

Verónica Juárez Ramos
Dpto. Psicología Experimental y Fisiología del comportamiento
Facultad de Psicología
Universidad de Granada
Correo electrónico: juarezramosvero@hotmail.com

DATOS DEL ARTÍCULO (título, autores, centro trabajo y lugar, dirección correspondencia, fecha recepción, código art.)

La representación mental de la magnitud numérica y de la paridad. Una revisión teórica.
Verónica Juárez Ramos, Emilio Gómez Milán
Universidad de Granada

Correspondencia: Verónica Juárez Ramos. Dpto. Psicología Experimental y Fisiología del comportamiento. Facultad de Psicología. Universidad de Granada. Correo electrónico: juarezramosvero@hotmail.com

La representación mental de la magnitud numérica y de la paridad. Una revisión teórica.

Autores: Verónica Juárez Ramos, Emilio Gómez Milán

Dpto. Psicología Experimental y Fisiología del comportamiento

Facultad de Psicología
Universidad de Granada
Campus de la Cartuja s/n, 18011, Granada
Correo electrónico: juarezramosvero@hotmail.com

“La representación mental de la magnitud numérica y de la paridad. Una revisión teórica”.

Resumen

La representación mental de magnitud y paridad son representaciones fundamentales de los números. Una prueba de representación interna de magnitud es el “efecto de asociación numérica espacial de los códigos de respuesta” (*Spatial numerical association of response codes (SNARC) effect*).

En el *SNARC effect (Spatial numerical association of response codes effect)* (Dehaene, Bossini y Giraux, 1993) se observa que los números mayores se responden más rápidamente con la mano derecha y que los números menores se responden más rápidamente con la izquierda. Según estos autores, este efecto indica una medida automática de representación de magnitud análoga y amodal. Otros dos efectos relacionados con este, son el “efecto impar” (*odd effect*) y el “Efecto de asociación lingüísticamente marcada de los códigos de respuesta” (*markedness of response codes (MARC) effect*). Estos dos efectos muestran una representación interna del efecto de paridad.

El “efecto impar” observado por Hines (1990) consiste en un procesamiento más rápido para los números pares que para los números impares. Y en el *MARC effect (markedness of response codes effect)* (Wilmes e Iversen (1995)) se observa que los números pares se responden más rápido con la mano derecha, y los números impares con la izquierda.

Palabras clave: SNARC effect; MARC effect; efecto impar; magnitud; paridad.

“The mental representation of number magnitude and parity”

Abstract

The mental representation of number magnitude and parity are fundamental number representations. An evidence of an internal representation of magnitude is the Spatial numerical association of response codes (SNARC) effect.

In the SNARC effect (*Spatial numerical association of response codes effect*) (Dehaene, Bossini y Giraux, 1993) is observed that the large numbers are responded to faster with the right-hand key and small numbers are responded to faster with the left-hand key. According to these authors, this effect indicates automatic assessment of an analogue and amodal magnitude representation. Other two effects related to this effect, are the odd effect and the markedness of response codes (MARC) effect. These two effects show an internal representation of the parity effect.

The odd effect observed by Hines (1990) consists of a processing more rapid for the even numbers than for the odd numbers. And in the MARC effect (*markedness of response codes effect*) (Wilmes e Iversen (1995)) is observed that the even numbers are responded to faster with the right-hand key and odd numbers are responded to faster with the left-hand key.

Keywords: SNARC effect; MARC effect; odd effect; magnitude; parity.

1. Introducción

La paridad y la magnitud son dos de las características/propiedades más importantes de los números. En diferentes estudios se ha demostrado que las representaciones espaciales de los números se agrupan de acuerdo a la magnitud y a la paridad. En concreto, se ha observado que el efecto de magnitud numérica es una característica más saliente en niños de primaria, y que el efecto de paridad es más saliente en niños de sexto grado. En sujetos adultos, la magnitud y la paridad son iguales de salientes (Nuerk, Iveren y Willmes, 2004).

a) Efecto de magnitud

Cuando nosotros pensamos en los números, los asociamos con posiciones espaciales, como si estuviesen alineados en una “línea numérica mental” (*mental number line*). Una evidencia de esta representación espacial de los números es el “efecto de asociación numérica espacial de los códigos de respuesta” (*Spatial numerical association of response codes (SNARC) effect*).

El *SNARC effect* fue presentado por primera vez por Dehaene, Bosini y Giraux (1993). En una tarea de juicio de paridad, Dehaene et al. (1993) encontraron una activación automática de la representación de magnitud numérica, aunque esta representación era irrelevante para la respuesta.

En concreto, los números más pequeños se respondían más rápidamente con una respuesta con la mano izquierda y los números más grandes con una respuesta con la mano derecha. Según Dehaene y colaboradores, la orientación de lo que llamaron “El efecto de asociación numérica espacial de los códigos de respuesta” (*Spatial numerical association of response codes (SNARC) effect*) indicaba una medida automática de una representación de magnitud análoga y amodal.

Además, demostraron que el *SNARC effect* dependía de la cultura, en concreto, de la dirección de lectura del lenguaje.

A parte del *SNARC effect*, se han encontrado dos efectos que evidencian una representación interna de magnitud, en concreto, el efecto distancia y el efecto del problema de la talla (Ver con más detalle en pág. 5 y 6).

Por tanto, se puede concluir que la magnitud numérica es un efecto fidedigno y estable en una gran variedad de tareas, como demuestran los diferentes estudios de tiempos de reacción.

b) Efecto de paridad

En contraste con los efectos de magnitud, los efectos de paridad son más controvertidos. Cuando se observan los efectos de paridad, estos tienden a ser más fuertes con palabras de números escritos que con números arábigos. Mientras Hines (1990) observó en su estudio un “efecto impar” (*odd effect*)- es decir, que los números impares se responden más lentamente que los números pares- Dehaene y colaboradores (1993) fallaron en encontrar este efecto. Sin embargo, estas diferencias podían explicarse por el tipo de estímulos, la notación y la tarea que utilizaron en sus experimentos.

Adicionalmente, el “efecto impar-par” ha sido encontrado en diferentes estudios sobre cálculo aritmético, en especial, en tareas de verificación de suma y multiplicación (Krueger, 1986; Krueger y Hallford, 1984; Lemaire y Fayol, 1995).

Otro efecto de paridad relacionado con el “efecto impar” es el “efecto de asociación lingüísticamente marcado de los códigos de respuesta” (*markedness of response codes (MARC) effect* *MARC effect*).

El *MARC effect* fue encontrado recientemente por Willmes e Iversen (1995) durante la realización de una tarea de juicio de paridad. En su estudio observó que los participantes respondían más rápido en la condición par-derecha (impar-izquierda) que en la condición impar-derecha (par-izquierda).

De acuerdo con la teoría lingüística, muchos adjetivos pueden categorizarse bajo una forma “no marcada” o bajo una forma “marcada”. Por ejemplo, en la dimensión de altura, “alto” sería el adjetivo “no marcado”, porque la pregunta “¿cómo es de alto? no implicaría que esa persona es alta. Sin embargo, “bajo” sería el adjetivo “marcado” porque la pregunta ¿cómo es de bajo?, implicaría que la persona es baja.

De la pareja de adjetivos, los lingüísticamente “no marcados” se suponen que se recuperan más rápidamente que los adjetivos “marcados”.

Como “Par” y “derecho” son las formas lingüísticamente marcadas, e “impar” e “izquierdo” son las formas lingüísticamente no marcadas, las condiciones congruentes, es decir, par-derecho e impar-izquierda producirán tiempos de reacción menores que las condiciones incongruentes (impar-derecho, par-izquierdo).

Este efecto fue llamado “efecto de asociación lingüísticamente marcado de los códigos de respuesta” (*markedness of response codes (MARC) effect*) y fue interpretado como un efecto de congruencia lingüísticamente marcado. (Hines, 1990). El *MARC effect* es más fuerte para números de palabra escritos (por ejemplo, siete) que para números arábigos (por ejemplo, 7), es decir, que es dependiente de la notación.

En los diferentes apartados de la parte teórica, se intentará dar un poco más de luz sobre la representación mental de los efectos de magnitud y paridad en los diferentes modelos de procesamiento numérico.

2. Representación mental de paridad y magnitud

En este apartado se examinarán los efectos de paridad, en concreto el “efecto impar” (*odd effect*) y “el efecto de asociación lingüísticamente marcada del código de respuesta” (*markedness of response codes (MARC) effect*); y para magnitud, el “efecto de asociación numérica espacial de los códigos de respuesta” (*Spatial numerical association of response codes (SNARC) effect*).

2.1. Efectos de magnitud

El efecto de magnitud es un efecto estable y replicable, que puede observarse durante la realización de distintas tareas. Tres son los efectos que se encuentran comúnmente y que evidencian una representación interna de magnitud: el efecto de distancia, el problema del efecto de talla y el efecto de asociación numérica espacial de los códigos de respuesta (*Spatial numerical Association of Response Codes (SNARC) effect*). (Dehaene et al. 1993).

a) El efecto de distancia es un efecto conductual fundamental que se observa cuando los sujetos realizan una tarea de comparación numérica (por ejemplo, el sujeto debe decidir si el número 2 es mayor o menor que el número 7). La distancia entre dos estímulos influencia la comparación de estos dos estímulos; cuanto mayor sea la distancia entre dos números (por ejemplo, 1-7), más fácil será la decisión a tomar y por tanto, menores tiempos de reacción se producirán. Y viceversa, cuanto menor sea la distancia entre dos números (por ejemplo, 1-2), más difícil será la decisión a tomar y mayores tiempos de reacción se darán.

b) El efecto del problema de la talla consiste en una peor ejecución para números mayores y viceversa (una mejor ejecución para números menores), durante la realización de distintas tareas sobre cálculo y números. Por ejemplo, suele ser más difícil multiplicar 7×9 que 2×1 .

c) El Efecto de asociación numérica espacial de los códigos de respuesta (*Spatial numerical Association of Response Codes, SNARC effect*) consiste en una interacción sistemática entre la posición de la respuesta y la magnitud del número, en donde los números menores (por ejemplo, 1 o 2), de un conjunto de números presentados, se responden más rápidamente con la mano izquierda y los números mayores (por ejemplo, 7 o 9) se responden más rápidamente con la mano derecha.

El *SNARC effect* fue observado por primera vez por Dehaene, Bosini y Giraux en 1993. Dehaene y colaboradores encontraron durante la realización de una tarea de juicio de paridad, que los participantes eran más rápidos presionando el botón izquierdo en respuesta a números menores (por ejemplo, 0 o 1), que en respuesta a números mayores (por ejemplo, 8 o 9). Y al revés, los números mayores producían menores tiempos de reacción cuando se presiona el botón con la mano derecha.

Denominaron a este efecto como una asociación numérica espacial de los códigos de respuesta (*Spatial numerical Association of Response Codes, SNARC effect*). La conclusión a la que llegaron, es que este efecto indicaba una medida automática de una representación de magnitud análoga y amodal.

Además, observaron que el *SNARC effect* podía generalizarse a números con dos dígitos. Por tanto, una análoga línea mental numérica orientada de izquierda a derecha podía asumirse para todos los números que iban desde 0 a 99.

El *SNARC effect* depende solamente de la magnitud relativa de los números objetivo de un intervalo medido. Es decir, en un intervalo de números que va de 0 a 5, los números 4 y 5 se asocian preferentemente con una respuesta con la mano derecha. Sin embargo, en un intervalo de números de 4 a 9, el número 4 y 5 son asociados preferentemente con una respuesta con la mano izquierda.

Además, los estudios indican que el *SNARC effect* no está influenciado por la mano en particular que responde al número menor o mayor, es decir, que no hay diferencias entre personas diestras o zurdas. Sin embargo, como ya hemos dicho, observaron que la cultura de las personas influye sobre el *SNARC effect*. Existe una influencia de la dirección de la escritura en el *SNARC effect*: en los participantes Iraníes (quienes escriben y leen de derecha a izquierda) se daba un *SNARC effect* invertido, esto es, los números mayores se asociaban con respuestas con la mano izquierda y los números menores con respuestas con la mano derecha.

Más recientemente, Fias (2001) ha demostrado, a través de dos experimentos, una interacción entre la notación y la tarea durante el *SNARC effect*. En el experimento 1, los participantes realizaron una tarea de juicio de paridad, la cual, requiere acceso a la red semántica numérica.

Mientras que en el experimento 2 realizaron una tarea de monitorización de fonemas, la cual, en principio, se puede realizar a través de una transcodificación asemántica directa.

En el experimento 1 se observó un *SNARC effect* significativo, pero en el experimento 2 no se encontró. Mientras que para los números arábigos, el *SNARC effect* podía obtenerse en las tareas de juicios de paridad y detección de fonemas, para los números escritos el *SNARC effect* se obtenía solamente en las tareas de juicio de paridad. Según Fias (2001), este resultado significaría una ruta asemántica adicional para el procesamiento de números escritos en tareas asemánticas, como en la tarea de detección de fonemas para números escritos.

En la literatura científica reciente, el *SNARC effect* ha sido encontrado consistentemente en un amplio rango de manipulaciones experimentales y de grupos de participantes (Gevers, Verguts, Reynvoet, Caessens y Fias, 2006). En su primer artículo, Dehaene y colaboradores demostraron el efecto para números arábigos y para números escritos. Pero además, el *SNARC effect* se ha podido encontrar en diferentes notaciones, tales como los números negativos (Nuerk et al. 2004) y para diferentes clases de estímulos tales como letras, meses y días (Gevers, Reynvoet y Fias, 2003).

Para los números arábigos, el *SNARC effect* puede obtenerse a través de diferentes tareas, tales como la detección de fonemas (Fias, 2001), juicios de paridad (Dehaene et al. 1993), tanto como en tareas de comparación de magnitud (Dehaene, Dupoux, y Mehler, 1990). Por tanto, el *SNARC effect* es un efecto estable y replicable a través de diferentes estímulos, tareas y variables dependientes. Sin embargo, parece ser más estable para la notación arábica. Para las otras notaciones, tales como los números escritos, el *SNARC effect* parece depender más fuertemente de las demandas particulares de las tareas. La

notación arábica puede ser la notación que activa más automáticamente la magnitud numérica.

Otro estudio interesante sobre el *SNARC effect* es el realizado por Fischer y colaboradores (Fischer, Warlop y Hill, 2004), donde se demuestra que la asociación habitual entre la magnitud numérica y el espacio externo, influye en el entero espectro de los estados de procesamiento cognitivo. Primero, Fischer y colaboradores (2003) demostraron una vía atencional como resultado del procesamiento numérico. Los sujetos debían responder cada vez que un estímulo objetivo aparecía en su campo visual izquierdo o derecho. Se observó que la ejecución de la detención era mejor en el campo visual izquierdo, comparado con el campo visual derecho, cuando aparecían dígitos pequeños. Y al revés, la ejecución de detención era mejor en el campo visual derecho, comparado con el izquierdo, cuando se presentaban dígitos mayores.

Segundo, Fischer (2001) demostró una vía perceptual. En su estudio, los sujetos respondían a una larga fila de dígitos. En concordancia, con el *SNARC effect*, la fila de dígitos compuesta de dígitos pequeños inducía errores con la izquierda y la fila de dígitos compuesta de dígitos mayores inducía errores con la derecha.

Y finalmente, demostró que el *SNARC effect*, también influenciaba la vía motora (Fischer (2003)). Encontró un *SNARC effect* en la duración de los movimientos de puntuación manual cuando los participantes apuntaban a las teclas izquierda o derecha para categorizar los dígitos como impares o pares.

2.2. Efectos de paridad

a) “El efecto impar” (*odd effect*)

La distinción entre los números pares e impares son fundamentales tanto en el ámbito matemático como en el psicológico. Dentro de los efectos de paridad encontramos el “efecto impar” (*odd effect*). El “efecto impar” consiste en un procesamiento más lento para los números impares, que para los números pares.

(Krueger 1986; Krueger y Hallford, 1984) encontró que cuando la suma o el producto de una ecuación presentada visualmente violaba “la ley impar-par”, los sujetos podían usar el carácter de par o impar de la suma o del producto para juzgar si la ecuación era correcta o incorrecta.

En otro estudio realizado por Sudevan y Taylor (1987), donde se requería a los sujetos que hicieran juicios sobre dígitos simples pares o impares, se observó que los dígitos impares se respondían 24mseg. (813 vs. 789 mseg) más lentos que los dígitos pares.

Como consecuencia de estos resultados tan sorprendentes, Terence M. Hines de la *Pace university* (Pleasantville, New York), en 1990 realizó un importante estudio, que constaba de 8 experimentos, para establecer y explicar que los juicios sobre los números pares e impares son más lentos para los números impares.

En los cuatro primeros experimentos demostró, que bajo diferentes tareas y tipos de juicios de paridad (decidir si el número objetivo es par o impar), los números pares se procesaban más rápidos y/o con más precisión que los números impares. En concreto, se observó mayores tiempos de reacción para las parejas de números impares (por ejemplo, 3-5). Sin embargo, este efecto se veía atenuado cuando simplemente se utilizaba un dígito (por ejemplo, 5). Ahora bien, los números pares producían un número menor de errores, siendo estos, por tanto, más precisos que los números impares.

En el experimento 5 mostró que estos efectos ocurren también con los nombres de los números. Y en los tres últimos experimentos mostró que un efecto similar ocurre con palabras que pueden ser dicotomizadas, en concreto uso las palabras muerto-vivo. Cuando la pareja de palabras “vive” eran clasificadas como iguales (por ejemplo, vive-vive o diferentes, estas producían mayores tiempos de reacción. Efecto que se veía reducido cuando se usaba la palabra “vive” sola.

Según Hines (1990), los tiempos de reacción más lentos cuando las palabras “vive” son juzgadas, puede deberse a que “vive” es un adjetivo “marcado” (*markedness*) lingüísticamente.

Desde un punto de vista teórico, H. Clark en 1973 propuso que la distinción entre “marcado versus no marcado” (*marked versus unmarked*), tienen su origen en la naturaleza del mundo físico. Los adjetivos espaciales en inglés se dividen en parejas, un miembro esta “no marcado” (por ejemplo, largo, lejos, alto) y el otro esta “marcado” (por ejemplo, corto, cerca, bajo).

H. Clark demostró que los niños aprenden a usar los adjetivos “no marcados” antes de que aprendan a usar los adjetivos marcados. Este podría ser el caso de la distinción entre impar versus par.

Sin embargo, los resultados de estos 8 experimentos demuestran que la explicación de la distinción entre “marcado versus no marcado”, basada solo en el criterio perceptual, no es adecuada. Uno podría argumentar que la pareja de adjetivos “marcado- no marcado”, “muerto-vivo” podría estar dentro de alguna clase de marco espacial de referencia, porque “muerto” está en el pasado y “vivo” está, al menos, en el presente. Aún así, parece que la distinción entre impar versus par se encuentra dentro de algún tipo de relación espacial, en el mismo camino.

Los resultados de Hines (1990) abrieron un nuevo camino de investigación, sucediéndose así distintos estudios que contemplaban y estudiaban “el efecto impar” (Berch, Folley, Hill y Ryan, (1999), Nuerk, et al. (2004), Fischer, et al. (2004), Nuerk, Bauer, Krummenacher, Heller y Willmes, (2005), Reynvoet y Brysbaert, (1999)).

Basándose en los resultados de Hines (1990), Dehaene realizó nueve experimentos sobre juicios de pares-impares para examinar como se accedían a los juicios de paridad y a la magnitud del número desde los números arábigos y verbales.

Dehaene y colaboradores (1993) no encontraron el “efecto impar” para números arábigos en su experimento 1; sin embargo, en su experimento 9 obtuvieron un “efecto impar” cuando los números escritos y los números arábigos eran analizados dentro del intervalo 0-9.

Como se puede deducir, los datos de Hines y Dehaene sobre los efectos de paridad son contradictorios, ya que en los estudios de Hines (1990) se observa el “efecto impar” (es decir, que los números impares se responden más lentamente que los números pares), mientras que Dehaene y colaboradores, (1993) no encuentran este efecto en sus estudios. Sin embargo, estos resultados contradictorios pueden explicarse si atendemos a los distintos estímulos, a la notación y a las tareas que en estos experimentos se han usado.

Una posible explicación de estos resultados contradictorios parece ser la inclusión o exclusión del cero. Mientras Hines utilizaba estímulos que iban desde el 2 al 9 para examinar el “efecto impar”, Dehaene usaba estímulos que iban del 0 al 9.

Muchos investigadores están de acuerdo en que el número cero no es un número par típico y no debe investigarse como parte de la línea mental numérica.

Por tanto, se podría concluir que el “efecto impar” ocurre, al menos para números escritos de un dígito, cuando el cero no está incluido; y que el “efecto impar” parece depender del rango de los estímulos usados y de la notación en la tarea de juicios de paridad.

b) El efecto impar-par (*odd-even effect*) en aritmética elemental

El “efecto impar-par” es un efecto bien documentado en la literatura (Krueger, (1986); Krueger y Hallford, (1984); Lemaire y Fayol, (1995); Lemaire y Reder, (1999); Lochy, Seron, Delazer y Butterworth, (2000); Campbell, Parker y Doetzel, (2004); Vandorpe, Rammelaere y Vandierendonck, (2005)), al menos, para la multiplicación y la suma. Por ejemplo, en tareas de verificación se es más rápido en decir que la respuesta es incorrecta, si esa paridad difiere de la paridad de la respuesta correcta (por ejemplo, $8 \times 4 = 33$ es rechazada más rápidamente que $8 \times 4 = 34$ porque 33 es impar y 34 es par).

Krueger y Hallford (1984) fueron los primeros autores en informar del “efecto impar-par” en la suma de números simples. En la tarea de verificación de sumas, los sujetos aplicaban la ley: “sí uno y solamente uno de los dos operandos es impar, entonces la suma correcta debe ser impar; sino es así, la suma será par”.

En la tarea de verificación del producto, la ley que aplicaban era que: “El producto verdadero debe ser par si un multiplicador es par, al contrario debe ser impar” (Krueger, 1986). En la multiplicación, las respuestas incongruentes (la paridad difería de la paridad de la respuesta correcta) se rechazaban más rápidamente que las respuestas congruentes (la paridad es la misma). Por ejemplo, la respuesta incongruente de $3 \times 5 = 12$ se rechaza más rápidamente que la respuesta congruente de $3 \times 5 = 13$, debido a que el número 12 es par y difiere de la respuesta correcta 15, que es un número impar.

Lochy y colaboradores (2000) también observaron que las ecuaciones de multiplicación compuestas de dos operandos pares (PP), producían una verificación más rápida que los problemas compuestos con un número impar (PI) o con los dos operandos impares (II). Los tiempos de reacción mayores para la multiplicación de operandos impares es una reminiscencia del “efecto impar” en las tareas de juicio de paridad: el tiempo para hacer juicios de paridad iguales-diferentes sobre parejas de números simples es substancialmente más lenta para números impares, que para números pares (>250ms; Hines, 1990).

Siguiendo esta lógica sobre que la dificultad aritmética aumenta con los números de dígitos impares, Campbell y colaboradores (2004) realizaron un estudio sobre la suma, la multiplicación y la comparación de paridad con parejas de números arábigos y números escritos.

Campbell y colaboradores (2004) pensaron que el efecto de paridad sería mayor cuando los problemas aparecían en formato escrito. Los resultados obtenidos con respecto a los efectos de paridad, mostraron que los estímulos (PP) tenían tiempos de reacción menores (879 ms) que los estímulos mixtos (PI, 937 ms) y los estímulos impares (II, 991 ms.). El coste del formato escrito era menor para los estímulos pares (PP, 183 ms) que para los estímulos mixtos (PI, 215 ms) y los estímulos impares (230 ms).

El efecto de paridad interaccionaba también con la operación: los tiempos de reacción para la multiplicación era más rápidos para estímulos pares (PP, 949 ms) que para estímulos mixtos (PI, 969 ms) y estímulos impares (II, 989 ms).

Este experimento demostró que la paridad afecta a la ejecución de la suma substancialmente, pero que sólo tiene un pequeño efecto en la ejecución de la multiplicación. Los tiempos de reacción en la suma tienden a incrementarse con cada impar añadido. Además, el efecto de paridad en la suma era más fuerte cuando los operandos aparecían en formato escrito, y esto se debía al aumento de coste para problemas con impares (II).

Todos estos estudios demuestran que los problemas de sumas y multiplicación que muestran información de paridad (por ejemplo, $I + I$, $I \times I$..) juegan un rol importante en los procesos cognitivos concernientes a la aritmética simple.

Estos resultados son importantes porque muestran que, al menos en algunos tipos de problemas aritméticos, la información de paridad es efectivamente usada.

c) El efecto de asociación lingüística marcada del código de respuesta (*linguistic markedness association of response code o MARC effect*)

La asociación lingüística marcada del código de respuesta (*linguistic markedness association of response code o MARC effect*), fue observado por primera vez por Willmes e Iversen en 1995.

El *MARC effect* consiste en una tendencia a asociar las respuestas de los números pares con la mano derecha y los números impares con la mano izquierda. (Reynvoet y Brysbaert, (1999); Berch et al. (1999); Willmes e Iversen, (1995); Nuerk et al. (2004); Nuerk et al. (2005); Proctor y Cho, (2006); Kinoshita y Peek, (2006)).

El *MARC effect* describe una asociación entre los estímulos lingüísticamente marcados y las respuestas marcadas (ver Hines, 1990 para la explicación de lo lingüísticamente marcado del efecto impar). De acuerdo con la teoría lingüística, muchos adjetivos pueden ser categorizados como “no marcados” o “marcados” (por ejemplo, “eficiente”- no marcado, “ineficiente”-marcado).

La expresión más importante del *MARC effect* es la asociación entre paridad y la respuesta de la mano. “Par” y “derecha” son conceptualizados como las formas “no marcadas”, mientras “impar” e “izquierda” son las formas “marcadas”.

El *MARC effect* predice que- especialmente para la notación verbal- las respuestas son más rápidas cuando estas son congruentes: la asociación par-derecha e impar-izquierda se responden más rápidamente que las asociaciones par-izquierda e impar-derecha.

El *MARC effect* es más fuerte para números escritos que para números arábigos. Esto parece reflejar también un acceso más fuerte a los conceptos lingüísticos verbales tales como los “marcados”, a través de estímulos verbales (ver también Hines, 1990). Esta asociación lingüísticamente mediada se refleja en los tiempos de reacción: los números pares se responden más rápidamente con respuestas con la mano derecha y los números impares con respuestas con la mano izquierda (Berch et al. 1999; Reynoet y Brysbaert, 1999).

Berch y colaboradores (1999) fue el primer investigador en encontrar un *MARC effect* significativo en números arábigos, ya que, con números escritos sí había sido encontrado y replicado (Willmes e Iversen, 1995; Reynoet y Brysbaert, 1999).

Berch realizó su estudio sobre juicios de paridad (impar/par) bimanual de números arábigos que iban de 0 a 9, con niños de 2, 3, 4, 6 y 8 grado (7.8, 9.2, 11.7 y 13.6 años, respectivamente).

El estudio de Berch intentaba dar algo de luz a los cambios que se producían durante el desarrollo en la propiedad de paridad o estatus impar/par de los números. Los resultados mostraron una interacción significativa entre la paridad y el lado de la respuesta, encontrando evidencia del *MARC effect*. Estos resultados proveyeron no solo la primera demostración del *MARC effect* en niños, sino también la primera indicación del *MARC effect* en números arábigos en participantes de cualquier edad.

Otro estudio que han aportado conocimiento sobre el *MARC effect*, son los estudios de Nuerk y colaboradores (2004). Nuerk y colaboradores examinaron sistemáticamente el *MARC effect* (para paridad) y el *SNARC effect* (para magnitud) en diferentes notaciones de los números (arábicos positivos, negativos, arábigos, números escritos) y con diferentes métodos de análisis de datos. El objetivo concreto de este estudio era examinar porque los efectos de paridad habían sido encontrados en algunos experimentos (Willmes e Iversen, (1995); Berch et al. (1999); Reynoet y Brysbaert, (1999); Proctor y Cho, (2006); Kinoschita y Peek, (2006)), pero no en otros (Fischer et al. (2004); Nuerk et al. (2005)).

Para ello, utilizaron una tarea de juicio de paridad (*parity judgement task*) con un rango de números que iban de 0 a 9, en donde los participantes tenían que decidir si el número presentado era un número par o impar presionando una de las respuestas clave.

Los datos mostraron que el *SNARC effect* era significativo en todas las notaciones, excepto para números negativos. Y que el *MARC effect* era significativo para números escritos en todos los análisis, pero era menos consistente para las otras notaciones. Estos resultados parecen confirmar que lo “lingüísticamente marcado” (*linguistic markedness*) juega un rol importante en las decisiones de paridad.

Este parece ser particularmente el caso para los números escritos, indicando que (1) la notación verbal puede ser particularmente fuerte para los conceptos semántico-lingüísticos tales como los “marcados” y que, viceversa (2) El *MARC effect* es efectivamente de naturaleza lingüístico-verbal.

En resumen, las diferencias del *MARC effect* y del “efecto impar” (*odd effect*) entre las diferentes notaciones, son tan fuertes como para reconciliarse con la asunción de que la paridad es recuperada desde un simple código semántico abstracto, el cual, es el mismo para todas las notaciones. Además, la explicación de lo “lingüísticamente marcado” del *MARC effect* y la modulación notacional es la única explicación para el *MARC effect*, que es también consistente con los resultados obtenidos por Hines (1990), en una tarea de juicio de paridad igual-diferente. Es más, la aproximación teórica de lo “lingüísticamente marcado” provee una hipótesis medible y falsificable para la investigación futura.

3. Modelos teóricos sobre el procesamiento numérico

Debido a que los sujetos normales usan habitualmente la información de paridad y magnitud en diferentes tareas numéricas, distintos autores han intentado realizar modelos válidos de procesamiento numérico, intentando concebir una organización mental de la información numérica.

Los modelos más importantes sobre el procesamiento numérico, y como ellos prevenen la organización mental de la información numérica, son los siguientes:

a) Modelo de McCloskey

Dentro de los primeros modelos de procesamiento numérico encontramos el modelo modular de McCloskey (McCloskey, Maracuso y Whetstone, 1992). De acuerdo con este modelo, los inputs numéricos deben convertirse en una representación interna abstracta.

Esta conversión inicial se realiza por un módulo dedicado a la comprensión arábica (sí el objetivo tiene una notación arábica), o por un módulo de comprensión verbal (sí el objetivo tiene una notación verbal). La representación abstracta, en la cual, se codifica, es esencialmente un código de magnitud con una estructura de base 10.

Según este modelo, la recuperación de paridad depende de la representación semántica abstracta. A pesar de la notación, la información de paridad se calcula siempre desde una representación abstracta y amodal del objetivo.

b) Hipótesis sobre el código de entrada preferente de Noël y Seron

Contrario a McCloskey y sus colegas, Noël y Seron (*in press*) niegan que el código (desde el cual se accede al conocimiento abstracto y a los procedimientos de cálculo) es una representación semántica abstracta de los números.

Postularon que cada individuo tiene una preferencia concreta de código de entrada, por el cual, todos los números son inicialmente codificados. Por ejemplo, el paciente NR de Noël y Seron, convertía todos los inputs numéricos, incluyendo los de formato arábico, en una representación verbal, antes de acceder a procedimientos de cálculo mental y a una representación de cantidad. Otros sujetos, sin embargo, usan la notación arábica como su código de entrada preferente. El punto crítico de este modelo es que, antes de acceder a la información de paridad o magnitud sobre el objetivo numérico, hay un cuello de botella en la corriente de información, a nivel de una representación concreta de un número, sea arábico o verbal.

c) El modelo de codificación compleja de Campbell y Clark

Otro modelo radicalmente diferente fue propuesto por Campbell y Clark (1994). Contrario a los dos modelos anteriores, la hipótesis semántica múltiple predice que, en las tareas de juicio de paridad, bastantes patrones diferentes de resultados pueden encontrarse dependiendo de sí el objetivo numérico es presentado en formato arábico o verbal.

La asunción básica del Campbell y Clark (1994) es que “los conceptos numéricos y las habilidades están basados en la modalidad y los códigos mentales de formatos específicos que están interconectados en una estructura asociativa integrada compleja”.

En soporte de esta noción, citan datos que sugieren que las operaciones aritméticas de la suma o de la comparación numérica, se realizan de una forma cualitativamente diferente dependiendo de la noción numérica usada por el input.

Además, Campbell y Clark sugieren que “los diferentes códigos de estímulos pueden trasladarse a un formato de dígito visual o a un número escrito dominante, una asunción equivalente a la de Noël y Seron (*in press*).

El modelo de Campbell es solamente una teoría que capitaliza procesos específicos de modalidad. Los diferentes tipos de representaciones numéricas (fonológicas, visual, semántica, léxica, articulatoria y análoga) se asumen que están directamente interconectadas y que forman una compleja codificación asociativa que es activada durante el procesamiento numérico. Como la compleja codificación que se activa difiere debido a los requerimientos de la tarea, la teoría predice variabilidad relacionada con la tarea (por ejemplo, diferentes modelos de ejecución para los problemas presentados en un modo arábico o verbal).

d) El modelo del triple código de Dehaene

Por último, el modelo que ha influido y sigue influenciando más, es el modelo de triple código de Dehaene y colaboradores (1993), que se puede considerar como una implementación alternativa del modelo de Campbell y Clark (1994). El modelo ha sido validado por la evidencia empírica con estudios de pacientes, estudios de tiempo de reacción, y con investigaciones con resonancia magnética funcional.

En su modelo, Dehaene (Dehaene, Piazza, Pinel y Cohen, (2003)) predice que, dependiendo de la tarea, tres sistemas distintos de representación están implicados: un sistema de cantidad numérica (una representación semántica no verbal del tamaño y las relaciones de distancia entre los números); un sistema verbal (donde los números son representados léxicamente, fonológicamente, y sintácticamente); y un sistema visual (en el cual los números pueden codificarse como una cadena de números arábigos).

La representación numérica visual y la representación numérica verbal pueden considerarse representaciones auxiliares, pues (1) no son semánticas y (2) están más relacionadas con el formato del input numérico y los procesos de salida.

En contraste, la representación numérica semántica es una representación numérica abstracta e interna y puede ser conceptualizada como una orientada y logarítmica compresión de la línea mental numérica.

Esta asunción de una ruta semántica y no semántica para el procesamiento numérico provee al modelo una mayor flexibilidad y generalidad que los modelos basados exclusivamente en procesamiento numérico semántico (McCloskey, 1992) y no semántico (Nöel & Seron, *in press*).

Dehaene y colaboradores proponen que los tres circuitos coexisten en el lóbulo parietal y captan muchas de las diferencias observadas entre las diferentes tareas aritméticas: el sistema intraparietal bilateral estaría asociado con el sistema de cantidad, una región del giro angular izquierdo estaría asociado con el procesamiento verbal de los números, y el sistema parietal superior posterior, con la atención espacial y no espacial.

Como puede observarse desde esta revisión corta de los modelos de procesamiento de números, estos difieren en sus predicciones. Algunos modelos predicen que el procesamiento de números puede afectarse por variaciones en la notación numérica (McCloskey, 1992), mientras otros modelos permiten algunos efectos diferenciales del formato del input (Dehaene et al. 1993).

4. Conclusiones y futuras investigaciones

Desde esta revisión teórica se podría concluir que la representación de paridad y de magnitud son fundamentales en la representación de los números. Estas dos representaciones de los números han sido ampliamente estudiadas, sin embargo, la representación de paridad ha sido menos comprendida que la de magnitud.

Los distintos efectos de magnitud (efecto distancia, efecto del problema de talla y *SNARC effect*) han sido replicados a través de distintos estudios, con diferentes tareas, notación y variables, pudiéndose concluir que estos efectos son estables y consistentes. Sin embargo, los efectos de paridad (“efecto impar”, *MARC effect*) parecen ser menos estables y replicables.

Aunque la mayoría de los estudios sobre la representación de paridad si obtienen un efecto significativo, otros estudios no encuentran este efecto. Una posible explicación es que los efectos de paridad tienen una mayor sensibilidad a los requerimientos de la tarea a realizar. Además, los efectos de paridad son mucho más consistentes y replicables para la notación verbal que para otras notaciones.

Mientras que todos los distintos modelos de procesamiento numérico asumen la existencia de los efectos de magnitud numérica, ningún modelo incorpora una explicación válida de los efectos de paridad. La única explicación posible nos la da la teoría lingüística sobre los adjetivos “marcados” y “no-marcados”, que postula una facilitación en el procesamiento de adjetivos “no-marcados”.

La “teoría de lo lingüísticamente marcado” debe ser estudiada más ampliamente en un futuro. Además, los efectos de paridad deben seguir estudiándose no sólo en tareas donde haya una decisión de paridad, sino también en tareas donde no la haya (por ejemplo, la tarea de magnitud). Otras nuevas investigaciones son necesarias para ver como influye las diferentes modalidades sensoriales y de las posiciones de las manos en el *SNARC effect*.

Además, el *SNARC effect* ha sido sobre todo estudiado usando la tarea de juicio de paridad, y este debería estudiarse más ampliamente usándose distintas manipulaciones experimentales. También debería estudiarse con más profundidad la posible relación entre los efectos de paridad y los efectos de magnitud.

Otro punto de gran importancia, es la creación de un nuevo modelo de procesamiento numérico que sea más flexible y capacitado para explicar la representación de paridad y de magnitud. Este modelo nos ayudaría a medir algunas predicciones y crearía nuevas investigaciones.

5. Referencias

Berch, D. B., Folley, E.J., Hill, R. J., & Ryan, P. M., (1999). Extracting parity and magnitude from Arabic numerals: Developmental changes in number processing and mental representation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(4), 286-308.

Campbell, J. I. D. (1994). Architectures for numerical cognition. *Cognition*, 53, 1-44.

Campbell, J. I. D., Parker, H. R., & Doetzel, N. L., (2004). Interactive Effects of Numerical Surface Form and Operand Parity in Cognitive Arithmetic. *Journal of Experimental Psychology*, 30(1), 51-64.

Clark, H., (1973). What 's in a word? On the child's acquisition of semantics in his first language. In T. Moore (Ed.), *Cognitive development and the acquisition of language* (pp. 65-110). New York: Academic Press.

Dehaene, S., Dupoux, E., & Mehler, J., (1990). Is numerical comparison digital? Analogical and symbolic effects in two-digit number comparison. *Journal of Experimental Psychology: Perception and Performance*, 16, 626-641.

Dehaene, S., & Cohen, L., (1991). Two mental calculation systems: A case study of severe acalculia with preserved approximation. *Neuropsychologia*, 29, 1045-1074.

Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology General*, 122(3), 371-396.

- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L., (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20 (3/4/5/6), 487-506.
- Fias, W. (2001). Two routes for the processing of verbal numbers: Evidence from the SNARC effect. *Psychological Research/Psychologische Forschung*, 65(4), 250-259.
- Fischer, M. (2001). Number processing induces spatial performance biases. *Neurology*, 57(5), 822-826.
- Fischer, M. H., Castel, A. D., Dodd, M. D., & Pratt, J. (2003). Perceiving numbers causes spatial shifts of attention. *Nature Neuroscience*, 6(6), 555-556.
- Fischer, M. H. (2003). Spatial representations in number processing – Evidence from a pointing task. *Visual Cognition*, 10(4), 493-508.
- Fischer, M., Warlop, N., Hill, R., & Fias, W. (2004). Oculomotor Bias Induced by Number Perception. *Experimental Psychology*, 51(2), 91-97.
- Gevers, W., Reynvoet, B., & Fias, W., (2003). The mental representation of ordinal sequences is spatially organized. *Cognition* 87, B87-B95.
- Gevers, W., Verguts, T., Reynvoet, B., Caessens, B., & Fias, W., (2006). Numbers and Space: A Computational Model of the SNARC Effect. *Journal of Experimental Psychology, Human Perception and Performance*, 32(1), 32-44.
- Hines, T. M., (1990). An odd effect: Lengthened reaction times for judgments about odd digits. *Memory & Cognition*, 18(1), 40-46.
- Kinoshita, S., & Peek, O. M. (2006). Two bases of the compatibility effect in the Implicit Association Test (IAT). *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(12), 2102-2120.
- Krueger, L. E. & Hallford, E. W. (1984). Why $2 + 2 = 5$ looks so wrong: On the odd-even rule in sum verification. *Memory & Cognition*, 12, 171-180.
- Krueger, L. E. (1986). Why $2 \times 2 = 5$ looks so wrong: On the odd-even rule in product verification. *Memory & Cognition*, 14, 141-149.
- Lemaire, P., & Fayol, M. (1995). When plausibility judgements supersede fact retrieval: The example of the odd-even rule in product verification. *Memory & Cognition*, 23, 34-48.
- Lemaire, P., & Reder, L. M. (1999). What effects strategy selection in arithmetic? The example of parity and five effects on product verification. *Memory & Cognition*, 27, 369-382.

Lochy, A., Seron, X., Delazer, M., & Butterworth, B. (2000). The odd-even effect in multiplication: Parity rule or familiarity with even numbers?. *Memory & Cognition*, 28(3), 358-365.

McCloskey, M., Maracuso, P., & Whetstone, T. (1992). The functional architecture of numerical processing mechanisms: Defending the modular model. In J. I. D. Campbell (Ed.), *The nature and origins of mathematical skills* (pp. 493-537). Amsterdam: Elsevier.

Nöel, M. P., & Seron, X. (in press). Arabic number reading deficit: A single case study. *Cognitive Neuropsychology*.

Nuerk, H. C., Iversen, W., & Willmes, K. (2004). Do signers think differently? The processing of number parity in deaf participants. *Cortex*, 40, 176-178.

Nuerk, H. C., Iversen, W., & Willmes, K. (2004). Notational modulation of the SNARC and the MARC (linguistic markedness of response codes) effect. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A Human Experimental Psychology*, 57A(5), 835-863.

Nuerk, H. C., Bauer, F., Krummenacher, J., Heller, D., & Willmes, K. (2005). The power of the mental number line: How the magnitude of unattended numbers affects performance in an Eriksen task. *Psychology Science*, 47(1), 34-50.

Nuerk, H. C., Wood, G., & Willmes, K. (2005). The Universal SNARC Effect: The Association between Number Magnitude and Space is Amodal. *Experimental Psychology*, 52(3), 187-194.

Proctor, R. W., & Cho, Y. S. (2006). Polarity Correspondence: A General Principle for Performance of Speeded Binary Classification Tasks. *Psychological Bulletin*, 132(3), 416-442.

Reynvoet, B., & Brysbaert, M. (1999). Single-digit and two-digit Arabic numerals address the same semantic number line. *Cognition*, 72(2), 191-201.

Sudevan, P., & Taylor, D. A. (1987). The cuing and priming of cognitive operations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 89-103.

Vandorpe, S., Rammelaere, S., & Vandierendonck, A. (2005). The Odd-Even Effect in Addition, An Analysis per Problem Type. *Experimental Psychology*, 52(1), 47-54.

Willmes, K., & Iversen, W. (1995). On the Internal Representation of Number Parity. *Paper presented at the Spring Annual Meeting of the British Neuropsychological Society, London*.