.
- ✓ El paciente PP es incapaz de realizar restas en forma oral y sin embargo conserva la resta en forma escrita.
- ✓ La paciente MC, presenta dificultades en el cálculo escrito, especialmente en los procedimientos de ejecución como se verá más adelante, pero conserva intacto el cálculo oral tanto en suma, resta como multiplicación.
- ✓ El paciente ISR presenta alterada la multiplicación escrita, habiéndose descartado que el déficit esté relacionado con los procedimientos de ejecución, pero conserva intacta la multiplicación oral.
- ✓ ACH tiene alterada la resta escrita y sin embargo, conserva la resta oral.
- ✓ BET tiene alteradas la suma, resta y multiplicación escrita y sin embargo las conserva en forma oral. En la tabla 40 se recogen estos resultados de manera esquemática.

Tabla 40.- Resumen de resultados.

Paciente	suma		resta		multiplicación	
	escrita	oral	escrita	oral	escrita	oral
MNL	conservada	alterada			conservada	alterada
PP			conservada	alterada		
MC	alterada	conservada	alterada	conservada	alterada	conservada
ISR					alterada	conservada
ACH			alterada	conservada		
BET	alterada	conservada	alterada	conservada	alterada	conservada

En la literatura se han descrito casos similares, en los que se ha observado la independencia entre cálculo oral y escrito. McNeil y Warrigton (1994) estudian el caso del paciente HAR, que conserva intactas las sumas, restas y multiplicaciones en forma oral, mientras que en forma escrita presenta alteradas las sumas y multiplicaciones. Cohen y Dehaene (1995; Dehaene y Cohen, 1995) observan en dos pacientes aléxicos la realización correcta de sumas en forma oral y alterada en forma escrita, lo que para el modelo anatómico funcional se debe, al menos para estos pacientes, a un impedimento en la forma visual del número del hemisferio izquierdo, que es la que debe enviar la información al sistema lingüístico. Aunque se conserve intacta la forma visual del número del hemisferio derecho, ésta debe comunicar con la del hemisferio izquierdo, que es la responsable de enviarlo al sistema verbal estando alterada en estos pacientes. En la figura 66 aparece en rojo la representación que estaría alterada en los casos en que se conserva el cálculo oral intacto estando alterado el escrito, lo que sucede a nuestras pacientes MC y BET. De acuerdo con el modelo, el patrón inverso, es decir, los casos en los que se conserva el cálculo escrito estando afectado el oral se explicaría por una alteración en el sistema verbal (representado en azul en la figura 66).

En resumen, para el modelo anatómico funcional la conservación del cálculo oral estando afectado el escrito se debería a una alteración en la forma visual del número del hemisferio izquierdo, que es la que transmitiría la información al sistema verbal, mientras que el patrón inverso, la afectación del cálculo oral estando conservado el escrito, se debería a una alteración en el propio sistema verbal. El gran inconveniente que presenta este modelo es que no permite explicar aquellos casos en los que se observa una afectación selectiva de una determinada operación aritmética. Por ejemplo, MNL que presenta afectadas las sumas y multiplicaciones orales; PP, que es incapaz de sumar y multiplicar en forma escrita pero sí de restar; ISR cuya afectación se observa sólo en la multiplicación escrita; y ACH, que presenta alterada la resta escrita.

El modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995, 1997), postula la existencia de una única representación de la forma verbal del número en el hemisferio izquierdo, que en el caso de estar afectada lo estaría con independencia de la operación aritmética, se observarían alteradas sumas, restas y multiplicaciones. Y el mismo argumento se puede utilizar para los casos en los que el modelo explica las alteraciones en cálculo oral como consecuencia de un daño en el sistema verbal. Si este sistema está alterado afectará de la misma manera a las distintas operaciones aritméticas: suma, resta y multiplicación.

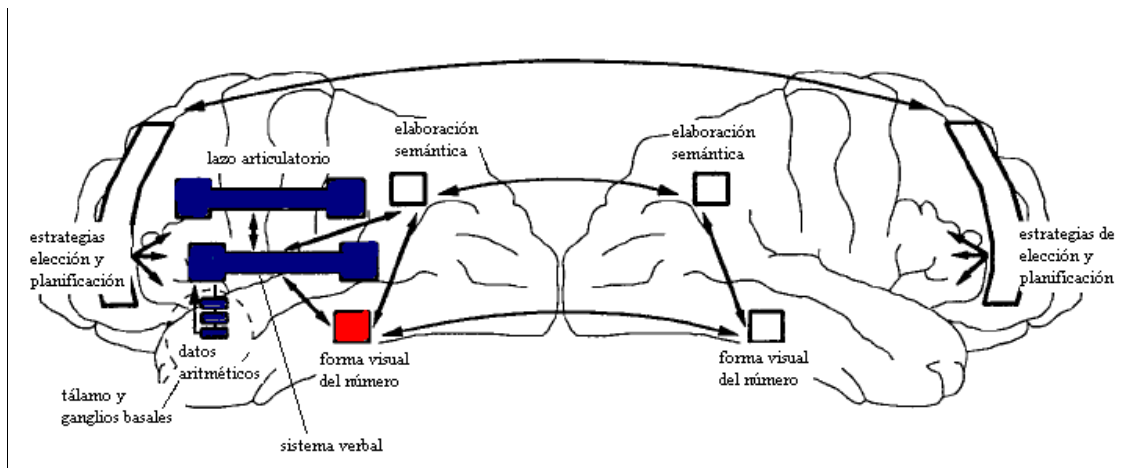


Figura 66.- Esquema del modelo de Dehaene y Cohen (1997); en rojo se presenta la localización de las alteraciones en cálculo escrito y en azul la localización de trastornos en cálculo oral.

El modelo de McCloskey et al. (1985) podría explicar la independencia entre cálculo oral y escrito, ya que postula que el sistema de entrada de estímulos arábigos es independiente del de estímulos numéricos verbales. En caso de conservarse el cálculo escrito y estar alterado el oral, se podría afirmar que el sistema de entrada de números verbales estaría afectado, por lo que estos inputs no tendrían acceso a la representación abstracta interna y no podrían llegar al sistema de cálculo (este supuesto se representa en la figura 67 en rojo). El patrón inverso, es decir, cuando se conserva el cálculo escrito y está afectado el oral, se explicaría desde este modelo como consecuencia de una alteración selectiva en el sistema de comprensión de números verbales, estando intacta la comprensión de números arábigos (representado en azul en la figura 67). En cuanto a las alteraciones selectivas entre unas operaciones y otras, como veremos en el siguiente punto, el modelo plantea que cada operación aritmética dispone de su propia representación, por lo que puede estar afectada una estando intactas las otras.

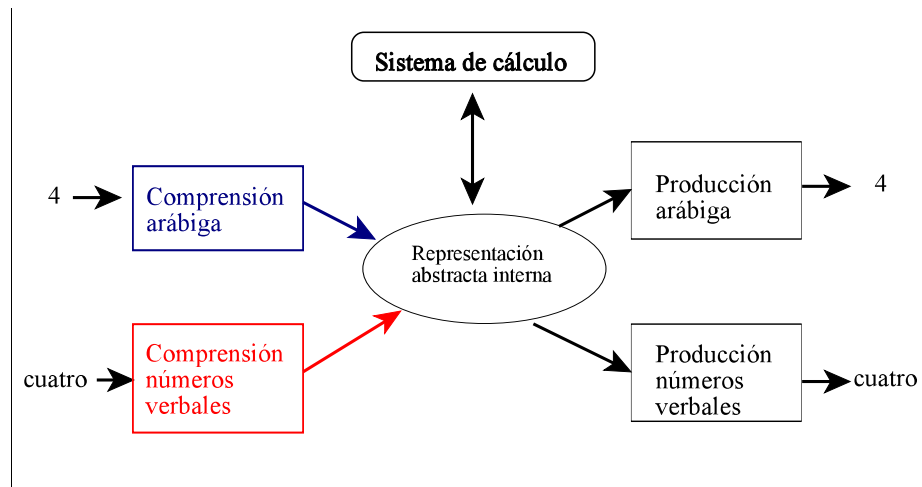


Figura 67.- Se representa en azul, el origen de alteraciones en cálculo escrito, y en rojo el origen de alteraciones en cálculo oral de acuerdo con el modelo de McCloskey et al. (1985).

Hipótesis 3.3.- Las distintas operaciones aritméticas de sumar, restar y multiplicar son funcionalmente independientes.

Los resultados evidencian que las distintas operaciones aritméticas son independientes: puede dañarse una o varias dejando intactas las otras. En la tabla 41 se presentan los resultados de aquellos pacientes con alteración selectiva en una o varias de las operaciones aritméticas.

Tabla 41.- Resumen de resultados.

	Paciente	Suma	Resta	Multiplicación
cálculo escrito	MNL	conservada	alterada	conservada
	PP	alterada	conservada	alterada
	ISR	conservada	conservada	alterada
	ACH	conservada	alterada	alterada
cálculo oral	ACH	conservada	conservada	alterada

En cuanto al cálculo escrito, el paciente MNL conserva la suma y multiplicación pero presenta una alteración selectiva para las operaciones de restar, al contrario que PP, que tiene alteradas la suma y multiplicación pero conserva la resta. Por otra parte, el paciente ISR conserva la suma y la resta pero tiene alterada la multiplicación. Por último, el caso de ACH, que conserva la suma y presenta alteraciones en resta y multiplicación. En cálculo oral, tan solo se ha observado una disociación entre las operaciones, es el caso del paciente ACH, que conserva las operaciones de sumar y restar pero tiene alterada la multiplicación.

El caso de nuestro paciente PP es similar al de RG (Dagenbach y McCloskey, 1992), en ambos se observa una preservación de la resta estando afectada suma y multiplicación. Este mismo patrón de resultados se observa en el caso del paciente HAR (McNeil y Warrington, 1994). El patrón inverso, es decir, la alteración selectiva de la resta, estando conservada la suma y multiplicación que se observa en nuestro paciente MNL, es igual al del paciente MAR (Dehaene y Cohen, 1997) que muestra peores resultados en restas que en sumas y multiplicaciones incluso cuando los operandos son de mayor longitud. Asimismo, en el paciente DT (Van Harskamp y Cipolotti, 2001) se observa la alteración selectiva de la resta con preservación de otras operaciones aritméticas.

Casos como el nuestro paciente ISR, en el que se observa una alteración exclusiva para la multiplicación han sido ampliamente documentados en la literatura (P.e., McCloskey et al., 1985; McCloskey et al., 1991; Delazer et al., 1994). Más reciente es el caso de VP (Van Harskamp y Cipolotti, 2001), cuya afectación se limita a las multiplicaciones simples, igual que sucede a nuestro paciente.

Para McCloskey (P.e., Dagenbach y McCloskey, 1992) cada operación aritmética dispone de su propia representación, por lo que pueden dañarse de forma selectiva.

El modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995, 1997), explica las disociaciones entre las distintas operaciones como consecuencia de impedimentos en distintos tipos de procesamiento, que son responsables de las diferentes operaciones. El modelo distingue dos rutas para la resolución de operaciones aritméticas simples. Por una parte, la ruta directa asemántica, que no tiene acceso al significado de los números que manipula. Esta vía permite solucionar cálculos aprendidos como rutinas verbales, como las sumas y multiplicaciones simples, sin necesidad de acceder a la representación analógica de la magnitud, es decir, se resuelve mediante un procesamiento memorístico, como ilustra el popular chiste de la tabla del 5. La otra forma de resolver los cálculos sencillos, de acuerdo con el modelo, es mediante la ruta semántica indirecta, es decir, accediendo a la representación analógica de la magnitud, por lo que supone la manipulación semántica de las cantidades que representan los números. Esta vía se encarga de restas y divisiones, así como de cálculos complejos.

Hipótesis 3.4.- El Cálculo contextualizado y aislado son funcionalmente independientes.

Los resultados que hemos obtenido en nuestros pacientes ponen de manifiesto que las ejecuciones de operaciones aritméticas en el contexto de un problema de razonamiento numérico, es independiente de la realización de tareas aritméticas de forma aislada o en abstracto, es decir, sin hacer referencia a objetos tangibles. En la tabla 42 se presentan los resultados de nuestros pacientes en los que se muestran estas diferencias.

Tabla 42.- Resumen de resultados.

Paciente	Cálculo Aislado		Cálculo Contextualizado (oral)
	oral	escrito	
ANB	conservado	conservado	alterado
MNL	alterado	conservado (suma y multiplicación)	alterado
PP	alterado	alterado (suma y multiplicación)	conservado
ML	alterado	alterado	conservado (tipo a+b)
TRS	alterado	alterado	conservado (4 de los 6 tipos: a+b, a-b, a+b+c y a-b-c)

Nuestra paciente ANB realiza correctamente las operaciones aritméticas de suma, resta y multiplicación tanto en forma oral como escrita, pero no es capaz resolver un problema de razonamiento numérico sencillo, por ejemplo, “un libro vale 5 €, ¿cuánto valen 4 libros?”, pero en tarea de cálculo oral, no presenta dificultad para responder ¿cuánto es $5*4$?, y en tareas de cálculo escrito, realiza correctamente este tipo de multiplicaciones, e incluso otras más complejas, por ejemplo, $73*5$, en la que hay que multiplicar 2 dígitos por un dígito y ejecutar el procedimiento de llevarse.

Una posible explicación a este resultado es que el razonamiento numérico implica en primer lugar “pensar” con números y luego, por último, calcular, es decir, operar con esos números, pero requiere previamente de un procesamiento de información complejo, en el que se incluye la decisión de la operación que es necesaria para resolver el problema.

De acuerdo con Miranda y Gil-Llario (2001) son varias las fases del proceso de resolución de un problema, entre las que se incluye la elección de una estrategia y de la operación aritmética que permita llegar al resultado partiendo de los datos disponibles. Para desarrollar correctamente estas etapas son necesarios mecanismos de planificación cognitiva, que en este caso la paciente ANB tiene alterados.

En otras palabras, el cálculo en un problema de razonamiento sencillo (por ejemplo, del tipo $a*b$) es el último paso del proceso. ANB es capaz de realizar el cálculo, puesto que si se le pregunta fuera de contexto cuál es el resultado de $a*b$ responde correctamente, pero cuando se le plantea en el contexto de una situación cotidiana, en un problema, no es capaz de resolverlo porque no puede llegar a esta última fase, las dificultades son previas, se localizan en los procesos de planificación y se deben posiblemente a la disfunción ejecutiva que presenta, como consecuencia del daño frontal. Estos resultados no pueden explicarse por déficits en la comprensión lingüística, ya que la paciente comprende sin dificultad el lenguaje oral en general, y en concreto comprende perfectamente los enunciados de los problemas que se le presentan oralmente, pero afirma que a pesar de comprender lo que se le está preguntando no puede responder (“no puedo, no sé, sé lo quiere decir pero no sé, no puedo, no puedo....”). Por tanto, la alteración tiene lugar en el proceso de “pensar con números”. De ahí que la explicación más plausible es la alteración en las funciones ejecutivas de la paciente causadas por el daño frontal, como acabamos de comentar. Esto mismo sucede a veces, a los niños pequeños cuando se les presenta un problema en el que aparecen 2 operandos, y preguntan ¿qué hay que hacer? ¿sumar o restar?, es decir, no saben cuál es la operación que hay que realizar, pero una si se les dice, ejecutan el cálculo sin dificultad. Es lo que sucede a ANB y que confirma que el cálculo es sólo un paso del proceso de razonamiento numérico. Sin embargo, esta dificultad de planificación de la paciente no se puede considerar genérica, es decir, ANB conserva las funciones ejecutivas necesarias para desenvolverse en la vida cotidiana, es capaz de realizar de forma autónoma actividades como vestirse, así como decidir qué es lo que le apetece hacer en un momento determinado.

En esta línea están los resultados de MNL, aunque las dificultades en Razonamiento numérico son más grave, siendo las diferencias con el grupo control significativas excepto en los problemas de tipo $a+b$. Es decir, el paciente no realiza los problemas de razonamiento numérico de los tipos $a-b$, $a+b+c$, $a-b-c$, $a+(a+b)$ y $a*b$. La explicación a este déficit es la misma que para ANB, es decir, la disfunción ejecutiva le incapacita para realizar los procesos de planificación necesarios para resolver un problema. Y al igual que ANB, a pesar de los déficits ejecutivos, MNL conserva las habilidades necesarias para las actividades de la vida cotidiana, de hecho vive solo, bajo la supervisión esporádica de un familiar.

Por otro lado, en la paciente ML se observa que el Cálculo está gravemente afectado. En todas las pruebas y subpruebas las diferencias con el grupo control son significativas, excepto en el razonamiento numérico para el caso de la suma de dos dígitos, el tipo $a+b$. A pesar de que la paciente se muestra incapaz de sumar dos dígitos en tareas de cálculo, tanto oral como escrito, los resultados observados cuando los dígitos se le presentan en el contexto de un problema, haciendo referencia a situaciones de la vida cotidiana, y no en abstracto, la ejecución de la paciente es igual a la del grupo control, por tanto se puede decir, que al hacer referencia a objetos tangibles se facilita la realización del cálculo. Este patrón de ejecución es igual al de los pacientes PP y TRS que veremos a continuación. Sin embargo, es inverso al de la paciente ANB comentado anteriormente, que realiza las operaciones de manera aislada, es decir, en abstracto, pero no en el contexto de un problema de razonamiento numérico.

PP está gravemente afectado en todas las habilidades relacionadas con el cálculo, excepto en la resta escrita y en Razonamiento numérico. A pesar de estar impedido para la realización de operaciones aritméticas de sumar, restar y multiplicar, tanto en forma oral como escrita, a excepción de la resta escrita, el paciente realiza sin dificultad la tarea de Razonamiento numérico, en la que los resultados que presentan son superiores a la media del grupo control (100 y 96,6 % de aciertos, respectivamente).

Es decir, no puede realizar cálculos aritméticos si éstos se le presentan de manera aislada, pero si se le presentan contextualizados, haciendo referencia a objetos concretos PP no presenta dificultades en la ejecución.

Este es el mismo patrón que presenta ML, comentado anteriormente, que realiza las operaciones en contextos específicos pero no de forma aislada o abstracta. Aunque en esta paciente el razonamiento numérico no está totalmente preservado como sucede en el caso de PP, sólo conserva los problemas del tipo $a+b$, pero hay que tener cuenta que ML no suma dos dígitos si no están en el contexto de un problema de razonamiento numérico, ni en forma oral ni escrita.

Igual sucede a la paciente TRS, que está impedida para realizar operaciones aritméticas de sumar, restar y multiplicar, tanto en la modalidad escrita como en la oral, y sin embargo, en tarea de Razonamiento numérico, realiza correctamente los problemas de tipo $a+b$, $a-b$, $a+b+c$ y $a-b-c$. Al igual que en los casos anteriores TRS, no es capaz de resolver operaciones aritméticas que se le presentan aisladas, pero de nuevo se observa un efecto facilitador en la resolución de cálculos si éstos se presentan contextualizados, es decir, haciendo referencia a objetos tangibles.

Por tanto, teniendo en cuenta que estos pacientes, PP, ML y TRS, presentan lesiones en las áreas perisilvianas izquierdas, y que tienen gravemente afectada la producción del lenguaje, se podría plantear la posibilidad de que la presentación de los operandos de manera contextualizada facilitara la realización de la operación aritmética, es decir, que se produjera un efecto de facilitación en la ejecución del cálculo.

Estas relaciones entre cálculo aislado y cálculo contextualizado descritas para los casos de PP, ML y TRS, son contrarias a las que presentan los casos de ANB y MNL, quienes obtienen mejores resultados en operaciones aritméticas de forma aislada, es decir, en abstracto.

Como hemos visto ANB es incapaz de resolver problemas de tipo $a*b$ y sin embargo, no presenta dificultades en multiplicaciones incluso realizando el procedimiento de llevarse. Lo mismo sucede a MNL, que en tarea de Razonamiento numérico presenta diferencias con el grupo control significativas en todos los tipos de problemas excepto en el tipo $a+b$, mientras que en cálculo aislado los resultados son considerablemente mejores, principalmente en la modalidad escrita, donde se observa que la suma y la multiplicación están conservadas.

Ambos pacientes, ANB y MNL, son incapaces de planificar el proceso de resolución de un problema, debido a la grave disfunción ejecutiva que presentan. Esto permite plantear que el déficit ejecutivo puede producir un efecto inhibitorio en la ejecución de las operaciones cálculo si la operación se presenta en el contexto de un problema ya en estos casos se requiere de la intervención de los mecanismos de planificación que estos pacientes tienen alterados.

Por tanto, los resultados de los pacientes PP, ML y TRS por un lado, y de ANB y MNL por otro, podrían indicar la existencia de una doble disociación entre calcular de forma aislada y calcular en el contexto de un problema de razonamiento numérico, es decir, una doble disociación entre el cálculo contextualizado y el cálculo aislado, y por tanto, su independencia funcional y/o estructural.

La explicación de estos resultados desde los modelos teóricos puede ser compleja. En principio, el modelo de McCloskey et al. (1985, 1992) sobre el funcionamiento del sistema de cálculo no permite explicar esta doble disociación.

Por otra parte, el modelo de Dehaene y Cohen (1995, 1997) como se viene comentando, plantea que una operación aritmética simple se puede resolver a través de dos rutas: la lingüística-memorística, o mediante elaboración semántica. Cuando se presentan los operandos en el contexto de un problema podría ser que se facilitara la activación de la vía semántica. Por esta razón los pacientes que tiene alterada la vía lingüística presentan mejores

ejecuciones en razonamiento numérico que en cálculo aislado. En las operaciones contextualizadas se produciría una activación de los procesos de elaboración semántica, algo que no sucedería en cálculo aislado.

Por otra parte, el efecto inhibitorio encontrado en los pacientes ANB y MNL, se explicaría también desde el modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1997) como consecuencia de las alteraciones en las funciones ejecutivas, debido a las lesiones en las áreas frontales. Es lo que estos autores denominan selección de estrategia y planificación.

Hipótesis 3.5- El procesamiento de los signos aritméticos, datos numéricos y procedimientos de ejecución de las distintas operaciones, son independientes entre sí.

La paciente TRS conserva las habilidades relacionadas con los signos aritméticos, así como los procedimientos de ejecución de las operaciones, pero la recuperación de los datos aritméticos se observa alterada en sumas, restas y multiplicaciones. Aparentemente es como si recuperara el dato aritmético de manera aleatoria. Lo mismo sucede a nuestro paciente ACH, pero en este caso está conservada la recuperación de los datos de la suma, lo que evidencia que el déficit en la recuperación de los datos puede ser selectivo, es decir, afectar a unas operaciones aritméticas y no a otras.

La paciente MC presenta una alteración en el reconocimiento de los signos aritméticos de forma aislada, pero no en el contexto de una operación aritmética. Este déficit selectivo ha sido descrito en la literatura por Ferro y Botelho (1980) en el estudio de dos pacientes incapacitadas para la comprensión de los signos aritméticos estando conservados los procedimientos de ejecución así como la recuperación de los datos, puesto que las pacientes realizan correctamente las operaciones equivocadas, por ejemplo, para una suma, obtienen el

resultado correcto de multiplicar los operandos. En este sentido, Noel y Seron (1995) plantean que su paciente LR padece de un déficit selectivo para el reconocimiento de los signos aritméticos.

Por otra parte, nuestra paciente MC presenta alterados los procedimientos de ejecución de “llevarse” a pesar de conservar la recuperación de datos aritméticos. Lo mismo sucede al paciente PP, pero sólo le afecta a las operaciones de multiplicar, las ejecuciones son de un 100% de aciertos cuando no hay que llevarse mientras que presenta un 0% de aciertos si hay que llevarse.

Asimismo, la paciente BET conserva los procedimientos de llevarse en sumas y restas, pero tiene alterados los procesos de recuperación de los datos aritméticos en suma y resta. La multiplicación está totalmente impedida. Estos resultados se resumen en la tabla 43.

Tabla 43.-Resumen de resultados.

Paciente	Signos	Procedimiento ejecución	Recuperación datos
TRS	conservados	conservado	alterada
ACH	conservados	conservado	alterada (resta y multiplicación)
PP	alterado nombrado y uso	alterado para la multiplicación	conservada
MNL	uso alterado	alterado para la resta	conservada
MC	alterado (aislados)	alterado	conservada
BET	alterado (aislados)	conservado	alterada

Los resultados obtenidos en nuestros pacientes confirman los postulados del modelo de McCloskey et al. (1985) sobre los componentes del sistema de cálculo: signos aritméticos, procedimientos de ejecución y recuperación de datos. Además, como plantean los autores estos elementos son susceptibles de dañarse selectivamente, es decir, funcionan independientemente.

Desde el modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1997) se postula que los datos aritméticos están almacenados en el hemisferio izquierdo, relacionados directamente con el sistema verbal, en cuanto a los signos aunque el modelo no hace referencia explícita, se podría inferir que también estarían relacionados con el sistema verbal ya que los signos aritméticos son una relación arbitraria entre un significado y un significante.

De manera que los datos aritméticos y los signos estarían estrechamente relacionados con el sistema lingüístico. En cuanto a los procedimientos de ejecución el modelo no hace referencia pero no hay razones que los relacionen con las habilidades lingüísticas del hemisferio izquierdo. En resumen, los postulados del modelo anatómico funcional no permitirían explicar esta disociación entre los distintos elementos del sistema de cálculo.

Por otra parte, en el conjunto de habilidades relacionadas con los signos aritméticos, se podría distinguir entre identificación y nombrado por una parte, y tarea de uso por otro lado. Nuestros datos ponen de manifiesto una doble disociación entre identificación y nombrado de signos por un lado y la tarea de uso por otro.

En la tabla 44 se resumen nuestros resultados.

Tabla 44.- Resumen de resultados.

Paciente	Signos Aritméticos		
	Identificación	Nombrado	Uso
MNL	conservado	conservado	alterado
PP	conservado	alterado	alterado
MC	alterado	***	conservado
BET	alterado	alterado	conservado

(***) no es evaluable

En el caso del paciente MNL las habilidades para manipular los signos aritméticos de forma aislada parecen estar conservadas mientras que presenta un déficit en la tarea de uso, que podría deberse a las disfunciones ejecutivas del paciente. Un patrón similar presenta PP, aunque en este caso está afectada la tarea de nombrado, de acuerdo con el diagnóstico de afasia del paciente, sin embargo PP no padece alteraciones ejecutivas que permitan explicar la alteración en la tarea de uso.

Por otra parte, los casos de las pacientes MC y BET ponen de manifiesto que la manipulación de los signos de forma aislada es funcionalmente independiente de su uso. Ambas pacientes están afectadas para identificar y nombrar los signos, pero son capaces de utilizarlos.

Aunque esta distinción no es considerada por los modelos teóricos actuales, Luria (1967/1974) afirma que si no se realiza la tarea de uso es porque se ha perdido el concepto de la operación aritmética, sin embargo el caso de nuestro paciente MNL no confirma este supuesto ya que a pesar de presentar dificultades en la tarea de uso conserva las sumas y multiplicaciones escritas. Esto nos lleva a plantear que el déficit en el uso esté más relacionado con la disfunción ejecutiva del paciente, aunque también es cierto que otros de nuestros

pacientes, como ANB, que presentan alteradas las funciones ejecutivas realizan sin dificultad la tarea de uso de los signos aritméticos.

3.4.4.- HIPÓTESIS IV: DEL CONOCIMIENTO NUMÉRICO CUALITATIVO O LÉXICO

Hipótesis 4.1.- El conocimiento numérico cualitativo está compuesto por distintos tipos de conocimientos que son independientes entre sí.

Los resultados de nuestros pacientes muestran que los distintos tipos de conocimiento numérico cualitativo o léxico están disociados, es decir, son independientes entre sí. En la tabla 45 se presenta un resumen de estos resultados.

Tabla 45.-Resumen de resultados.

Paciente	conocimiento numérico cualitativo o léxico		
	Autobiográfico Personal	Enciclopédico	Fechas Famosas
AMA	conservado	conservado	alterado
ANB	conservado	conservado	alterado
PP	conservado	conservado	alterado
BRN	conservado	alterado	alterado
RFL	conservado	alterado	alterado
TRS	conservado	alterado	alterado
BET	conservado	alterado	alterado
ML	alterado	conservado	conservado

En nuestros pacientes se observan tres patrones distintos de ejecución diferentes. Por una parte, los casos de AMA, ANB y PP que conservan los tipos autobiográfico y enciclopédico pero tienen alteraciones específicas para las fechas famosas.

Por otra parte, los pacientes BRN, RFL, TRS y BET, conservan el conocimiento numérico de tipo autobiográfico-personal, pero tienen alterados los de carácter enciclopédico y las fechas famosas. Por último, la paciente ML presenta el patrón inverso al de los casos de AMA, ANB y PP, es decir, presenta alterado el conocimiento numérico autobiográfico-personal pero conserva el enciclopédico y las fechas famosas, por lo que completa una doble disociación.

Estos resultados permiten plantear la independencia funcional entre los distintos tipos de conocimiento numérico. Esta distinción no tenemos constancia de que esté recogida en la literatura.

Desde los planteamientos teóricos, como ya se ha comentado, el único modelo que hace referencia al conocimiento numérico cualitativo es el anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995, 1997) pero no recoge esta independencia entre los distintos tipos que se observa en nuestros pacientes.

IV.- CONCLUSIONES Y PROPUESTAS

A pesar de las limitaciones del trabajo, principalmente en lo que se refiere al número de casos estudiados, nuestros resultados permiten concluir lo siguiente:

En primer lugar, respecto a la Hipótesis I, de las relaciones entre los distintos componentes del sistema de procesamiento numérico y cálculo, como se plantea en la hipótesis 1.1.A. el conocimiento numérico cuantitativo, es decir, la manipulación interna de las cantidades, es funcionalmente independiente de las tareas numéricas de naturaleza lingüística, las denominadas habilidades de recodificación numérica o también procesamiento numérico.

De acuerdo con la hipótesis 1.1.B., el conocimiento numérico cuantitativo es funcionalmente independiente del cálculo, de manera que se puede diferenciar por una parte la comprensión numérica entendida como la habilidad para acceder a la cantidad que representan los números y manipular mentalmente esas cantidades, por ejemplo en tarea de comparación, y por otro lado las habilidades para realizar cálculos, es decir, para realizar operaciones aritméticas.

Los resultados confirman la hipótesis 1.1.C.; el conocimiento numérico cuantitativo es funcionalmente independiente del conocimiento numérico cualitativo o léxico. Esto implica que las propiedades no cuantitativas de los números, es decir, aquellos otros significados que algunos numerales tienen son independientes de la cantidad que representan.

En cuanto al procesamiento numérico entendido, como ya se ha comentado, como uso lingüístico de los números, los resultados de este trabajo evidencia que es funcionalmente de las habilidades implicadas en la realización de las operaciones aritméticas básicas, así como del conocimiento numérico cualitativo o léxico. Esto está en consonancia con la hipótesis 1.2. de este trabajo.

De acuerdo con la hipótesis 1.3., nuestros resultados ponen de manifiesto la independencia del sistema de Cálculo respecto del conocimiento numérico cualitativo o léxico, es decir, las habilidades implicadas en la ejecución de las operaciones aritméticas parecen ser independientes de los significados no cuantitativos de los números, así lo evidencian los pacientes AMA, BRN y ACH.

En cuanto a la Hipótesis II, de las relaciones entre números y palabras, exactamente de la producción del lenguaje, podemos concluir que los resultados indican que la comprensión numérica puede funcionar de manera independiente del estado de conservación de la producción del lenguaje, con lo que se confirma la hipótesis 2.1. Por el contrario, las tareas de Recodificación numérica o procesamiento numérico, están estrechamente relacionadas con las habilidades implicadas en la producción del lenguaje con lo que se evidencia que efectivamente estas tareas pueden ser consideradas como uso lingüístico de los números, de acuerdo con la hipótesis 2.2. En cuanto a la relación entre producción del lenguaje y cálculo, nuestros resultados confirman la hipótesis 2.3., es decir, el sistema de cálculo puede funcionar independientemente de los mecanismos de producción lingüística.

Respecto a la Hipótesis III, del sistema de Cálculo, los resultados confirman, como se plantea en la hipótesis 3.1., que la verificación y ejecución de operaciones aritméticas pueden funcionar de manera independiente. Asimismo, se corrobora la independencia de los mecanismos implicados en el cálculo oral y escrito, de manera que los resultados están en consonancia con la hipótesis 3.2.

Por otro lado, de acuerdo con la hipótesis 3.3., nuestros resultados ponen de manifiesto que las operaciones aritméticas de sumar, restar y multiplicar son funcionalmente independientes. Asimismo, nuestros resultados evidencian la independencia funcional entre el cálculo aislado (en abstracto) y el cálculo contextualizado en un problema de razonamiento numérico, con lo que se confirma la hipótesis 3.4.

De acuerdo con la hipótesis 3.5., los resultados muestran la independencia de los distintos componentes implicados en la resolución de operaciones aritméticas: signos aritméticos, datos numéricos y procedimientos de ejecución.

Por último, en cuanto a la Hipótesis IV, del Conocimiento Numérico Cualitativo, los resultados confirman que este conocimiento está compuesto por distintos elementos independientes entre sí, tal como se plantea en la hipótesis 4.1.

Estas conclusiones permite afirmar que procesamiento numérico y cálculo pueden considerarse como un conjunto de habilidades heterogéneas, en el que están implicados múltiples procesos de distinta naturaleza (lingüísticos, visoespaciales, mnésicos, etc.). De manera que las distintas habilidades implicadas en este sistema son susceptibles de dañarse selectivamente, lo que evidenciaría su independencia funcional.

Nuestros resultados ponen de manifiesto que el conocimiento numérico cuantitativo (la representación mental de la cantidad o línea numérica mental) es independiente del uso lingüístico de los números o tareas de recodificación, del cálculo, y del conocimiento numérico cualitativo. Por otro lado, se observa que la recodificación numérica o uso lingüístico de los números es independiente de las habilidades responsables del cálculo y del conocimiento numérico léxico.

En resumen, nuestros resultados permiten plantear que el sistema de procesamiento numérico y cálculo estaría compuesto por cuatro subsistemas: conocimiento numérico cuantitativo, conocimiento numérico cualitativo, cálculo y procesamiento numérico. Estos sistemas parecen ser susceptibles de dañarse de manera selectiva y por tanto, independientes entre sí. Además, dependerían de procesos cognitivos diferentes, y tendrían localizaciones cerebrales también distintas. Estos cuatro componentes del sistema de procesamiento numérico y cálculo suponen distintos grados de dependencia respecto de los mecanismos lingüísticos,

así como del requerimiento del acceso y manipulación a las representaciones abstractas internas de los números, es decir, a las cantidades que representan.

La independencia entre Conocimiento numérico cuantitativo y Procesamiento numérico (Recodificación numérica) viene avalada por la doble disociación observada en nuestros pacientes. Por una parte, ANB conserva intactas las habilidades relacionadas con el uso lingüístico de los números pero presenta alteraciones en Comprensión numérica, por el contrario, nuestros pacientes BRN, PP y ACH a pesar de conservar intacta la Comprensión numérica presentan alteraciones en las tareas de Recodificación numérica.

Por otra parte, nuestros pacientes evidencian una doble disociación entre Conocimiento Numérico Cuantitativo y Cálculo. La paciente ANB, con alteraciones en Comprensión numérica presenta intactos los procesos relacionados con el cálculo, mientras que en PP, MC, ACH y BET se observa el patrón inverso. Es decir, tienen alterados los mecanismos responsables del cálculo a pesar de conservar intacta la comprensión numérica. El caso de ANB implicaría que es posible realizar cálculos sin acceder a la representación semántica de los operandos y del resultado, mientras que los casos con patrón inverso (PP, MC, ACH y BET) indican que la conservación de la comprensión numérica no garantiza la resolución de las tareas de cálculo. En resumen, estos resultados permitirían considerar que Conocimiento Numérico Cuantitativo y Cálculo son funcionalmente independientes.

Por otro lado, se observa en nuestros pacientes una doble disociación entre Conocimiento Numérico Cuantitativo y Cualitativo. Los pacientes AMA, BRN, BET, MC y PP conservan la Comprensión Numérica o conocimiento numérico cuantitativo pero presentan alteraciones en alguno de los tipos de conocimiento numérico cualitativo o léxico. Por el contrario, los pacientes ML, RFL y TRS a pesar de manifestar algunas alteraciones en comprensión numérica conservan, en parte, el conocimiento numérico léxico. De manera que no parece existir una relación de dependencia funcional entre ambos. En este sentido,

consideramos que es necesario seguir trabajando para determinar con mayor exactitud cuál es el tipo de relación que se establece entre ambos tipos de conocimientos.

A modo de resumen, en la figura 68 se representan los distintos componentes del sistema de procesamiento numérico y cálculo, así como las relaciones entre ellos:

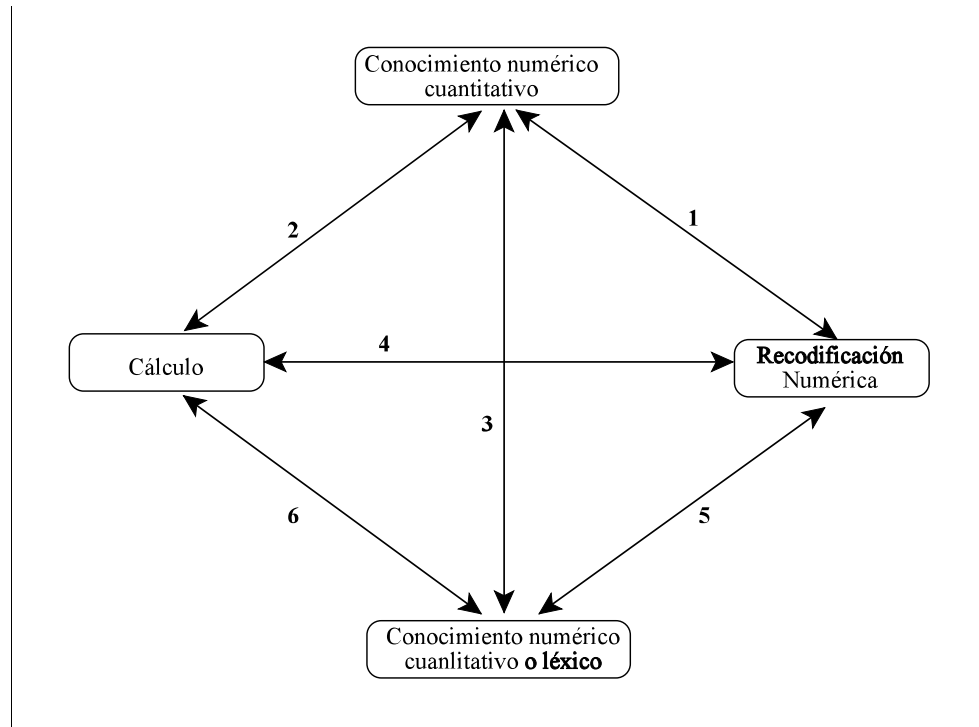


Figura 68.- Sistema de procesamiento numérico y cálculo.

(1) Independencia entre Conocimiento Numérico Cuantitativo y Recodificación numérica (hipótesis 1.1.A): Conocimiento Numérico Cuantitativo conservado y Recodificación Numérica alterada: pacientes BRN, PP y ACH. Conocimiento Numérico Cuantitativo alterado y Recodificación Numérica conservada: paciente ANB.

(2) Independencia entre Conocimiento Numérico Cuantitativo y Cálculo (hipótesis 1.1.B): Conocimiento Numérico Cuantitativo conservado y Cálculo alterado: pacientes PP,

MC, ACH y BET. Conocimiento Numérico Cuantitativo alterado y Cálculo conservado: paciente ANB.

(3) Independencia entre Conocimiento Numérico Cuantitativo y Cualitativo (hipótesis 1.1.C): Conocimiento Numérico Cuantitativo conservado y Cualitativo alterado: pacientes AMA, BRN, BET, MC y PP. Conocimiento Numérico Cuantitativo alterado y Cualitativo conservado: pacientes ML, RFL y TRS.

(4) Independencia entre Recodificación Numérica y Cálculo (hipótesis 1.2.A): Recodificación Numérica conservada y Cálculo alterado: pacientes MC y BET. Recodificación Numérica alterada y Cálculo conservado: paciente BRN.

(5) Independencia entre Recodificación Numérica y Conocimiento Numérico Cualitativo o léxico (hipótesis 1.2.B): Recodificación Numérica conservada y conocimiento numérico cualitativo alterado: pacientes AMA, ANB, MC y BET. Recodificación Numérica alterada y conocimiento numérico cualitativo conservado: paciente ACH.

(6) Independencia entre Cálculo y Conocimiento Numérico Cualitativo o léxico (hipótesis 1.3.): Cálculo conservado y Conocimiento numérico cualitativo alterado: pacientes AMA y BRN. Cálculo alterado y conocimiento numérico cualitativo conservado: paciente ACH.

A continuación se resumen las principales características de cada uno de estos subsistemas implicados en el Procesamiento Numérico y Cálculo.

1.- Conocimiento Numérico Cuantitativo

Son las representaciones abstractas de las cantidades y su manipulación interna. Este tipo de conocimiento es el responsable de la comprensión numérica en sentido amplio, es el que

permite, por ejemplo, comparar dos números. Asumimos el postulado del modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995), que afirma que la representación abstracta de la cantidad está situada en las áreas parietales inferiores de ambos hemisferios y que es independiente de las habilidades lingüísticas generales. La independencia del conocimiento numérico cuantitativo respecto de los otros componentes del sistema de procesamiento numérico y cálculo es claramente puesta de manifiesto en nuestra paciente ANC, capaz de comparar cantidades pero con alteraciones en conocimiento numérico léxico, cálculo y procesamiento numérico.

2.- Conocimiento Numérico Cualitativo

Es de carácter léxico, está formado por todos aquellos usos de los números en los que la finalidad no es comunicar una cantidad, es decir, cuando un estímulo numérico se comporta como una palabra, por ejemplo, para designar los elementos de un conjunto, en estos casos los números se someten a las reglas gramaticales propias de las palabras, así en español, cumplen normas de género y número. Por ejemplo, los unos, las unas, quinientas (pesetas), quinientos (euros), etc. De acuerdo con nuestros resultados este tipo de conocimiento numérico es funcionalmente independiente de las cantidades que representan los números o conocimiento numérico cuantitativo.

3.- Cálculo

Estaría compuesto, tal como plantea McCloskey et al. (1985) por distintos elementos independientes: signos aritméticos, procedimientos de ejecución de las operaciones y recuperación de los datos aritméticos. El funcionamiento del sistema de cálculo no estaría mediado por las habilidades lingüísticas generales, sino que sería independiente de éstas. El sistema de cálculo es también independiente de la representación abstracta de la cantidad. Resolver una operación aritmética no implica obligatoriamente el acceso a la cantidad que representan los operandos y el resultado. Las áreas cerebrales implicadas en el cálculo, como

hemos visto son diversas, varían en función de la fase de la operación (Dehaene, 2002) así como de la propia operación que se esté realizando.

De acuerdo con Dehaene y Cohen (1997) consideramos que la resolución de una operación aritmética simple puede realizarse mediante dos rutas: de manera lingüística o mediante elaboración semántica. Para estos autores el uso de una u otra vía depende de la operación aritmética, sin embargo nuestros resultados evidencian que al margen de la operación concreta lo que determina la manera en la que se recupera el dato es el hecho de que esté o no almacenado en la memoria. Es decir, si se ha aprendido de manera memorística, en forma de automatismo verbal, la recuperación no requiere de elaboración semántica, por el contrario cuando la respuesta no está almacenada como automatismo verbal, independientemente de la operación, habrá que recurrir a los procesos de elaboración semántica o manipulación mental de cantidades.

4. Recodificación Numérica o Procesamiento Numérico

Es el uso lingüístico de los números: lectura, escritura, etc. es decir, las tareas que hemos venido denominando de Recodificación numérica. Consideramos que este conjunto de habilidades están estrechamente relacionadas con el lenguaje. De acuerdo con el modelo anatómico funcional, consideramos que el uso lingüístico de los números se puede localizar en las zonas clásicas del lenguaje, es decir, en las áreas perisilvianas del hemisferio izquierdo. El sistema de procesamiento numérico es funcionalmente independiente de la representación abstracta de la cantidad. En cuanto a los componentes y funcionamiento del procesamiento numérico asumimos los postulados del modelo de Cuetos y Miera (1998), es decir, los números tanto arábigos como verbales (orales y escritos) pueden ser procesados mediante rutas semánticas y asemánticas.

Las características neuropsicológicas de los pacientes nos permiten aproximarnos a los procesos subyacentes de los distintos tipos de habilidades numéricas. Es decir, se observa que las dificultades en Recodificación numérica se producen en pacientes con alteraciones lingüísticas en general, por lo que pueden considerarse como una manifestación de éstas. Por otro lado las dificultades en Comprensión numérica o Conocimiento Numérico Cuantitativo, como las que presenta ANB, no interfieren en la Recodificación numérica, esto nos permitiría afirmar que la representación de la cantidad es independiente del lenguaje, mientras que la Recodificación numérica es dependiente del lenguaje.

Para terminar, en la figura 69 se representan las características principales de cada componente del sistema de procesamiento numérico y cálculo. Esta propuesta teórica deja algunas cuestiones sin resolver, en las que consideramos especialmente necesario seguir trabajando. Esto es, la independencia funcional por una parte, entre las distintas operaciones aritméticas, y por otro lado, entre el cálculo oral y el cálculo escrito. Como cualquier planteamiento teórico será necesario que futuras investigaciones lo vayan perfilando y matizando. Además, tendrá que ser válido tanto a la hora de diagnosticar como de intervenir en pacientes con lesión cerebral que presentan alteraciones en algunos de estos subconjuntos que componen el procesamiento numérico y el cálculo.

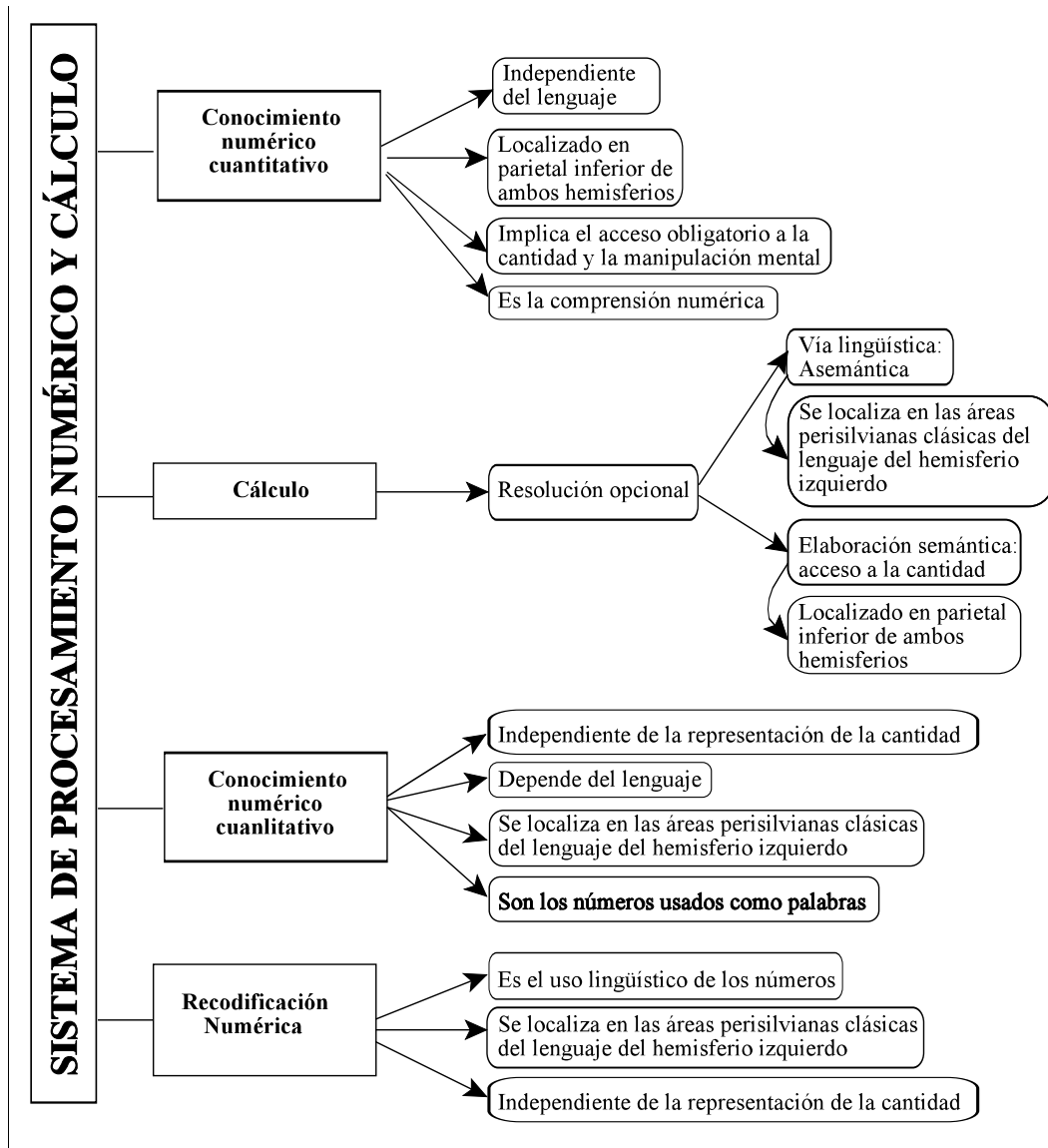


Figura 69.- Principales características de los componentes del sistema de procesamiento numérico y cálculo.

V. - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afifi, A. K. y Bergman, R. A. (1998). *Functional Neuroanatomy*. México: McGraw-Hill. (versión española: *Neuroanatomía funcional*, México: McGraw-Hill Interamericana, 1999).
- Alameda, J. R. y Cuetos, F. (1998). *Efecto de frecuencia de uso en el procesamiento de los números arábigos*. Comunicación presentada en el II Congreso de la Sociedad Española de Psicología Experimental (SEPEX), celebrado en Granada del 17 al 19 diciembre de 1998.
- Alameda, J. R. y Cuetos, F. (2000). Efectos semánticos en el procesamiento de los números arábigos. Comunicación presentada en el III Congreso de la Sociedad Española de Psicología Experimental (SEPEX), celebrado en Barcelona entre los días 2 y 4 de Marzo de 2000.
- Alameda, J. R., Cuetos, F. y Brysbaert, M. (2003). The number 747 is named faster after seeing Boeing than after seeing Levi's: Associative priming in the processing of multidigit Arabic numerals. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A (6), 1009-1019.
- Albert, M. L., Yamadori, A., Gardner, H. y Howes, D. (1973). Comprehension in alexia. *Brain*, 96, 317-328.
- Alonso, D. y Fuentes, L. J. (2001). Mecanismos cerebrales del pensamiento matemático. *Revista de Neurología*, 33 (6), 568-576.
- American Psychology Association (2002). *Manual Diagnóstico y Estadístico de los trastornos mentales IV-TR*. Barcelona: Masson.
- Anderson, S., Damasio, A. y Damasio, H. (1990). Troubled letters but not numbers. Domain specific cognitive impairments following focal damage in frontal cortex. *Brain*, 113, 749-766.
- Ardila, A. (2006). *Las Afasias*. Extraído 10 enero 2006 de <http://aphasia.org/libroespañol.php>
- Ardila, A., Concha, M. y Rosselli, M. (2000). Angular gyrus syndrome revisited: Acalculia, finger agnosia, right-left disorientation and semantic aphasia. *Aphasiology*, 14, (7), 743-754.

- Ardila, A., López, M. V. y Solano E. (1989). Semantic aphasia reconsidered. En A. Ardila y F. Ostrosky (Eds.), *Brain Organization of Language and Cognitive Processes*. Nueva York: Plenum Press.
- Ardila, A. y Rosselli, M. (1990). Acalculias. *Behavioral Neurology*, 3, 39-48.
- Arnau, J. (1980). *Psicología experimental. Un enfoque metodológico*. México: Trillas.
- Arnau, J. (1994). Diseños experimentales de caso único. En R. Fernández Ballesteros (Ed.), *Evaluación conductual hoy. Un enfoque para el cambio en psicología clínica y de la salud* (pp. 313-346). Madrid: Pirámide.
- Ashcraft, M. H. (1982). The development of mental arithmetic: A chonometric approach. *Developmental Review*, 2, 213-236.
- Ashcraft, M. H. (1992). Cognitive arithmetic: A review of data and theory. *Cognition*, 44, 75-106.
- Ashcraft, M. H. (1995). Cognitive psychology and simple arithmetic: A review and summary of new directions. *Mathematical Cognition*, 1, 3-34.
- Ashcraft, M. H. y Battaglia, J. (1978). Cognitive arithmetic: Evidence for retrieval and decision processes in mental addition. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 4, 527-538.
- Ashcraft, M. H., Donley, R. D., Halas, M. A. y Vakali, M. (1992). Working memory, automaticity, and problem difficulty. En J. I. Campbell (Ed.), *The nature and origins of mathematical skills* (pp. 301-329). Amsterdam: Elsevier.
- Ashcraft, M. H. y Stazyk, E. H. (1981). Mental addition: A test of three verification models. *Memory and Cognition*, 9, 185-196.
- Baars, B. J., Motley, M. T y MacKay, D. G. (1975). Output editing for lexical status in artificially elicited slips of the tongue. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 382-391.
- Baddeley, A. D. (1991). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. D. (1992). Is working memory working? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 44A, 1-31.

- Baddeley, A. D. (1998). Recent developments in working memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 8, 234-238.
- Baddeley, A. D. y Hitch, G. (1974). Working memory. En G. A. (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 47-90). Nueva York: Academic Press.
- Banks, W. P., Fujii, M. y Kayra-Stuart, F. (1976). Semantic congruity effects in comparative judgments of magnitudes of digits. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 2, 435-447.
- Barbizet, J., Bindefeld, N., Moaty, F. y Le Goff, P. (1967). Persistances de possibilités de calcul élémentaire au cours des aphasies massives. *Revue Neurologique*, 116, 170-178.
- Barnes, M. A., Smith-Chant, B. y Landry, S. H. (2005). Number processing in neurodevelopmental disorders: spina bifida myelomeningocele. En J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition*, pp.299-314. Nueva York: Psychology Press.
- Basso, A., Burgio, F. y Caporali, A. (2000). Acalculia, aphasia and spatial disorders in left and right brain-damaged patients. *Cortex*, 36, (2), 265-280.
- Becker, J. T., MacAndrew, D. K. y Fiez, J. A. (1999). A comment on the functional localization of the phonological storage subsystem of working memory. *Brain and Cognition*, 41, 27-38.
- Badecker, W. y Caramazza, A. (1995). On considerations of methods and theory governing the use of clinical categories in neurolinguistics and cognitive neuropsychology: the case against agrammatism. *Cognition*, 20, 97-125.
- Barlow, D. y Hersen, M. (1988). *Diseños experimentales de caso único. Estrategias para el estudio del cambio conductual*. Barcelona: Martínez Roca. (Orig. 1984).
- Bellack, A. S. y Hersen, M. (1980). *Introduction to clinical psychology*. Nueva York: Oxford University Press.
- Benson, D. F. (1979). *Aphasia, alexia and agraphia*. Nueva York: Churchill Livingstone.
- Benson, D. F. y Denckla, M. B. (1969). Verbal paraphasia as a source of calculation disturbance. *Archives of Neurology*, 21, 96-102.

- Berger, H. (1926). Ueber Rechenstorungen bei Herderkrankungen des Grosshirns. *Archiv fur Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 78, 238-263.
- Berko, J. y Bernstein, N. (1999). *Psicolingüística*. Madrid: McGraw Hill.
- Bermejo, P. E. y Castillo, L. (2006). Acalculia: clasificación, etiología y tratamiento clínico. *Revista de Neurología*, 43 (4), 223-227.
- Blanken, G., Dorn, M. y Sinn, H. (1997). Inversion errors in arabic number reading: is there a nonsemantic route? *Brain and Cognition*, 34, 404-423.
- Bock, J. K. (1982). Towards a cognitive psychology of syntax: Information processing contributions to sentence formulation. *Psychological Review*, 89, 1-47.
- Boller, F. y Grafman, J. (1983). Acalculia: Historical development and current significance. *Brain and Cognition*, 2, 205-223.
- Boller, F. y Grafman, J. (1985). Acalculia. En J. A. M. Frederiks (Ed.), *Handbook of clinical Neurology* (pp. 473-482), vol. 45. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Bonhoeffer, K. (1923). Clinic und localisation des agrammtismus und der rechts-links-desorientierung. *Monatsschrift Psychiatrie, Neurologie*, 54, 11-42.
- Borges, M., García-Solís, D. y Borrego, I. (1999). Notas clínicas: Estudio de un caso de demencia con afectación posterior. *Revista Española de Neuropsicología*, 1 (2-3), 89-96.
- Brannon, E. M. y Terrace, H. S. (1998). Ordering of the numerosities 1 to 9 by monkeys. *Science*, 282, (5389), 746-749.
- Broadbent, D. (1958). *Perception and communication*. Londres: Pergamon.
- Broca, P. (1885). Du siège de la faculté du langage articulé dans l'hémisphère gauche du cerveau. *Bulletins de la Société d' Anthropologie de Paris*, 6, 377-393.
- Brysbaert, M. (1995). Arabic number reading: On the nature of the numerical scale and the origin of phonological recoding. *Journal of Experimental Psychology*, 124, 434-452.
- Brysbaert, M. (2005). Number recognition in different formats. En J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp. 23-42). Nueva York: Psychology Press.

- Burbaud, P., Camus, O., Guehl, D., Bioulac, B., Caillé, J. M. y Allard, M. (1999). A functional magnetic resonance imaging study of mental subtraction in human subjects. *Neurosciences Letters*, 273, 195-199.
- Butterworth, B. (1979). Hesitation and the production of verbal paraphasias and neologisms in jargonaphasia. *Brain and Language*, 8, 133-161.
- Campbell, R. (1987). Cognitive neuropsychology. En G. Claxton (Ed.), *News directions in cognition*. Londres: Routledge y Kegan Paul.
- Campbell, J. I. D. (1995). Mechanisms of simple addition and multiplication: a modified network-interference theory and simulation. *Mathematical Cognition*, 1 (2), 121-164.
- Campbell, J. I. D. y Clark, J. M. (1988). An encoding complex view of cognitive number processing: Comment on McCloskey, Sokol and Goodman (1986). *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 204-214.
- Campbell, J. I. D. y Clark, J. M. (1992). Numerical cognition: An encoding-complex perspective. En J. I. D. Campbell (Ed.), *The nature and origins of mathematical skill* (pp. 457-491). Amsterdam: Elsevier Science.
- Caramazza, A. (1984). The logic of neuropsychological research and the problem of patient classification in aphasia. *Brain and Language*, 21 (1), 9-20.
- Caramazza, A. (1986). On drawing inferences about the structure of normal cognitive systems from the analysis of patterns of impaired performance: The case for single-patient studies. *Brain and Cognition*, 5, 41-66.
- Caramazza, A. y Bedecker, W. (1989). Patient classification in neuropsychological research. *Brain and Cognition*, 10, 256-295.
- Caramazza, A. y Bedecker, W. (1991). Clinical syndromes are not God's gift to cognitive neuropsychology: A reply to a rebuttal to an answer to a response to the case against syndrome-based research. *Brain and Cognition*, 16, 211-227.
- Caramazza, A. y Hillis, A. E. (1990). Levels of representation, co-ordinate frames, and unilateral neglect. *Cognitive Neuropsychology*, 7, 391-445.

- Caramazza, A. y McCloskey, M. (1988). The case for single-patient studies. *Cognitive Neuropsychology*, 5, 517-528.
- Castro, L. (1975). *Diseño experimental sin estadística*. México: Trillas.
- Castro, E., Rico, L. y Castro, E. (1988). *Números y Operaciones*. Madrid: Síntesis.
- Chochon, F., Cohen, L., van de Moortele, P. F. y Dehaene, S. (1999). Differential contributions of left and right inferior parietal lobules to number processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11 (6), 617-630.
- Cipolotti, L. (1995). Multiple routes for reading words, why not numbers? Evidence from a case of arabic numeral dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 12, 313-342.
- Cipolotti, L. y Butterworth, B. (1995). Toward a multiroute model of number processing: Impaired transcoding with preserved calculation skills. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 375-390.
- Cipolotti, L., Butterworth, B. y Denes, G. (1991). A specific deficit for numbers in a case of dense acalculia. *Brain*, 114, 2619-2637.
- Cipolotti, L. y De Lacy-Costello, A. (1995). A selective impairment for simple division. *Cortex*, 31, 433-449.
- Cipolotti, L., Warrington, E. K. y Butterworth, B. (1995). Selective impairment in manipulating arabic numeral. *Cortex*, 32, 73-86.
- Cohen, L. y Dehaene, S. (1991). Neglect dyslexia for numbers? A case report. *Cognitive Neuropsychology*, 8, 39-58.
- Cohen, L. y Dehaene, S. (1995). Number processing in pure alexia: the effect of hemispheric asymmetries and task demands. *Neurocase*, 1, 121-137.
- Cohen, L. y Dehaene, S. (1996). Cerebral networks for number processing: Evidence from a case of posterior callosal lesion. *Neurocase*, 2, 155-174.
- Cohen, L., Dehaene, S. y Verstichel, P. (1994). Number words and number non-words. A case of deep dyslexia extending to arabic numerals. *Brain*, 117, 267-279.

- Cohen, L., Dehaene, S., Chochon, F., Lehéricy, S. y Naccache, L. (2000). Language and calculation within parietal lobe: a combined cognitive, anatomical and fMRI study. *Neuropsychologia*, 38, 1426-1440.
- Cohn, R. (1961). Dyscalculia. *Archives of Neurology*, 4, 301-307.
- Coltheart, M. (1980). Deep dyslexia: A review of the syndrome. En M. Coltheart, K. Patterson y J. C. Marshall (Eds.), *Deep dyslexia*. Londres: Routledge and Kegan Paul.
- Coltheart, M. (1985). Cognitive neuropsychology and the study of reading. En M. Posner y G. Marin (Eds.), *Attention and Performance XI*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Coltheart, M. (1986). Cognitive Neurophychology. En M. Posner y O. S. Marin (Eds.), *Attention and Performance XI*. Hillsdale; NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Coltheart, M. (1987). Functional architecture of the language processing system. En M. Coltheart, G. Sartori y R. Job (Eds.), *The cognitive neuropsychology of language*. Londres: Lawrence Erlbaum Associates.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R. y Ziegler, J. C. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108, 204-256.
- Cowell, S. F., Egan, G. F., Code, C., Harasty, J. y Watson, J. D. G. (2000). The functional neuroanatomy of simple calculation and number repetition: A parametric PET activation study. *NeuroImage*, 12, 565-573.
- Critchley, N. (1953). *The parietal lobe*. Londres: Arnold.
- Cuetos, F. (1998). *Evaluación y Rehabilitación de las Afasias: Aproximación Cognitiva*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Cuetos, F. y Alameda, J. R. (1997). El efecto frecuencia en el procesamiento de los números. Un recuento de frecuencias. *Cognitiva* 9 (2), 207-223.
- Cuetos, F. y Miera, G. (1998). Number processing dissociations: Evidence from a case of dyscalculia. *The Spanish Journal of Psychology*, 1 (1), 18-31.
- Cutler, A. (1982). *Slips of the tongue and language production*. La Haya: Mouton.

- Dagenbach, D. y McCloskey, M. (1992). The organisation of arithmetic facts in memory: Evidence from a brain-damaged patient. *Brain and Cognition*, 20, 345-366.
- Dahmen, W., Hartje, W., Bussing, A. y Strum, W. (1982). Disorders of calculation in aphasia patients-spatial and verbal components. *Neuropsychologia*, 20, 145-153.
- Damas, J. y Garcia-Orza, J. (2004). Multiplicaciones simples y códigos verbales: Evidencias desde el estudio de sujeto sanos. Comunicación presentada en el V Congreso de la Sociedad Española de Psicología Experimental (SEPEX), celebrado en Madrid entre los días 25 y 27 de marzo de 2004.
- Dehaene, S. (1989). The psychophysics of numerical comparison: A reexamination of apparently incompatible data. *Perception and Psychophysics*, 45, 557-566.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44, 1-42.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense*. Nueva York: Oxford University Press.
- Dehaene, S. (2002). *¿Cómo calcula nuestro cerebro?*. Investigación y ciencia, Temas 28.
- Dehaene, S., Bossini, S. y Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 371-396.
- Dehaene, S. y Cohen, L. (1991). Two mental calculation systems: A case study of severe acalculia with preserved approximation. *Neuropsychologia*, 29, 1045-1074.
- Dehaene, S. y Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1, 83-120.
- Dehaene, S. y Cohen, L. (1997). Cerebral pathways for calculation: Double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. *Cortex*, 33, 219-250.
- Dehaene, S. y Changeux, J. P. (1993). Development of elementary numerical abilities: A neuronal model. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 390-407.
- Dehaene, S., Dehaene-Lambertz, G. y Cohen, L. (1998). Abstract representations of numbers in the animal and human brain. *Trends in Neurosciences*, 21, 355-361.
- Dehaene, S., Dupoux, E. y Mehler, J. (1990). Is numerical comparison digital? Analogical and symbolic effects in two-digit number comparison. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 626-641.

- Dehaene, S. y Mehler, J. (1992). Cross-linguistic regularities in the frequency of number word. *Cognition*, 43, 1-29.
- Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R. y Tsivkin, S. (1999). Sources of mathematical thinking: Behavioral and brain-imaging evidence. *Science*, 284 (5416), 970-974.
- Déjerine, J. (1892). Contribution a l' etude anatomo-pathologique et clinique des différents variétés de cécité verbale. *Memoires de la Société de Biologie*, 4, 61-90.
- Dell, G. S. (1986). A spreading activation theory of retrieval in sentence production. *Psychological Review*, 93, 283-321.
- Delazer, M. y Benke, T. (1997). Arithmetic facts without meaning. *Cortex*, 33, 697-710.
- Delazer, M. y Girelli, L. (1997). When "Alfa Romeo" facilitates 164: Semantic Effects in Verbal Number Production. *Neurocase*, 3, 461-475.
- Delazer, M., Girelli, L., Grana, A. y Domahs, F. (2003). Number Processing and Calculation- Normative data from Healthy Adults. *Clinical Neuropsychology*, 17 (3), 331-350.
- Delazer, M., Sailer, U. y Benke, Th. (1995). Impaired arithmetic facts but intact conceptual knowledge: A single-case study of dyscalculia. *Cortex*, 31, 139-147.
- Delazer, M., Semenza, C. y Denes, G. (1994). Concepts and facts in calculation. *Brain*, 117, 715-728.
- Dell, G. y Reich, P. (1980). Stages in sentence production: An analysis of speech error data. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20, 611-629.
- Deloche, G. y Seron, X. (1982a). From one to 1: An analysis of a transcoding process by means of neuropsychological data. *Cognition*, 12, 49-119.
- Deloche, G. y Seron, X. (1982b). From Three to 3: A differential analysis of skills in transcoding quantities between patients with Broca's and Wernicke's aphasia. *Brain*, 105, 719-733.
- Deloche, G. y Seron, X. (1984). Semantic errors reconsidered in the procedural light of stack concepts. *Brain and Language*, 21, 59-71.

- Deloche, G. y Seron, X. (1987). Numerical transcoding: A general production model. En G. Deloche y X. Seron (Eds.), *Mathematical disabilities: A cognitive neuropsychological perspective* (pp. 70-137). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Deloche, G. y Seron, X. (1991). EC301: Batterie d'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'adulte. *Glossa*, 27, 40-42.
- Den Heyer, K. y Briand, K. (1986). Priming single digit numbers: Automatic spreading activation dissipates as a function of semantic distance. *American Journal of Psychology*, 99, 315-340.
- Denes, F. (1978). Introduzione. En F. Denes y C. Umiltà (Eds.), *I due cervelli: Neuropsicologia dei precesì cognitivi*. Bologna: Il Mulino.
- Diwadkar, V. A., Carpenter, P. A. y Just, M. A. (2000). Collaborative activity between parietal and dorso-lateral prefrontal cortex in dynamic spatial working memory revealed by fMRI. *NeuroImage*, 12, 85-99.
- Dubin, M. (2006). *Brodmann areas in the human brain with emphasis on vision and language*. Extraído el 15-1-06 de <http://spot.colorado.edu/~dubin/talks/brodmann/brodmann.html>
- Dverne, S. y Lemaire, P. (2005). Aging and mental arithmetic. En J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp. 397-411). Nueva York: Psychology Press.
- Ellis, A. (1979). Slips of the pen. *Visible Language*, XIII, 265-282.
- Ellis, A. (1982). Spelling and writing (and reading and speaking). En A. Ellis (Ed.), *Normality and Pathology in cognitive functions*. Londres: Academic Press.
- Ellis, A. (1983). Syndromes, slips and structures. *Bulletin of British Psychological Society*, 36, 372-374.
- Ellis, A. (1987). Intimations of modularity, or, the modularity of mind: Doing cognitive neuropsychology without syndromes. En M. Coltheart, G. Sartori y R. Job (Eds.), *The cognitive neuropsychology of language*. Londres: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ellis, N. C. y Hennelly, R. A. (1980). A bilingual word-length effect: Implications for intelligence testing and the relative ease of mental calculation in Welsh and English. *British Journal of Psychology*, 71, 43-52.

- Ellis, A. y Young, A. (1988). *Human cognitive neuropsychology*. Londres: Lawrence Erlbaum Associates. (Traducción castellana: *Neuropsicología cognitiva humana*. Barcelona: Masson, 1992).
- Eriksen, C. W., Pollack, M. D. y Montague, W. E. (1970). Implicit speech: Mechanism in perceptual encoding? *Journal of Experimental Psychology*, 84, 502-507.
- Estes, W. K. (1988). Toward a framework for combining connectionists and symbol processing models. *Journal of Memory and Language*, 27, 126-254.
- Ferro, J. M. y Botelho, M. A. S. (1980). Alexia for arithmetical sign. A cause of disturbed calculation. *Cortex*, 16, 175-180.
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind*. Cambridge, Mass: MIT Press. (Traducción castellana: *La modularidad de la mente*. Madrid, Morata, 1986).
- Frederiks, J. A. M. (1985). Disorders of the body schema. En J. A. M. Frederiks (Ed.), *Handbook of clinical neurology. Clinical neuropsychology*, vol. 45. Amsterdam: Elsevier.
- Fromkin, V. A. (1973). *Speech errors as linguistic evidence*. La Haya: Mouton.
- Fromkin, V. A. (1980). *Errors in linguistic performance*. Nueva York: Academic Press.
- Galbraith, R. C. y Underwood, B. J. (1973). Perceived frequency of concrete and abstract words. *Memory and Cognition*, 1, 56-60.
- Gallistel, C. R. y Gelman, R. (1992). Preverbal and verbal counting and computation. *Cognition*, 44, 43-74.
- García-Orza, J., León-Carrión, J. y Vega, O. (2003). Dissociating arabic numeral reading and basic calculation: a case study. *Neurocase*, 9 (2), 129-139.
- Gardner, H. (1974). The naming of objects and symbols by children and aphasic patients. *Journal of Psycholinguistic Research*, 3, 133-149.
- Geary, D. C. (1994). *Children's mathematical development*. Washintong, DC: American Psychological Association.
- Gelman, R. y Gallistel, C. R. (1978). *The childs understanding of number*. Cambridge: Harvard University Press.

- Gernsbacher, M. A. (1984). Resolving 20 years of inconsistent interactions between lexical familiarity and orthographic, concreteness and polysemy. *Journal of Experimental Psychology: General*, 2, 256-281.
- Gerstmann, J. (1940). Syndrome of finger agnosia, disorientation for right and left, agraphia and acalculia. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 44, 398-408.
- Geschwind, N. (1965). Disconnection syndromes in animals and man. *Brain*, 88, 237-294.
- Gielen, I., Brysbaert, M. y Dhondt, A. (1991). The syllable-length effect in number processing is task-dependent. *Perception and Psychophysics*, 50, 449-458.
- Gluck, M. A. y Bower, G. H. (1988). Evaluating an adaptative network model of human learning. *Journal of Memory and Language*, 27, 166-195.
- Goldberg, E. (2001). *The executive brain*. Nueva York: Oxford University Press. (Traducción castellana: *El cerebro ejecutivo*. Barcelona: Crítica, 2002).
- Goldman-Eisler, F. (1958). Speech production and the predictability of words in context. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 10, 96-106.
- Goldman-Eisler, F. (1964). Hesitation, information and levels of speech production. En A. V. S. de Reuck y M. O'Connor (Eds.), *Disorders of language*. Londres: Churchill.
- Gómez-Alfonso, B. (1989). *Numeración y Cálculo*. Madrid: Síntesis.
- Goodglass, H., Klein, B., Carey, P. y Jones, K. (1966). Specific semantic word categories in aphasia. *Cortex*, 2, 74-89.
- Grafman, J., Kampen, D., Rosenberg, J., Salazar, A. y Boller, F. (1989). Calculation abilities in a patient with a virtual left hemispherectomy. *Behavioural Neurology*, 2, 183-194.
- Grewel, F. (1952). Acalculia. *Brain*, 75, 397-407.
- Grewel, F. (1960). The acalculias. En P. J. Vinken y G. W. Bruyn (Eds.), *Handbook of clinical neurology*, vol. 4. (pp. 181-196). Amsterdam: North-Holland.
- Groen, G. J. y Parkman, J. M. (1972). A chronometric analysis of simple addition. *Psychological Review*, 79, 323-343.

- Gruber, O., Indefrey, P., Steinmetz, H. y Kleinschmidt, A. (2001). Dissociating neural correlates of cognitive components in mental calculation. *Cerebral Cortex*, 11, 350-359.
- Guttman, E. (1937). Congenital arithmetic disability and acalculia (Henschen). *British Journal of Medical Psychology*, 16, 16-35.
- Harskamp, N. J., Rudge, P. y Cipolotti, L. (2002). Are multiplication facts implemented by the left supramarginal and angular gyri? *Neuropsychologia*, 1403, 1-8.
- Harris, M. y Coltheart, M. (1986). *Language processing in children and adults. An introduction*. Londres: Routledge and Kegan Paul.
- Hayes, S. C. (1981). Single case experimental design and empirical clinical practices. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 49, 193-211.
- Head, H. (1926). *Aphasia and kindred disorders of speech*. Londres: Cambridge University Press.
- Hecaen, H., Angelergues, R. y Houillier, S. (1961). Les varieties cliniques des acalculies au cours des lesions retrorolandiques: Approche statistique du probleme. *Revue Neurologique*, 105, 85-103.
- Hecaen, H. (1967). Aspects des troubles de la lecture (alexie) au cours des lesions cerebrales en foyer. *Word*, 23, 265-287.
- Hecaen, H. y Kremin, H. (1976). Neurolinguistic research on reading disorders resulting from left hemisphere lesions: Aphasic and "pure" alexia. En H. Whitaker y H. A. Whitaker (Eds.), *Studies in neurolinguistics*. Nueva York: Academic Press.
- Hécaen, H. y Dubois, J. (1969). *La naissance de la neuropsychologie du langage*. París: Flammarion.
- Henschen, S. E. (1919). Uber Sprach, Musik, und Rechenmechanismen und ihre Lokalisationen in Grosshirn. *Zietschrift fur die gesamte Neurologie und Psychiatrie*, 52, 273-298.
- Henschen, S. E. (1920). *Klinische und Anatomische Beitrage zu Pathologie des Gehirns*. Estocolmo: Nordiska Bokhandeln.

- Henschen, S. E. (1925). Clinical and anatomical contributions on brain pathology. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 13, 226-249.
- Hinshelwood, J. (1899). *Letter, word and mind-blindness*. Londres: H. K. Lewis.
- Hoosain, R. y Salili, F. (1988). Language differences, working memory and mathematical ability. En M. M. Gruneberg, P. E. Morris y R. N. Sykes (Eds.), *Practical Aspects of Memory: Current Research and Issues*, vol. 2. Chichester: Wiley.
- Hughlins-Jackson, J. (1874). On the nature of the duality of the mind. *Medical Press and Circular*, 1, 19, 41, 63. Reeditado (1915) *Brain*, 38, 80-103.
- Jackson, M. y Warrington, E. K. (1986). Arithmetic skills in patients with unilateral cerebral lesion. *Cortex*, 22, 611-622.
- Jong, B. M., van Zomeren, A. H., Willemsen, H. T. M. y Paans, A. M. J. (1996). Brain activity related to serial cognitive performance resembles circuitry of higher order motor control. *Experimental Brain Research*, 109, 136-140.
- Kinsbourne, M. y Warrington, E. K. (1962). A study of finger agnosia. *Brain*, 85, 47-66.
- Klapp, S. (1974). Syllable-dependent pronunciation latencies in number naming: A replication. *Journal of Experimental Psychology*, 102, 1138-1140.
- Kokl, H. H. J., Van Grunsven, M. J. F. y Keyser, A. (1985). On parallelism between production and comprehension in agrammatism. En M. L. Kean (Ed.), *Agrammatism*. Londres: Academic Press.
- Kosslyn, S. M., Koenig, O., Barrett, A., Cave, C. B., Tang, J. y Gabrieli, J. D. E. (1989). Evidence for two types of spatial representations: Hemispheric specialisations for categorical and coordinate relations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception And Performance*, 15, 723-735.
- Lakatos, I. (1974). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Madrid: Tecnos.
- Lampl, Y., Eshel, Y., Gilad, R. y Sarova-Pinhas, I. (1994). Selective acalculia with sparing of the subtraction process in a patient with left parietotemporal haemorrhage. *Neurology*, 44, 1759-1761.

- Lebrun, Y. (1976). Neurolinguistic models of language and speech. En H. Whitaker y H. A. Whitaker (Eds.), *Studies in neurolinguistics*, vol. 1. Nueva York: Academic Press.
- Lecours, R. A. y Lhermitte, F. (1979). *L'Aphasie*. París: Flammarion.
- Levelt, W. J. M., Roelofs, A. y Meyer, A. S. (1999). A theory of lexical access in speech production. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 1-75.
- Lichtheim, L. (1885). On aphasia. *Brain*, 7, 433-484.
- Link, S. (1990). Modelling imageless thought: The relative judgment theory of numerical comparisons. *Journal of Mathematical Psychology*, 34, 2-41.
- Logie, R. H. y Baddeley, A. D. (1987). Cognitive processes in counting. *Journal of Experimental Psychology*, 13, 310-326.
- Luria, A. R. (1947/1970). *Traumatic aphasia*. La Haya: Mouton. (Traducción castellana: *Cerebro y lenguaje: la afasia traumática: síndrome, exploración y tratamiento*. Barcelona: Fontanella, 1978, 2ª ed.).
- Macaruso, P., McCloskey, M. y Aliminosa, D. (1993). The functional architecture of the cognitive number-processing system: Evidence from a patient with multiple impairments. *Cognitive Neuropsychology*, 10, 341-376.
- Manning, L. (1992). *Introducción a la neuropsicología clásica y cognitiva del lenguaje*. Madrid: Trotta.
- Marie, P. (1906). Révision sur la question de l'aphasie: La troisième circonvolution frontale gauche ne joue aucun rôle spécial dans la fonction du langage. *Semaine Médicale*, 21, 241-247.
- Marin, O., Saffran, E. y Schwartz, D. (1976). Dissociations of language in aphasia: Implications for normal functions. *Annals of New York Academy of Science*, 280, 868-884.
- Marr, D. (1976). Early processing of visual information. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Londres, B275, 483-524.
- Marr, D. (1982). *Vision*. San Francisco: Freeman. (versión castellana: *Visión*, Alianza, 1985).
- Marshall, J. C. (1984). Multiple perspectives on modularity. *Cognition*, 17, 209-242.

- Marshall, J. C. y Newcombe, F. (1966). Syntactic and semantic errors in paralexia. *Neuropsychologia*, 4, 169-176.
- Marshall, J. C. y Newcombe, F. (1980). The conceptual status of deep dyslexia. An historical perspective. En M. Coltheart, K. Patterson y J. C. Marshall (Eds.), *Deep dyslexia*. Londres: Routledge and Kegan Paul.
- Marterer, A., Danielezyk, W., Simanyi, M. y Fisher, P. (1996). Calculation abilities in dementia of the Alzheimer's type and in vascular dementia. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 23, 189-197.
- Mayer, E., Martory, M., Pegna, A., Landis, T., Delavel, J. y Annoni, J. (1999). A pure case of Gerstmann syndrome with a subangular lesion. *Brain*, 122, (6), 1107-1120.
- Mazzocco, M. M. M. y McCloskey, M. (2005). Math performance in girls with Turner or fragile X syndrome. En J. I. D. Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition*, (pp. 269-298). Nueva York: Psychology Press.
- McClelland, J. L. y Rumelhart, D. E. (1986). *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*. Cambridge: MIT Press/Bradford Books.
- McCloskey, M. (1992). Cognitive mechanisms in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia. *Cognition*, 44, 107-157.
- McCloskey, M. (1993). Theory and evidence in cognitive neuropsychology: A "radical" response to Robertson, Knight, Rafal, and Shimamura (1993). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 19, 718-34.
- McCloskey, M. y Caramazza, A. (1987). Cognitive mechanisms in normal and impaired number processing. En G. Deloche y X. Seron (Eds.), *Mathematical disabilities: A cognitive neuropsychological perspective*. Hillsdale; NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- McCloskey, M. y Caramazza, A. (1988). Theory and methodology in cognitive neuropsychology. A response to ours critics. *Cognitive Neuropsychology*, 5, 583-623.

- McCloskey, M., Caramazza, A. y Basili, A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, 4, 171-196.
- McCloskey, M. y Macaruso, P. (1995). Representing and using numerical information. *American Psychologist*, 50 (5), 351-363.
- McCloskey, M., Sokol, S. M. y Goodman, R. A. (1986). Cognitive processes in verbal-number production: Inferences from the performance of brain-damaged subjects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, (4), 307-330.
- McCloskey, M., Alimonsi, D. y Sokol, S. M. (1991). Facts, rules and procedures in normal calculation: Evidence from multiple single-patient studies of impaired arithmetic retrieval. *Brain and Cognition*, 17, 154-203.
- McCulloch, W. y Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical and Biophysics*, 5, 115-133.
- McNeil, J. E. y Warrington, E. K. (1994). A dissociation between addition and subtraction within written calculation. *Neuropsychologia*, 32, 717-728.
- Menon, V., Rivera, S. M., White, C. D., Glover, G. H. y Reiss, A. L. (2000). Dissociating prefrontal and parietal cortex activation during arithmetic processing. *NeuroImage*, 12, 357-365.
- Miranda, A. y Gil-Llario, M. D. (2001). Las dificultades de aprendizaje en las matemáticas: concepto, manifestaciones y procedimientos de manejo. *Revista de Neurología Clínica*, 2 (1), 55-71.
- Moore, D. S. y McCabe, G. P. (2001). *Introduction to the Practice of Statistics*. Nueva York: W. H. Freeman. 4ª Ed. 2003.
- Morton, J. (1969). Interaction of information in word recognition. *Psychological Review*, 76, 165-178.
- Morton, J. (1979). Word recognition. En J. Morton, y J. C. Marshall (Eds.), *Psycholinguistics 2: Structures and Processes*, Cambridge: MIT Press. Versión castellana en F. Valle,

- F. Cuetos, J. M. Igoa y S. del Viso (Eds.), *Lecturas de Psicolingüística*. Madrid: Alianza Psicología (1990).
- Morris, H. H., Luders, H., Lesser, R. P., Dinner, D. S. y Hahn, J. (1984). Transient neuropsychological abnormalities (including Gerstmann's syndrome) during cortical stimulation. *Neurology*, *34*, 877-883.
- Morton, J. y Patterson, K. (1980). A new attempt at an interpretation, or an attempt at a new interpretation. En M. Coltheart, K. Patterson y J. C. Marshall (Eds.), *Deep dyslexia*. Londres: Routledge and Kegan Paul.
- Moyer, R. S. y Landauer, T. K. (1967). Time required for judgements of numerical inequality. *Nature*, *215*, 1519-1520.
- Newcombe, F. y Marshall, J. (1988). Idealisation meets psychometrics: The case for the right group and right individuals. *Cognitive Neuropsychology*, *5*, 549-564.
- Noel, M. P., Desert, M., Aubrun, A. y Seron, X. (2001). Involvement of short-term memory in complex mental calculation. *Memory and Cognition*, *29*, 34-42.
- Noel, M. P., Fias, W. y Brysbaert, M. (1997). About the influence of the presentation format on arithmetical-fact retrieval processes. *Cognition*, *63*, 335-374.
- Noel, M. P. y Seron, X. (1992). Arabic number reading deficit: a single case study or when 236 is read (2306) and judged superior to 1258. *Cognitive Neuropsychology*, *10*, 317-339.
- Noel, M. P. y Seron, X. (1995). Lexicalization errors in writing arabic numerals: A single-case study. *Brain and Cognition*, *29*, 151-179.
- Orrantía, J. (2001). Memoria y dificultades en el aprendizaje del cálculo. En A. Sánchez Cabaco y M. S. Beato (Coords.), *Psicología de la memoria. Ámbitos aplicados* (pp. 67-86). Madrid: Alianza Editorial.
- Parkin, A. J. (1999). *Exploraciones en neuropsicología cognitiva*. Madrid: Médica Panamericana. (Orig. 1996)
- Parkman, J. M. (1971). Temporal aspects of digit and letter inequality judgments. *Journal of Experimental Psychology*, *91*, 191-205.

- Patterson, K. E. y Shewell, C. (1987). Speak and spell: dissociations and word class effect. En M. Coltheart, G. Santori y R. Job (Eds.), *The Cognitive Neuropsychology of Language*. Londres: Lawrence Erlbaum Associates.
- Paulos, J. A. (1990). El hombre anumérico: El analfabetismo matemático y sus consecuencias. Barcelona: Tusquets Editores, 1ª ed. (Orig. 1988)
- Paulos, J. A. (1993). *Más allá de los Números: Meditaciones de un matemático*. Barcelona: Tusquets Editores. (Orig. 1991).
- Paulos, J. A. (1996). *Un matemático lee el periódico*. Barcelona: Tusquets Editores. (Orig. 1995).
- Pesenti, M., Seron, X., y Van Der Linden, M. (1994). Selective impairment as evidence for mental organisation of arithmetical facts: BB, a case of preserved subtraction? *Cortex*, 30, 661-671.
- Pesenti, M., Thioux, M., Seron, X. y De Volder, A. (2000). Neuroanatomical substrates of arabic number processing, numerical comparison, and simple addition: A PET study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, (3), 461-480.
- Pick, A. (1913). *Die agrammatischen Sprachstörungen*. Berlín: Springer.
- Pinel, P., Dehaene, S., Rivière, D. y LeBihan, D. (2001). Modulation of parietal activation by semantic distance in a number comparison task. *NeuroImage*, 14, 1013-1026.
- Pinker, S. (2000). *Cómo funciona la mente humana*. Barcelona: Destino. (Orig. 1997)
- Polk, T. A., Reed, C. L., Keenan, J. M., Hogarth, P. y Anderson, C. A. (2001). A dissociation between Symbolic Number Knowledge and Analogue Magnitude Information. *Brain and Cognition*, 47, 545-563.
- Poltrock, S. E. y Schwartz, D. R. (1984). Comparative judgments of multidigit numbers. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10, 32-45.
- Posner, M. (1978). *Chronometric explorations of mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Postle, B. R., Stern, C. E., Rosen, B. R. y Corkin, S. (2000). An fMRI investigation of cortical contributions to spacial and nonspacial visual working memory. *NeuroImagen*, 11, 409-423.
- Pryce, G. (2005). *Inference and Statistics in SPSS*. Glasgow: GeeBeeJey Publishing.
- Pynte, J. (1974). Readiness for pronunciation during the reading process. *Perception and Psychophysics*, 16, 110-112.
- Ratinckx, E., Brysbaert, M. y Reynvoet, B. (2001). Bilateral field interactions and hemispheric asymmetry in number comparison. *Neuropsychologia*, 39, 335-345.
- Reynvoet, B. y Brysbaert, M. (1999). Single-digit and two-digit Arabic numerals address the same semantic number line. *Cognition*, 72, 191-201.
- Rickard, T. C., Romero, S. G., Basso, G., Wharton, C. M., Flitman, S. y Grafman, J. (2000). The calculating brain: An fMRI study. *Neuropsychologia*, 38, 325-335.
- Robertson, L. C., Knight, R. T., Rafal, R. y Shimamura, A. P. (1993). Cognitive Neuropsychology is more than single case studies. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 710-717.
- Rosselli, M. (1998). Arithmetical abilities in Alzheimer disease. *International Journal of Neuroscience*, 96, (3-4), 141-149.
- Rosselli, M. y Ardila, A. (1989). Calculation deficits in patients with right and left hemisphere damage. *Neuropsychologia*, 27, 607-617.
- Rumelhart, D. E. y McClelland, J. L. (1982). An interactive activation model of context affects in letter perception 2: The contextual enhancement effect and some tests and extensions of the model. *Psychological Review*, 89 (1), 60-94.
- Rumelhart, D. E. y McClelland, J. L. (1992) (Eds.). *Introducción al procesamiento distribuido en paralelo*. Madrid: Alianza. (Orig. 1986)
- Saffran, E. M. (1982). Neuropsychological approaches to the study of language. *British Journal of Psychology*, 73, 317-337.

- Salguero, M. P. (2000). *Procesamiento de los números arábigos: Efecto frecuencia y representaciones léxicas*. Trabajo de Suficiencia Investigadora. Universidad de Huelva.
- Salguero, M. P. y Alameda, J. R. (2003). El procesamiento de los números y sus implicaciones educativas. *XXI Revista de Educación*, 5, 181-190, 2003.
- Salguero, M. P., Lorca, J. A. y Alameda, J. R. (2003). Procesamiento numérico y cálculo: evidencia de un caso desde la Neuropsicología Cognitiva. *Revista de Neurología*, 36 (9), 817-820.
- Salguero, M. P., Lorca, J. A. y Alameda, J. R. (2004). Independencia funcional del conocimiento numérico léxico y la representación de la magnitud: Evidencia de un caso. *Revista de Neurología*, 39 (11), 1038-1042.
- Santiago, J., Tornay, F. y Gómez, E. (1999). *Procesos Psicológicos Básicos*. Madrid: McGraw-Hill.
- Scheuer, A., Sinclair, A., Merlo, S. y Tièche, Ch. (2000). Cuando ciento setenta y uno se escribe 10071: niños de 5 a 8 años produciendo numerales. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 31-50.
- Searle, J. R. (2000). *El misterio de la conciencia*. Barcelona: Paidós. (Orig. 1997).
- Searle, J. R. (2001). *Mentes, Cerebros y Ciencia*. Madrid: Cátedra. (Orig. 1984).
- Sellal, F. y Mohr, M. (1996). Dementia in a 58-year-old woman. *Lancet*, 347, 8996, 236-240.
- Seron, X. y Noel, M. P. (1995). Transcoding numbers from the arabic code to the verbal one or vice versa: How many routes? *Mathematical Cognition*, 1, 215-243.
- Shallice, T. (1979). Case study approach in neuropsychological research. *Journal of Clinical Neuropsychology*, 1, 183-211.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shallice, T., Warrington, K. y McCarthy, R. (1983). Reading without semantics. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35A, 111-138.

- Shapiro, B. J. (1969). The subjective estimation of relative word frequency. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8, 248-251.
- Siegler, R. S. (1987). The perils of averaging data over strategies. A example from children's addition. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116, 250-264.
- Siegler, R. S. (1988). Individual differences in strategy choices: Good students, not-so-good students, and perfectionist. *Child Development*, 59, 833-851.
- Siegler, R. S. y Jenkins, E. (1989). *How children discover new strategies*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Siegler, R. S. y Shrager, J. (1984). Strategy choice in addition and subtraction: How children know to do? En C. Sophian (Ed.), *Origins of cognitive skills* (pp. 229-293). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Singer, H. D. y Low, A. A. (1933). Acalculia (Henschen). A clinical study. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 29, 476-498.
- Sokol, S. y McCloskey, M. (1988). Levels of representation in verbal number production. *Applied Psycholinguistic*, 9, 267-281.
- Sokol, S. M., McCloskey, M., Cohen, N. J. y Alimososa, D. (1991). Cognitive representations and processes in arithmetic: Inferences from the performance of brain-damaged patients. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 17, 355-376.
- Starkey, P. y Cooper, R. G. (1980). Perception of numbers by human infants. *Science*, 210, 1033-1035.
- Stazyk, E. H., Ashcraft, M. H. y Hamann, M. S. (1982). A network approach to simple multiplication. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 17, 155-176.
- Strub, R. y Geschwind, N. (1983). Localization in Gerstmann syndrome. En A. Kertesz (Ed.), *Localization in neuropsychology*. Nueva York: Academic Press.
- Takayama, Y., Sugishita, M., Akiguchi, I. y Kimura, J. (1994). Isolated acalculia due to left lesion. *Archives of Neurology*, 21, 286-294.

- Teuber, H. (1955). Physiological psychology. *Annual Review of Psychology*, 9, 267-296.
- Thioux, M., Seron, X. y Pesenti, M. (1999). Functional neuroanatomy of the semantic system: The case for numerals. *Brain and Language*, 69, 488-490.
- Tversky, A. y Kahneman, D. (1983). Extensions versus intuitive reasoning: The conjunction fallacy in probability judgment. *Psychological Review*, 90, 293-315.
- Ungerleider, L. G. y Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. En D. J. Ingle, M. A. Goodale y R. J. Mansfield (Eds.), *Analysis of visual behavior* (pp. 549-586). Cambridge, MA: MIT Press.
- Valle, F. (1991). *Psicolingüística*. Madrid: Morata.
- Valle, F., Cuetos, F., Igoa, J. M. y del Viso, S. (1990). *Lecturas de psicolingüística. Vol. 2. Neuropsicología Cognitiva del Lenguaje*. Madrid: Alianza Editorial.
- Van Harskamp, N. J. y Cipolotti, L. (2001). Selective impairments for addition, subtraction and multiplication. Implications for the organisation of arithmetical facts. *Cortex*, 37, (3), 363-388.
- Vega, M. y Cuetos, F. (1999) (Coords.). *Psicolingüística del Español*. Madrid: Trotta.
- Vega, M., Carreiras, M., Gutiérrez-Calvo, M. y Alonso-Quecuty, M. L. (1990). *Lectura y Comprensión. Una perspectiva Cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial.
- Vygotski, L. (1987). Problems of general psychology and Thinking and speech. En R. Rieber y A. Carton (Eds.), *The collected works of Vygotsky*. Nueva York: Plenum Press.
- Warrington, E. K. (1982). The fractionation of arithmetical skills: A single case study. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 34 A, 31-51.
- Warrington, E. y Shallice, T. (1980). Word-form dyslexia. *Brain*, 103, 99-112.
- Weisenberg, T. y McBride, K. (1935). *Aphasia*. Nueva York: Commonwealth Fund.
- Wernicke, C. (1874). *Der Aphasische Symptomenkomplex*. Breslau: Cohn y Weigart. (Traducido en *Boston Studies in Philosophy of Sciences*, 4, 34-97.) (Traducido en G. H. Eggert, *Wernicke's works on aphasia*. La Haya: Mouton, 1977).

-
- Widaman, K. F., Little, T. D., Geary, D. C. y Cormier, P. (1992). Individual differences in the development of skill in mental addition: Internal and external validation of chronometric models. *Learning and Individual Differences*, 4, 167-213.
- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358 (6389), 749-750.
- Zago, L., Pesenti, M., Mellet, E. y Crivello, F. (2001). Neural correlates of simple and complex mental calculation. *NeuroImage*, 13, 314-327.
- Zago, L. y Tzourio-Mazoyer, N. (2002). Distinguishing visoespatial working memory and complex mental calculation areas within parietal lobes. *Neuroscience Letters*, 331, 45-49.
- Zurif, E. B., Gardner, H., y Brownell, H. H. (1989). The case against the case group studies. *Brain and Cognition*, 10, 237-55.
- Zurif, E. B., Swinney, D., y Fodor, J. A. (1991). An evaluation of assumptions underlying the single-patient-only position in neuropsychological research: A reply. *Brain and Cognition*, 16, 198-210.