

PREPARACIÓN (PRIME) EN LA COMPARACIÓN DE NÚMEROS

R. Page, E. Izquierdo, A. Saal, J. Codnia.

Instituto de Ciencias. Universidad Nacional de General Sarmiento.
J. M. Gutiérrez entre Verdi y J. L. Suárez, (1613) – Los Polvorines - Buenos Aires - Argentina
e-mail: edu@ungs.edu.ar

Medimos los tiempos de respuesta (TR) para la comparación de estímulos simbólicos. En el monitor se presentaba un dígito ("target") precedido por otro ("prime"). El prime se presentaba durante un lapso corto de tiempo y enmascarado por otros estímulos para dificultar su percepción. El participante debía decidir si el target era mayor o menor que el número cinco. Frecuentemente se modela la comparación de estímulos simbólicos mediante mecanismos de acumulación de información que disparan una respuesta cuando se alcanza un umbral. Recientemente desarrollamos un modelo de este tipo y aquí le incorporamos la influencia que tiene un estímulo previo en el rendimiento subsiguiente de la comparación. Mostramos que, fundamentalmente, el TR depende de la distancia target-cinco y del estado de congruencia entre el prime y el target con respecto al cinco.

We measured the response time (RT) to compare symbolic stimuli. In the monitor a digit (target) was presented preceded by another digit (prime). The prime was presented during a short time interval and masked between other symbols to difficult its perception. The participant had to decide whether the target was smaller or larger than five. The comparison of symbolic stimuli is frequently modeled as an evidence accrual process that fires a motor response as it reaches a threshold. We recently developed a model of this kind and, here, we extend it to incorporate the influence of a previous stimuli in the subsequent comparison. We show that the RT depends, essentially, on the distance target-five and on the state of congruity between the prime and the target with respect to five.

I. INTRODUCCIÓN

El proceso mental que un ser humano desarrolla durante una toma de decisión ha sido materia de mucho interés en las últimas décadas. Una de las formas en que se ha encarado su estudio es a partir de la medición del tiempo requerido por una persona para tomar decisiones que involucran comparaciones entre números⁽¹⁾, tamaño de objetos⁽²⁾, etc.

La medición de tiempos de respuesta (TR) muestra patrones empíricos de interés, tanto en el TR medio como su dispersión y en la fracción de respuestas no-válidas. Los experimentos, usando una PC para la generación de estímulos y adquisición de datos, usualmente son tareas simples en los que el participante debe decidir entre dos alternativas. Típicamente estas son del tipo: "seleccionar el mayor" o "seleccionar el menor" o "el más largo" o "clasificar si el estímulo presentado es mayor o menor que algún estímulo predeterminado", etc..

La evidencia encontrada al medir el tiempo requerido por una persona para decidir cuál de dos dígitos es el mayor⁽¹⁾ indica que el TR se incrementa cuando los números comparados son cercanos entre sí; este patrón es conocido como Efecto Distancia. Otros efectos observados, como el denominado efecto de congruencia semántica^(2, 3, 4), y el Efecto extremo o de borde^(5, 6) son de menor magnitud que el anterior.

Por otra parte, en los últimos años, se han utilizado técnicas modernas de mapeo cerebral en el estudio del procesamiento de números. Estos estudios, sugieren que dicho procesamiento resulta de un proceso colectivo distribuido en diferentes zonas del cerebro, donde cada una de ellas realiza sólo transformaciones elementales. En este sentido, Dehaene & Cohen⁽⁷⁾ proponen la existencia de un sector del cerebro dedicado a brindar una representación analógica del número, donde la

cantidad o magnitud asociada con éste puede ser recobrada y utilizada para ser comparada con otra cantidad numérica. Según esta idea, la representación de la magnitud puede ilustrarse como una "línea numérica", en la que las cantidades están representadas por su nivel de activación local. De esta forma, según Dehaene, cuando dos números son cercanos, sus distribuciones muestran mayor superposición, y entonces resulta mucho más difícil distinguir cuál es el más grande entre ambos (efecto distancia).

En la literatura, se han propuesto modelos computacionales cuantitativos para interpretar los experimentos de TR, conocidos como modelos de acumulación de evidencia^(8,9,10). En estos modelos, la información de la diferencia entre los estímulos, es acumulada hasta alcanzar cierto valor umbral, que finaliza el proceso de decisión. La inclusión de ruido en el proceso permitiría modelar la existencia de respuestas no-válidas. En otros modelos, la señal se acumula separadamente compitiendo entre sí a través de mutuas señales inhibitorias⁽¹¹⁾.

Previamente hemos desarrollado un modelo de acumulación de evidencia para la comparación de estímulos simbólicos^(12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19), representable esquemáticamente como una red neuronal, que describe los efectos de distancia, congruencia y efecto extremo, y permite analizar la desviación estándar de las respuestas y la proporción de respuestas no-válidas.

En el presente trabajo se analizan efectos sobre los TR empleados en la comparación de dígitos, cuando el par de estímulos a comparar está precedido por otro dígito (prime) enmascarado. El término prime es utilizado en la literatura para referirse a la influencia que tiene un estímulo en el rendimiento del subsiguiente. Los efectos observados son, normalmente, de facilitación o de inhibición, a pesar de que el participante no tiene conciencia de la percepción del

prime. Este efecto fue extensamente estudiado usando técnicas de decisión léxica⁽²⁰⁾ en los que se observa que una palabra es reconocida más rápidamente si ésta fue precedida por otra palabra relacionada. Para evitar que el participante desarrolle algún tipo de expectativa sobre cómo debe responder, es común presentar al prime muy brevemente⁽²¹⁾ (del orden de decenas de milisegundo) y enmascarado con ruido (es decir, precedido y sucedido por estímulos aleatorios).

Koechlin et. al.⁽²²⁾ analizaron la influencia de la presentación de un prime (con y sin enmascaramiento) en la toma de decisión en comparación de dígitos. En su experimento presentaban al participante un dígito (target: 1, 4, 6 ó 9) y debían responder con la mano derecha o la izquierda según si este dígito era mayor o menor que 5, respectivamente. Previamente al target, se le presenta brevemente otro dígito (prime: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 ó 9). Estos autores estudiaron el efecto para diferentes notaciones del target y del prime (arábigo o verbal).

Observaron que el efecto inhibitorio resulta mayor que el facilitador. Distinguen dos tipos de efectos, uno denominado response-priming y el otro quantity-priming. El primero se refiere al efecto de favorecer o desfavorecer la respuesta (TR menores y respuestas más precisas o mayores y menos precisas, respectivamente)

según la congruencia entre el prime y el target en relación con el cinco.

El segundo efecto que llaman "de cantidad" (quantity-priming) se presenta cuando el prime (p) y el target (t) son congruentes [es decir, cuando $(p-5)(t-5) > 0$]. En estas condiciones, se observa un pequeño aumento del TR y una disminución de número de respuestas no-válidas, cuando aumenta la distancia entre el target y el prime. Según Dehaene⁽⁷⁾, Este resultado podría ser explicado a partir del solapamiento de las distribuciones de activación en la "línea numérica" entre el prime y el target.

En este trabajo se propone una extensión del modelo de acumulación recursiva⁽¹²⁾ que permite describir los resultados observados en experimentos con prime en comparación de números. Se realizaron dos experimentos de comparación de dígitos donde se midió el TR. Se estudia la posible dependencia entre la distancia del prime y del target al dígito cinco y la distancia del target al prime.

II. DESCRIPCION DE LOS EXPERIMENTOS

Se realizaron dos experimentos. Cada uno de ellos constó de varias sesiones, estadísticamente equivalentes, de una misma tarea. Cada sesión duró aproximadamente 25 min. y se dividió en cuatro bloques separados por cortos intervalos de descanso de unos minutos.

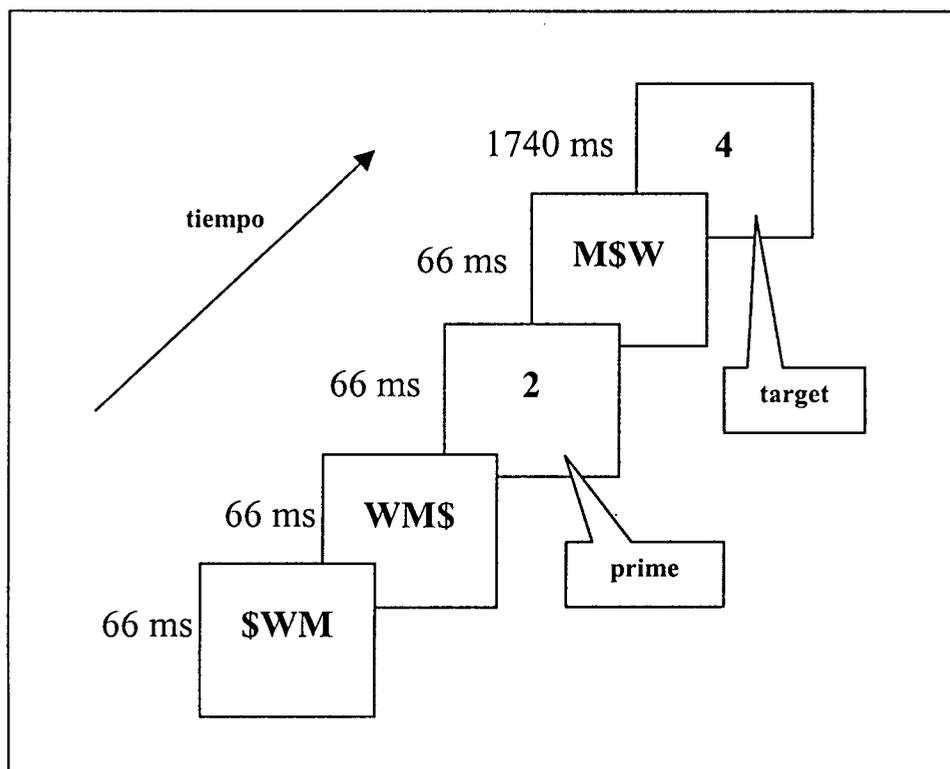


Figura 1: esquema de la secuencia de estímulos presentados en el monitor

En ambos experimentos, a cada participante se le pidió que decida "lo más rápidamente posible y sin cometer errores" si el dígito observado en un monitor (el target) era mayor o menor que cinco. Con esta consigna, se midió el tiempo de respuesta. Si la respuesta era "mayor" ("menor") se debía apretar la

tecla "shift" derecha (izquierda), con la mano respectiva. Previo a cada target, se presentaba en el monitor otro dígito (el prime) enmascarado (ver Figura 1). Durante cada bloque, se le presentaron aleatoriamente al participante todos los posibles pares prime-target del experimento correspondiente. En

ambos experimentos se usaron como primes los dígitos 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9 y un prime neutro. Los dígitos se presentaron en letra negra de 2 cm de altura, sobre una ventana blanca. El prime neutro era la misma ventana, pero en ella no aparecía ningún dígito ni otro caracter.

Experimento I Se usaron como targets todos los dígitos menos el 5. El esquema de la Figura 1 muestra la secuencia en que los estímulos iban apareciendo en el monitor. El tiempo de barrido del monitor era de 11,71 ms (1 tick). Después de la aparición de un símbolo "+", durante 50 ticks, la ventana de presentación de estímulos quedaba en blanco durante 150 ticks. A continuación se presentaban la secuencia de ventanas: máscara-máscara-prime-máscara-target. Cada *máscara* consistía en una combinación aleatoria de los caracteres "\$", "W" y "M", y duraba 6 ticks. El prime también duraba 6 ticks. La duración del target era, en todos los casos, de 150 ticks (aproximadamente 1750 ms). El TR se contaba a partir del momento en que se presentaba el target.

Cada participante (en total fueron cuatro) realizó 20 sesiones. En cada bloque se presentaban, sólo una vez, todos los pares prime-target. En resumen, a cada participante se le presentaron 4x20 veces cada par prime-target. Cada participante recibió \$2,5 por sesión.

Experimento II Fue similar al experimento I con las siguientes modificaciones. El conjunto de los targets se redujo a 1, 4, 6 y 9. En cada módulo se presentaron dos veces cada una de las posibles combinaciones prime-

target. Para cada lapso de prime, de 1, 2, ..., 10 ticks, el experimento tuvo 5 sesiones y se repitió con cuatro participantes. En total, el TR por cada par prime-target se midió 2x4x5 veces para cada uno de los participantes y para cada lapso de presentación del prime.

En ambos experimentos cada sesión iniciaba con 30 "tiros" de prueba que se descartaron. Todos los participantes fueron diestros y sin problemas de visión. El TR se midió por soft usando el programa de diseño de experimentos DMDX que asegura un error del orden del mseg⁽²³⁾.

III. RESULTADOS EXPERIMENTALES

En la literatura se suelen categorizar los estímulos prime-target numéricos como *congruentes* y *no-congruentes*, según si ambos están o no ordenados del mismo lado del 5. Si analizamos los TR tomando en cuenta estas categorías observamos regularidades que permiten una modelización fenomenológica sencilla de las mediciones. Para cada estado de congruencia definimos el tiempo de respuesta que expresa el tiempo típico para cada target (t) promediando sobre los primes (p) correspondientes. El TR congruente y no-congruente se definen, respectivamente, según

$$TR_c(t) = \langle TR(p, t) \rangle_p \text{ tal que } (t-5)(p-5) > 0, \quad (1)$$

$$TR_{n-c}(t) = \langle TR(p, t) \rangle_p \text{ tal que } (t-5)(p-5) < 0. \quad (2)$$

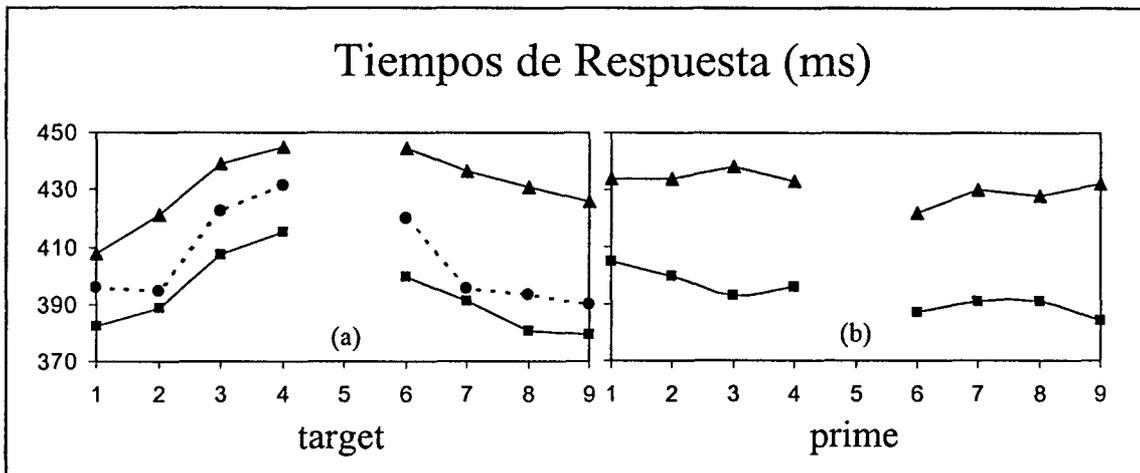


Figura 2: Dependencia de los TR promedio a) con el valor del target y b) con el del prime

En la Figura 2 se presentan los resultados de las respuestas válidas, promediadas sobre todos los participantes. En la Figura 2 (a) se muestran los TR_c (con cuadrados), TR_{n-c} (con triángulos) y, con círculos, los correspondientes a prime neutro, TR(n, t), en función del target.

Se observa claramente el efecto distancia para el prime neutro y un notable aumento o reducción del TR inducido por el prime no-congruente o congruente, respectivamente. Este desplazamiento no depende del valor del target sino del carácter de congruencia de los pares involucrados. Una forma complementaria de ver este resultado se muestra en la Figura 2 (b). En este

caso, se representa el TR medio similar al de las definiciones anteriores según su estado de congruencia, pero promediando sobre todos los targets. A pesar de la notable dependencia del estado de congruencia, no se observa una tendencia tan clara como la del efecto distancia, notable en la Figura 2(a), y podemos considerar, en primera aproximación, que no hay más dependencia con el prime que el estado de congruencia.

Estas mediciones sugieren un efecto sobre los TR, inducido por el prime, de facilitador o inhibitor: el TR típico se retrasa o se adelanta según el estado de congruencia del par prime-target.

Los resultados del experimento II permiten

confirmar este efecto de manera independiente. En la Figura 3 se muestra la diferencia media entre las respuestas congruentes (rápidas) y las no-congruentes (lentas), como función del tiempo de presentación del prime en el monitor.

La diferencia $\Delta TR = \langle TR_{n-c}(t) - TR_c(t) \rangle_t$ (promedios sobre prime y target) es un indicador del efecto priming. Se observa como el efecto desaparece para valores chicos de presentación y como satura para tiempos mayores que 7 ticks. Este resultado es compatible con la imagen de una ventana temporal en la que se integra la información, con una saturación entre los 50 y 100 mseg.

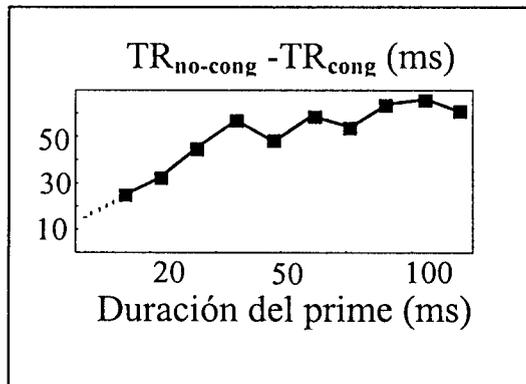


Figura 3: $TR_{no-cong} - TR_{cong}$ vs. duración del prime

IV. MODELADO DE LOS TR

Los resultados anteriores sugieren la posibilidad de evaluar el TR, para cualquier par prime-target, a partir del TR cuando el prime es neutro. Al TR con prime neutro se le suma o resta una constante que depende de la etiqueta de congruencia de los estímulos prime-target.

$$TR(p, t) = TR(n, t) + T_{Con} \quad (3)$$

T_{Con} es una constante que, en primera aproximación, depende sólo de la condición de congruencia del par $\{p, t\}$. Este primer análisis se puede mejorar si se toman en cuenta la proporción y los TR de las respuestas no-válidas del experimento I (ver Figura 4). Como las respuestas no-válidas son del orden del 10% de las válidas es más difícil determinar los patrones de comportamiento. Sin embargo, se observa que típicamente las respuestas no-válidas congruentes son más lentas que las no-congruentes (ver Figura 4(a)). Por otro lado, se ve que la proporción de respuestas no-válidas congruentes es menor que la de las respuestas no-válidas, no-congruentes (ver Figura 4(b)). La magnitud de ambos efectos es más pronunciado en los participantes que, cuando se les preguntó, dijeron distinguir la presencia del prime a pesar de la máscara.

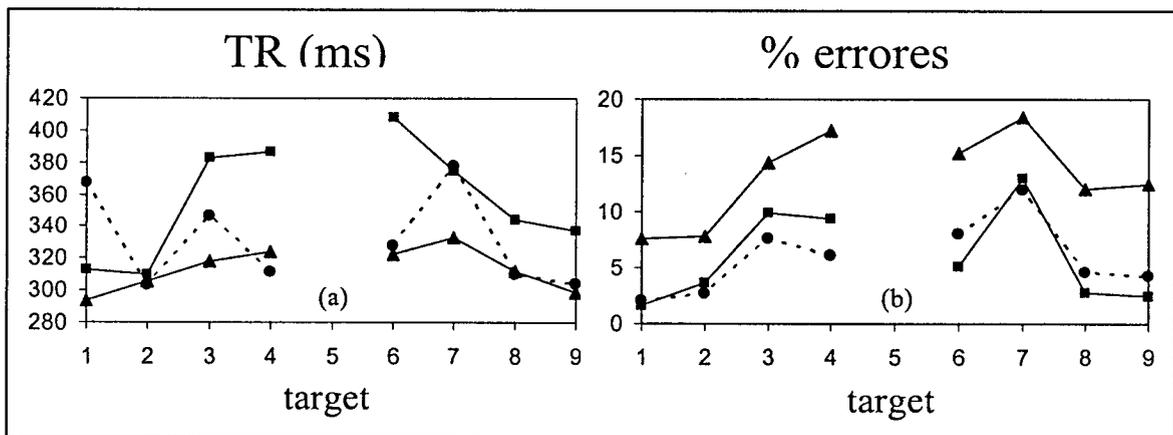


Figura 4: a) Dependencia del Tiempo medio de a)respuestas no- válidas y b)porcentaje de errores en función del target

Estos resultados son compatibles con un modelo según el cual el participante responde una fracción de las veces al estímulo del prime y no al del target y, en ambos casos, lo hace sin equivocarse. Por ejemplo, una respuesta válida (con estímulos congruentes) es más rápida si se responde por prime (ver figura 2(a), cuadrados) ya que el prime se presentó antes en el monitor. Por otro lado, si el par $\{p, t\}$ es no-congruente, una respuesta correcta por prime es más rápida (ver Figura 4(a)) pero se contabiliza como no-válida, aumentando entonces la proporción de respuestas no-válidas (ver Figura 4(b)). Este análisis sugiere que

$$TR(p, t) = x TR(n, t) + y TR(n, p) + T_{Con} \quad (4)$$

Aquí la constante "x" mide la fracción de veces que se responde por el estímulo target y se contabiliza como válida. La constante "y" mide la fracción de veces que se responde por el estímulo prime y resulta una respuesta que se contabiliza como válida.

La posibilidad de responder por prime se observó también en experimentos con técnicas de mapeo cerebral (imágenes); Dehaene y colaboradores⁽²⁴⁾, muestran a través de medidas de potenciales evocados con buena resolución temporal (ERPs) y mediante mediciones de resonancia magnética funcional con buena resolución espacial (fMRI), la existencia de una activación en la corteza motora del cerebro cuando el participante recibe el prime enmascarado, del lado izquierdo o derecho, compatible con una posible

respuesta en base al prime (con la mano derecha o izquierda, respectivamente). Dichos autores sugieren la posibilidad de que la interferencia prime-target sea atribuida a una interacción entre las actividades a nivel de la corteza motora.

Podemos incorporar al modelo otra observación fenomenológica. Si bien $p=t$ es un caso particular de pares congruentes, se observa que sistemáticamente vale $TR(p=t, t) < TR(p \neq t, t)$ y estos tiempos de respuesta son similares entre sí. Esto sugiere que el tiempo de congruencia T_{Con} toma tres valores diferentes: T_c , T_{n-c} , T_p según que el par $\{p, t\}$ sea congruente (y con p distinto de t), no-congruente, o que p sea igual a t , respectivamente. Esta observación sobre la reducción del TR cuando el prime y el target son idénticos podría estar relacionada con otra especificidad hallada por estudios de imágenes. Naccache y colaboradores⁽²⁵⁾, en experimentos de tipo prime, investigan la codificación de cantidades numéricas y proponen que este proceso se

realizaría en una región de la corteza parietal. Para ello se basan en el fenómeno denominado Supresión por Repetición, que consiste en una disminución de la actividad neuronal en las zonas de la corteza, posiblemente relacionadas con la codificación de un estímulo que se repite.

Por último, mencionamos que una observación más cuidadosa de la Figura 1(a) sugiere que los valores de T_{Con} no sólo dependen del estado de congruencia sino, también, de que el target sea mayor o menor que 5. En términos de la ec.(4), esta observación sugiere que T_{Con} toma cinco valores diferentes dependiendo del par prime-target: $T_{c>}$, $T_{c<}$, $T_{n-c>}$, $T_{n-c<}$ y T_p .

Usando la expresión (4), se realizó un ajuste de los datos con las cinco constantes T_{Con} . Los resultados del ajuste se muestran en la Figura 5, junto con los datos experimentales. En dicha figura, los pares están ordenados primero por el target y luego por el prime. El coeficiente de correlación del ajuste resulta 0,93

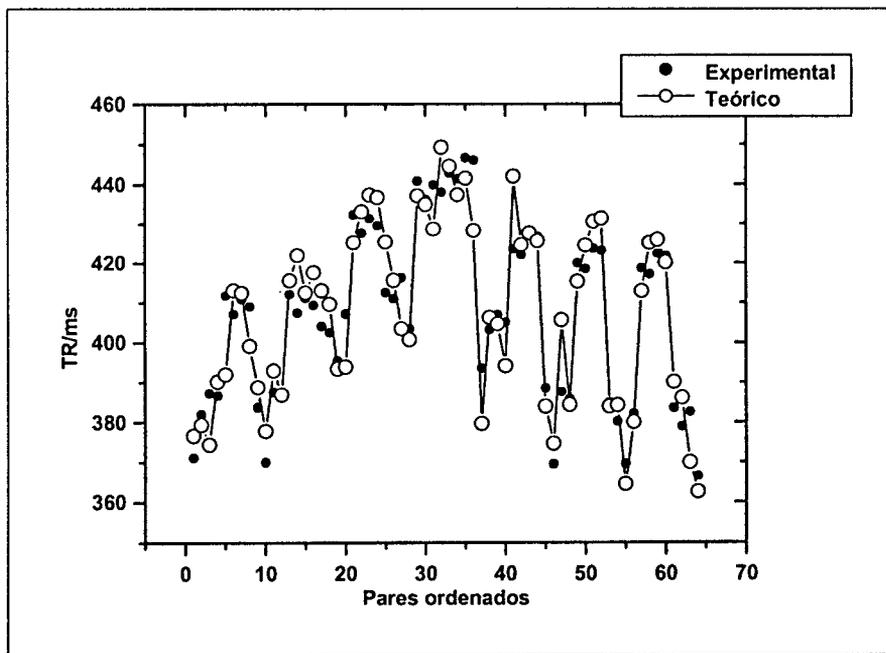


Figura 5: TR medidos y modelados en función del par prime-target. Los pares en la abscisa se ordenan primero por prime y luego por target: 1-1, ..., 1-9, 2-1, ..., 2-9, ... etc.

CONCLUSIONES

Hemos medido los TR empleados para comparar dígitos precedidos por un prime enmascarado. En uno de los dos experimentos mantuvimos el tiempo de presentación del prime fijo. A diferencia de otros trabajos publicados en la literatura, hemos utilizado los dígitos del 1 al 9 (sin el 5) tanto para el prime como para el target y, además, hemos usado el prime neutro que nos sirvió de base del modelado.

Se observó el clásico efecto distancia entre el target y el 5 [Figura 2(a)]. También se observa la existencia dominante del efecto de response-priming, que inhibe o facilita el tiempo de respuesta dependiendo de la etiqueta no-congruente o congruente del par prime-target, respectivamente [Figura 2(a) y 2(b)] y que fuera

también observado en experimentos realizados con técnicas de imagen.

En nuestras mediciones no observamos el pequeño efecto citado en la literatura como "quantity-priming", queda por verificar si esto se debe o no al pequeño número de participantes de los experimentos desarrollados. Cabe mencionar que sólo en uno de los cuatro participantes el efecto está notoriamente presente.

La ausencia de este efecto y la existencia dominante del efecto de response-priming (categorización por congruencia), nos sugiere que el efecto no puede ser explicado por un modelo basado simplemente en el solapamiento entre las funciones de activación del prime y target, en la "línea numérica". En su lugar, proponemos la formulación de un modelo en donde el

prime y el target procesan la comparación con el cinco independientemente y, en una segunda etapa, ambos procesos compiten entre sí hasta resolver la tarea del experimento.

A diferencia de la dependencia con el target, no se observa un efecto distancia entre el prime y el 5. Este hecho sin embargo, deberá analizarse con cuidado cuando la estadística de las mediciones sea mayor. En este sentido, hemos notado que los participantes que más responden en base a la aparición del prime (por ejemplo aquellos que al ajustar los parámetros de la ec.(1) tienen $x \ll 1$), muestran un efecto distancia entre el prime y el 5 cuando se estudian las respuestas válidas con estímulos congruentes y las respuestas no-válidas con estímulos no-congruentes. Según nuestra hipótesis de trabajo, en estos casos, los participantes responden por el estímulo prime y la respuesta observada corresponde a una expresión particular del efecto distancia usual.

El análisis de las respuestas no-válidas ofrece información relevante. Los estímulos congruentes dan lugar a respuestas no-válidas que son poco frecuentes y lentas y ocurre lo opuesto con los estímulos no-congruentes (frecuentes y rápidas). Esto es consistente con la hipótesis que en una fracción de las respuestas se compara el prime (no el target) con el 5. De este modo, cuando los estímulos {p, t} son congruentes disminuye el tiempo de las respuestas válidas y, cuando los estímulos son no-congruentes, aumenta la fracción de respuestas no-válidas.

En trabajos anteriores hemos desarrollado un modelo de acumulación de evidencia llamado modelo recursivo, que describe correctamente el tiempo de respuesta en experimentos de comparación de estímulos simbólicos sin prime. Si se aplica el modelo recursivo para simular los TR de prime neutro en el experimento I y se usa la ec.(4), se logra una comparación con las mediciones similar a la de la Figura 5. Sin embargo, este análisis no nos permite interpretar el origen de las constantes de congruencia. Una posibilidad que estamos evaluando es la de modelos conexionistas con una dinámica similar a la del modelo recursivo. La acumulación de evidencia del prime y del target evolucionaría en paralelo procesando la comparación del prime y del target con el 5. Este modelo debería incluir interconexiones sinápticas que inhiban o refuerzan la actividad de las acumulaciones paralelas. Para contemplar la producción de respuestas no-válidas, aun aquellas de los estímulos no-congruentes, es necesario incorporar al modelo estímulos con ruido estocástico. En las mediciones que hemos realizado, la fracción de respuestas no-válidas para los diferentes participantes varía desde 0 hasta 40%, según el participante. Para profundizar este nivel de análisis, se requiere de mediciones con mayor número de participantes hasta lograr datos estadísticamente significativos sobre los efectos estudiados en las respuestas no-válidas.

Agradecimientos

Agradecemos a la Dra. D. Burin por los valiosos comentarios sobre la última versión del presente trabajo.

Referencias

- 1- R. Moyer y T. K. Landauer. *Nature*, **215**, 1519-1520 (1967).
- 2- Jamieson, D. G. & Petrusic, W. M.. *Perception and Psychophysics*, **8**, 373-378 (1975).
- 3- Dehaene, S.. *Perception and Psychophysics*, **45**, (6), 557-566 (1989).
- 4- W.P.Banks, M. Fujii y F. Kayra-Stuart. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **Vol 2, No. 3**, 435-447 (1976).
- 5- Leth-Steensen, C., Marley, A. A. J.. *Psychological Review*, **107**, (1), 62-100 (2000).
- 6- Trabasso, T. R. & Riley, C. A.. In R.L. Solso (Ed.), *Information Processing and Cognition: The Loyola Symposium*, 201-229. Hillsdale, NJ: Erlbaum (1975).
- 7- Dehaene, S. and Cohen, L.. *Mathematical Cognition* **1** (1995).
- 8- Petrusic, W. M.. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **18**, 962-986 (1992).
- 9- Link, S.. *Journal of Mathematical Psychology*, **34** (1990).
- 10- Ratcliff, R., Van Zandt, T., & McKoon G.. *Psychological Review*, **106**, 261-300 (1999).
- 11- Usher, M. & McClelland, J. L. *Psychology Review*, **108**, (3), 550-592 (2001).
- 12- R. Page, E. Izquierdo, A. Saal, J. Codnia and C. El Hasi.. Aceptado para su publicación en *Perception & Psychophysics* (2003).
- 13- C. El Hasi, E. Izquierdo, A. Saal y R. Page.. *Jornadas de la UNGS. Poster y Anales* (2000).
- 14- J. Codnia, A. Sartarelli, A. Saal, E. Izquierdo, C. El Hasi, R. Page. *Anales AFA* (2000).
- 15- R. Page, E. Izquierdo, A. Saal y J. Codnia, C. El Hasi. *Anales AFA* (2001).
- 16- E. Izquierdo, R. Page, J. Codnia y A. Saal. *Anales AFA* (2002).
- 17- E. Izquierdo, R. Page, A. Saal y J. Codnia. *Jornadas de la UNGS. Poster y Anales* (2001).
- 18- R. Page, E. Izquierdo, A. Saal y J. Codnia, C. El Hasi, A Sartarelli. 8va. Reunion de la Asociación Argentina de Ciencias del Comportamiento (AACC), Poster (2001).
- 19- E. Izquierdo, A. Saal, J. Codnia, R. Page. *Internacional Symposium Modeling Complex Biophysical Processes*, Uruguay. Ponencia invitada y *Anales* (2002).
- 20- Neely 1991. In Besner, D., and Humphrey, G.W., eds. *Basic Processes in Reading and Visual Word Recognition* (1991).
- 21- Marcel, A.J.. *Cognitive Psychology* **15** (1983).
- 22- E. Koechlin, L. Naccache, E. Block, S. Dehaene. *Journal of Experimental Psychology* (1999).
- 23- *Behavior Research Methods, Instruments and Computers* 1999, **31** (2), 322-328.
- 24- Dehaene, S. Naccache, L., Le Clec'H, G., Koechlin, E., Muller, M., Dehaene-Lambertz, G., van der Moortele, P.F., & Le Bihan, D.. *Nature*, **395** (1998).
- 25- Naccache, L. & Dehaene, S.. *Cerebral Cortex* **Vol. 11** (2001).