

## Efecto de facilitación semántica en la tarea Stroop. Implicaciones para el estudio del control atencional

María Rosario Rueda Cuerva, Pío Tudela Garmendia y Juan Lupiáñez Castillo  
Universidad de Granada

En este trabajo presentamos una réplica y extensión de los trabajos de Warren (1974). Utilizamos una tarea Stroop consistente en nombrar el color de la tinta en la que está escrita una palabra, a la que llamamos estímulo objetivo (EO). Previamente se presenta otra palabra que puede estar o no semánticamente relacionada con el EO. Los resultados muestran que en condiciones de alta relación semántica entre la palabra previa y el EO se produce una mayor interferencia en nombrar el color del EO, que en las condiciones en las que ambas palabras no guardan relación alguna. Esto sucede tanto si la primera palabra se debe recordar inmediatamente después de la tarea Stroop (Experimento 1), como si debe ser recordada mediante una prueba de reconocimiento al final del bloque de ensayos (Experimento 2). Interpretamos el efecto en términos de control atencional sobre las representaciones del conocimiento en la memoria semántica.

*Semantic priming effect in a Stroop task. Implications for research on attentional control.* In two experiments we replicate and extended the work of Warren (1974). A Stroop task was used, in which participants were to name the colour of the ink of a target word. This coloured target word preceded by a black prime word, which could be highly associated, moderately associated, or non-associated to the target word. Results showed bigger interference when the prime and target words were highly associated than when they were non-associated. This effect occurred both in Experiment 1, in which participants were to recall the prime word immediately after the Stroop task, and in Experiment 2, in which participants were to recognise the prime words among distractors at the end of the block of trials. Results are interpreted on the grounds of attentional control over representations on semantic memory.

Un tema de interés en la Psicología Cognitiva actual es el estudio del control atencional y su relación con los automatismos. Una idea común en algunos autores es que los automatismos pueden ser definidos en términos de límites de capacidad de procesamiento y control (Posner y Snyder, 1975; Shiffrin y Schneider, 1977; Schneider, Dumais y Shiffrin, 1984). El comportamiento automático, por oposición a las acciones que deben ejecutarse de un modo controlado, no requiere recursos de procesamiento, puede desarrollarse en paralelo con otras actividades y puede ser llevado a cabo de forma exitosa sin control atencional, e incluso sin la intención voluntaria por parte del sujeto.

Solamente en situaciones en las que se requiere un control voluntario de la acción se pone de manifiesto el funcionamiento de un sistema que focaliza nuestra atención y pone nuestro esfuerzo en la determinación de la acción o el pensamiento que la estimulación que nos llega merece. El control de las acciones o pensamientos y la selección de información ha sido un cometido generalmente ligado al sistema atencional (James, 1890; Broadbent,

1958; Norman y Shallice, 1980; Posner y Petersen, 1990; Posner y Rothbart, 1991; LaBerge, 1995).

La teoría atencional de Posner propone la existencia de tres sistemas o redes neuropsicológicas, localizadas en zonas específicas del cerebro, implicadas en la atención selectiva y el control cognitivo, cuyo papel es básico en la construcción de lo que experimentamos de manera consciente (Posner y Raichle, 1994). De entre las tres, *la red atencional anterior (RAA)*, llamada así por su localización prefrontal, concretamente en el giro cingular anterior, es la que está más directamente implicada en el control ejecutivo (Posner y DiGirolamo, 1998).

Así, situaciones en las que se requiere dominar la tendencia a la producción de respuestas habituales relacionadas con un estímulo, o en las que las respuestas contienen secuencias nuevas de acciones que no están bien aprendidas, son extremadamente útiles en el estudio de este mecanismo central de ejecución. Tal es el caso de las tareas tipo Stroop.

La tarea Stroop consiste en nombrar el color de la tinta en que está escrita una palabra que a su vez denota algún color. Este puede ser el mismo de la tinta, ROJO escrito en color rojo (situación congruente), o un color diferente, por ejemplo ROJO escrito en color verde (situación incongruente). La tarea fue utilizada por primera vez por J. R. Stroop en 1935 y desde entonces ha generado multitud de investigaciones (véase MacLeod, 1991 para una revisión sobre el tema).

Por consiguiente, las tareas tipo Stroop constituyen, a nuestro juicio, un marco experimental adecuado para el estudio de la for-

ma en que la RAA lleva a cabo la coordinación entre los procesos puestos en marcha para desarrollar una determinada acción. Su capacidad en este cometido se basa en que su ejecución requiere la realización de una tarea novedosa (nombrar el color en que está escrita una palabra) mientras se debe impedir la intrusión de un proceso automático (la lectura de la palabra) elicitado por el mismo estímulo. En este sentido, algunos autores han encontrado activaciones PET localizadas en el giro cingular durante la realización de ensayos tipo Stroop (Bench et al., 1993; George et al., 1994; Taylor, Komblum, Minoshima, Oliver y Koeppel, 1994).

El cíngulo anterior, además, tiene estrechas conexiones con dos áreas frontales, ambas laterales. Una de ellas ubicada en el hemisferio izquierdo, implicada en la formación de asociaciones de palabras y relacionada, por tanto, con un procesamiento de tipo verbal. La otra, con una localización más superior, parece implicada en un procesamiento de carácter visuoespacial.

Algunos autores han atribuido al giro cingular la función de producir la amplificación local de la actividad neural que acompaña a la selección central o *top-down* (Snyder, Abdullaev, Posner y Raichle, 1995). El cíngulo anterior, además, está activo durante tareas que requieren algún tipo de concentración o pensamiento, mientras que su activación se reduce o se anula en tareas que se ejecutan de forma rutinaria (Raichle et al., 1994).

La idea de Posner es que este circuito de conexiones lleva a cabo la función cognitiva atribuida al componente de la *memoria de trabajo* llamado *ejecutivo central* (Baddeley, 1986), es decir, el control de la activación de las representaciones de la información con la que trabajamos en un determinado momento (Posner y Raichle, 1994).

Warren (1974), interesado en el estudio de la forma en que se produce la activación de representaciones de conceptos en la memoria, llevó a cabo un experimento en el que mezcló el paradigma de facilitación semántica con la tarea Stroop. El experimento comenzaba con la presentación auditiva de una palabra (estímulo previo, EP). Seguidamente se presentaba de forma visual otra palabra, el estímulo objetivo (EO), que podía estar o no semánticamente relacionada con la anterior. El EO estaba escrito en tinta de color y la tarea del sujeto consistía en nombrar el color. Consistentemente la respuesta a los EO en las condiciones de relación era siempre más lenta que en la condición de no-relación con el estímulo previamente presentado. Warren sugirió entonces que los conceptos se encuentran representados en la memoria en unidades semánticas o «logogens» y que la codificación de una determinada palabra produce la activación de las representaciones o «logogens» de las palabras asociadas.

Nuestra idea es que la circunstancia en que se da concordancia semántica entre EP y EO se produce la facilitación del procesamiento léxico-semántico del EO, ya sea a través de un mecanismo de expansión automática de la activación de las representaciones de los conceptos almacenados en la memoria semántica o mediante la creación de una expectativa (Posner y Snyder, 1975; Becker, 1985; Neely y Keefe, 1989). Este hecho lleva al incremento de la competición entre el proceso necesario para producir la respuesta y el distractor. Seleccionar la respuesta adecuada (decir el color) requiere control voluntario por parte del sujeto mientras que el análisis semántico transcurre de un modo más automático. La facilitación del proceso distractor en condiciones de relación EP-EO se refleja en un enlentecimiento en la producción de la respuesta que se solicita.

La unión de la situación experimental de facilitación semántica con la tarea Stroop nos permite estudiar las activaciones de representaciones semánticas en la memoria y la forma en que influyen en la ejecución de una tarea que requiere el control atencional. Por esta razón, pretendemos retomar los estudios de Warren y replicar sus datos con material en castellano y en el contexto de nuestro laboratorio. Consideramos que la situación experimental ideada por Warren no ha sido suficientemente explorada a pesar de que su gran interés científico en el ámbito de estudio de los mecanismos atencionales.

Nos planteamos, además, la introducción de algunas modificaciones con respecto al procedimiento y diseño experimental de Warren (1974; exp. 1), con la intención de extender el paradigma y poner a prueba algunas hipótesis concretas.

Una de las principales modificaciones tiene que ver con la modalidad de presentación del EP (auditiva en el estudio de Warren). En nuestro caso consideramos que presentar el EP de forma visual ayudaría a reducir la interferencia de carácter fonológico (entre la representación fonológica activada del EP y la respuesta verbal que debe emitir el sujeto) y aislar el efecto de la relación semántica existente entre EP y EO.

Algunos estudios realizados con el paradigma de facilitación semántica han encontrado diferentes patrones de resultados en función del intervalo de tiempo transcurrido entre la presentación del EP y del EO (SOA). Con tareas de decisión léxica se encuentra una dominancia del efecto de inhibición a EOs no relacionados en SOAs largos, mientras que en SOAs cortos la dominancia es de los efectos facilitatorios (Neely, 1977; Lorch et al., 1986; Keefe y Neely, 1990). Sobre la base de estos datos consideramos provechosa la introducción de la variable SOA con objeto de explorar si en la respuesta Stroop se reflejan este tipo de efectos relacionados con diferentes patrones de búsqueda de información en la memoria (automático en SOAs cortos vs. estratégico en SOAs largos) elicitados por la presentación del EP.

## Experimento 1

### Método

#### *Sujetos*

Dieciséis estudiantes de Psicología, 11 chicas y 5 chicos con edades comprendidas entre los 18 y los 25 años.

#### *Aparatos y estímulos*

Los estímulos (palabras entre dos y tres sílabas, escritas en mayúsculas, 2° de ángulo visual aproximadamente) se presentaron sobre fondo gris en un monitor VGA. La presentación de estímulos y recogida de respuestas se controló con un programa escrito en MEL (*Micro Experimental Laboratory*; Schneider, 1988). La latencia de las respuestas de los sujetos se registraba con un micrófono. El experimentador registraba cuando se cometía un error.

Las palabras estímulo, seleccionadas de las normas de categorización de Soto, Sebastián, García y del Amo (1982), pertenecían a seis categorías: 1) animales, 2) edificios y partes de vivienda, 3) partes del cuerpo, 4) comida, 5) accidentes geográficos y fenómenos atmosféricos, y 6) ropa, calzado y vestuario. Las dos últimas categorías se utilizaron en los ensayos de práctica y las cuatro restantes durante el experimento.

Para cada una de las cuatro primeras categorías se elaboraron dos listas de 15 parejas de palabras, una de ellas en la que las parejas estaban altamente asociadas (por tipicidad) y otra con baja relación entre las palabras. Así, por ejemplo, para la categoría de animales una pareja altamente asociada podría ser *tiburón-balle-na*, mientras que la baja relación se formaba con palabras de la misma categoría pero no directamente asociadas, por ejemplo *ra-na-canguro*. Como EO control se utilizaron las palabras que actuaban de EO relacionados en las otras categorías, cuidando de que no se diera ningún tipo de relación entre ellas. Concretamente, utilizamos las palabras EO de las condiciones de relación de las categorías 2 y 3 para formar los EO control de las categorías 1 y 4, y las palabras EO relacionadas de las categorías 1 y 4 para formar la condición de no-relación de las categorías 2 y 3. De esta forma todos los EO pasaron por la condición de relación (alta o baja) y la de control a través de todos los sujetos.

Para elaborar la relación de estímulos que el sujeto recibiría en cada bloque experimental se utilizaron las dos listas de parejas (de alta y baja relación) de una determinada categoría mas 15 parejas que eran seleccionadas al azar para cada sujeto de entre las 30 parejas de las listas control. Con esto se mantenía igualado el porcentaje de parejas EP-EO de cada condición (alta, baja y no-relación).

Puesto que cada sujeto realizaba dos bloques experimentales, solamente recibía los estímulos de dos de las categorías. A lo largo de todo el experimento, pues, ocho sujetos recibieron dos categorías para los ensayos experimentales y los otros ocho las dos restantes. Tanto el orden en que fueron asignados los estímulos de cada categoría a uno u otro bloque experimental como el orden en que fueron asignados a cada individuo fue contrabalanceado.

#### Procedimiento

Cada sujeto realizó dos bloques de 45 ensayos cada uno, con 9 ensayos de práctica al principio de cada bloque y un descanso de 2 minutos entre ellos. Los ensayos de práctica eran los mismos para todos los sujetos. La variable SOA fue manipulada entre-bloques. El orden en el que la condición de SOA y las listas de palabras eran recibidos fue contrabalanceado a través de los sujetos. La variable relación fue manipulada intrabloque, con idéntico número de palabras de cada condición.

El experimento comenzaba con un punto de fijación en el centro de la pantalla durante 1.500 ms., inmediatamente después aparecía el EP, siempre escrito en color negro, durante 100 ms. seguido de un espacio en blanco con una duración de 100 ó 700 ms., en función del SOA correspondiente a ese grupo de ensayos. A continuación aparecía el EO, escrito en cualquiera de los siguientes colores: rojo, azul, amarillo, rosa o verde. El EO permanecía en pantalla hasta la emisión de la respuesta Stroop (nombrar el color). Inmediatamente después de la respuesta y seguido de un espacio en blanco de 500 ms. aparecía una pantalla en la que se pedía repetir la palabra que apareció en primer lugar (el EP). Las palabras de cada bloque eran presentadas de forma aleatoria con una sola restricción respecto a las palabras EO: que el color de la palabra en el ensayo *n* nunca coincidiera con el del ensayo *n-1*.

#### Diseño

El diseño fue bifactorial intrasujetos. Una variable independiente, el SOA, fue manipulada a dos niveles: 200 y 800 ms. La otra variable independiente fue la RELACIÓN SEMÁNTICA en-

tre el EPy el EO, con tres niveles: alta, baja y no relación. La principal variable dependiente fue la latencia de la respuesta Stroop. También se registró si se producía el recuerdo del EP.

#### Resultados

Para el análisis de los datos se descartaron los ensayos con algún tipo de fallo, ya fuera en la emisión de la respuesta Stroop (2.01%) como fallos de tipo mecánico (6.39%). También fueron descartados los ensayos en los que el tiempo para dar la respuesta sobrepasaba los 2200 ms. (0.9%), por considerarlos valores extremos de tiempo de reacción y distorsionadores del supuesto de normalidad. El porcentaje de ensayos en los que fue recordado el EP fue el 84.92% del total.

Realizamos dos análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas con SOA y RELACIÓN como variables independientes. En el primero, descartamos para el análisis los ensayos en los que los sujetos no habían recordado el EP. En el segundo de los análisis incluimos dichos ensayos, por considerar que el recuerdo del EP en sí mismo carecía de interés para el efecto buscado. Además, apoyándonos en reciente literatura sobre el tema, creemos que la mera instrucción de atender y recordar es suficiente para que se produzca facilitación entre EP y EO (Ortells y Tudela, 1996). El patrón de resultados resultó idéntico en ambos análisis. A continuación exponemos los resultados del análisis incluyendo los ensayos sin recuerdo del EP.

Las medias obtenidas para cada condición experimental se muestran en la tabla 1.

Resultaron significativos los efectos principales de las dos variables manipuladas. En el SOA corto el tiempo para dar la respuesta a la tarea Stroop era mayor que en el largo ( $F(1,15)= 12.80$ ;  $p<.01$ ) pero el patrón de interferencia producido por la relación semántica entre el EP y el EO fue el mismo en ambos SOAs ( $F(2,30)= 1.13$ ;  $p>.33$ ). Efectuamos el análisis del efecto principal de la variable RELACIÓN ( $F(2,30)= 6.83$ ;  $p<.01$ ) mediante comparaciones *a priori* y encontramos que las palabras altamente relacionadas producían significativamente más interferencia en la tarea Stroop, reflejado en una mayor latencia en la emisión de la respuesta, que las no relacionadas o las de baja relación ( $F(1,15)=$

Tabla 1				
Valores medios, en milisegundos, de los tiempos de reacción empleados en nombrar el color del EO en función de las distintas condiciones de las variables manipuladas. Experimento 1				
Análisis por sujetos				
Nivel de RELACIÓN SEMÁNTICA EP-EO				
	ALTA	BAJA	NO RELAC.	MEDIA
Nivel de SOA				
200 ms.	1158	1085	1090	1111
800 ms.	990	979	938	969
<b>Media</b>	<b>1074</b>	<b>1032</b>	<b>1014</b>	
Análisis por ítems				
Nivel de RELACIÓN SEMÁNTICA EP-EO				
	ALTA	BAJA	NO RELAC.	MEDIA
Nivel de SOA				
200 ms.	1139	1093	1060	1097
800 ms.	1010	983	988	994
<b>Media</b>	<b>1075</b>	<b>1038</b>	<b>1024</b>	

9.71;  $p < .01$  y  $F(1,15) = 5.90$ ;  $p < .05$ , respectivamente). Aunque existen indicios de un aumento de la interferencia en la condición de baja relación en comparación con la no-relación no resultó significativa la diferencia entre ambas condiciones.

Con el fin de hacer extrapolables los resultados del estudio también a la población de palabras realizamos el análisis por ítems. Este tipo de análisis se realiza elaborando las medias por parejas de palabras y no por sujetos como en el análisis de varianza habitual (Clark, 1973). Resultaron significativos los efectos principales de las variables SOA ( $F(1,237) = 36.95$ ;  $p < .001$ ) y RELACIÓN ( $F(2,237) = 3.72$ ;  $p < .05$ ), ver tabla 1. Un análisis pormenorizado de este efecto mediante comparaciones *a priori* nos dio diferencias significativas entre la condición de alta relación y no-relación ( $F(1,237) = 7.42$ ;  $p < .05$ ). La diferencia entre la alta y la baja relación fue marginalmente significativa ( $F(1,237) = 2.89$ ;  $p < .1$ ), mientras que no resultó significativa la diferencia entre la baja y la no-relación, aunque nuevamente las medias muestran indicios de la presencia del efecto de facilitación para la baja relación.

Con objeto de descartar la existencia de un *trade-off* entre rapidez y precisión que pudiera afectar el efecto encontrado, analizamos la correlación (Pearson) existente entre la velocidad de emisión de la respuesta y el número de errores cometidos. La correlación hallada,  $r = 0.26$ , no resultó significativamente distinta de cero ( $t = -1.001$ ;  $p > .33$ ).

### Discusión

La réplica que muestran nuestros resultados confirma la fortaleza del efecto encontrado por Warren.

La presentación del EP en el paradigma de facilitación produce la activación de las palabras altamente relacionadas. Esta activación provoca la facilitación del procesamiento de la dimensión semántica del estímulo lo que es registrado en nuestro estudio mediante un enlentecimiento en la producción de la respuesta de nombrar el color. Si este incremento del efecto de interferencia Stroop con respecto a la condición control se produce en la condición de alta relación EP-EO y no en la condición de baja relación (dato obtenido igualmente por Warren en 1974), podemos interpretar que la facilitación es menor para aquellos elementos que no están directamente asociados, aunque existe cierta tendencia a que se produzca.

La ausencia de interacción SOA x RELACIÓN, nos indica que el mecanismo que está produciendo este patrón de interferencia actúa, en principio, con iguales consecuencias al menos en la ventana temporal EP-EO puesta a prueba. La lectura del EO es un proceso opuesto al necesario para la correcta consecución de la respuesta y que, por tanto, debiera ser evitado. Este hecho nos indica que la «pre-activación» semántica del EO producida por la presentación del EP tiene carácter involuntario (o automático). Esta interpretación de los resultados está también apoyada por la obtención del mismo patrón de interferencia en el análisis por ítems.

Con respecto al efecto principal de la variable SOA, pensamos que la disminución general en el tiempo de reacción encontrada en el SOA mayor podría ser atribuida a un efecto de preparación. Nos parece lógico pensar que en una condición en la que se dispone de más tiempo para preparar la respuesta ésta sea más rápida. Esta idea de un *efecto de preparación de la respuesta* es compartida por algunos autores que explican de esta forma el hecho de que las respuestas suelen ser algo más lentas en SOAs cortos (Niemi y Näätänen, 1981). Es de destacar, no obstante, que a pesar de encontrarse los sujetos en un estado preparatorio mejor en el SOA de 800

ms., éste no afecta al efecto de facilitación. De nuevo, éste hecho indica que el fenómeno responsable de nuestro efecto es de naturaleza automática.

El porcentaje de recuerdo del EP ha sido alto y suficiente para considerar que las instrucciones de atender a la presentación del EP fueron llevadas a cabo. En nuestra opinión la atención al EP produce la activación de las representaciones de los conceptos en la memoria semántica, activaciones que, si la situación lo requiere o el individuo así lo decide, serán controladas por el sistema encargado del control ejecutivo.

No obstante, tanto en nuestro experimento como en el de Warren el recuerdo del EP se pide ensayo a ensayo, de manera que el sujeto está obligado a su mantenimiento en la *memoria de trabajo* (MT) puesto que, en el peor de los casos (con un SOA de 800 ms.), el recuerdo del EP debe producirse aproximadamente 2 segundos después de su presentación. Por lo tanto, en el espacio de tiempo comprendido entre la presentación del EP y el momento en el que debe ser recordado, intervalo temporal en el que se produce la presentación del EO y la emisión de la respuesta Stroop, el sujeto se encuentra probablemente enfrascado en una operación de repaso del EP necesaria para su mantenimiento en la MT. Esta circunstancia nos plantea un posible problema.

La cuestión es la siguiente: ¿sería posible que el propio mantenimiento del EP produjera la facilitación del procesamiento semántico del EO? Esto es, que la pre-activación de la dimensión semántica del EO se produzca debido al proceso de mantenimiento del EP en la MT y no a la mera atención al EP y la activación que produce en la memoria semántica.

Posiblemente, la facilitación (y por tanto el posterior incremento de la interferencia Stroop) se esté produciendo por la acción conjunta de dos mecanismos. Uno, relacionado con la permanencia del EP en MT y la concurrencia de éste con los conceptos asociados a él. Pero también por un mecanismo relacionado con la memoria semántica y las activaciones de los conceptos relacionados con el EP que allí se producen.

Por esta razón, en nuestra opinión, el proceso de facilitación semántica debe producir el incremento de la interferencia en la tarea Stroop sin necesidad del proceso de repaso para el mantenimiento del EP en la MT. De cara a la comprobación de esta hipótesis pusimos en marcha el siguiente experimento.

### Experimento 2

Para aislar, pues, el componente de memoria semántica, eliminamos el requerimiento de recordar el EP en cada ensayo, con la pretensión de evitar el proceso de repaso y mantenimiento del mismo en la MT, y reducir en lo posible el carácter de tarea dual de nuestro procedimiento experimental.

Además, aunque en nuestro estudio el EP se presenta de forma visual quizá la forma de mantenerlo en la MT sea mediante su transformación en código fonológico para su consiguiente repaso (bucle fonológico; Baddeley, 1986). Con el fin de comprobar que ésto no es necesario y que la activación en la memoria semántica es suficiente para producir el efecto, realizamos este segundo experimento en el que el EP sigue siendo visual y no se exige el proceso de repaso en la MT.

Por lo tanto, en lugar de solicitar el recuerdo explícito del EP ensayo a ensayo, pedimos a los sujetos que atendieran a su presentación puesto que deberían reconocerlo posteriormente en un test de reconocimiento al final del bloque de ensayos.

## Método

## Resultados

## Sujetos

De nuevo, realizaron el experimento 16 estudiantes de la Facultad de Psicología de la U. de Granada, 15 chicas y 1 chico, con edades comprendidas entre los 18 y los 25 años.

## Aparatos y estímulos

Los aparatos utilizados en este segundo experimento fueron los mismos que los utilizados en el experimento anterior.

En cuanto a los estímulos, también se utilizaron exactamente los mismos que en el experimento anterior para los bloques experimentales.

Los tests de reconocimiento, sin embargo, se elaboraron utilizando 8 palabras de cada condición (8 EP que habían sido presentados dos veces durante la fase experimental, 8 EP de los presentados sólo una vez, 8 palabras no presentadas en la fase experimental pero de igual categoría semántica que la de los EP utilizados y 8 palabras no presentadas ni de la misma categoría que los EP presentados). Los 16 estímulos de las dos primeras condiciones fueron seleccionados al azar de entre los 30 EP presentados durante el bloque experimental, y fueron los mismos para todos los sujetos. Las palabras fueron presentadas en secuencia aleatoria y escritas en tinta de color negro.

## Procedimiento

La organización general del experimento así como la forma en que fueron manipuladas las variables fue la misma que para el experimento 1. El cambio en lo que al procedimiento se refiere radicó en la forma y momento en el que el sujeto debía expresar su recuerdo del EP.

La secuencia de eventos para cada ensayo fue idéntica a la del experimento anterior hasta el momento de la emisión de la respuesta, después de lo cual y tras un breve intervalo de 500 ms. aparecía un mensaje en la pantalla por el que el sujeto debía pulsar la barra espaciadora para el comienzo del ensayo siguiente. Inmediatamente después del último ensayo de la serie experimental el sujeto realizaba el test de reconocimiento. Este consistía en la presentación de una serie de palabras a las que el sujeto debía responder si habían sido presentadas o no como EP en la fase experimental, de acuerdo con las siguientes categorías de respuesta: 1) seguro que sí, 2) creo que sí, 3) creo que no y 4) seguro que no. Para el test de reconocimiento se presentó cada palabra en el centro de la pantalla junto con un mensaje en el que se especificaban las diferentes categorías de respuesta y la tecla asociada con cada una de ellas. La palabra permanecía en la pantalla hasta la emisión de la respuesta.

## Diseño

El diseño fue exactamente el mismo que el del experimento 1. La principal variable dependiente fue la latencia de la respuesta Stroop. También se midió el número de errores cometidos en la tarea. En esta ocasión, el recuerdo del EP se registró mediante un test de reconocimiento al final de cada bloque de ensayos.

Siguiendo la misma lógica de análisis de datos que para el experimento anterior (en esta ocasión se descartaron el 1.46% de los ensayos por fallo en la respuesta, el 6.87% por fallo de la llave vocal y el 0.21% por valores de tiempo de reacción superiores a los 2500 ms.), encontramos resultados paralelos a los del experimento con recuerdo del EP ensayo a ensayo.

En la tabla 2 presentamos el resumen de los datos obtenidos.

Encontramos significativo el efecto principal de la relación semántica ( $F(2,30) = 4.91$ ;  $p < .05$ ). El análisis de comparaciones planeadas reveló diferencias significativas entre las condiciones de alta y no relación ( $F(1,15) = 7.12$ ;  $p < 0.5$ ) y entre la de alta y baja relación ( $F(1,15) = 6.76$ ;  $p < 0.5$ ), pero no entre las de baja y no-relación. Con respecto a la variable SOA la tendencia de los datos es similar a la de los experimentos anteriores, aunque en este caso el efecto es sólo marginalmente significativo ( $F(1,15) = 3.18$ ;  $p < .1$ ). Tampoco en este experimento resultó significativa la interacción SOA x RELACIÓN ( $F < 1$ ).

En el análisis por ítems fue significativo el efecto principal de la variable SOA ( $F(1,232) = 30.14$ ;  $p < .001$ ). A pesar de que los datos muestran indicios claros de facilitación en las condiciones de alta y baja relación, el efecto principal de la variable relación no llegó a ser significativo debido a una alta variabilidad entre ítems para producir el efecto ( $F(2,232) = 1.23$ ;  $p > .29$ ;  $MC_{error} = 27177.27$ ).

Análisis por sujetos Nivel de RELACIÓN SEMÁNTICA EP-EO				
	ALTA	BAJA	NO RELAC.	MEDIA
Nivel de SOA				
200 ms.	863	824	820	<b>836</b>
800 ms.	780	762	745	<b>763</b>
<b>Media relación</b>	<b>822</b>	<b>793</b>	<b>783</b>	
Análisis por ítems Nivel de RELACIÓN SEMÁNTICA EP-EO				
Nivel de SOA	ALTA	BAJA	NO RELAC.	MEDIA
Nivel de SOA				
200 ms.	851	825	823	<b>833</b>
800 ms.	774	757	743	<b>758</b>
<b>Media relación</b>	<b>812</b>	<b>791</b>	<b>783</b>	

La correlación entre la velocidad y la precisión en la respuesta fue  $r = 0.16$ . Este valor tampoco resultó ser significativamente diferente de cero ( $t = -0.6$ ;  $p > .55$ ).

El recuerdo del EP se midió mediante un test de reconocimiento. El análisis, fundamentado en la teoría de detección de señales (TDS), de las matrices de confusión resultantes de la ejecución de cada uno de los sujetos en el test nos permitió calcular su  $d'$ . Realizamos el cálculo mediante un programa de ordenador construido para tal fin (Reales y Ballesteros, 1997). En los casos en los que las varianzas para las distribuciones de *señal* y *señal + ruido* son diferentes, el programa proporciona una serie de índices de sensibilidad ( $d'$ ) corregidos. De entre ellos, nosotros seleccionamos pa-

ra estos casos el índice  $d'_e$  de J. Egan. De esta forma, la  $d'$  media calculada a partir de la  $d'$  de cada sujeto ( $d'$  o  $d'_e$  dependiendo de que fuera o no corregida) fue de 1.11, valor que difiere significativamente de cero ( $t=3.99$ ;  $p<.01$ ) y equivale aproximadamente a una tasa de aciertos de 0.81 y a una tasa de falsas alarmas de 0.12.

### Discusión

La modificación introducida con respecto al momento de recuerdo del EP nos permite concluir que el incremento de la interferencia producida por la facilitación semántica en la condición de alta relación EP-EO no se debe, al menos de forma exclusiva, al proceso de repaso necesario para mantener el EP en la MT. En este segundo experimento, en el que el sujeto tiene instrucciones de atender al EP puesto que deberá reconocerlo posteriormente entre un conjunto de palabras, la tarea de memorización queda relegada a un segundo plano. Sin embargo, se produce idéntico patrón de interferencia al obtenido en el estudio anterior para los estímulos con alta relación con respecto a la condición de no-relación.

En el experimento anterior el sujeto realizaba una doble tarea (mantener el EP y nombrar el color), en este experimento la tarea es únicamente la de nombrar el color. En este sentido, se produce una liberación del sistema de procesamiento que se refleja en un descenso generalizado del tiempo de reacción.

La ausencia de efecto de la variable relación en el análisis por ítems podría estar reflejando una menor sensibilidad en las parejas de palabras utilizadas para captar el mecanismo relacionado con la memoria semántica para la producción de la interferencia. La gran variabilidad que muestra la  $MC_{\text{error}}$  en este análisis parece indicar que determinados ítems son sensibles a este mecanismo mientras que otros no.

En definitiva, parece que la mera atención activa a la presentación del EP produce la activación de las representaciones semánticas de los conceptos altamente relacionadas, de manera que el procesamiento léxico-semántico de éstos se ve facilitado si son presentadas a continuación en un intervalo temporal de al menos 800 milisegundos. Esto produce el incremento de la interferencia si la tarea consiste en realizar otro tipo de procesamiento como es la extracción de una característica física, el color en nuestro caso.

La comprobación de que los sujetos siguen las instrucciones queda garantizada en este caso por el efectivo reconocimiento que se produce en la prueba administrada al finalizar cada bloque experimental. Reflejo de este reconocimiento es el dato de  $d'$  positivo obtenido en el análisis basado en la TDS.

### Discusión general

Hemos investigado el efecto de la facilitación semántica en la tarea Stroop. El patrón de datos obtenido en nuestros experimentos coincide con el obtenido por Warren (1974; exp.1), esto es, que se produce una mayor interferencia en nombrar el color de la tinta en que está escrita una palabra cuando el sujeto es inducido a su procesamiento semántico por medio de un procedimiento de facilitación o *priming*. Se trata, por tanto, de un efecto robusto, que ha sido replicado en dos ocasiones en nuestros experimentos, introduciendo, además, considerables modificaciones con respecto al procedimiento original de Warren.

En nuestros estudios la introducción de la variable SOA no produjo efectos diferenciales en la manipulación de la relación se-

mántica. No encontramos, por tanto, efectos inhibitorios para la baja o no relación relacionados con la creación de expectativas (Posner y Snyder, 1975; Becker, 1985). No obstante, en nuestro procedimiento no hay razón por la cual poner en marcha el factor expectativa. La igualdad en el porcentaje de parejas de palabras de cada condición hace que la señal (el EP) no tenga validez alguna en la predicción del tipo de EO que aparecerá a continuación. Mayores efectos inhibitorios para parejas de baja o no-relación en SOAs largos serían de esperar aumentando el porcentaje de parejas EP-EO altamente relacionadas.

La presentación visual del EP, al igual que la eliminación del proceso (posiblemente verbal) de repaso en el segundo de nuestros experimentos, nos permitió reducir la interferencia de tipo fonológico que pudiera estar produciéndose.

Con todo, la obtención de diferentes grados de interferencia en función de la manipulación semántica nos permite situar el origen de la interferencia a nivel semántico. La condición de alta relación semántica entre EP y EO no produce un aumento de la incongruencia entre los resultados de los procesos implicados (la lectura y el color), lo que parece es que en esta condición el ejercicio de control requerido para frenar la producción del proceso automatizado es mayor puesto que resulta facilitado, por lo que la interferencia es también mayor. En la situación experimental utilizada, por lo tanto, consideramos que los procesos atencionales de control de la acción adquieren especial relevancia.

Sin embargo, la aportación principal de nuestros experimentos está relacionada con el requisito de recuerdo del E-P. La importancia de esta manipulación radica en aislar la contribución de la memoria semántica al efecto encontrado por Warren y replicado en el experimento primero. Al comparar el recuerdo inmediato del EP con el recuerdo al final del bloque se distingue entre la aportación de la memoria semántica y la memoria de trabajo al fenómeno de la facilitación semántica.

Nuestra interpretación en este sentido es que las representaciones del conocimiento léxico se encuentran almacenadas en la memoria semántica en forma de unidades conectadas entre sí. Cuando una palabra (el EP en nuestro caso) es codificada se activa su representación y la de los conceptos semánticamente relacionados. De esta forma, si la palabra presentada inmediatamente después (el EO) forma parte del conjunto de palabras que han sido preactivadas, su codificación y posterior procesamiento se verá facilitado.

El hecho de que tanto en el estudio de Warren como en los realizados en nuestro laboratorio no se produzca efecto para la baja relación semántica entre EP y EO sugiere que en la memoria los conceptos se encuentran organizados teniendo en cuenta el grado de asociación de unos con otros. Parece que la codificación del EP provoca la activación de la representación de aquellos conceptos más directamente asociados. Esta activación va siendo progresivamente menor a medida que disminuye el grado de asociación con el concepto codificado.

Por otro lado, la tarea Stroop debe ser definida en términos de coordinación de procesos, uno automático y otro controlado (MacLeod, 1991). La incorporación del procedimiento de facilitación produce la potenciación del procesamiento de la dimensión irrelevante del estímulo, la dimensión léxico-semántica en esta tarea, cuyo procesamiento transcurre además de forma automática. El incremento de la interferencia Stroop en situaciones de alta relación EP-EO se debe probablemente a que en esta circunstancia es necesaria una mayor implicación del control ejecutivo, por lo que la elaboración de la respuesta y su producción precisa más tiempo.

El mecanismo central de activación de representaciones semánticas en la memoria y su control pueden ser profundamente estudiados mediante nuevas manipulaciones realizadas con este paradigma experimental. Por tanto, la exploración comportamental

de este paradigma junto con la incorporación de tecnologías de registro de la actividad cerebral permitirán arrojar luz sobre el sistema atencional encargado del control ejecutivo y su modo de funcionamiento.

### Referencias

- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Becker, C. A. (1985). What do we really know about semantic context effects during reading?. En: D. Besner, T. G. Waller y E. M. MacKinnon (Eds.), *Reading research: Advances in theory and practice*, Vol. 5 (pp. 125-166). Toronto: Academic Press.
- Bench, C.J., Frith, C.D., Grasby, P.M., Friston, K.J., Pauls, E., Frackowiak, R.S.J., y Dolan, R.J. (1993). Investigations of the functional anatomy of attention using the Stroop test. *Neuropsychologia*, 31 (9), 907-922.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. New York: Academic Press.
- Clark, H. H. (1973). The language-as-fixed fallacy: A critique of language statistics in psychological research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12: 335-359.
- George, M.S., Ketter, T.A., Parekh, P.I., Rosinsky, N. Ring, H., Casey, B.J., Trimble, M.R., Horwitz, B., Herscovitch, P. y Post, R.M. (1994). Regional brain activity when selecting response despite interference: An H2 15O PET study of the Stroop and a emotional Stroop. *Human Brain Mapping*, 1 (3), 194-209.
- James, W. (1890) *The principles of Psychology*. New York: Holt.
- Keefe, D. E. y Neely, J. H. (1990). Semantic priming in the pronunciation task: The role of prospective prime-generated expectancies. *Memory and Cognition*, 18, 289-298.
- LaBerge, D. (1995). *Attentional processing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lorch, R. F., Balota, D. y Stamm, E. (1986). Locus of inhibition effects in the priming of lexical decisions: Pre- or post-lexical access?. *Memory and Cognition*, 14, 95-103.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109 (2) 163-203.
- Neely, J. H. (1977). Semantic priming and retrieval from lexical memory: Roles of inhibitionless spreading activation and limited-capacity attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 106, 226-254.
- Neely, J. H. y Keefe, D. E. (1989). Semantic context effects on visual word processing: A hybrid prospective/retrospective processing theory. En: G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Vol. 24 (pp. 207-248). New York: Academic Press.
- Niemi, P. y Näätänen, R. (1981). Foreperiod and simple reaction time. *Psychological Bulletin*, 89, 133-162.
- Norman, D.A. y Shallice, T. (1986). Attention to action: willed and automatic control of behaviour. En: R.J. Davison, G.E., Schwartz y D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation* (pp. 1-18) New York: Plenum Press.
- Ortells, J.J. y Tudela, P. (1996). Positive and negative semantic priming of attended and unattended parafoveal words in a lexical decision task. *Acta Psychologica*, 94, 209-226.
- Posner, M. I. y DiGirolamo, G. J. (1998). Conflict, target detection and cognitive control. En: R. Parasuraman (Ed.) *The attentive brain* (pp. 401-423). Cambridge: MIT Press.
- Posner, M. I. y Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M.I. y Raichle, M. E. (1994). *Images of mind*. New York: Scientific American Library.
- Posner, M.I. y Rothbart, M. K. (1991). Attentional mechanisms and conscious experience. En: *The Neuropsychology of Consciousness*. Academic Press Ltd.
- Posner, M. I. y Snyder, C. R. R. (1975). Attention and cognitive control. En: R. L. Solso (Ed.), *Information processing and cognition: The Loyola symposium* (p. 55-85). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Raichle, M.E., Fiez, J.A., Videen, T.O., MacLeod, A.M. K., Pardo, J.V., Fox, P. T. y Petersen, S.E. (1994). Practice-related changes in human brain functional anatomy during nonmotor learning. *Cerebral Cortex*, 4, 8-26.
- Reales, J. M. y Ballesteros, S. (1997). *TDS. Un programa de ordenador para la teoría de la detección de señales*. Madrid: Editorial Universitarias.
- Schneider, W. (1988). Micro Experimental Laboratory: An integrated system for IBM PC compatibles. *Behaviour Research Methods, Instruments and Computers*, 20, 206-217.
- Schneider, W., Dumais, S. T. y Shiffrin, R. M. (1984). En: Parasuraman, R. y Davies, D. R. (Ed.), *Varieties of Attention*, (p. 1-27). Orlando, F. Academic Press, INC.
- Shiffrin, R. M., y Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127-190.
- Snyder, A., Abdullaev, Y. G., Posner, M.I. y Raichle, M. E. (1995). Scalp electrical potentials reflect regional cerebral blood flow responses during processing of written words. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 92, 1.689-1.693.
- Soto, P., Sebastián, M.V., García, E. y del Amo, T. (1982). Categorización y datos normativos en España. Madrid: Cantoblanco.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Taylor, S.F., Komblum, S., Minoshima, S., Oliver, L.M. y Koeppe, R.A. (1994). Changes in medial cortical blood flow with a stimulus-response compatibility task. *Neuropsychologia*, 32 (2), 249-255.
- Warren, R. E. (1974). Association, directionality and stimulus encoding. *Journal of Experimental Psychology*, 102, 151-158.

Aceptado el 20 de julio de 1999