

Conocimiento numérico cuantitativo y léxico: evidencia de doble disociación

José Ramón Alameda Bailén, María Pilar Salguero Alcañiz y José Andrés Lorca Marín
Universidad de Huelva

El objetivo de este trabajo es determinar las implicaciones de una lesión cerebral concreta en el sistema de procesamiento numérico y el cálculo. El método empleado es el estudio de caso único, mediante la aplicación de pruebas de evaluación neuropsicológica. Los datos evidencian una doble disociación entre conocimiento numérico cuantitativo y cualitativo o léxico. Por un lado, la paciente M.C. preserva el conocimiento numérico cuantitativo tal como muestran los resultados en tareas de comprensión numérica y cálculo, sin embargo, presenta graves alteraciones en conocimiento numérico cualitativo. Por otra parte, M.L. conserva el conocimiento numérico cualitativo o léxico pero tiene gravemente alteradas las habilidades que requieren de la manipulación interna de cantidades, es decir, del conocimiento numérico cuantitativo. Estos resultados tienen dos implicaciones importantes: Primero, el conocimiento numérico cuantitativo podría estar compuesto por elementos susceptibles de dañarse de manera independiente. Y segundo, el conocimiento numérico cuantitativo es funcionalmente independiente del cualitativo.

Quantitative numerical and lexical knowledge: Evidence of double dissociation. The aim of this work was to explain the involvement of a specific brain injury in the numerical processing and calculation system. The method employed was «single case» analysis and the administration of various cognitive neuropsychology tests. The results of this study revealed a double dissociation between quantitative numerical knowledge and qualitative or lexical numerical knowledge. Patient M.C. preserved quantitative numerical knowledge, as indicated by the results obtained in the numerical comprehension and calculation tasks. However, she showed a drastic deficit in qualitative numerical knowledge. On the other hand, patient M.L. preserved qualitative numerical knowledge, but she had serious problems in all the abilities that require internal manipulation of magnitude; that is, quantitative numerical knowledge. These results have two important implications, as conclusions: firstly, quantitative numerical knowledge may be made up of different elements susceptible to damage independently. And secondly, quantitative and qualitative numerical knowledge were functionally independent.

Si bien es cierto que entre números y palabras se puede establecer un alto grado de relación (Alsina y Sáiz, 2003) son dos sistemas diferentes. Los números son símbolos, y, por lo tanto, al igual que las palabras están formados por un significado y un significante. El significado de un número es siempre una cantidad. Pero de la misma manera que hay palabras con varios significados para un único significante (homónimos/homógrafos), existen números con varios significados, es decir, números que además de transmitir una cantidad son capaces de evocar otras ideas no-cuantitativas. Al conjunto de estos otros significados no cuantitativos es lo que se denomina *conocimiento numérico léxico, autobiográfico o enciclopédico* (Salguero y Alameda, 2003; Salguero, Lorca, y Alameda, 2003, 2004).

Este conocimiento abarca distintos tipos de información: información de carácter «autobiográfico», esto es, los números perso-

nales, como fecha de nacimiento, el número del D.N.I., la matrícula del coche, número de teléfono..., también incluye información general, de carácter «enciclopédico», por ejemplo, constantes de tiempo (7, 12, 24, 365), constantes matemáticas (3.1416), marcas publicitarias, como modelos de coches, (seat-600, sinca-1000, etc.), marcas de coñac (501, 103...), así como fechas relevantes (1789, 1492, etc.) (Alameda, Cuetos, y Brysbaert, 2003; Salguero y Alameda, 2003; Salguero, Lorca, y Alameda, 2003, 2004).

El modelo de lectura de números propuesto por Cohen, Dehaene y Verstichel (1994) sitúa el conocimiento numérico no cuantitativo o léxico dentro del sistema semántico junto con la representación de la cantidad. De acuerdo con el modelo, en este sistema se encuentran «los archivos o registros semánticos que podrían especificar no sólo la magnitud aproximada del número, sino también los referentes de los números en varios dominios tales como fechas, edades, pesos, marcas de coche, etc. Otros numerales sólo poseerían una representación semántica genérica en términos de cantidades aproximadas» (p. 276). Por lo tanto, para Cohen et al. (1994), los significados de los números (cuantitativos y no-cuantitativos) estarían localizados en un mismo sistema semántico.

Sin embargo, como señalan Seron y Noel (1995), en la representación gráfica del modelo (Dehaene et al., 1994, p. 276, figura 4) no está claro qué tipo de relación se establece entre la representación de la magnitud y el conocimiento enciclopédico como partes de un mismo sistema semántico.

En este sentido son posibles dos interpretaciones, por un lado, que ambos tipos de conocimientos sean interdependientes, de manera que al dañarse uno quedará también afectado el otro. Por otro lado, es posible, como apuntan Seron y Noel (1995), que se trate de elementos funcionalmente independientes, susceptibles de dañarse selectivamente, es decir, que pueda dañarse uno dejando intacto el otro.

En la misma línea que Cohen et al. (1994) están las propuestas posteriores que hacen estos autores en el modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995, 1997). Este modelo considera que existen tres tipos de representaciones mentales para los números: forma visual arábica, estructura verbal de la palabra y representación analógica de la magnitud.

En la *forma visual-arábica* los números son representados como cadenas de dígitos, es una representación de carácter visoespacial. Se localiza en las áreas occipito-temporal inferior ventral de ambos hemisferios. La *estructura verbal de la palabra* es la representación de los números en forma de secuencias de palabras organizadas sintácticamente. Se localiza en las áreas perisilvianas clásicas del lenguaje del hemisferio izquierdo. Por último, en la *representación*

rico no cuantitativo, como es el conocimiento numérico enciclopédico o autobiográfico. Dehaene y Cohen (1995: 86) afirman que:

«El significado de los números no se limita al conocimiento cuantitativo. Podemos saber, por ejemplo, que 16 es una potencia de 2 y que 17 es un número primo. También tenemos un conocimiento enciclopédico de algunos números, como 1914 o 1789. Esto sugiere que la representación semántica en nuestro modelo puede eventualmente ser enriquecida con datos semánticos no cuantitativos como “potencia de 2”, “primo” o “fecha famosa”».

Por lo tanto, el modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995) sitúa en la *representación analógica de la magnitud* la representación de la cantidad, que permite la manipulación interna de cantidades, junto con la información de carácter enciclopédico o autobiográfico y otros datos no-cuantitativos.

Esta representación analógica es la que permite la manipulación interna de cantidades, y, por tanto, es la responsable de la comparación de magnitudes, así como de las operaciones de cálculo que requieren elaboración semántica como es la resta. Por el contrario, la recuperación de datos aritméticos procedentes de las tablas, como es el caso de la multiplicación y a veces de la suma, depende directamente de la representación verbal de la palabra y, por tanto, se puede acceder a estos datos sin mediación semántica (Dehaene y Cohen, 1995, 1997).

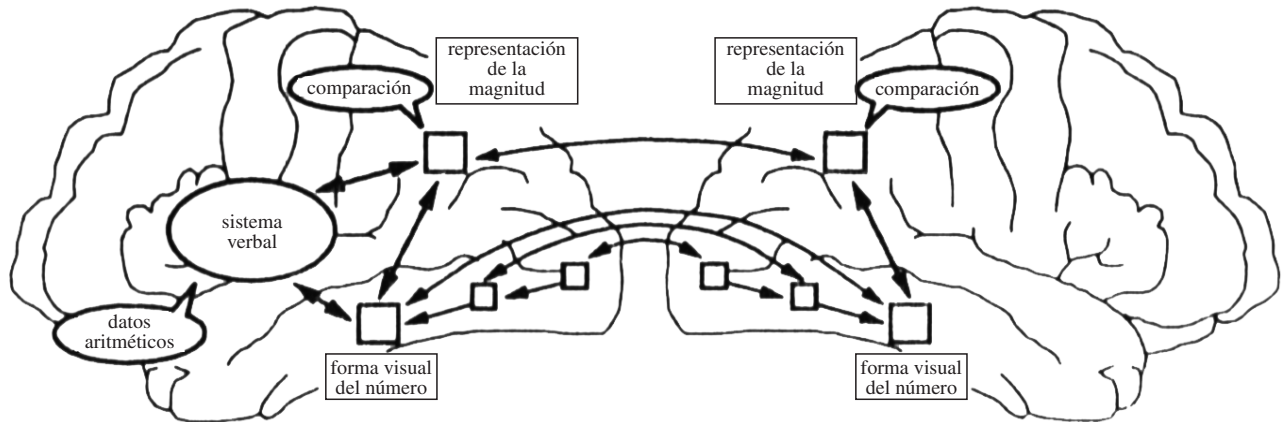


Figura 1. Modelo anatómico funcional del procesamiento numérico (Dehaene y Cohen, 1995)

analógica de la magnitud 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. Los números se representan como activación distribuida a lo largo de la línea numérica. Es en este nivel donde la cantidad o magnitud asociada con un número se recupera y a partir de ahí puede ponerse en relación con otras cantidades. Esta representación estaría localizada en las áreas parieto-occipito-temporal de ambos hemisferios y estarían conectadas por el cuerpo caloso (Dehaene y Cohen, 1995), aunque en propuestas posteriores del modelo se concreta que la representación analógica de la magnitud se sitúa en el parietal inferior de ambos hemisferios (Dehaene y Cohen, 1997: 221).

En esta representación analógica además del conocimiento cuantitativo de los números estaría también el conocimiento numé-

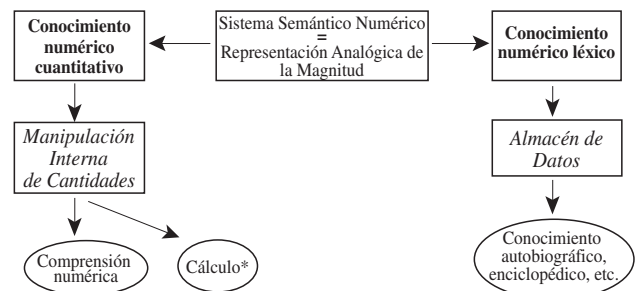


Figura 2. Representación esquemática de las funciones del sistema semántico numérico o representación analógica de la magnitud, según el modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995).

(*). Cálculo no-memorístico, es decir, que se resuelve mediante elaboración semántica y no a través de la recuperación de datos de las tablas

En resumen, la representación analógica de la cantidad en el contexto del modelo anatómico funcional de Dehaene y Cohen (1995, 1997) es la responsable de dos tipos de actividades o conocimientos fundamentalmente:

- a) *Manipulación interna de cantidades*, que es la encargada de dos grandes grupos de tareas:
 - Comprensión numérica, como comparación, proximidad, bisección, etc., son tareas que requieren acceder a la cantidad que representa un número y ponerla en relación con otras cantidades.
 - Operaciones aritméticas que requieren elaboración semántica: principalmente la resta.
- b) *Conocimiento numérico léxico no cuantitativo*, es decir, conocimiento numérico de carácter enciclopédico, autobiográfico, etc.

El modelo predice una relación de dependencia funcional entre los dos tipos de tareas del primer grupo, ya que dependen de un mismo proceso: la manipulación interna de cantidades. En otras palabras, existe una relación de dependencia funcional entre la comprensión numérica y el cálculo. Sin embargo, este modelo no especifica qué tipo de relación se establece entre el conocimiento numérico cualitativo o léxico y el cuantitativo, es decir, la manipulación interna de cantidades.

En este trabajo se presentan los resultados del estudio de dos pacientes con daño cerebral, que presentan una doble disociación entre el conocimiento numérico cuantitativo y el conocimiento numérico léxico (no cuantitativo). Estas alteraciones en el sistema de procesamiento numérico y cálculo son consecuencia de la lesión cerebral, por lo que no pueden considerarse dificultades de aprendizaje (Ortiz, 2005). En la línea de nuestros resultados están los de Dehaene y Cohen (1997) respecto al caso M. A. R. Este paciente presenta una disociación entre conocimiento numérico cuantitativo (alterado) y conocimiento numérico cualitativo (intacto). Este mismo patrón de impedimentos presenta nuestro caso M. L. como veremos más adelante. La novedad de este trabajo es que nuestra paciente M. C. presenta el patrón inverso, es decir, tiene alterado el conocimiento numérico léxico o cualitativo pero conserva intacto el conocimiento numérico cuantitativo. Por consiguiente, se establece una doble disociación entre ambos tipos de conocimiento.

Método

En este trabajo, como ya se ha comentado, se presentan los resultados de un estudio comparativo sobre el procesamiento numérico y el cálculo realizado con dos pacientes con daño cerebral. En la tabla 1 se recogen de manera esquemática las principales características de ambas pacientes. Como se muestra en la figura 3, la paciente M. L. tiene dañado el hemisferio izquierdo, pero conserva intacto el derecho, mientras que M. C. presenta el daño principal en el hemisferio derecho aunque en el izquierdo tiene ligera afectación de los ganglios basales y una pequeña afectación a nivel subcortical (zonas que no están implicadas en el procesamiento numérico según el modelo de Dehaene y Cohen, 1995).

Como vimos en la figura 1, de acuerdo con el modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995, 1997) en el hemisferio izquierdo estarían localizados los tres tipos de representaciones numéricas, mientras que en el hemisferio derecho sólo habría dos tipos: la representación visual arábiga y la representación analógica de la magnitud, de manera que aplicando los postulados del modelo a las particularidades de nuestras pacientes se puede predecir:

- a) En la paciente M. C. no aparecerán alteraciones en el procesamiento numérico y cálculo, ya que presenta intactas las zonas del hemisferio izquierdo, en las que se localizan los tres tipos de representaciones numéricas.
- b) En la paciente M. L. las dificultades aparecerán sólo en aquellas tareas en las que se requiera mediación verbal, los daños afectarán sólo a este tipo de representación, puesto que tiene lesionada el área perisilviana izquierda. Los otros dos tipos de representaciones estarán intactos, por lo que no presentarán dificultades.

La evaluación del procesamiento numérico y el cálculo se ha realizado mediante una batería de pruebas para la evaluación del procesamiento numérico y el cálculo, previamente baremadas en un grupo control. Esta batería se divide en seis bloques: comprensión numérica, recodificación numérica, signos aritméticos, cálculo, conocimiento numérico léxico y, por último, secuencia numérica. Cada uno de estos bloques está compuesto por distintas tareas, en total 32. En la tabla 2 aparecen las pruebas que componen cada bloque. En cuanto a la evaluación del conocimiento numérico léxico, se opta por realizar a cada sujeto un total de 42 preguntas. Estas preguntas abarcan tres tipos de información numérica: autobiográfica-personal, general-enciclopédico y fechas significativas-famosas. La respuesta en todos los casos es un número. Por ejemplo, ¿cuántos son los enanitos del cuento de Blancanieves?, ¿cuántos meses tiene un año?, etcétera.

Tabla 1
Características principales de las pacientes M. L. y M. C.

	M.L.	M.C.
Edad	67	35
Sexo	Femenino	Femenino
Tipo de lesión	Accidente cerebrovascular (ACV)	Traumatismo craneoencefálico (TCE)
Lugar de la lesión	Silvio izquierdo Temporo-parietal izquierdo	Silvio derecho Temporal derecho Diencéfalo Ganglios basales izquierdos



Figura 3. Representación de las lesiones de ambas pacientes. A la izquierda, lesión de la paciente M. L. (hemisferio izquierdo), a la derecha, lesión de la paciente M. C. (hemisferio derecho)

Tabla 2 Esquema de las pruebas que componen la batería de procesamiento numérico y cálculo	
Bloque	Pruebas
COMPRESIÓN NUMÉRICA	Identificación de números arábigos Comparación Bisección Proximidad Asociación n°-cantidad simple Asociación n°-cantidad y producción Verificación asociación n°-cantidad Escala analógica 1 Escala analógica 2
RECODIFICACIÓN NUMÉRICA	Repetición de nombres de números Copiado números arábigos Lectura de números arábigos Lectura de números verbales Copiado verbal-arábigo Copiado arábigo-verbal Dictado de números (arábigo) Dictado de números (verbal)
SIGNOS ARITMÉTICOS	Signos aritméticos: Identificación Signos aritméticos: Naming Uso de los signos aritméticos
CÁLCULO	Principios aritméticos básicos Verificación de resultados Razonamiento numérico Suma Resta Multiplicación Cálculo oral
CONOCIMIENTO NUMÉRICO LÉXICO	Conocimiento numérico léxico: cuestiones
SECUENCIA NUMÉRICA	Secuencia numérica directa Secuencia numérica inversa Secuencia numérica: Orden Serie de números pares

Resultados

A continuación se presentan los resultados de ambas pacientes y del grupo control en aquellos bloques de la batería de evaluación que son relevantes para este trabajo: conocimiento numérico cuantitativo (evaluado en los bloques de comprensión numérica y cálculo) y conocimiento numérico cualitativo o léxico. En la tabla 3 aparecen además de las puntuaciones Z y la significatividad, las puntuaciones directas y los porcentajes de acierto.

En primer lugar, respecto a la *comprensión numérica*, los resultados de ambas pacientes se ajustan a los obtenidos por el grupo control. En el caso de M. L. en 4 de las 6 pruebas que componen este bloque, presenta diferencias no significativas respecto del grupo control: comparación numérica ($Z = -1,02$; $p = 0,3$), proximidad ($Z = -1,05$; $p = 0,29$), escala analógica 1 ($Z = 1,026$; $p = 0,3$) y escala analógica 2 ($p = 1$). En cuanto a M. C., las diferencias son no significativas respecto al grupo control en 5 de las 6 pruebas: Identificación de números arábigos ($p = 1$), comparación numérica ($p = 1$), bisección ($Z = -1,51$; $p = 0,12$), escala analógica 1 ($Z = 1,02$; $p = 0,3$) y escala analógica 2 ($p = 1$). Estos resultados permiten afirmar, en líneas generales, que las habilidades relacionadas con la comprensión numérica están conservadas en ambas pacientes.

Respecto al *cálculo*, se observan importantes diferencias entre las pacientes. En cuanto a M. C. las diferencias con el grupo control son no significativas en las operaciones aritméticas simples: suma ($Z = -0,39$; $p = 0,69$), resta ($Z = 0,13$; $p = 0,89$) y multiplicación ($Z = 0,96$; $p = 0,33$). Por tanto, podemos afirmar que el cálculo escrito simple está intacto en esta paciente. El cálculo oral también está preservado ya que las diferencias con el grupo control son no significativas ($Z = -0,46$; $p = 0,64$). Las diferencias son también no significativas respecto al grupo control en la tareas de verificación de resultados ($p = 1$) y razonamiento numérico ($Z = 1,01$; $p = 0,3$). Estos datos confirman la conservación de las habilidades de cálculo.

Por el contrario, M. L. está impedida para la realización de tareas de cálculo. Respecto al cálculo simple, se muestra incapaz de sumar y multiplicar (0% aciertos en ambas; $p = 0$ en ambos casos);

Tabla 3 Resultados de las pacientes M. L., M. C. y del grupo control										
	M.L.		M.C.		GRUPO CONTROL		M.L./G.C.		M.C./G.C.	
	P.D.	A%	P.D.	A%	M-P.D.	A%	Z	p	Z	p
COMPRESIÓN NUMÉRICA										
Identificación números arábigos	16	61.5	20	100	20	100	-3,1	0	0	1
Comparación	9	90	10	100	10	99,7	-1	0,3	0	1
Bisección	5	50	12	85,7	15	99,13	-3,1	0	-1,5	0,1
Proximidad	5	55,5	15	100	15	74,25	-1,1	0,3	2,09	0
Escala analógica 1	10	100	10	100	9	87,8	1,03	0,3	1,02	0,3
Escala analógica 2	10	100	10	100	9	97,8	0	1	0	1
CÁLCULO										
Principios aritméticos básicos	0	0	24	72,7	30,76	93,21			-2,3	0
Verificación de resultados	7	58,3	12	100	11,87	98,91	-2,5	0	0	1
Razonamiento numérico	12	40	30	100	28,87	96,23	-4,7	0	1,01	0,3
Suma	0	0	20	95,2	35,17	97,69			-0,4	0,7
Resta	2	5,55	20	95,2	34,23	95,08	-7,5	0	0,13	0,9
Multiplicación	0	0	10	100	32,11	91,74			0,96	0,3
Cálculo oral	0	0	37	92,5	37,73	94,32			-0,5	0,6
CONOCIMIENTO NUMÉRICO LÉXICO										
Cuestiones	26	70	15	39,4	32	76	-0,6	0,55	-3,3	0

en resta presenta también un importante déficit (5.5% acierto; $p=0$). Estas dificultades se ponen de manifiesto en que las diferencias con el grupo control son significativas en las tareas de verificación de resultados ($Z= -2,51$; $p= 0.01$), en razonamiento numérico ($Z= -4,72$; $p= 0$), así como en su incapacidad para aplicar los principios aritméticos básicos (0% acierto; $p= 0$). Por lo tanto, podemos afirmar que las diferencias entre M. L. y el grupo control en cuanto al cálculo son significativas en todos los casos, estando esta paciente impedida para la realización de estas tareas.

En lo que se refiere al *conocimiento numérico cualitativo*, se observan importantes diferencias entre ambas pacientes. Por un lado, existen diferencias significativas entre la paciente M. C. y el grupo control ($Z= -3,33$; $p= 0.0008$), este dato permite afirmar que la paciente presenta severas dificultades en lo que se refiere al conocimiento numérico léxico o no cuantitativo. Por el contrario, la paciente M. L. presenta diferencias no significativas respecto al grupo control ($Z= -0,59$; $p= 0.55$), es decir, que conserva el conocimiento numérico léxico.

En la figura 4 se comparan los resultados de ambas pacientes y del grupo control en conocimiento numérico léxico y en conocimiento numérico cuantitativo (comprensión numérica y cálculo).

En resumen, la paciente M. C. conserva intacto el conocimiento numérico cuantitativo, como evidencian los resultados en las tareas de comprensión numérica y cálculo, pero presenta alterado el conocimiento numérico de carácter cualitativo o léxico. Por el contrario, la paciente M. L. tiene afectado el conocimiento numérico cuantitativo pero conserva el cualitativo.

Discusión y conclusiones

Utilizando la terminología del modelo anatómico-funcional (Dehaene y Cohen, 1995, 1997) podemos decir que M. C. conserva las representaciones analógicas de la magnitud, lo que le permite realizar correctamente las tareas de comprensión numérica, así como las operaciones aritméticas de restar y sumar.

Por el contrario, la paciente M. L. conserva la comprensión numérica, lo que implicaría que dispone de las representaciones analógicas de magnitud, aquellas que, según el modelo, permiten la manipulación interna de cantidades, es decir, la resolución de cálculo simples. Sin embargo, nuestra paciente está incapacitada para la realización de cálculos aritméticos. Por tanto, el modelo anatómico-funcional no puede, en su formulación actual, explicar este dato.

Por tanto, se observa una doble disociación entre conocimiento numérico cuantitativo y cualitativo. La paciente M. C. conserva el conocimiento numérico cuantitativo como pone de manifiesto en los resultados obtenidos en comprensión numérica y en cálculo, pero tiene dañado el conocimiento numérico léxico (no-cuantitativo), mientras que la paciente M. L. está impedida para el conocimiento numérico cuantitativo pero preserva el conocimiento numérico léxico (no-cuantitativo).

Estos resultados tienen dos importantes implicaciones. Primero, en complemento a lo que afirma el modelo anatómico-funcional, la «representación analógica de la magnitud» encargada de la «elaboración interna de cantidades» no sería un constructo unitario responsable tanto de la comprensión numérica como del cálculo, sino que debe ser componencial, es decir, estar formado por distintos elementos susceptibles de dañarse de manera independiente, como es el caso de nuestra paciente M. L., que a pesar de conservar la comprensión numérica está impedida para el cálculo.

En segundo lugar, el conocimiento numérico léxico, como afirman Dehaene y Cohen (1995), estaría situado en la «representación analógica de la magnitud», pero siendo funcionalmente independiente del cuantitativo, recuérdese que para estos autores el conocimiento numérico léxico es una posibilidad enriquecedora de la magnitud. La paciente M. C. puede acceder a este tipo de representación, puesto que conserva la comprensión numérica y realiza las tareas de cálculo correctamente, sin embargo, no tiene acceso al conocimiento numérico cualitativo. Esta independencia funcional entre conocimiento numérico léxico y conocimiento numérico cuantitativo se confirma con los resultados de la paciente M. L., impedida para la realización de operaciones de cálculo, lo que permite suponer que tiene alterada la representación analógica de la magnitud. Sin embargo, M. L. es capaz de responder correctamente a cuestiones de conocimiento numérico. Esto permite afirmar que el conocimiento numérico de tipo léxico es funcionalmente independiente. En la literatura se han descrito casos similares al de M. L. y que, por tanto, han puesto de manifiesto que estos otros significados de los números (conocimiento numérico cualitativo o léxico) son disociables de la cantidad que representa el número. Es el caso que comentábamos anteriormente del paciente M. A. R. (Dehaene y Cohen, 1997), que presenta un impedimento en la comprensión de cantidades numéricas. Así lo ponen de manifiesto los resultados obtenidos en tareas de comparación, proximidad y bisección (83.8, 80 y 18.2% acierto, respectivamente). Además, en este paciente se observa una disociación entre operaciones: 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 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.

Por tanto, el impedimento de M. A. R. afecta a la manipulación interna de las cantidades, así lo ponen de manifiesto sus dificultades.

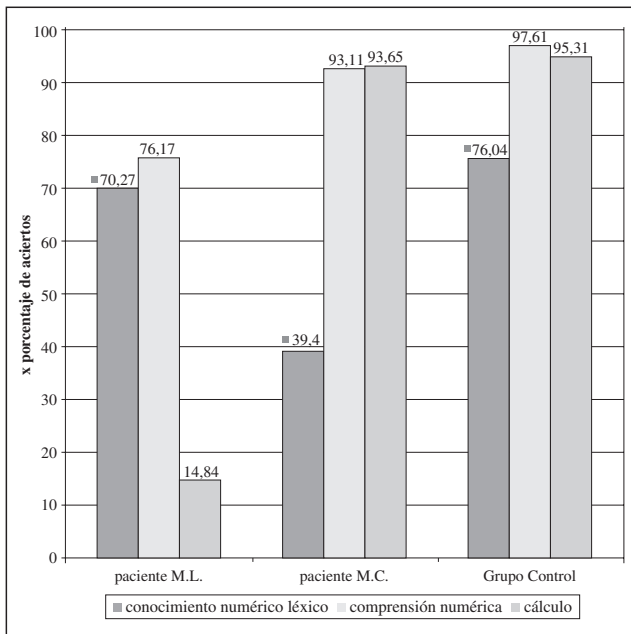


Figura 4. Resultados de las pacientes M. L., M. C. y del grupo control

des en tareas de comprensión numérica y sus alteraciones para realizar operaciones aritméticas que requieren elaboración semántica. Es decir, el déficit estaría en la representación analógica de la magnitud. Sin embargo, este paciente parece que conserva los significados no cuantitativos o léxicos de los números, ya que cuando se le lee en voz alta números familiares es capaz de dar una descripción adecuada de esos significados en el 80% de los casos (Dehaene y Cohen, 1997: 238). Es muy ilustrativa la descripción que de este paciente realiza Dehaene (1997) cuando dice que M. A. R. es capaz de hablar durante horas de los sucesos ocurridos en 1789 y 1815; puede incluir detalles numéricos en la narración de la historia del hospital en que se encuentra; ante el número 5, el paciente afirma que es mayor que 6 y, sin embargo, evoca en él un sentimiento religioso con referencia a los «cinco pilares del Islam» (Dehaene, 1997: 192). En resumen, el paciente M. A. R. presenta dificultades en la manipulación interna de cantidades y, sin embargo, conserva el conocimiento numérico de tipo léxico.

Por otra parte, las predicciones planteadas en base al modelo de Dehaene y Cohen (1995, 1997) no se han cumplido. En primer lugar, respecto a M. C. se predecía que no tendría ninguna dificultad en procesamiento numérico y cálculo ya que conserva intactos los tres tipos de representaciones numéricas (visual-arábiga, verbal y analógica de la magnitud), puesto que el daño que presenta en el hemisferio izquierdo no influye directamente en el procesamiento numérico (según el modelo de Dehaene y Cohen, 1995). Esto permite suponer que el conocimiento numérico léxico estaría localizado o necesitaría de alguna zona del hemisferio derecho que estaría dañada en M. C. Este supuesto está en consonancia con los resultados de M. L., que a pesar de tener daños en el hemisferio izquierdo, conserva el conocimiento numérico léxico posiblemente por su hemisferio derecho intacto. Al margen de que las funciones numéricas no son simétricas en ambos hemisferios, igual que sucede con la especificidad hemisférica del lenguaje (Jiménez, Hernández, y Conforti, 2006; Monsalve y Cuetos, 2001), debemos plantearnos que la representación analógica de la magnitud no sea

equivalente en ambos hemisferios, tal y como plantean Dehaene y Cohen (1995).

Respecto a M. L. se predecía que presentaría alteraciones sólo en aquellas tareas en las que fuera necesario la mediación verbal. Por el contrario, los resultados muestran que las dificultades de esta paciente no se limitan a lo verbal, sino que también afectan a tareas que se basan en la manipulación interna de cantidades. Es decir, no sólo tiene dañada la representación verbal de los números, sino también la representación analógica de la magnitud a pesar de estar intacto el parietal inferior del hemisferio derecho, lo que de nuevo nos lleva a plantearnos que la representación analógica de la magnitud es diferente en ambos hemisferios.

A modo de conclusión, podríamos afirmar que nuestros resultados vienen a matizar las propuestas del modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995, 1997) respecto a las funciones de la representación analógica de la magnitud, compuesta por distintos elementos susceptibles de dañarse independientemente, como en los casos de nuestras pacientes. Además, el modelo anatómico funcional debería especificar una diferenciación hemisférica, en las funciones de la representación de la magnitud relacionadas con el procesamiento numérico, así, las representaciones analógicas de la magnitud, de estar presentes en ambos hemisferios no serían idénticas. Nuestros datos proporcionan evidencia de que la lesión derecha que muestra M. C. afecta al conocimiento numérico léxico pero deja intacta la capacidad para acceder a la cantidad que representa un número y manipularla internamente para realizar tareas de comprensión numérica y de cálculo simple. Por el contrario, el daño en el hemisferio izquierdo que presenta la paciente M. L. le impide operar mentalmente con cantidades numéricas a pesar de conservar el conocimiento numérico léxico.

Esta independencia funcional permite plantear como hipótesis que el conocimiento numérico léxico es algo más que un simple enriquecimiento del conocimiento numérico cuantitativo, como apunta el modelo anatómico funcional (Dehaene y Cohen, 1995, 1997). Nuestros datos permiten sugerir que el conocimiento numérico léxico puede estar representado sólo en el hemisferio derecho.

Referencias

- 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.
- Alsina, A., y Sáiz, D. (2003). Un análisis comparativo del papel del bucle fonológico versus la agenda visoespacial en el cálculo en niños de 7-8 años. *Psicothema*, 15(2), 241-246.
- Caramazza, A., y McCloskey, M. (1987). Dissociation of calculation processes. En G. Deloche y X. Seron (eds.): *Mathematical disabilities: A cognitive neuropsychological perspective* (pp. 221-234). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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.
- 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.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense*. Nueva York: Oxford University Press.
- 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.
- Ellis, A., y Young, A. (1988). *Human cognitive neuropsychology*. Londres: Lawrence Erlbaum Associates (traducción castellana: *Neuropsicología cognitiva humana*. Barcelona: Mason, 1992).
- Goldberg, E. (2001). *The executive brain*. Nueva York: Oxford University Press (traducción castellana: *El cerebro ejecutivo*. Barcelona: Crítica, 2002).
- 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.
- Jiménez, J.E., Hernández, S., y Conforti, J. (2006). ¿Existen patrones diferentes de asimetría cerebral entre subtipos disléxicos? *Psicothema*, 18(3), 507-513.
- McCloskey, M., Caramazza, A., y Basili, A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, 4, 171-96.
- Marshall, J.C. (1984). Toward a rational taxonomy of acquired dyslexias. En R.N. Malatesha y H.A. Whitaker (eds.): *Dyslexia: A Global Issue*. La Haya: Martinus Nijhoff.
- Monsalve, A., y Cuetos, F. (2001). Asimetría hemisférica en el reconocimiento de palabras: efectos de frecuencia e imaginabilidad. *Psicothema*, 13(1), 24-28.
- Ortiz, M.R. (2005). Manual de dificultades de aprendizaje. *Psicothema*, 17(1), 175-175.

Salguero, M.P., y Alameda, J.R. (2003). El procesamiento de los números y sus implicaciones educativas. *XXI, Revista de Educación*, 5, 181-189.

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.

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.