



MÁSTER EN NEUROCIENCIA COGNITIVA Y DEL COMPORTAMIENTO  
FACULTAD DE PSICOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE GRANADA



# LA REPRESENTACIÓN MENTAL DE LA MAGNITUD NUMÉRICA Y DE LA PARIDAD



**AUTORA: VERÓNICA JUÁREZ RAMOS**

**TUTOR EXTERNO: PROF. KONSTANTINOS PRIFTIS**

**TUTOR INTERNO: PROF. EMILIO GÓMEZ MILÁN**

# **LA REPRESENTACIÓN MENTAL DE LA MAGNITUD NUMÉRICA Y DE LA PARIDAD**

*Autora: Verónica Juárez Ramos  
Tutor externo: Prof. Konstantinos Priftis  
Tutor interno: Prof. Emilio Gómez Milán*

*Master en Neurociencia cognitiva y del comportamiento  
Dpto. Psicología Experimental y Fisiología del comportamiento  
Facultad de Psicología  
Universidad de Granada*

# ÍNDICE:

**PARTE TEÓRICA:** La representación mental de la magnitud y de la paridad

1.INTRODUCCIÓN.....	5
2.- ACCESO AL CONOCIMIENTO DE PARIDAD Y MAGNITUD DURANTE EL PROCESAMIENTO NUMÉRICO.....	7
3.- REPRESENTACIÓN MENTAL DE PARIDAD Y MAGNITUD:.....	10
3.1. Efectos de magnitud:.....	10
a) <i>El efecto de distancia</i>	
b) <i>El efecto del problema de la talla</i>	
c) <i>El Efecto de la asociación numérica espacial con el código de respuesta (SNARC effect)</i>	
3.2. Efectos de paridad: .....	13
a) <i>El efecto impar (Odd effect).....</i>	13
b) <i>El Efecto impar-par en la aritmética elemental.....</i>	18
c) <i>El efecto de asociación lingüísticamente marcada del código de respuesta (MARC effect).....</i>	19
4.- MODELOS TEÓRICOS SOBRE EL PROCESAMIENTO NUMÉRICO.....	23
a) <i>Modelo de McCloskey</i>	
b) <i>Hipótesis sobre el código de entrada preferente de Noël y Seron</i>	
c) <i>El modelo de codificación compleja de Campbell y Clark</i>	
d) <i>El modelo de triple código de Dehaene</i>	
5.- CONCLUSIONES.....	26
6.- DIRECCIONES FUTURAS.....	26
7.- REFERENCIAS.....	28

## **PARTE EXPERIMENTAL:**

8.- INTRODUCCIÓN.....	30
9.- MÉTODO.....	33
10.- RESULTADOS.....	35
<i>10.1. Efectos de paridad.....</i>	<i>36</i>
<i>10.2. Efectos de magnitud.....</i>	<i>39</i>
11.-DISCUSIÓN.....	41
12.-CONCLUSIÓN.....	43
13.-APÉNDICE.....	44
14.- REFERENCIAS.....	53

# PARTE TEÓRICA

## 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 y cols., 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, en inglés). Una evidencia de esta representación espacial de los números es el “efecto de asociación numérica espacial de los códigos de respuesta” (SNARC effect, en su abreviatura inglesa).

El “SNARC effect” fue presentado por primera vez por Dehaene, Bosini, y Giroux (1993). En una tarea de juicio de paridad, Dehaene y colaboradores (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” (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. 11).

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, en inglés)- 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” (MARC effect, en su abreviatura inglesa).

El “MARC effect” fue encontrado recientemente por Willmes e Iversen (1995) durante la realización de una tarea de juicio de paridad. En su estudio observo 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” (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 (ej. siete) que para números arábigos (ej. 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.- ACCESO AL CONOCIMIENTO DE PARIDAD Y MAGNITUD DURANTE EL PROCESAMIENTO NUMÉRICO**

La paridad y la magnitud son propiedades matemáticas relativamente abstractas. Incluso los sujetos matemáticamente no sofisticados conceptualizan y extraen estos parámetros fácilmente. De hecho, todos los sujetos acceden y usan la información de magnitud y paridad durante el cálculo mental. Por ejemplo, en una operación aritmética de verificación (ej.,  $2 + 3=7$ ), los sujetos evalúan la plausibilidad del resultado propuesto comprobando si la magnitud es compatible con los operandos.

Una comprobación similar se realiza también con la propiedad de paridad. En una tarea de verificación de sumas, los sujetos aplican 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” (Krueger y Hallford, 1984). En una tarea de verificación de multiplicación, los sujetos usan la ley: “si un multiplicador es par, entonces el producto correcto debe ser par; al contrario será impar” (Krueger, 1986).

Sin embargo, poco son los estudios realizados sobre como los parámetros de paridad y magnitud, son computerizados y representados mentalmente. Dentro de los pocos estudios, encontramos el estudio de Hines en 1990.

Hines utilizando una tarea de juicios de paridad (parity judgement task, en inglés), encontró que la respuesta par era sistemáticamente más rápida que la respuesta impar. Él atribuía esta diferencia a que el concepto impar está “lingüísticamente marcado”.

También la evidencia neuropsicológica nos ha aportado información sobre como se computerizan y representan mentalmente estas dos propiedades.

Dehaene y colaboradores describieron un paciente afásico y con acalculia. El paciente NAU no podía leer, memorizar, o calcular números de ninguna forma, pero preservaba la habilidad de comparar y de aproximar cantidades numéricas. NAU estaba al nivel de azar en los juicios de paridad. Esta pérdida de información de paridad contrastaba bruscamente con su realización perfecta en la comparación mayor-menor (por ejemplo, el número 6 es mayor que el 5), que indicaba una representación de magnitud intacta.

Estos datos nos podrían llevar a concluir que la información de paridad y magnitud tienen distintos substratos neurobiológicos. Pero debido a que la disociación inversa todavía no ha sido encontrada, es posible pensar también que los juicios de paridad son tareas más demandantes que las tareas de comparación de magnitud.

En otro estudio de Dehaene y colaboradores (1993) examinaron como la paridad y la magnitud numérica se representaban mentalmente; y como se extraían estas dos propiedades desde números escritos con una notación arábica y verbal.

En el experimento 1 y 2 estudiaron como se extraía la paridad. Para ello, midieron el tiempo del juicio de paridad para todos los números arábigos de uno y dos dígitos. El resultado permitía rechazar la hipótesis de que el estatus impar-par es computerizado en cada ensayo usando una división mental por 2.

Para dígitos simples, los tiempos de reacción eran más rápidos para la potencia de 2 (ej. el 2 es el miembro principal de la serie 2, 4, 6...) y para los primeros impares, sugiriendo una recuperación directa de la información de paridad desde un almacenamiento semántico de propiedades aritméticas simples.

Sin embargo, en los números de dos dígitos, no se observada facilitación en los números principales o potencia de 2. El experimento 2 no excluía la existencia de un léxico semántico para números de dos dígitos, sino que mostraba que tal léxico no se usaba en la tarea de juicio de paridad.

El segundo conjunto de experimentos (experimentos 3 a 7) se focalizaba en como se accede a la representación de magnitud numérica durante el juicio de paridad. El “SNARC effect” fue encontrado en el experimento 1. Los experimentos 3 y 4 demostraron el origen numérico de este efecto, obteniendo que el “SNARC effect” depende de la magnitud relativa de los números objetivo dentro del intervalo medido. Por ejemplo, en un intervalo de 0 a 5, los números 4 y 5 se asociaban preferentemente con una respuesta con la mano derecha. Sin embargo, estos mismos números, 4 y 5, se asociaban preferentemente con una respuesta con la mano izquierda cuando el intervalo era de 4 a 9. A partir de ahí, las características espaciales de este efecto fueron exploradas; mostrándose que la dirección de la asociación espacial-numérica no era contraria en sujetos zurdos, en sujetos con las manos cruzadas, o en sujetos franceses que leían los números verbales en un espejo.

Sin embargo, el “SNARC effect” se observó que tendía a ser al revés en sujetos Iraníes (en la cultura Iraní se escribe y lee de derecha a izquierda). Estos resultados indicaban que se accede automáticamente a una representación de magnitud numérica durante el juicio de paridad de dígitos arábigos. La dirección particular de la asociación espacial-numérica parece estar determinado por la dirección de la escritura.

Dado que la paridad y las representaciones de magnitud habían sido encontradas en las tareas de juicios de paridad, los experimentos 8 y 9 examinaron si se accedían también a las mismas representaciones cuando se usaban números verbales, en vez de números arábigos. Se encontró una disociación entre la información de paridad y magnitud. La información de paridad parecía extraerse en un camino similar, a pesar de la notación del input, al menos en el rango de números que iban de 0 a 19. Los tiempos de reacción en los juicios de paridad eran siempre muy similares en los estímulos verbales y en los estímulos arábigos, sugiriendo que los números input son los primeros en convertirse en una representación común con base 10 antes de la extracción de paridad.

Por contraste, el SNARC effect difería a través de las notaciones. La asociación espacial-numérica era siempre más fuerte con los números arábigos que con los números verbales, y esto tiende a debilitarse o desaparecer con números mayores de 10. Estos resultados sugieren que la representación de la magnitud numérica o línea numérica se activa automáticamente solamente para números arábigos de relativa magnitud pequeña.

### **3.- REPRESENTACIÓN MENTAL DE PARIDAD Y MAGNITUD**

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

#### **3.1. 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, en inglés). (Dehaene y cols., 1993).

*a) El efecto de distancia* es un efecto conductual fundamental que se observa cuando los sujetos realizan una tarea de comparación numérica (ej. 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 (ej. 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 (ej. 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  $7 \times 9$  que  $2 \times 1$ .

*c) El Efecto de asociación numérica espacial de los códigos de respuesta (SNARC effect)* consiste en una interacción sistemática entre la posición de la respuesta y la magnitud del número, en donde los números menores (ej. 1 o 2), de un conjunto de números presentados, se responden más rápidamente con la mano izquierda y los números mayores (ej. 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 (ej. 0 o 1), que en respuesta a números mayores (ej. 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, en inglés). 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 y colaboradores (Fias, 2001) han 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 y cols. 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 y cols. 2004) y para diferentes clases de estímulos tales como letras, meses y días (Gevers y cols. 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 y cols. 1993), tanto como en tareas de comparación de magnitud (Dehaene y cols. 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 (2004), donde se demuestra que la asociación habitual entre la magnitud numérica y el espacio externo, influencia 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 aparecía 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 (2003a). 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.

### **3.2. 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, en inglés). 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 (ej. 3-5). Sin embargo, este efecto se veía atenuado cuando simplemente se utilizaba un dígito (ej. 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 (ej. vive-vive o diferentes, estas producían mayores tiempos de reacción. Efecto que se veía reducido cuando se usaba la palabra “vive” sola. ( Explicación más detallada en la tabla 1 pág. 16-17 ).

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, en inglés) lingüísticamente.

Desde un punto de vista teórico, H. Clark en 1973 propuso que la distinción entre “marcado versus no marcado” (marked versus unmarked, en inglés), tienen su origen en la naturaleza del mundo físico. Los adjetivos espaciales en inglés se dividen en parejas, un miembro esta “no marcado” (ej. largo, lejos, alto) y el otro esta “marcado” (ej, 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, y cols. (1999), Nuerk, y cols. (2004), Fischer, y cols. (2004), Nuerk, y cols. (2005), Reynvoet y cols. (1999)), Fias y cols. (2005)).

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 ver, 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.

**Tabla 1.-Hines (1990)**

EXPERIMENTO	OBJETIVO	MÉTODO	RESULTADOS
EXPERIMENTO 1	Investigar las diferencias entre los números pares e impares, en la codificación de estos entre los jóvenes y adultos	Los estímulos eran pares de dígitos que iban desde el 2-9.	-Los adultos responden más lentamente que los jóvenes, -El TR disminuye cuando el SOA incrementa. -Los pares de dígitos impares se responden más lentamente que los pares de dígitos pares.
EXPERIMENTO 2	Investigar si el incremento del TR para pares impar-impar, se debe a las características inherentes de los dígitos o algún factor que emerge cuando se clasifican dos dígitos. Si estos es así, el “efecto impar” desaparecerá cuando sólo	Los estímulos consistían en 50 dígitos pares y 50 impares. Los dígitos usados iban de 2 al 9.	-No hay diferencias entre los dígitos pares e impares (459 mseg para impares y 454 para pares). -Hay más errores para los impares. -Alguna característica inherente de los dígitos es responsable, al menos en parte, del efecto observado en el Exp. 1.
EXPERIMENTO 3	Examinar el efecto impar dependiendo de la variedad de juicios que hacen los sujetos sobre los pares de dígitos. Se le requiere a los sujetos que distinguan entre pares de dígitos pares e impares.	Se presentaban una pareja de números impares, pares o mixtos.	Los pares de dígitos impares tienen TR mayores que los pares (714 vs. 600 mseg). -Estos resultados muestran que el efecto impar es un efecto robusto.
EXPERIMENTO 4	Examina dos posibles hipótesis: a) Juzgar el n° impar requiere incremento de tiempo extra. Una segunda explicación del efecto impar es posible pero no muy plausible.	-Los pares de dígitos impares tienen TR mayores que los pares (714 vs.	Los resultados son inconsistentes con ambas aproximaciones del efecto impar mencionadas. -Las respuestas eran más lentas para los dígitos impares que para los pares (732 vs. 612 mseg.).

EXPERIMENTO	OBJETIVO	MÉTODO	RESULTADOS
EXPERIMENTO 5	Investigar la causa del efecto impar basándose en el criterio de que los adjetivos pares están “no marcados” y los impares están “marcados”. La evidencia muestra que los adjetivos marcados son más difíciles de procesar que los adjetivos no marcados.	Los estímulos consistían en 50 nombres de dígitos pares y 50 impares. Los dígitos usados iban de 2 al 9. El sujeto debía decidir si el nombre del dígito era par o impar.	-El TR para clasificar el nombre de los números impares era mayor que para pares (537 vs. 517 mseg).  -Los resultados son consistentes con la hipótesis de lo “lingüísticamente marcado” (linguistic markedness).
EXPERIMENTO 6	Investigar si la hipótesis es verdaderamente la causa del efecto impar. Para averiguar está posibilidad, observaron si este modelo de resultados aparece cuando los sujetos hacen juicios sobre estímulos no numéricos que están marcados o no marcados.	Se presentaban un par de palabras que eran “vivo-muerto” o muerto-muerto. El sujeto debía decidir si ambas palabras eran “no muerto” o muerto.	-El TR era menor para el par de palabras “vivo-vivo” que para “muerto-muerto” (743 vs. 848 mseg).  -Estos resultados sugieren que la razón, que hay bajo el procesamiento de los dígitos impares, era debida al hecho de que los adjetivos impares son adjetivos marcados y se procesan más lentamente.
EXPERIMENTO 7	Investigar si la hipótesis es verdaderamente la causa del efecto impar. Para averiguar está posibilidad observaron si este modelo de resultados aparece cuando los sujetos hacen juicios sobre estímulos no numéricos que están marcados o no marcados.	El experimento 7 es idéntico al Experimento 6, excepto que los sujetos deben hacer juicios de mismo/diferente en los pares de palabras.	-Los TR para los pares de muerto-muerto eran mayores que para los pares de “vivo-vivo” (1,076 vs. 839 mseg).  -Estos resultados muestran que los juicios sobre los pares de palabras de muerto no están limitados a los juicios de clasificación, sino que también es generalizable a los juicios de mismo/diferente, un encuentro análogo a los resultados con los juicios sobre dígitos.
EXPERIMENTO 8	Investigar si la hipótesis es verdaderamente la causa del efecto impar. Para averiguar está posibilidad observaron si este modelo de resultados aparece cuando los sujetos hacen juicios sobre estímulos no numéricos que están marcados o no marcados.	Los sujetos debían clasificar solamente una palabra dependiendo de si el nombre era de algo “vivo” o no.	-Los resultados muestran un efecto del tipo de palabra (muerto vs. vivo) y de las palabras de números que se van a clasificar. ( $F(1,34)=71.88, p<.001$ ). -La interacción entre las palabras de números que van a ser clasificadas y el tipo de palabra también era significativa [ $F(1,34)09.15, p=.004$ ].

***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 (879ms) que los estímulos mixtos (PI, 937ms) y los estímulos impares (II, 991ms.). El coste del formato escrito era menor para los estímulos pares (PP, 183ms) que para los estímulos mixtos (PI, 215ms) y los estímulos impares (230ms).

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

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 (marc effect):***

La asociación lingüística marcada del código de respuesta (“linguistic markedness association of response code” o MARC effect, en inglés), 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 y cols., 1999; Willmes e Iversen, 1995; Nuerk y cols., 2004; Nuerk y cols., 2005; Proctor y cols., 2006; Kinoshita y cols., 2006; Nuerk y cols., 2004).

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” (ej. “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 y cols. 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).

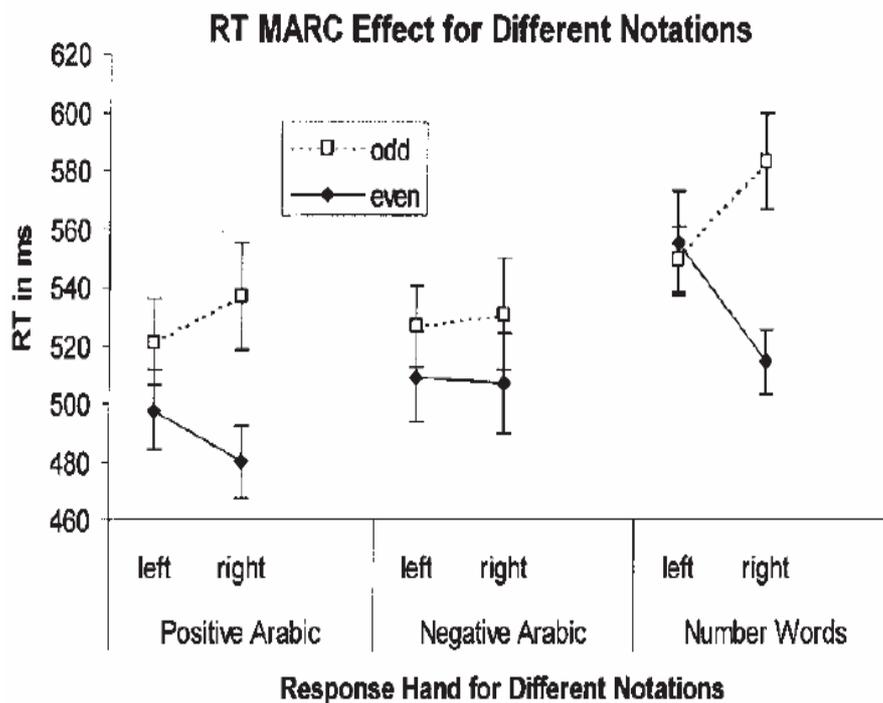
Nuerk y colaboradores examinaron sistemáticamente el “MARC effect” (para paridad) y el “SNARC effect” (para magnitud) en diferentes notaciones de los números (arábigos positivos, negativos, arábigos, números escritos) y con diferentes métodos de análisis de

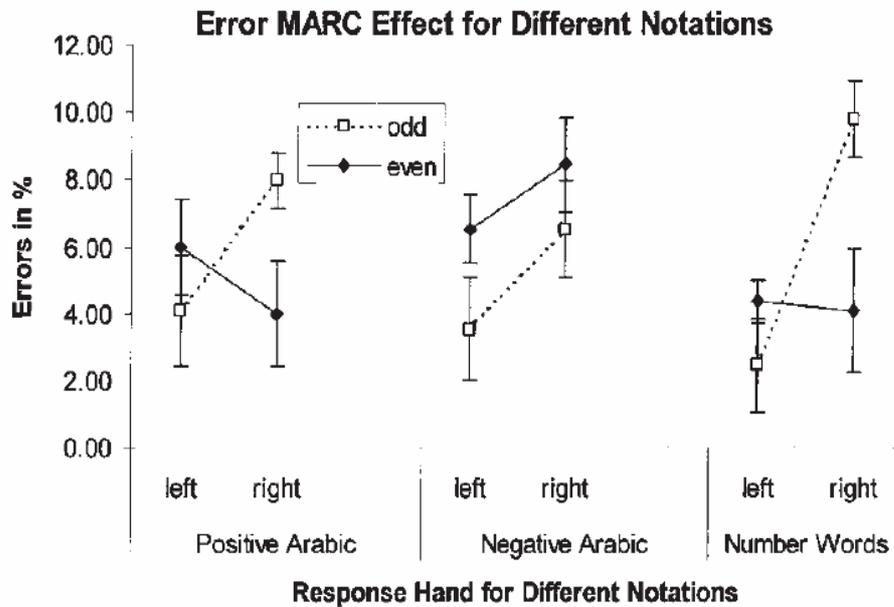
datos. El objetivo concreto de este estudio era examinar porque los efectos de paridad habían sido encontrados en algunos experimentos (Willmes e Iversen,1995; Berch y cols. 1999; Reynoet y Brysbaert,1999; Proctor y cols. 2006; Kinoschita y cols. 2006), pero no en otros (Fischer y cols. 2004; Nuerk y cols. 2005).

Para ello, utilizaron una tarea de juicio de paridad (parity judgement task, en inglés) 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 (Ver gráfica 2 de Nuerk y cols. 2004, en pág 21-22).

Gráfica 2. Nuerk, Iversen, Willmes (2004)





**Gráfico 2.** El “MARC effects” para los TRs (arriba) y los errores (abajo) para diferentes notaciones. El “MARC effects” era significativo para los números escritos; efectos marginales significativos eran obtenidos para los números arábigos positivos, y un efecto nulo para números arábigos negativos (Tomado de Nuerk. y cols. 2004).

Estos resultados parecen confirmar que lo “lingüísticamente marcado” (linguistic markedness, en inglés) 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 semánticos-lingüísticos tales como los “marcados” y que, viceversa (2) El “MARC effect” es efectivamente de naturaleza lingüística-verbal.

En resumen, las diferencias del “MARC effect” y del “efecto impar” (odd effect, en inglés) 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.

## 4.- 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 preveen 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 (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 (si el objetivo tiene una notación arábica), o por un módulo de comprensión verbal (si 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 (ej. 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 (1993, 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, 1993).

## **5.- CONCLUSIONES**

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”, abreviatura inglesa) 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”, abreviatura inglesa) 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”.

## **6.- DIRECCIONES FUTURAS**

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.

En lo referente a la representación de paridad, una futura dirección puede ser el estudio de la “teoría de lo lingüísticamente marcado”. 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 (ej. la tarea 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.

## 7.- 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.
- 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. (2003a). 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. Campbel (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.*

# PARTE EXPERIMENTAL

## 8.- INTRODUCCIÓN

La representación mental de la magnitud numérica y de la paridad tiene una gran influencia en la ejecución diaria de tareas numéricas.

Una prueba clásica de representación interna de magnitud es el “efecto de asociación numérica espacial de los códigos de respuesta” (SNARC effect, spatial numerical association of response codes, en inglés).

El “SNARC effect” (Dehaene y cols. 1993) describe una asociación automática entre la localización de la mano que responde y la magnitud semántica abstracta de un número dado. Incluso en tareas en donde la información de magnitud es irrelevante, se encuentra el “SNARC effect”; como en el caso de la “tarea de juicio de paridad” (el sujeto debe decidir si el número presentado es par o impar). En concreto, lo que se observa es que los números mayores se responden más rápidamente con una respuesta con la mano derecha y al revés, que los números menores se responden más rápidamente con una respuesta con la mano izquierda. La explicación dada por Dehaene y colaboradores (1993) sobre este efecto, es que la magnitud de un número, en una orientada línea numérica mental, se activa automáticamente.

La línea mental numérica se asume que está orientada de izquierda a derecha; por tanto, los números mayores estarían espacialmente localizados en la derecha.

Cuando la respuesta clave se encuentra también en la derecha, hay una congruencia entre la localización espacial mental del número en la línea numérica y la localización de la respuesta. En tal condición congruente las respuestas son más rápidas y precisas.

Según, Dehaene y colaboradores (1993) este efecto indica una medida automática de representación de magnitud análoga y amodal (ver también, Dehaene y cols. 2003). Además, Dehaene y colaboradores (1993) demostraron que el “SNARC effect” dependía de la dirección de la escritura del lenguaje, de la cultura en cuestión.

Esta dependencia cultural del “SNARC effect” fue observada cuando se examinó el “SNARC effect” en sujetos iraníes, los cuales, escribían de derecha a izquierda.

En este caso concreto, se encontró un “SNARC effect” invertido, es decir, que los sujetos respondían más rápido con la mano derecha a los números pequeños, y al revés, respondían más rápido con la mano izquierda a los números grandes.

Aunque las diferentes vías o rutas de conversión pueden llevar a una representación abstracta de magnitud, virtualmente todos los modelos teóricos de procesamiento numérico asumen la existencia de tal representación de magnitud (Dehaene y cols. 2003, con el modelo de triple código; McCloskey, 1992, con un modelo de representación de magnitud semántica simbólica central; Campbell, 1994, con el modelo de codificación complejo).

El “SNARC effect” es un efecto estable encontrado consistentemente en un amplio rango de manipulaciones experimentales (Fias y cols. 2001; Nuerk y cols. 2004; Nuerk y cols. 2005; Dehaene y cols. 1993). El “SNARC effect” puede darse con diferentes notaciones, tales como, los números negativos, los números escritos y en diferentes clases de estímulos, tales como las letras, meses o días.

Además, para los números arábigos este efecto se puede observar a través de diferentes tareas, como son la tarea de juicio de paridad, la tarea de juicio de magnitud, de juicio de simetría, etc.

Otros dos efectos relacionados con el “SNARC effect”, son el “efecto impar” (odd effect, en inglés) y el “Efecto de asociación lingüísticamente marcada de los códigos de respuesta” (MARC effect, en inglés). Estos dos efectos muestran una representación interna del efecto de paridad. La distinción entre números pares e impares es fundamental tanto matemáticamente como psicológicamente.

El “efecto impar” fue observado por primera vez por Hines (1990). Hines vio que durante la realización de una tarea de juicio de paridad, los números pares se procesaban más rápidamente y con un menor número de errores, que los números impares. Hines explicaba este efecto siguiendo la teoría lingüística de los adjetivos “marcados”.

Desde un punto de vista teórico, la distinción entre “marcado” versus “no-marcado”, tanto como otras características del lenguaje, tienen su origen en la naturaleza del mundo físico. Los adjetivos espaciales en el lenguaje están divididos en parejas, un miembro es el “no-marcado” (p.ej. “lejos”) y el otro miembro de la pareja es el “marcado” (p.ej. “cerca”). Los niños aprenden a usar antes los miembros “no-marcados” de la pareja. En el “efecto impar” se produce una facilitación del procesamiento

numérico con los números pares, debido a que, “par” es el miembro “no-marcado” e “impar” es el miembro “marcado” de la pareja.

Otros investigadores han usado la distinción entre “impar versus par” para examinar las diferencias de procesamiento entre los números pares e impares.

Krueger (1986; Krueger y Hallford, 1984) encontró que ante ecuaciones presentadas visualmente, los sujetos podían usar el carácter par o impar de la suma o del producto, para juzgar si la ecuación era correcta o incorrecta.

Más recientemente, otros estudios semejantes han encontrado un “efecto impar-par” (Lochy y cols. (2000), Vandorpe y cols. 2005) estable, al menos, en las tareas aritméticas de suma y multiplicación. Los resultados de estos estudios muestran mayores tiempos de reacción en la resolución de ecuaciones con números impares, y al revés, menores tiempos de reacción para ecuaciones con números pares.

Otro apoyo hacia la teoría lingüística de adjetivos “marcados”, fue obtenido por Wilmes e Iversen (1995). En concreto, en su estudio observaron que los números pares se respondían más rápidamente con la mano derecha, y que los números impares se respondían más rápidamente con la mano izquierda. A este efecto lo llamo “efecto de asociación lingüísticamente marcada de los códigos de respuesta” (MARC effect, linguistic markedness association of response codes, en inglés).

Debido a que “par” y “derecho” son los antónimos lingüísticamente marcados de “impar” e “izquierda”, el “MARC effect” fue interpretado como un efecto de congruencia lingüísticamente marcado. (Ver también, Hines (1990)).

Berch y colaboradores (1999) encontraron que el “MARC effect” estaba ausente en niños de 2, 3 y 4 grado, pero estaba presente en niños de 6 y 8 grado. Además, fue el primer estudio en donde el “MARC effect” era también significativo para números arábigos.

Nuerk y colaboradores (2004) llegaron también a la misma conclusión sobre el “MARC effect”, cuando lo examinaron con diferentes notaciones. El efecto era mayor en números escritos (37mseg) que en números arábigos positivos (16mseg) y en números arábigos negativos no había “MARC effect”. Tanto Nuerk como Berch concluyeron que el efecto era una consecuencia de lo “lingüísticamente marcado”.

Aunque estos estudios apoyan una representación interna de los efectos de paridad, los datos a veces son controvertidos. Son muchos los estudios en donde estos dos efectos de paridad no se encuentran (Fischer y cols. 2004; Nuerk y cols. 2005).

Sin embargo, en la mayoría de los estudios si se encuentran efectos de paridad significativos (Berch y cols. 1999; Reynvoet y cols. 1999; Proctor y cols. 2006; Kinoshita y cols. 2006).

El objetivo de este estudio era examinar la representación mental de los efectos de magnitud y los efectos de paridad. Para ello utilizamos una tarea de juicio de grandeza y una tarea de juicio de secuencia o magnitud.

En concreto, en nuestro estudio nos focalizamos en los dos efectos de paridad más importantes, “el efecto impar” y el “MARC effect”. Debido a que las representaciones de paridad son muy importantes en el ámbito matemático y psicológico, hipotetizamos que esta representación de paridad podía activarse automáticamente, incluso en tareas, en donde la información de paridad es irrelevante. En principio, en la tarea de juicio de grandeza y en la tarea de juicio de secuencia, la información de paridad no es necesaria para llevarla a cabo, pero como sucede con el “SNARC effect” en tareas de juicios de paridad, la representación de paridad podría utilizarse por los sujetos durante su ejecución. Si el efecto de paridad es significativo en estas dos tareas, resultaría en un gran avance hacia la comprensión de este efecto, y además, reforzarían los estudios que apoyan la importancia de esta representación mental en el procesamiento numérico.

Además, sería el único estudio en donde este efecto aparecería en una tarea de juicio de grandeza o de secuencia, debido a que, normalmente se utilizan otro tipo de tareas para estudiar el rol par-impar, como la tarea de juicio de paridad.

## **9.- MÉTODO**

### *Participantes*

24 sujetos voluntarios de ambos sexos (12 hombres, 12 mujeres) participaron en el experimento. Los 24 sujetos voluntarios tenían estudios universitarios. Uno de los participantes era zurdo. Todo los sujetos (con una edad comprendida entre 20-31 años) tenían una visión normal o corregida. Ninguno de los sujetos estaba familiarizado con el propósito del estudio.

## *Aparatos y estímulos*

El experimento fue realizado en un ordenador estándar controlado por el software E-Prime. Los estímulos aparecían en el monitor del ordenador y las respuestas se recogían desde un estándar *response BOX*. Las señales y los estímulos objetivo se visualizaban en una fuente Arial de color blanco de punto 24 y un fondo negro.

Los estímulos objetivo eran números Arábicos que iban del 1 al 9 con excepción del número 5. Cada número objetivo era precedido por punto de fijación (+) de 1x1 cm en el centro del monitor durante 1000mseg. Entre la presentación del punto de fijación y el estímulo objetivo se presentaba un intervalo entre estímulos de 200mseg. El número objetivo se presentaba en el centro del monitor sin tiempo límite hasta que la respuesta era registrada. Las teclas de respuesta eran A y L (1 y 2) de la *response BOX*. La distancia visual era de 57 cm aproximadamente.

## *Procedimiento*

A cada sujeto se le situaba dentro de una habitación de medición individual, donde se encontraba el experimentador. Todos los participantes debían realizaban una tarea de juicio de grandeza y una tarea de juicio de secuencia.

En la tarea de juicio de grandeza, el sujeto debía decidir si el número que aparecía en pantalla era mayor o menor que el número 5 (por ejemplo, el número 1 es menor que el 5 o el 7 es mayor que el 5). El sujeto debía responder a los números objetivos con las teclas A y L (1 y 2) de la *response BOX*. Se nombro A y L a las teclas de respuesta 1 y 2 de la *response BOX* para que no interfirieran con la tarea, puesto que estos eran números. Dependiendo de las instrucciones el sujeto respondía con la A o la L a los números mayores de 5, y con la A o la L a los números menores de 5, es decir, que la teclas de respuesta estaban contrabalanceadas. Además, el sujeto sólo podía pulsar las teclas de respuesta con los dedos índices.

De la misma forma, en la tarea de juicio de secuencia, el sujeto debía decidir si el número iba antes o después del número 5 (por ejemplo, el número 2 va antes que el número 5 y el número 8 va después). Como en el caso de la tarea de grandeza debían

responder con los dedos índices a las teclas respuesta contrabalanceadas A y L de la *response BOX*.

A los participantes se les daban instrucciones de cómo debían realizar cada tarea y cuáles eran las teclas con las que tenían que responder. Además se enfatizaba que debían responder lo más rápido y preciso posible.

Al comienzo de cada tarea, se les administraba un bloque de prácticas corto que constaba de 16 ensayos. Una vez terminada la práctica, comenzaba la tarea a realizar con un total de 8 bloques x 20 ensayos (un total de 160 ensayos). En cada ensayo, primero se presentaba un punto de fijación en el centro del monitor durante 1000ms, después había un intervalo entre estímulos de 200ms y posteriormente, aparecía el estímulo objetivo en el centro del monitor sin límite de tiempo, hasta que la respuesta era dada por el participante. Una vez registrada la respuesta, aparecía un feedback durante 1000ms de cómo de rápido y preciso (correcta o incorrecta) había sido la respuesta del sujeto en ese ensayo. Una vez finalizado el feedback, comenzaba un nuevo ensayo. El orden de la tarea, los bloques y la asignación de respuesta en el “*response Box*” era contrabalanceado a través de los sujetos. Entre las dos tareas, los sujetos se tomaban un descanso de 5 minutos. El experimento duraba aproximadamente 30 min.

## **10.- RESULTADOS**

Los datos fueron analizados con un ANOVA de medidas repetidas del modelo lineal general con el programa estadístico SPSS. El análisis de datos del experimento se centro en los efectos de paridad, en concreto, en el “efecto impar” y el “efecto de asociación lingüística marcada del código de respuesta (MARC effect); y en los efectos de magnitud, en concreto, en el “efecto de asociación numérica espacial de los códigos de respuesta” (SNARC effect).

## 10.1.-EFECTOS DE PARIDAD:

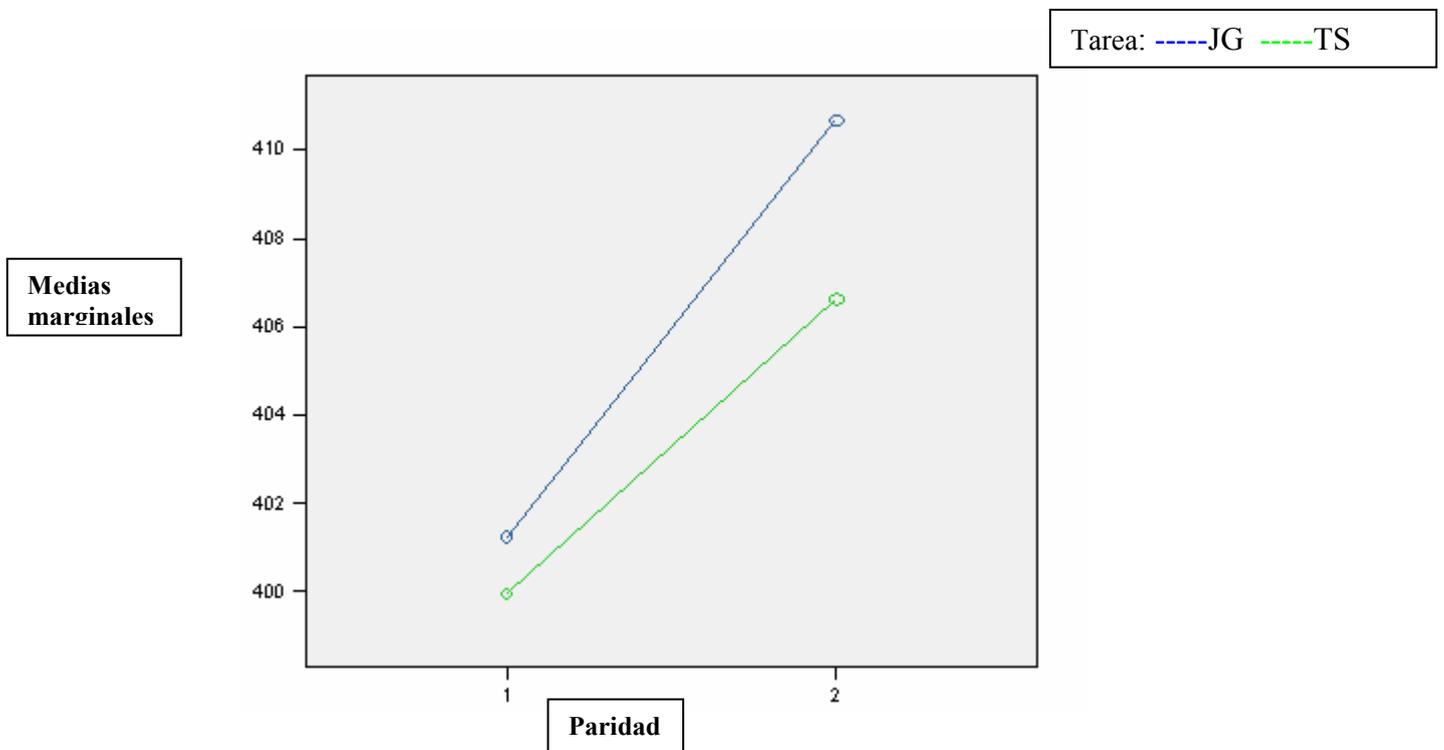
### a) “Efecto impar” (odd effect):

Para analizar el “efecto impar” se realizó un ANOVA de medidas repetidas: tarea (dos niveles: juicio de grandeza (=1) vs. Tarea de magnitud (=2) x paridad (2 niveles: impares (=1) vs. Pares (=2)).

Los resultados de estos análisis estadísticos (Ver Apéndice 1) muestran un efecto de la paridad, pero sin efectos significativos de tarea ni interacción entre paridad y tarea. Para los números pares, la media para la tarea de juicios de grandeza fue de 410,67 mseg., y la media para la tarea secuencial fue de 406,61 milisegundos. Para los números impares, la media en la tarea de juicio de grandeza fue de 401,28 mseg., y en la tarea secuencial fue de 399,96 milisegundos. (Ver Gráfica 1)

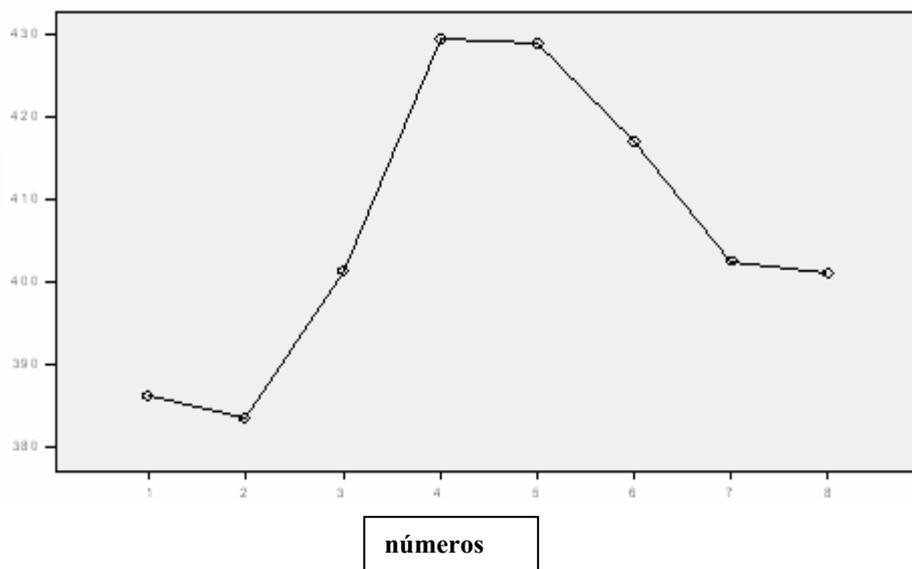
Como puede observarse, hemos obtenido un efecto significativo de paridad inverso: los impares se procesan más rápido que los pares.

**Gráfica 1.-** Medias marginales de medida-1:



Para intentar aclarar este resultado inesperado, de un efecto de paridad inverso, realizamos una análisis en función de los números del 1 al 9, excluyendo el 5 (Ver el Apéndice 2). Como puede observarse en la Gráfica 2 (en el contraste cuadrático), los números impares producen menores tiempos de reacción. Este resultado se puede deber a una relación entre el efecto de paridad y el efecto distancia. Cuanta mayor sea la distancia entre dos números a comparar, más fácil será la decisión a tomar y por tanto, más rápidos serán sus tiempos de reacción. Este parece ser el caso de los menores tiempos de reacción de los números impares en estas dos tareas de comparación numérica. Los números impares son más distantes del número 5 que los números pares. Por ejemplo, los números pares 4 y 6 están menos distanciados del número 5, con distancia de 1 número, que los números impares 3 y 7, con una distancia de 2 números.

**Gráfica 2.-** Medias marginales medida 1:



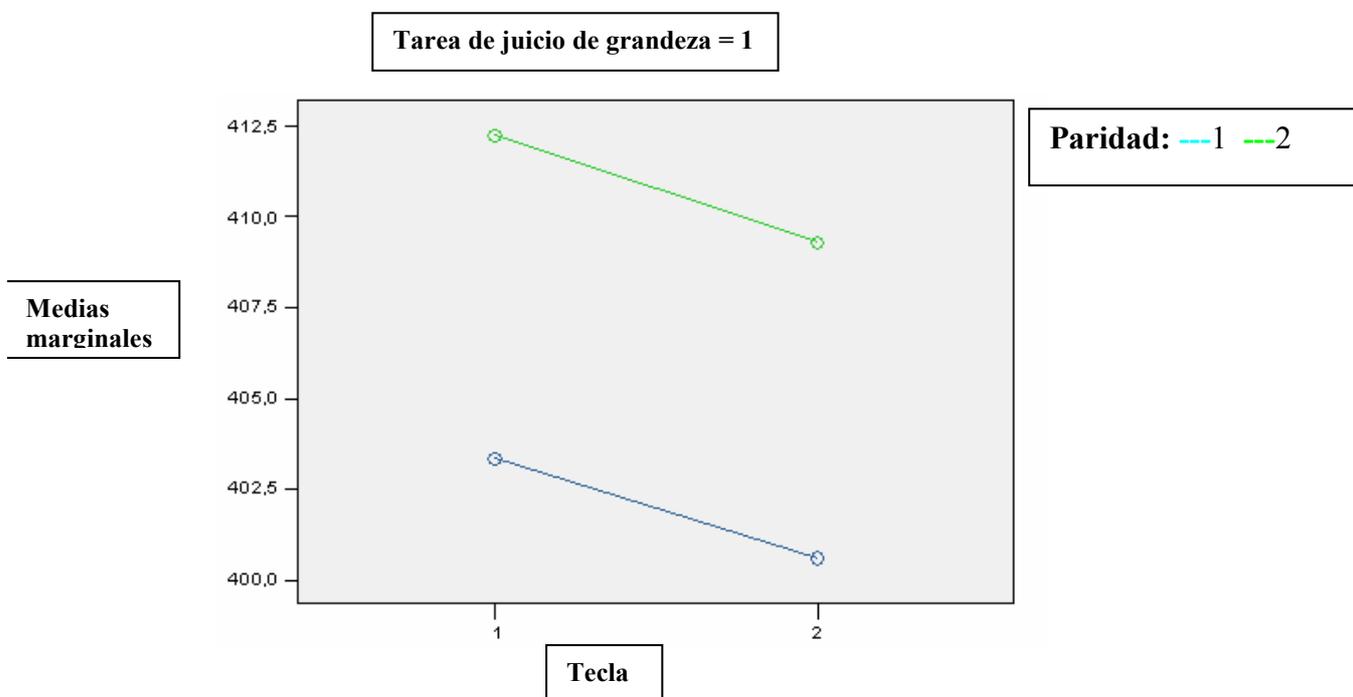
En la gráfica el número 6 es = 5, 7(en el gráfico= 6), 8 (en el gráfico = 7), 9 (en el gráfico=8).

b) “Efecto de asociación lingüística marcada del código de respuesta”  
(MARC effect):

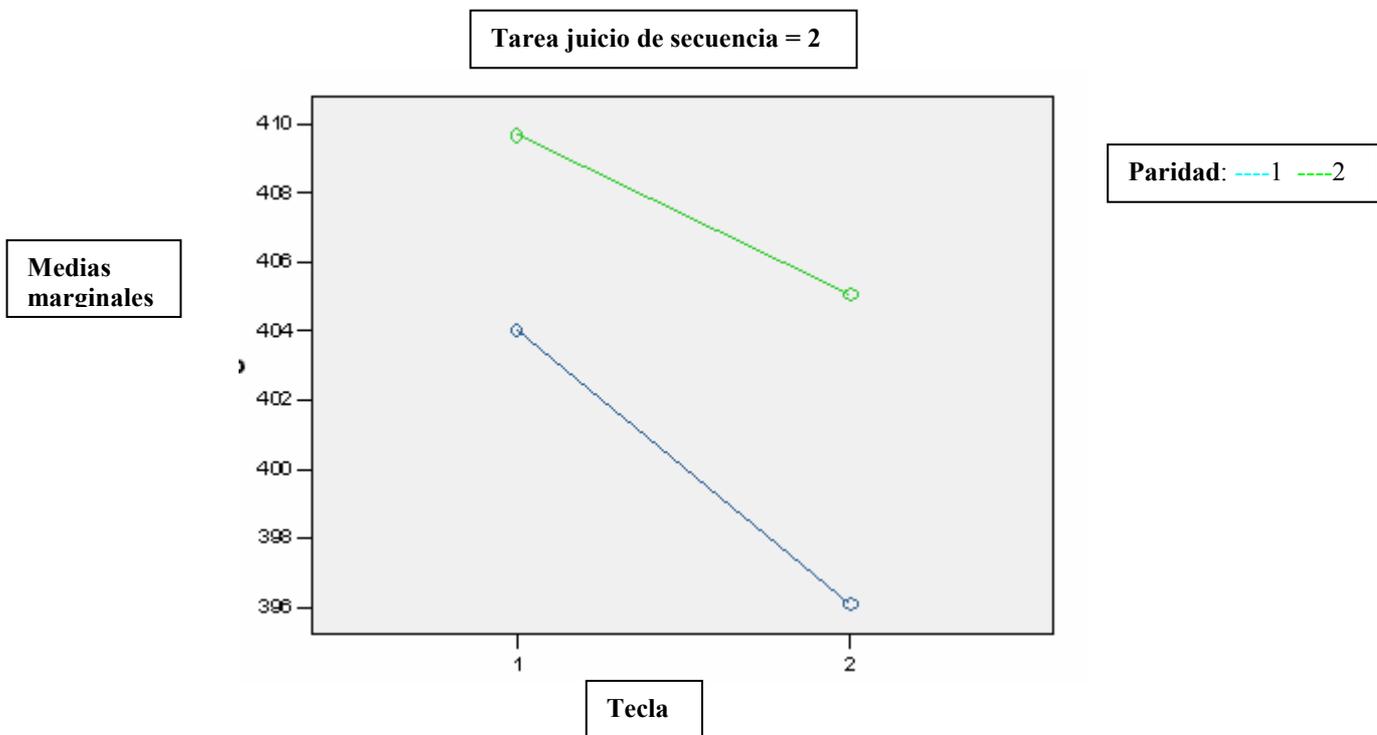
Para examinar el “MARC effect” usamos un ANOVA de medidas repetidas: tarea (dos niveles: juicio de grandeza (=1) vs. Tarea secuencial (=2) x paridad (2 niveles: pares (2) vs. Impares (1)) x tecla (2 niveles: tecla en posición izquierda (=1) vs. Tecla en la posición derecha (=2).

El análisis estadístico realizado muestra un “MARC effect” no significativo. Simplemente se encuentra un efecto de paridad invertido significativo, como en los datos anteriores. (Ver Apéndice 3). Como puede observarse en la Gráfica 3, no hay interacción significativa en la tarea de juicio de grandeza, entre la paridad y la tecla de respuesta. El mismo resultado se puede observar para la tarea de secuencia. (Ver Gráfica 4). Este resultado puede deberse a que el “MARC effect” es más consistente en tareas con notación verbal y en nuestras tareas se ha utilizado una notación arábica.

**Gráfica 3.-** Medias marginales medida 1:



**Gráfica 4.** Medias marginales medida 1:



## **10.2.-EFECTOS DE MAGNITUD:**

a) “Efecto de asociación numérica espacial de los códigos de respuesta”  
(SNARC effect):

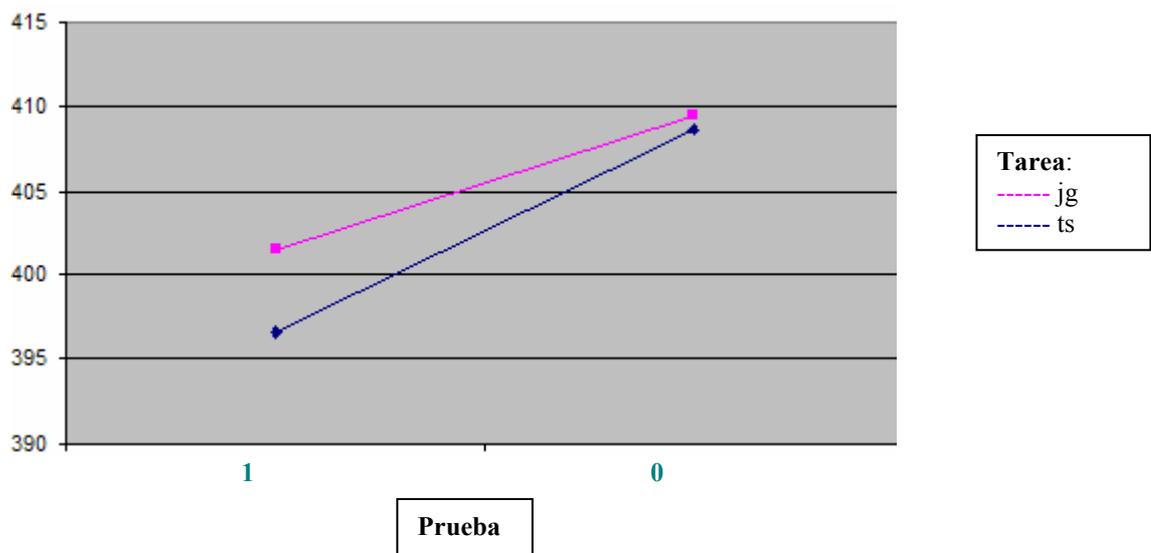
Para examinar el “SNARC effect” realizamos un Test t para las tareas independiente: prueba correspondiente para el efecto SNARC (=1) vs. Prueba no correspondiente para el efecto SNARC (=0), uno para la tarea secuencial y otro para la tarea de juicio de grandeza. La prueba correspondiente consiste en la prueba donde las dos tareas se responden con las mismas teclas (ej. teclas de respuesta 1 y 2 para la

primera y segunda tarea), y la prueba no correspondiente es aquella en donde las dos tareas se responden con las teclas invertidas (ej. teclas de respuesta 1 y 2 para la primera tarea y, 2 y 1 para la segunda tarea)

Los resultados no encuentran, ni en la tarea de secuencia ni en la tarea de juicio de grandeza, un SNARC effect significativo. (Ver Apéndice 4).

Sin embargo, los datos revelan una media menor para la prueba correspondiente (401,46 msec., en la tarea de juicio de grandeza; 396,63 msec., en la tarea de juicio de secuencia) que para la prueba no correspondiente (409,45 msec., en la tarea de juicio de grandeza; 408,59 msec., en la tarea de secuencia). (Ver gráfica 5 y 6). Estos resultados pueden explicarse debido al contrabalanceo realizado en las teclas de respuesta.

**Gráfico 5.** Medias de la medida 1:



## 11.- DISCUSIÓN

En este estudio exploramos la representación mental de los efectos de magnitud y de paridad. En concreto, examinamos si los efectos de paridad se activaban en una tarea de juicio de grandeza y en una tarea de juicio de magnitud, en donde, en principio está información es irrelevante para su solución.

La tarea de juicio de magnitud y grandeza contenía estímulos numéricos que iban de 1 a 9, con excepción del número 5. La tarea de juicio de grandeza consistía en decidir si el número objetivo era menor o mayor que el 5. La tarea de juicio de magnitud consistía en decidir si el número objetivo iba antes o después del número 5.

Nosotros medimos la decisión de los sujetos, en términos de tiempos de reacción. Los resultados proveen una clara evidencia de efectos de paridad. En concreto, nuestro encuentro más interesante fue la inversión del “efecto impar”. El “efecto impar” consiste en un procesamiento más lento para los números impares y más rápido para los pares (Hines, (1990); Nuerk y cols. (2004); Nuerk y cols. 2005). Sin embargo, nuestros resultados revelan un “efecto impar” invertido, en donde se produce menores tiempos de reacción para los números impares y mayores tiempos de reacción para los números pares.

Una posible explicación de este resultado podría ser la interacción entre el efecto de paridad y el efecto de distancia. La distancia entre dos estímulos influencia la comparación de los estímulos; una distancia más larga o mayor entre dos estímulos, facilita la decisión a tomar y produce menores tiempos de reacción.

En las dos tareas utilizadas, los números impares son más distantes del número 5 que los números pares. Por tanto, se podría concluir que los tiempos de reacción más rápidos para los impares podrían deberse al efecto de distancia (Kadosh y cols. 2005).

En lo correspondiente al otro efecto de paridad que analizamos, el “efecto de asociación lingüística marcada de los códigos de respuesta” (MARC effect), no encontramos efectos significativos. Esta observación contrasta con lo obtenido por recientes investigaciones (Nuerk y cols. 2004; Berch y cols. 1999; Reynvoet y Brysbaert, 1999). En estos estudios se encontró que los números impares se asociaban con el espacio izquierdo y los números pares con el espacio derecho. El “MARC effect” describe una asociación entre estímulos (paridad) y respuesta (mano izquierda/mano

derecha) que se explica por la teoría lingüística de adjetivos “marcados” y “no-marcados”. La pareja con estímulos congruentes marcados (número par y respuesta con la mano derecha/ número impar y respuesta con la mano izquierda) se responde usualmente más rápido que la pareja con estímulos incongruentes marcados.

Sin embargo, estos autores también mencionaron que el “MARC effect” es más pronunciado con material verbal que con el material numérico.

De hecho, pocos son los estudios en donde, se ha dado un “MARC effect” significativo en números arábigos simples (Berch y cols. 1999).

En la mayoría de los estudios, no se observa “MARC effect” significativo para números arábigos. Normalmente, obtienen un “MARC effect” para números escritos (Nuerk y cols. 2004; Nuerk y cols. 2005) pero no para números arábigos (Nuerk y cols. 2005, Fischer y cols. 2004; ). Una explicación de que el “MARC effect” no sea significativo en nuestro estudio puede deberse a que utilizamos una notación numérica arábiga.

Finalmente, en nuestro estudio medimos el “SNARC effect” como una representación interna del efecto de magnitud. Hipotetizamos que la representación de magnitud en esta tarea era una información necesaria que los sujetos usaban para realizarla. Aunque seguimos pensando que la información de magnitud si se activa durante la realización de las dos tareas, bien es cierto, que no encontramos un “SNARC effect” significativo. Estos resultados contrastan con los resultados de otros estudios en donde se obtiene un “SNARC effect” estable y consistente (Nuerk y cols. 2004; Mapelli y cols. 2003; Fias y cols. 2001). Una posible explicación podría ser la referencia espacial basada en la respuesta. Diferentes estudios demuestran que la modalidad del estímulo input no es importante para la observación del “SNARC effect”. Sin embargo, la construcción de una referencia espacial basada en la respuesta que se asocia con la magnitud del número podría depender de la percepción visual.

Ciertas investigaciones sugieren que los resultados sobre el “SNARC effect” pueden ser diferentes con las manos cruzadas. Este podría ser el caso de nuestro experimento, ya que, en cada tarea nosotros contrabalanceamos las teclas con la que el sujeto debía responder. Cuando el sujeto debía responder con las mismas teclas en las dos tareas (condición congruente), se podía observar una media menor. Sin embargo, cuando el sujeto debía responder una tarea con unas teclas y la otra con el orden invertido (condición incongruente), entonces se producía una media mayor.

## 12.- CONCLUSIONES

En nuestro estudio examinamos el “efecto impar” y el “MARC effect” como representaciones internas de paridad y el “SNARC effect” como representación interna de magnitud. Nuestros resultados revelaron datos contradictorios con respecto a otros estudios. Con respecto al “efecto impar”, encontramos un efecto invertido, que podría explicarse por una interacción entre la paridad y el efecto distancia. En nuestras tareas los números impares están más distantes del número 5 que los números pares y esto produce una facilitación con los números impares.

No encontramos ni “MARC effect” y “SNARC effect” significativo. El “MARC effect” no encontrado se podía explicar por la dependencia de notación. El “MARC effect” es más consistente en la notación de números escritos y menos consistente en la notación de números arábigos. Por último, el “SNARC effect” no significativo se podría explicar por el contrabalanceo de las teclas con las que el sujeto debía responder, con una condición congruente (las dos tareas se respondían con las mismas teclas) y con una condición incongruente (una tarea se respondía de una forma y la otra de manera invertida).

## 13.- APÉNDICE

### APÉNDICE 1:

La **tabla 1** muestra los descriptivos de la tarea sobre juicio de grandeza

			Estadística	Error estd.
Mediana impares JG	Media		401,28	7,973
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	384,75	
		Límite superior	417,82	
	Media 5% trim		399,80	
	Mediana		405,50	
	Varianza		1462,110	
	Desviación estd.		38,238	
	Mínimo		319	
	Máximo		516	
	Intervalo		197	
	Distancia intercuartílica		38	
	Asimetría		,715	,481
	Curtosi		3,082	,935
	Mediana pares JG	Media		410,67
Intervalo de confianza para la media al 95%		Límite inferior	389,82	
		Límite superior	431,52	
Media 5% trim			409,49	
Mediana			404,00	
Varianza			2324,514	
Desviación estd.			48,213	
Mínimo			304	
Máximo			544	
Intervalo			240	
Distancia intercuartílica			58	
Asimetría			,446	,481
Curtosi			1,984	,935

*Acrónimos JG = Juicio de grandeza (más grande o más pequeño que 5)*

La **tabla 2** muestra los descriptivos de la tarea de secuencia o magnitud

Mediana impares TS	Media		399,96	7,344
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	384,72	
		Límite superior	415,19	

	Media 5% trim		400,68	
	Mediana		401,00	
	Varianza		1240,657	
	Desviación estd.		35,223	
	Mínimo		311	
	Máximo		470	
	Intervalo		159	
	Distancia intercuartílica		49	
	Asimetría		-,209	,481
	Curtosi		,915	,935
Mediana pares TS	Media		406,61	8,407
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	389,17	
		Límite superior	424,04	
	Media 5% trim		407,60	
	Mediana		404,00	
	Varianza		1625,772	
	Desviación estd.		40,321	
	Mínimo		310	
	Máximo		481	
	Intervalo		171	
	Distancia intercuartílica		58	
	Asimetría		-,232	,481
	Curtosi		,005	,935

*Acrónimos: TS : tarea de secuencia (antes o después del 5).*

**La tabla 3** muestra los factores intrasujeto:

Medida 1

paridad	tarea	Variable dependiente
1	1	Mediana impares JG
	2	Mediana Impares TS
2	1	Mediana pares JG
	2	Mediana pares TS

**La tabla 4** muestra el test multivariado realizado con un diseño intrasujeto (paridad+tarea+paridad\*tarea):

Efecto	Valor	F	Hipótesis df	Grados de libertad de los errores	Sig.

paridad	Traza di Pillai	,353	11,991(a)	1,000	22,000	,002
	Lambda de Wilks	,647	11,991(a)	1,000	22,000	,002
	Traza de Hotelling	,545	11,991(a)	1,000	22,000	,002
	Raíz de Roy	,545	11,991(a)	1,000	22,000	,002
tarea	Traza de Pillai	,011	,242(a)	1,000	22,000	,628
	Lambda di Wilks	,989	,242(a)	1,000	22,000	,628
	Traza de Hoteling	,011	,242(a)	1,000	22,000	,628
	Raíz de Roy	,011	,242(a)	1,000	22,000	,628
paridad* tarea	Traza de Pillai	,032	,737(a)	1,000	22,000	,400
	Lambda de Wilks	,968	,737(a)	1,000	22,000	,400
	Traza de Hoteling	,033	,737(a)	1,000	22,000	,400
	Raíz de Roy	,033	,737(a)	1,000	22,000	,400

**Tabla 5.** Test de los efectos entre sujetos:

Medida 1

Sorgente		Suma de cuadrados Tipo III	df	Media de los cuadrados	F	Sig.
paridad	Asumiendo la esfericidad	1480,011	1	1480,011	11,991	,002
	Greenhouse-Geisser	1480,011	1,000	1480,011	11,991	,002
	Huynh-Feldt	1480,011	1,000	1480,011	11,991	,002
	Límite inferior	1480,011	1,000	1480,011	11,991	,002
Error(paridad)	Asumiendo la esfericidad	2715,364	22	123,426		
	Greenhouse-Geisser	2715,364	22,000	123,426		
	Huynh-Feldt	2715,364	22,000	123,426		
	Límite inferior	2715,364	22,000	123,426		
tarea	Asumiendo la esfericidad	167,130	1	167,130	,242	,628
	Greenhouse-Geisser	167,130	1,000	167,130	,242	,628
	Huynh-Feldt	167,130	1,000	167,130	,242	,628
	Límite inferior	167,130	1,000	167,130	,242	,628
Error(tarea)	Asumiendo la esfericidad	15208,995	22	691,318		
	Greenhouse-Geisser	15208,995	22,000	691,318		
	Huynh-Feldt	15208,995	22,000	691,318		
	Límite inferior	15208,995	22,000	691,318		
paridad * tarea	Asumiendo la esfericidad	43,141	1	43,141	,737	,400
	Greenhouse-Geisser	43,141	1,000	43,141	,737	,400
	Huynh-Feldt	43,141	1,000	43,141	,737	,400
	Límite inferior	43,141	1,000	43,141	,737	,400
Error(paridad*tarea)	Asumiendo la esfericidad	1287,984	22	58,545		
	Greenhouse-Geisser	1287,984	22,000	58,545		
	Huynh-Feldt	1287,984	22,000	58,545		
	Límite inferior	1287,984	22,000	58,545		

## APÉNDICE 2:

La **tabla 6** muestra los descriptivos de este análisis

			Estadística	Error estd.
Mediana	Media		406,2935	3,18984
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Limite inferior	399,9999	
		Limite superior	412,5871	
	Media 5% trim		406,0193	
	Mediana		407,0000	
	Varianza		1872,219	
	Desviación estd.		43,26915	
	Mínimo		296,00	
	Máximo		593,00	
	Intervalo		297,00	
	Distancia intercuartilica		59,00	
	Asimetría		,303	,179
	Curtosi		1,399	,356

La **tabla 7** muestra los factores intrasujeto y los datos del test multivariado:

Medida 1

Números	Variable dependiente
1	med1
2	med2
3	med3
4	med4
6	med6
7	med7
8	med8
9	med9

Efecto		Valor	F	Hipótesis df	Grados de libertad del error	Sig.
Números	Traza de Pillai	,871	15,410(a)	7,000	16,000	,000
	Lambda de Wilks	,129	15,410(a)	7,000	16,000	,000
	Traza de Hotelling	6,742	15,410(a)	7,000	16,000	,000
	Raíz de Roy	6,742	15,410(a)	7,000	16,000	,000

**Tabla 8.** Test de los efectos intrasujetos:

Medida 1

		Suma de los cuadrados Tipo III	df	Media de los cuadrados	F	Sig.
números	Asumiendo la esfericidad	49342,065	7	7048,866	26,261	,000
	Greenhouse-Geisser	49342,065	4,249	11613,315	26,261	,000
	Huynh-Feldt	49342,065	5,392	9150,356	26,261	,000
	Límite inferior	49342,065	1,000	49342,065	26,261	,000
Error(números)	Assumendo la esfericidad	41335,685	154	268,414		
	Greenhouse-Geisser	41335,685	93,472	442,223		
	Huynh-Feldt	41335,685	118,632	348,436		
	Límite inferior	41335,685	22,000	1878,895		

**Tabla 9.** Medias marginales de los números

Medida 1

números	Media	Error estd.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	386,304	7,182	371,410	401,199
2	383,478	7,501	367,921	399,035
3	401,522	7,656	385,645	417,398
4	429,391	8,582	411,594	447,188
5	428,957	11,290	405,542	452,371
6	417,000	8,268	399,854	434,146
7	402,609	8,799	384,361	420,857
8	401,087	8,139	384,207	417,967

### **APÉNDICE 3:**

La **tabla 10** muestra los resultados del test multivariado de un diseño intrasujeto (tarea+paridad+tecla+tarea\*paridad+tarea+paridad\*tecla+tarea\*paridad\*tecla):

tarea	paridad	tecla	Variable dependiente
1	1	1	MedJGimparesSx
		2	MedJGimparesDx
	2	1	MedJGParesSx
		2	MedJGParesDx
2	1	1	MedTSImparesSx
		2	MedTSImparesDx
	2	1	MedTSParesSx
		2	MedTSParesDx

Efecto		Valor	F	Hipótesis df	Grados de libertad de los errores	Sig.
tarea	Traza de Pillai	,010	,230(a)	1,000	22,000	,637
	Lambda de Wilks	,990	,230(a)	1,000	22,000	,637
	Traza de Hotelling	,010	,230(a)	1,000	22,000	,637
	Raíz de Roy	,010	,230(a)	1,000	22,000	,637
Paridad	Traza de Pillai	,324	10,545(a)	1,000	22,000	,004
	Lambda de Wilks	,676	10,545(a)	1,000	22,000	,004
	Traza de Hotelling	,479	10,545(a)	1,000	22,000	,004
	Raíz de Roy	,479	10,545(a)	1,000	22,000	,004
tecla	Traza de Pillai	,069	1,638(a)	1,000	22,000	,214
	Lambda de Wilks	,931	1,638(a)	1,000	22,000	,214
	Traza de Hotelling	,074	1,638(a)	1,000	22,000	,214
	Raíz de Roy	,074	1,638(a)	1,000	22,000	,214
tarea * paridad	Traza de Pillai	,010	,218(a)	1,000	22,000	,645
	Lambda de Wilks	,990	,218(a)	1,000	22,000	,645
	Traza de Hotelling	,010	,218(a)	1,000	22,000	,645
	Raíz de Roy	,010	,218(a)	1,000	22,000	,645
Tarea * tecla	Traza de Pillai	,015	,345(a)	1,000	22,000	,563
	Lambda de Wilks	,985	,345(a)	1,000	22,000	,563
	Traza de Hotelling	,016	,345(a)	1,000	22,000	,563
	Raíz de Roy	,016	,345(a)	1,000	22,000	,563
<b>Paridad * tecla</b>	Traza de Pillai	,006	,131(a)	1,000	22,000	<b>,720</b>
	Lambda de Wilks	,994	,131(a)	1,000	22,000	<b>,720</b>
	Traza de Hotelling	,006	,131(a)	1,000	22,000	<b>,720</b>
	Raíz de Roy	,006	,131(a)	1,000	22,000	<b>,720</b>

tarea * paridad * tecla	Traza de Pillai	,021	,461(a)	1,000	22,000	,504
	Lambda de Wilks	,979	,461(a)	1,000	22,000	,504
	Traza de Hotelling	,021	,461(a)	1,000	22,000	,504
	Raíz de Roy	,021	,461(a)	1,000	22,000	,504

**Tabla 11.** Test de contrastes intrasujeto

	tarea	paridad	tecla	Suma de los cuadrados Tipo III	df	Media de los cuadrados	F	Sig.
tarea	Linear			320,918	1	320,918	,230	,637
Error(tarea)	Linear			30749,269	22	1397,694		
paridad		Linear		3000,266	1	3000,266	10,545	,004
Error(paridad)		Linear		6259,296	22	284,513		
tecla			Linear	958,696	1	958,696	1,638	,214
Error(tecla)			Linear	12879,367	22	585,426		
tarea * paridad	Linear	Linear		27,397	1	27,397	,218	,645
Error(tarea*paridad)	Linear	Linear		2763,291	22	125,604		
tarea * tecla	Linear		Linear	132,261	1	132,261	,345	,563
Error(tarea*tecla)	Linear		Linear	8443,427	22	383,792		
paridad * tecla		Linear	Linear	26,630	1	26,630	,131	,720
Error(paridad*tecla)		Linear	Linear	4459,182	22	202,690		
tarea * paridad * tecla	Linear	Linear	Linear	36,543	1	36,543	,461	,504
Error(tarea*paridad*tecla)	Linear	Linear	Linear	1744,644	22	79,302		

## APÉNDICE 4:

La **tabla 12** muestra los descriptivos de la tarea de secuencia:

		estadística	Error estd.
Mediana	Media	402,35	7,726
	Intervalo de confianza para la media al 95%	386,33	
	Limite inferior		
	Limite superior	418,37	
	Media 5% trim	403,12	
	Mediana	400,00	
	Varianza	1372,874	
	Desviación estd.	37,052	
	Mínimo	310	

Máximo	475	
Intervalo	165	
Distancia intercuartilica	59	
Asimetría	-,242	,481
Curtosi	,537	,935

La tabla 13 muestra el test t de tareas independientes para la tarea de secuencia

Estadística de grupo

	Correspondencia	N	Media	Desviación estd.	Error estd. Media
Mediana	1	12	396,63	44,073	12,723
	0	11	408,59	28,310	8,536

		Test de Levene de igualdad de la varianza		Test t de igualdad de las medias							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-cod e)	Diferencia entre medias	Diferencia error estándar	Intervalo de confianza para la diferencia al 95%		
										Inferior	Superior
Mediana	Asume varianza igual	2,106	,162	-,766	21	,452	-11,966	15,614	-44,436	20,504	
	No asume varianza igual			-,781	18,915	,444	-11,966	15,321	-44,043	20,111	

La tabla 14. Descriptivos de la tarea de juicio de grandeza

			Estadística	Error estd.
Mediana	Media		405,28	8,912
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Limite inferior	386,80	
		Limite superior	423,76	
	Media 5% trim		403,90	
	Mediana		407,00	
	Varianza		1826,701	
	Desviación std.		42,740	
	Mínimo		311	
	Máximo		529	
	Intervalo		218	
	Distancia intercuartilica		44	
	Asimetría		,597	,481
	Curtosi		2,611	,935

La tabla 15 muestra el Test t para tareas independientes de la tarea de juicio de grandeza

Estadística de grupo

	Correspondencia	N	Media	Desviación estd.	Error estd. Media
Mediana	1	12	401,46	28,396	8,197
	0	11	409,45	55,633	16,774

		Test de Levene de igualdad de la varianza		Test t de igualdad de las medias						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-code)	Diferencia entre medias	Diferencia error standard	Intervalo de confianza para la diferencia al 95%	
									Inferior	Superior
Mediana	Asume varianza igual	2,104	,162	-,440	21	,664	-7,996	18,177	45,797	29,805
	No asume varianza igual			-,428	14,590	,675	-7,996	18,670	47,888	31,895

## 14.- 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.
- 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., Warlop, N., Hill, R., Fias, W., (2004). Oculomotor Bias Induced by Number Perception. *Experimental Psychology*, 51(2), 91-97.
- Hines, T. M., (1990). An odd effect: Lengthened reaction times for judgments about odd digits. *Memory & Cognition*, 18(1), 40-46.
- Kadosh, R. C., Henik, A., Rubinstein, O., Mohr, H., Dori, H., Van de Ven, V., Zorzi, M., Hendler, T., Goebel, R., Linden, D. E. J., (2005). Are number special? The comparison systems of the human brain investigated by fMRI. *Neuropsychologia*, 43, 1238-1248.
- 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.
- 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.
- Mapelli, D., Rusconi, E., Ulmitá, C., (2003). The SNARC effect: an instance of the Simon effect?. *Cognition*, 88, B1-B10-
- 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.

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

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

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.*