

¿EL RUIDO AFECTA A LA FOCALIZACIÓN DE LA ATENCIÓN VISUAL?

Zuleyma Santalla Peñaloza, Jesús M^a Alvarado Izquierdo
y Carmen Santisteban Requena
Universidad Complutense de Madrid

El objetivo de la presente investigación es estudiar si la exposición a ruido blanco presentado a niveles moderados de intensidad afecta a la ejecución en una tarea de discriminación visual facilitando la focalización de la atención. Se ha utilizado una versión modificada del paradigma de «flankers» de Eriksen y Eriksen (1974). Los sujetos realizaron la tarea bajo las condiciones de ruido moderado (75 dBA) y de silencio (44 dBA). En los estímulos visuales se han manipulado variables tales como: el tipo y el número de letras distractoras, la distancia entre la letra objetivo y las distractoras, y el intervalo temporal entre la aparición de los distractores y el objetivo. Los resultados muestran que, en una tarea de atención visual focalizada, el ruido incrementa el número de errores y prolonga los tiempos de reacción. Los resultados de diversos autores que muestran que la presencia de ruido con intensidades superiores a 85 dBA facilita la focalización de la atención, no se han obtenido en esta investigación realizada con ruido a niveles de intensidad inferiores.

Is focused visual attention affected by noise? The goal of the present investigation is to study whether moderate intensity levels of white noise affect performance in a visual discrimination task due to facilitation of focused attention. A modified version of the Eriksen and Eriksen (1974) flankers paradigm was used. Subjects performed the task on a white noise condition (75 dBA) and on silence (44 dBA). Several visual stimuli's variables have been manipulated such as type and number of distractor letters, distance between target letter and distractors and delay time of the target appearance. The results show that the noise increase error rate and increase the reaction times in the focused attention task. The results of several authors that the presence of noise upon 85 dBA facilitates the focusing attention was not obtained in this investigation using lower intensity level of noise.

El propósito de esta investigación ha sido evaluar si la exposición a ruido continuo, presentado a niveles moderados de intensi-

dad, favorece el procesamiento de la información relevante en una tarea de atención visual focalizada.

Los efectos de la presencia de ruido sobre el rendimiento de los sujetos en la ejecución de diversas tareas cognitivas están ampliamente tratados en la literatura especializada (Broadbent, 1971, 1983; Harris, 1979; Kryter, 1985, Santisteban y Santalla,

Correspondencia: Carmen Santisteban Requena
Unidad de RMN
Universidad Complutense de Madrid
28040 Madrid (Spain)
E-mail: csantisteban@psi.ucm.es

1990; Berglund y Lindvall, 1995; etc.). En lo que se refiere a la atención, diversos estudios en los que se ha empleado el paradigma experimental de doble tarea, de las cuales una se define en las instrucciones como la principal, han puesto de manifiesto que el rendimiento en esa tarea principal ha sido superior cuando las personas trabajaban en presencia de ruido, que cuando lo hacían en silencio. Este resultado muestra que la presencia de ruido incide sobre el rendimiento haciendo que los sujetos focalicen su atención en los aspectos de la tarea definidos como relevantes (Hockey, 1970 a y b; Hockey y Hamilton, 1970; Davies y Jones, 1975; Daee y Wilding, 1977; Fowler y Wilding, 1979; Smith, 1982).

Investigaciones tales como la de Hockey (1970 a) han mostrado que en una tarea dual, además de afectar el ruido al rendimiento en la tarea principal, también afecta al rendimiento en la tarea secundaria, cuando la tarea principal consistía en mantener alineado un objetivo y la secundaria consistía en monitorear una serie de luces que tenían distintas probabilidades de encendido. La presencia de ruido a 100 dBA de intensidad provocaba una detección más rápida de aquellas luces que tenían la más alta probabilidad de encendido. Estos resultados concuerdan con los de Smith (1985 a), al comparar la rapidez de respuesta en una tarea de reacción serial en presencia de ruido continuo en campo libre a 85 dBC de intensidad, con la rapidez de respuesta cuando ese ruido no estaba presente (60 dBC). Resultados análogos también los han obtenido Spencer, Lambert y Hockey (1988), utilizando el paradigma de costes y beneficios en un experimento en el que los sujetos debían detectar visualmente un elemento objetivo cuya posición probable había sido señalada por una clave de localización previa que era válida, no válida o neutra. La presencia de ruido blanco a una intensidad de 90 dBA (frente a la condición de silencio con intensidad de

50 dBA) provocaba un mayor beneficio de los ensayos con clave de localización válida, además de provocar un mayor costo de los ensayos con clave de localización no válida. Tomados en conjunto, los resultados obtenidos por Hockey (1970 a), Smith (1985 a), y Spencer, Lambert y Hockey (1988) indican que, la presencia de ruido favorece la focalización de la atención hacia aquellos elementos que aparecen con mayor probabilidad o que son esperados.

También hay estudios en los que se comprueba que la presencia de ruido incide sobre el rendimiento, haciendo que los sujetos atiendan en mayor medida a los aspectos locales, que cuando trabajan en silencio. Trabajos que muestran estos resultados son, por ejemplo, el de Jones, Smith y Broadbent (1979) utilizando la versión visual de la tarea de detección de señales de Bakan; y, el de Smith (1985 b) usando el paradigma global/local de Navon. En ambos trabajos, la condición de ruido consistió en la presencia de ruido continuo presentado en campo libre a una intensidad de 85 dBC, y la condición de silencio consistió en la no presencia de ruido registrándose en todos los experimentos un nivel de intensidad entre los 55 dBC y los 60 dBC. Por otra parte, conviene señalar que el ruido puede reducir la interferencia en tareas como el test de Stroop (Houston y Jones, 1967; Houston, 1969; O'Malley y Poplaswky, 1971).

Posteriormente, y utilizando ruido continuo a mayores niveles de intensidad (94 dB), Usai y Umiltà (1994) han hallado que la presencia de ruido puede provocar un cambio en la forma y el tamaño del foco atencional, cuando la tarea de los sujetos consistía en la detección de una letra objetivo que aparecía dentro o fuera de una figura que definía el área que debía ser atendida.

Los resultados de las investigaciones citadas en los párrafos anteriores, entre otras, se han interpretado como evidencia a favor de que la presencia de ruido, a niveles de inten-

sidad iguales o superiores a 85 dB, afecta al procesamiento atencional de la información, favoreciendo la focalización de la atención. No obstante, los resultados de otras investigaciones ponen en duda la generalidad de esta tesis (Warner y Heimstra, 1973; Hartley y Adams, 1974; Forster y Grierson, 1978; Loeb y Jones, 1978; Smith, 1991).

Réplicas de los experimentos de Hockey (1970 a y b) con el paradigma de doble tarea las han realizado Forster y Grierson (1978), y Loeb y Jones (1978), trabajando con distintos tipos de ruido a niveles de intensidad superiores a los 75 dBA, obteniendo resultados diferentes a los de Hockey. En estas repeticiones se ha encontrado que la presencia de ruido, o bien no tenía un efecto significativo sobre el rendimiento en la tarea principal (Forster y Grierson, 1978), o bien lo perjudicaba (Loeb y Jones, 1978); y que, la detección de los elementos de aparición altamente probable en la tarea secundaria de monitoreo, no variaba significativamente según la condición sonora bajo la que se realizaba dicha tarea.

Hartley y Adams (1974) han observado que el efecto del ruido sobre el rendimiento en la condición de interferencia del test de Stroop hallado por otros autores (Houston y Jones, 1967; Houston, 1969; O'Malley y Poplaswky, 1971), dependía de la duración de la exposición al ruido. Se comprobó que, cuando la exposición a ruido continuo a 95 dBC de intensidad era de 10 minutos, la presencia de ruido provocaba una reducción de la interferencia; pero, cuando el tiempo de exposición aumentaba a 30 minutos, el ruido causaba un incremento de la interferencia.

El efecto de las condiciones sonoras en una tarea de detección, no sólo parece estar influenciado por la intensidad del ruido, sino también por el número de distractores. En el trabajo de Warner y Heimstra (1973) la condición sonora (silencio; ruido a: 80; 90; o 100 dB) no tuvo efecto significativo sobre los tiempos de reacción en una presentación

visual con ocho distractores y sí fue significativa en las presentaciones con 16 y 32 distractores. En la presentación con 16 distractores, la presencia de ruido a 90 dB provocó un enlentecimiento de la respuesta correcta. En la presentación con 32 distractores, el ruido a 90 y 100 dB produjo un aumento en la rapidez de respuesta correcta.

En presentaciones visuales con pocos distractores y con una tarea de búsqueda, Smith (1991) obtuvo resultados similares a los de Warner y Heimstra (1973), trabajando con ruido continuo en campo libre a 78 dBA de intensidad y la condición de silencio fue de 50 dBA. También en ese trabajo, Smith (1991) evaluó el efecto de la condición sonora sobre el rendimiento en una tarea de atención visual focalizada, utilizando el paradigma de compatibilidad de flancos de Eriksen y Eriksen (1974). Los tiempos de reacción fueron mayores en el grupo de sujetos que trabajó en la condición de ruido continuo en campo libre a 78 dBA que en el grupo que trabajó en silencio (50 dBA), no hallándose evidencia de que el ruido favoreciera la focalización de la atención visual.

En la presente investigación se ha evaluado si la exposición a ruido continuo en campo libre a niveles moderados de intensidad, favorece la focalización de la atención; es decir, si en presencia de ruido se reduce el tamaño del foco atencional, mejorándose el procesamiento de la estimulación visual definida como relevante para la tarea. Para ello se ha empleado una tarea de atención visual focalizada, tomando como punto de partida el paradigma de compatibilidad de los flancos de Eriksen y Eriksen (1974), pues ha sido el que se ha empleado fundamentalmente para el estudio del foco atencional visual (Eriksen, 1995; Botella, 1997). Con este paradigma experimental, y si el ruido favorece la focalización de la atención, se espera que la presencia de ruido: (a) aumente la rapidez y/o la exactitud de la respuesta, y (b) reduzca el efecto de los distractores (compatibles,

incompatibles, neutros) sobre los tiempos de reacción.

En el presente estudio, si bien al igual que lo hace Smith (1991) se parte del paradigma de compatibilidad de los flancos, se han introducido importantes modificaciones para evaluar aspectos insuficientemente tratados o no tratados en la literatura. En primer lugar, se ha experimentado con un número variable de distractores, a diferencia de Smith (1991) quien, en su tarea de atención focalizada, consideró solamente presentaciones con dos distractores. Esto ha permitido el estudio del posible efecto conjunto de la condición sonora y el número de distractores sobre el tamaño del foco, sugerido por los resultados de Warner y Heimstra (1973) con tareas de detección. En segundo lugar, se han utilizado cuatro distancias entre la letra objetivo y las distractoras (0.97, 1.95, 2.92 y 3.89 grados de ángulo visual), ampliándose así el rango de distancias utilizado por Smith (1991) que sólo fue de 1.02 y de 2.60 grados. La elección de esas distancias se ha hecho de acuerdo con resultados anteriores (Alvarado, Santalla y Santisteban, 1998 a y b), en los que se ha constatado un efecto de compatibilidad de los flancos a distancias superiores a los 2.60 grados. Por último, un aspecto no considerado anteriormente en la literatura es si el ruido, no sólo favorece la focalización espacial, sino si también produce focalización temporal; es decir, si la presencia de ruido reduce el efecto que sobre el procesamiento del objetivo tiene la aparición previa de los distractores. Para ello se ha experimentado con cuatro intervalos de tiempo entre la aparición de los distractores y la aparición del objetivo.

Método

Sujetos

En el estudio participaron ocho universitarios (tres mujeres y cinco hombres), con

edades comprendidas entre los 22 y los 34 años. Todos los sujetos eran diestros y tenían visión normal o corregida a la normal.

Materiales

A) DESCRIPCIÓN DE LA TAREA Y LAS PRESENTACIONES VISUALES

La tarea realizada por los sujetos consistía en identificar la letra objetivo que aparecía en el centro de la pantalla de un monitor y responder presionando, con la mano derecha, el cursor izquierdo del teclado ($\leftarrow$) si dicha letra era una «q» o una «d», y el cursor derecho ($\rightarrow$) si era una «p» o una «b». La aparición de la letra objetivo en cada ensayo era aleatoria y todas las letras objetivo tenían la misma probabilidad de aparición.

La letra objetivo siempre estaba ubicada en el centro geométrico de una circunferencia imaginaria (centrada en la pantalla), y se presentaba acompañada de dos, cuatro u ocho letras distractoras, equidistantes de la objetivo y posicionadas sobre la circunferencia imaginaria. La disposición de la letra objetivo y las letras distractoras para la presentación con ocho letras distractoras se representa en la Figura 1. Cuando la presenta-

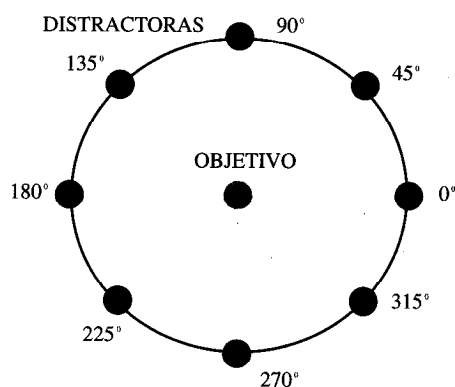


Figura 1. Disposición de la letra objetivo y las distractoras en las presentaciones visuales empleadas en el estudio.

ción contenía cuatro letras distractoras, éstas se situaron sobre la circunferencia en 0°, 90°, 180° y 270°. La presentación con dos letras distractoras tenían éstas ubicadas una a la derecha y otra a la izquierda de la letra objetivo, en las posiciones que corresponden a 0° y 180° de la circunferencia.

Tanto la letra objetivo como las distractoras eran minúsculas, de color blanco (luminancia: 116 cd/m²), y se presentaban sobre un fondo negro (luminancia: 1 cd/m²). El tamaño de las letras era de 0.60 grados de ángulo visual (° AV), a una distancia fija de 60 cm. entre los ojos del sujeto y la pantalla del monitor.

En cada ensayo, las letras distractoras eran de uno de tres tipos: compatibles, incompatibles o neutras. Las letras distractoras se consideraron compatibles cuando estaban asociadas con la misma categoría de respuesta que la letra objetivo (por ejemplo, para la letra objetivo «p», las letras distractoras eran todas letras «p» o letras «b»). Las letras distractoras se consideraron incompatibles cuando estaban asociadas con la categoría de respuesta opuesta a la objetivo (por ejemplo, si el objetivo era «q», las letras distractoras eran todas letras «p» o letras «b»). Las letras distractoras se consideraron neutras cuando no estaban asociadas con ninguna de las dos categorías de respuesta y fueron las letras «z» o «x». Se seleccionaron estas dos letras como neutras porque no son ni física, ni fonológicamente similares a las elegidas como objetivo. Estos aspectos en la elección de los elementos neutros son importantes como muestra la literatura (Eriksen y Eriksen, 1974; Eriksen y St. James, 1986; Botella y Barriopedro, 1997).

En la presente investigación, las letras distractoras se presentaron aleatoriamente y todas las letras distractoras tenían la misma probabilidad de aparición.

En cada ensayo, la distancia en grados de ángulo visual entre la letra objetivo y las letras distractoras (distancia O-D), tomada

entre los centros geométricos de las respectivas letras, era una de las cuatro siguientes: 0.97 °AV; 1.95 °AV; 2.92 °AV; 3.89 °AV.

Los tiempos considerados en cada ensayo entre la aparición de las letras distractoras y la aparición de la letra objetivo (SOA) era uno de los cuatro siguientes: 0 ms; 33 ms; 67 ms; 100 ms.

El número total de presentaciones visuales distintas fue de 144. Este número es el resultado de combinar las modalidades de las cuatro variables manipuladas en la construcción de los estímulos visuales: (a) número de distractores (con tres modalidades); (b) tipo de distractor (con tres modalidades); (c) distancia O-D (con cuatro modalidades); y (d) SOA (con cuatro modalidades).

B) DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES SONORAS

Todos los sujetos realizaron la misma tarea en dos condiciones sonoras que denominamos de ruido y de silencio. La condición de ruido consistió en la presentación de ruido blanco en campo libre. La intensidad, medida en el interior de la cabina de experimentación en el punto donde el sujeto situaba su cabeza frente al monitor, fue de 75 dBA (L_{eq}). La condición de silencio consistió en la no presencia de estímulos sonoros, registrándose en la cabina un nivel de intensidad de 44 dBA (L_{eq}), mientras el individuo realizaba la tarea.

C) APARATOS

Para la presentación de los estímulos visuales y el registro de las respuestas se empleó un computador personal 486 compatible IBM con tarjeta SVGA, conectado a un monitor a color. Los sujetos daban sus respuestas utilizando los cursores ubicados a la derecha en un teclado de computador convencional. La secuencia de presentación de los estímulos visuales y el registro de las respuestas se realizó mediante el programa

PECER 2.0 elaborado por Alvarado Izquierdo (1997). El ruido blanco se generó en una ~~unidad generadora-analizadora de señales~~ Brüel & Kjaer, tipo: 2035. La grabación y reproducción del ruido se realizó mediante un amplificador Karmen/Kardon, modelo: HK6150, y un reproductor Marantz, modelo: SD415. La estimulación sonora se presentó a los sujetos a través de dos cajas acústicas de alta fidelidad RDF, serie: Mitto II. Los niveles de intensidad sonora registrados en la cabina se midieron con un sonómetro Brüel & Kjaer, modelo: 2236.

Procedimiento

Los participantes realizaron la tarea en dos sesiones experimentales, una bajo cada una de las dos condiciones sonoras consideradas, con un intervalo de tiempo entre sesiones de siete días. La mitad de los sujetos realizaron la tarea primero en la condición de silencio y luego en la de ruido, y la otra mitad la realizó en el orden inverso. Todas las sesiones tuvieron lugar entre las 14:00 y las 20:00 horas. Los sujetos trabajaron, en ambas sesiones, en una cabina insonorizada en la que se mantuvo constante la disposición del mobiliario y las condiciones de iluminación. La distancia entre los ojos del sujeto y la pantalla del monitor fue de 60 cm., manteniendo la cabeza apoyada sobre un barbuquejo que impidió sus movimientos, lo que permitió controlar la distancia entre los ojos, la pantalla del monitor y las cajas acústicas. La disposición de las cajas acústicas con respecto al sujeto y al monitor se representa esquemáticamente en la Figura 2. Antes de cada sesión experimental se verificaba que no habían variado ninguna de las condiciones experimentales anteriormente señaladas.

Cada sujeto llevó a cabo 20 ensayos con cada una de las 144 presentaciones visuales posibles, bajo cada una de las condiciones sonoras. Por lo tanto, cada sujeto realizó un

total de 5760 ensayos en dos sesiones de 2880 ensayos en cada condición sonora. Los ensayos correspondientes a cada una de las sesiones se dividieron en 10 bloques de 288 ensayos cada uno, y los sujetos dispusieron de cinco minutos de descanso (en silencio) entre bloque y bloque. Los sujetos necesitaron una media de 15 minutos para realizar cada uno de los bloques de ensayos, por lo que el tiempo de exposición al ruido blanco fue de, aproximadamente, dos horas y media, en las tres horas y cuarto que aproximadamente duraba la sesión experimental. Dentro de cada bloque, el orden en que se presentaron los ensayos fue aleatorio y, una vez fijados los bloques, su orden de presentación se mantuvo fijo para todos los sujetos.

Todos los sujetos realizaron, antes del inicio de cada una de las sesiones experimentales, 60 ensayos de práctica en silencio. Estos ensayos se eligieron aleatoriamente entre los 144 posibles y fueron los mismos para todos los sujetos.

Todos los ensayos comenzaron con la aparición en la pantalla de un punto de fijación (+) blanco, donde posteriormente se presentaría la letra objetivo. El punto de fijación se ubicó en el centro geométrico de la circunferencia imaginaria sobre la que se situaban las letras distractoras. El punto de fijación permanecía expuesto durante 1000 ms, transcurridos los cuales se borraba la pantalla y aparecía la presentación correspondiente a cada ensayo. La presentación visual permanecía en la pantalla hasta que el sujeto emitía la respuesta. Cuando la res-

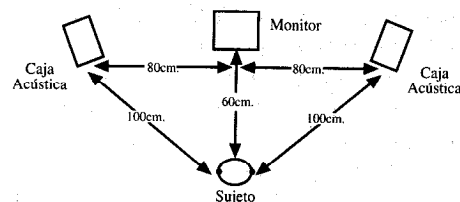


Figura 2. Disposición de las cajas acústicas respecto al sujeto y al monitor.

puesta era correcta, el ensayo siguiente comenzaba una vez el sujeto presionaba la barra espaciadora del teclado. Cuando el sujeto respondía incorrectamente, una señal acústica de 500 Hz. le indicaba su error. Esta señal desaparecía cuando el sujeto presionaba la barra espaciadora, iniciándose el siguiente ensayo.

En las instrucciones dadas verbalmente a los sujetos se les especificaba que: (a) la letra a la que debían responder siempre aparecería en el centro de la pantalla, (b) debían mantener la vista sobre el punto de fijación, (c) no debían mover los ojos en el transcurso de cada ensayo, y (d) debían responder tan rápido como pudiesen, sin que ello implicase cometer errores.

Para cada uno de los ensayos experimentales se registró el tiempo de emisión de la respuesta (tiempo de reacción) y si la respuesta dada era correcta o incorrecta, registrándose separadamente la respuesta incorrecta de los casos en que se había pulsado una tecla ajena a las indicadas para la tarea.

Análisis y resultados

La influencia sobre los tiempos de reacción (TRs) de los cuatro factores que definieron las distintas presentaciones visuales contempladas en este estudio, se ha analizado mediante análisis de varianza (ANOVAs) de medidas repetidas, uno para cada factor, tomándose la media de los TRs de cada sujeto para las distintas condiciones experimentales. Se ha analizado separadamente el efecto de la condición sonora con cada uno de los cuatro factores y la interacción entre la condición sonora y el factor correspondiente. No se han incluido en estos análisis los ensayos con TRs iguales o superiores a 1000 ms (0.17% del total de ensayos realizados por todos los sujetos), por considerarlos anómalos para esta tarea en la que los TRs medios han variado entre sujetos, desde los 381 ms hasta los 444 ms. Tampoco se

han incluido en estos análisis los ensayos en los que la respuesta había sido incorrecta (2.15% del total de ensayos), o aquellos casos en los que se pulsó una tecla ajena a la tarea (0.43% del total de ensayos). El número total de ensayos no incluidos en los ANOVAs fue de 1267 (2.75% del total de ensayos realizados por todos los sujetos).

Complementariamente, se han estudiado las respuestas incorrectas cometidas (número de errores) en cada una de las dos condiciones sonoras y las emitidas bajo las distintas modalidades de los otros cuatro factores contemplados. El análisis de la variable «número de errores» se ha realizado mediante contrastes de hipótesis no paramétricos (Test de Wilcoxon para dos muestras relacionadas y Test de Friedman para «K» muestras relacionadas).

Los resultados obtenidos para cada uno de los factores manejados en este estudio, tanto en lo referente a sus efectos sobre los TRs, como sobre el número de respuestas incorrectas se presentan en la Figura 3 y se detallan a continuación:

A) CONDICIÓN SONORA Y NÚMERO DE DISTRACTORES

No se encontró un efecto principal estadísticamente significativo de la condición sonora sobre los TRs ($F_{(1,7)} = 0.28$), pero sí del «número de distractores» ($F_{(2,14)} = 7.18$; $p < 0.01$). La interacción entre estos dos factores no resultó estadísticamente significativa ($F_{(2,14)} = 1.52$). En la Figura 3a se muestra que, tanto en la condición de ruido como en la de silencio, los TRs medios fueron superiores cuando la presentación visual contenía dos letras distractoras, que cuando contenían cuatro u ocho.

En el análisis de la variable «número de errores» no se hallaron diferencias estadísticamente significativas en relación con el número de distractores presentados (Test de Friedman: $\chi^2 = 0.80$).

B) CONDICIÓN SONORA Y DISTANCIA O-D

Los resultados del ANOVA pusieron de manifiesto que no hubo un efecto principal estadísticamente significativo de la condición sonora sobre los TRs ($F_{(1,7)} = 0.29$), y sí lo hubo para el factor «distancia O-D» ($F_{(3,21)} = 75.42$; $p < 0.01$). La interacción entre estos dos factores no fue estadísticamente significativa ($F_{(3,21)} = 2.16$). Los datos presentados en la Figura 3b indican que, en las

dos condiciones sonoras, los TRs fueron mayores cuando la distancia entre la letra objetivo y las letras distractoras era de 0.97° AV, que cuando dicha distancia era superior; constatándose que no había diferencias estadísticamente significativas al comparar entre sí las distancias que superaban los 0.97° AV.

El análisis de la variable «número de errores» mostró que, el número total de respuestas incorrectas fue mayor cuando la distancia O-D era la menor considerada. Con

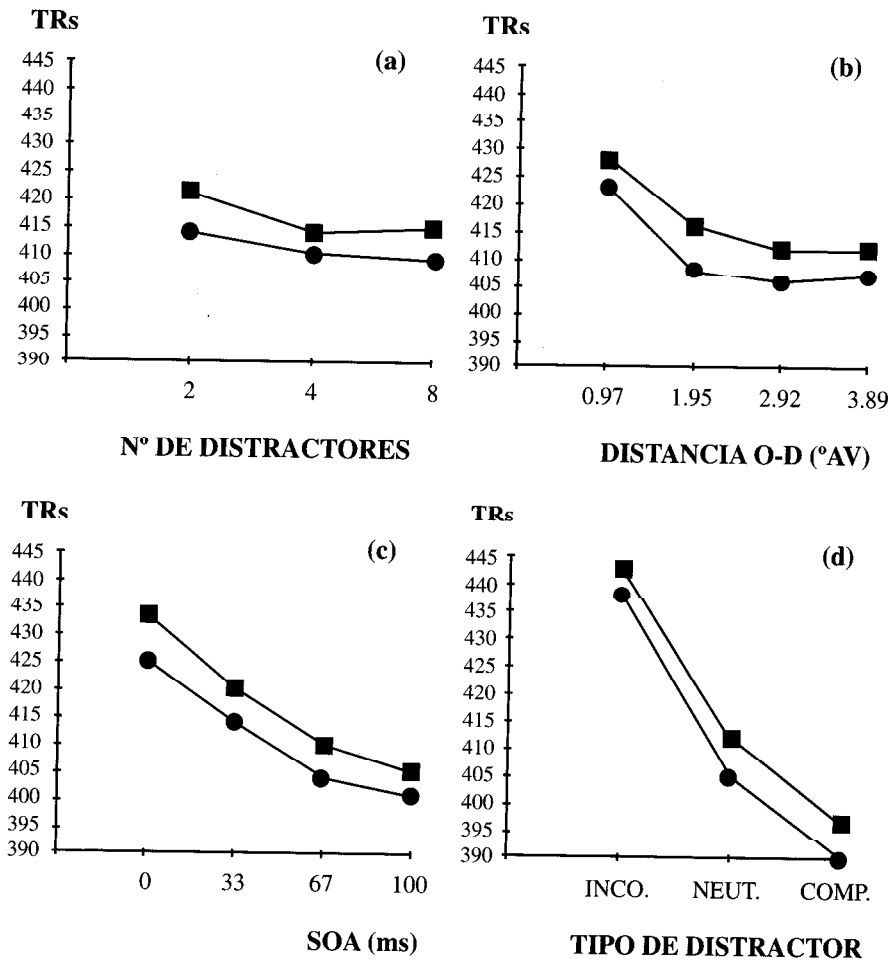


Figura 3. Valores medios de los TRs, en milisegundos, para cada condición sonora (■ Ruido; ● Silencio) y cada modalidad de los factores: número de distractores (a), distancia O-D (b), SOA (c) y tipo de distractor (d).

esta distancia el número total de errores fue de 395, siendo de 257, 212, y 176, respectivamente, a medida que aumentaban las distancias. Estas diferencias resultaron estadísticamente significativas (Test de Friedman: $\chi^2 = 14.61$; $p < 0.01$).

C) CONDICIÓN SONORA Y SOA

La condición sonora no tuvo un efecto principal estadísticamente significativo sobre los TRs ($F_{(1,7)} = 0.27$). El factor SOA tuvo un efecto principal estadísticamente significativo ($F_{(3,21)} = 67.48$; $p < 0.01$). La interacción entre estas dos variables no fue estadísticamente significativa ($F_{(3,21)} = 0.72$). En la Figura 3c se observa que, con independencia de la condición sonora en la que se realizó la tarea, los TRs disminuían gradualmente a medida que aumentaba el tiempo que mediaba entre la aparición de las letras distractoras y la aparición de la letra objetivo. La reducción de los TRs con el incremento del SOA resultó estadísticamente significativa en todas las comparaciones dos a dos, excepto cuando se comparan los SOAs de 67 ms y 100 ms.

El análisis de la variable «número de errores» evidenció que, el aumento del SOA producía un incremento estadísticamente signi-

ficativo del número de respuestas incorrectas emitidas (Test de Friedman: $\chi^2 = 14.61$; $p < 0.01$). El número total de errores cometidos cuando el SOA era de 0 ms fue de 132 (1.15% del total de ensayos realizados por todos los sujetos); dicho número fue de 189 (1.64%) cuando el SOA era de 33 ms; de 282 (2.45%) cuando el SOA era de 67 ms; y de 387 (3.36%) cuando el SOA era de 100 ms.

D) CONDICIÓN SONORA Y TIPO DE DISTRACTOR

Los resultados del ANOVA indicaron que la condición sonora no tuvo un efecto principal estadísticamente significativo sobre los TRs ($F_{(1,7)} = 0.30$). El efecto principal del factor «tipo de distractor» sí fue estadísticamente significativo ($F_{(2,14)} = 167.56$; $p < 0.01$). La interacción entre estos dos factores no resultó estadísticamente significativa ($F_{(2,14)} = 1.73$). La observación de los datos presentados en la Figura 3d muestra que, con independencia de si la tarea había sido realizada en presencia o no de ruido, los TRs más elevados se obtuvieron para la presentación con distractores incompatibles, seguida de la presentación con distractores neutros, obteniéndose los menores TRs en la presentación con distractores compatibles.

<i>Tabla 1</i> Valores de F obtenidos para los factores principales e interacciones para cada tipo de distractor			
FACTOR	TIPO DE DISTRACTOR		
	Compatible	Incompatible	Neutro
Condición Sonora (CS)	$F_{(1,7)} = 0.31$	$F_{(1,7)} = 0.21$	$F_{(1,7)} = 0.37$
Nº Distractores (ND)	$F_{(2,14)} = 17.73^*$	$F_{(2,14)} = 1.90$	$F_{(2,14)} = 2.10$
Interacción CS x ND	$F_{(2,14)} = 1.53$	$F_{(2,14)} = 3.05$	$F_{(2,14)} = 3.78$
Condición Sonora (CS)	$F_{(1,7)} = 0.31$	$F_{(1,7)} = 0.19$	$F_{(1,7)} = 0.37$
Distancia O-D (OD)	$F_{(3,21)} = 5.07^*$	$F_{(3,21)} = 102.86^*$	$F_{(3,21)} = 58.34^*$
Interacción CS x OD	$F_{(3,21)} = 2.17$	$F_{(3,21)} = 0.21$	$F_{(3,21)} = 0.99$
Condición Sonora (CS)	$F_{(1,7)} = 0.34$	$F_{(1,7)} = 0.21$	$F_{(1,7)} = 0.37$
SOA	$F_{(3,21)} = 284.07^*$	$F_{(3,21)} = 0.21$	$F_{(3,21)} = 80.34^*$
Interacción CS x SOA	$F_{(3,21)} = 0.22$	$F_{(3,21)} = 1.14$	$F_{(3,21)} = 0.31$
Nota. * $p < 0.01$			

¿EL RUIDO AFECTA A LA FOCALIZACIÓN DE LA ATENCIÓN VISUAL?

El efecto diferencial del tipo de distractor también se constató en el análisis de la variable «número de errores». El número total

de errores cometidos cuando los distractores eran incompatibles fue de 577 (3.76% del total de ensayos realizados por todos los su-

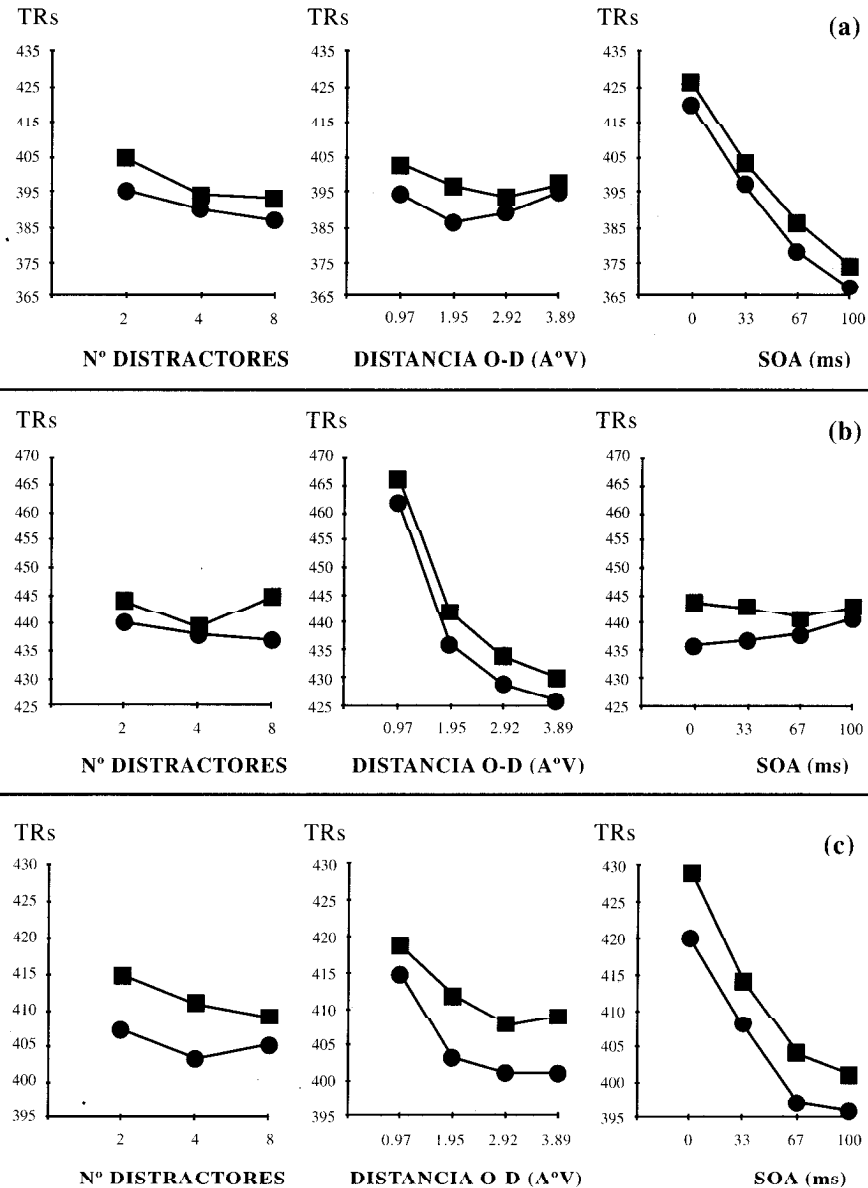


Figura 4. Valores medios de los TRs, en ms, en presentaciones con distractores compatibles (a), incompatibles (b) y neutros (c), para cada condición sonora (■ Ruido; ● Silencio), en función del número de distractores, de la distancia O-D y del SOA.

jetos), cuando eran neutros fue de 259 (1.69%), y cuando eran compatibles fue de 154 (1%). Estas diferencias resultaron estadísticamente significativas (Test de Friedman: $\chi^2 = 16.00$; $p < 0.01$).

En las investigaciones en las que se ha empleado el paradigma de compatibilidad de los flancos o versiones de este paradigma (véase, por ejemplo, Eriksen y Eriksen, 1974; Pan y Eriksen, 1993) se analizan por separado los distintos tipos de distractores, ya que el patrón de resultados obtenido para variables como la distancia O-D y el SOA cambia según los distractores sean compatibles, incompatibles o neutros (Alvarado, Santalla y Santisteban, 1998 a y b). Por esta razón, se han realizado además de los análisis globales, ANOVAs de medidas repetidas sobre los TRs considerando separadamente los datos para cada uno de los tres tipos de distractores. Los resultados de estos análisis se presentan en la Tabla 1.

El efecto principal de la condición sonora sobre los TRs no resultó estadísticamente significativo con ningún tipo de distractor. Tampoco fueron estadísticamente significativas las interacciones entre condición sonora y los factores: número de distractores, distancia O-D y SOA. Estos tres factores tuvieron una incidencia sobre los TRs estadísticamente significativa, dependiendo del tipo de distractor.

En la Figura 4 se presentan los TRs medios obtenidos para cada tipo de distractor, en función de la condición sonora y los otros tres factores. Los resultados muestran que, para los tres tipos de distractores, los TRs fueron mayores en presencia de ruido que en silencio, aún cuando las diferencias no resultaron estadísticamente significativas. Además, se observa que el patrón de resultados obtenido para los factores: número de distractores, distancia O-D y SOA variaba según los distractores fuesen compatibles, incompatibles o neutros respecto al objetivo.

En resumen, los resultados del presente estudio ponen de manifiesto que, en lo que respecta al efecto de la condición sonora, los TRs medios fueron mayores cuando la tarea se realizaba en la condición de ruido, que cuando se realizaba en silencio (figs.: 3 y 4); a pesar de que las diferencias no alcanzaron un nivel de significación adecuado. Por otra parte, el análisis de la variable «número de errores» mostró un incremento significativo en el número de errores cometidos en presencia de ruido (Test de Wilcoxon: $Z = 1.69$; $p < 0.10$). El número total de errores en presencia de ruido fue de 550 (2.39% del total de ensayos realizados por todos los sujetos); mientras que, en la condición de silencio fue de 440 (1.91%).

Discusión

Los resultados muestran, en primer lugar, que una exposición prolongada a un ruido blanco a un nivel de intensidad de 75 dBA perjudica la ejecución de una tarea de atención visual focalizada, en cuanto a que aumenta significativamente la comisión de errores. Este resultado concuerda con los de Hartley (1974), Hartley y Carpenter (1974), y Smith y Miles (1985). En cuanto a su efecto sobre los TRs, estos aumentan sistemáticamente en presencia de ruido, pero, las diferencias observadas entre los TRs medios en las dos condiciones sonoras no son estadísticamente significativas. Estos resultados llevan a rechazar la hipótesis de que la presencia de ruido facilita la focalización de la atención visual sobre los aspectos relevantes para la tarea, ya que, si el ruido favorece la focalización de la atención, su presencia debería haber repercutido en una mejora de la rapidez (menores TRs) y/o en la exactitud de la respuesta (menor número de errores). Sin embargo, nuestros resultados muestran que no se producen ninguno de estos dos efectos. Este resultado concuerda con lo observado por Smith (1991).

En cuanto a la variable *tipo de distractor*, se ha comprobado que este factor afecta significativamente a los TRs, y que el patrón de resultados es similar al fundamental obtenido con el paradigma de compatibilidad de los flancos (Eriksen, 1995; Botella, 1997; Botella y Barriopedro, 1997): TRs mayores con distractores incompatibles, menores con compatibles e intermedios con neutros. Estos resultados se han obtenido con independencia de que la tarea sea realizada en presencia o no de ruido. La ausencia de una interacción significativa entre la condición sonora y el tipo de distractor supone que el ruido, en general, no mejora la selección del elemento objetivo.

En relación con la variable *número de distractores*, se ha hallado una disminución de los TRs con el aumento del número de distractores, especialmente cuando los distractores eran compatibles con el objetivo (ver fig. 4). Este resultado podría explicarse considerando que, en las presentaciones visuales usadas en este estudio, al aumentar el número de distractores se facilita el agrupamiento de estos elementos y su segregación como un objeto distinto al objetivo, mejorándose el procesamiento del elemento objetivo (Alvarado, Santalla y Santisteban, 1998 a). La no interacción entre la condición sonora y el número de distractores puede interpretarse, como lo hacen Warner y Heimstra (1973), como que la relación entre estas dos variables sólo parece apreciarse cuando las presentaciones visuales incluyen un gran número de distractores. La propuesta de Lavie (1995) según la cual hasta que no se supera un cierto límite de carga perceptiva toda la información presente en la escena visual es necesariamente procesada, podría explicar el hecho de que en presentaciones con pocos elementos no se observe una reducción del foco atencional como resultado de la exposición al ruido. Siguiendo esta línea argumental se puede hipotetizar que, si se trabajase con presentaciones vi-

suales que incluyesen un mayor número de elementos a los usados en esta investigación, se produciría la selección de la estimulación relevante y esta selección podría ser mejor en presencia de ruido.

El patrón de resultados obtenido en cuanto al efecto de la *distancia O-D* sobre los TRs, mostrando una menor rapidez de respuesta cuando los distractores están situados a menos de 1° AV. del objetivo, coincide con lo observado por otros autores (Eriksen y Hoffman, 1973; Eriksen y Eriksen, 1974; Eriksen y St. James, 1986; Yantis y Johnston, 1990; Yantis y Jonides, 1990; Pan y Eriksen, 1993; Eriksen, 1995). Por otra parte, la presencia de ruido no produce ningún cambio significativo en este patrón de resultados. Esto evidencia que, el ruido no provoca una focalización espacial de la atención sobre los aspectos relevantes de la tarea, que permita a los individuos evitar que los distractores próximos al objetivo interfieran con el procesamiento del objetivo.

Respecto a la variable *SOA*, tanto en la condición de ruido como en la de silencio, se constató que los TRs disminuyen a medida que aumenta el tiempo que media entre la aparición de las letras distractoras y la objetivo. Este resultado aporta más evidencia experimental al fenómeno de captura atencional que se observa cuando un objeto nuevo aparece bruscamente en la escena visual y/o su aparición conlleva un incremento de luminancia (Yantis y Jonides, 1984, 1990; Hillstrom y Yantis, 1994; Yantis y Hillstrom, 1994; Theeuwes, 1995; Watson y Humphreys, 1995). Además, se comprobó que el patrón de reducción de los TRs con el aumento del SOA varía según el tipo de distractor (ver fig. 4). Este resultado es similar al obtenido por Flowers y Wilcox (1982) y Pan y Eriksen (1993), y puede explicarse por el efecto que tiene el procesamiento previo de los distractores sobre el posterior procesamiento del objetivo. La in-

varianza de este resultado con la condición sonora sugiere que, la presencia de ruido no provoca un cambio en los efectos que tiene el procesamiento previo de los distractores sobre la rapidez de respuesta, y no favorece una mejor selección temporal del elemento objetivo.

En resumen, los resultados permiten concluir que la exposición prolongada a un ruido blanco, presentado a niveles de intensidad moderados, afecta al rendimiento en tareas de atención visual focalizada; pero, no permiten apoyar la propuesta de que la presencia de ruido facilita la focalización espacial o temporal de la atención sobre los aspectos relevantes de la tarea.

Agradecimientos

Este trabajo está parcialmente financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia del DGICYT proyecto: PB92 0207 y por la Universidad Complutense de Madrid proyecto: PR156/97-7193. La Dra. Zuleyma Santalla Peñaloza agradece al Ministerio de Educación y Ciencia la concesión de la beca postdoctoral del programa «Estancias Temporales de Científicos y Tecnólogos Extranjeros en España». Ref.: SB95-A06098613.

Referencias

- Alvarado-Izquierdo, J.M.^a. (1997). Programa para la Evaluación de la Competición entre Respuestas (PECER 2.0). Documento interno de la Unidad de Resonancia Magnética Nuclear. Universidad Complutense de Madrid. España.
- Alvarado, J.M.^a; Santalla, Z. y Santisteban, C. (1998 a). (en-prensa). Efecto de la segregación sobre el procesamiento de la estimulación visual. *Psicológica*, 19, 87-105.
- Alvarado, J.M.^a; Santalla, Z. y Santisteban, C. (1998 b). Competición entre respuestas bajo distintas configuraciones estímulares en relación con el SOA y la distancia. En: J. Botella y V. Ponsoda (Eds.). *La Atención: un enfoque multidisciplinar*. Valencia. Promolibro.
- Berglund, B. y Lindvall, T. (1995). *Community Noise*. Stockholm: Center for Sensory Research.
- Botella, J. (1997). Los paradigmas de compatibilidad en el estudio de la atención selectiva. *Estudios de Psicología*, 57, 79-92.
- Botella, J. y Barriopedro, M.I. (1997). Una gradación del efecto de compatibilidad de los flancos manipulando su similitud física. *Estudios de Psicología*, 57, 119-127.
- Broadbent, D.E. (1971). *Decision and Stress*. London: Academic Press.
- Broadbent, D.E. (1983). Recent advances in understanding performance in noise. En: G. Rossi (Ed.). *Proceedings of the Fourth International Congress of Noise as a Public Health Problem*. Milan.
- Dae, S. y Wilding, J.M. (1977). Effects of high intensity white noise on short-term memory for position in a list and sequence. *British Journal of Psychology*, 68, 335-349.
- Davies, D.R. y Jones, D.M. (1975). The effects of noise and incentives upon attention in short-term memory. *British Journal of Psychology*, 66, 61-68.
- Eriksen, B.A. y Eriksen, C.W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16, 143-149.
- Eriksen, C.W. (1995). The flankers task and response competition: A useful tool for investigating a variety of cognitive problems. En: C. Bundesen & H. Shibuya (Eds.). *Visual Selective Attention*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Eriksen, C.W. y Hoffman, J.E. (1973). The extent of processing of noise elements during selective encoding from visual displays. *Perception & Psychophysics*, 14, 155-160.
- Eriksen, C.W. y St. James, J.D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, 40, 225-240.
- Forster, P.M. y Grierson, A.T. (1978). Noise and attentional selectivity: A reproducible phenomenon? *British Journal of Psychology*, 69, 489-498.
- Fowler, C.J. y Wilding, J.M. (1979). Differential effects of noise and incentives on learning.

- ning. *British Journal of Psychology*, 70, 149-153.
- Flowers, J.H. y Wilcox, N. (1987). The effect of flanking context on visual classification: The joint contribution of interactions at different processing levels. *Perception & Psychophysics*, 32, 581-591.
- Harris, C.M. (1979). *Handbook of Noise Control*. New York: McGraw-Hill.
- Hartley, L.R. (1974). Performance during continuous and intermittent noise and wearing ear protection. *Journal of Experimental Psychology*, 102, 512-516.
- Hartley, L.R. y Adams, R.G. (1974). Effects of noise on the Stroop test. *Journal of Experimental Psychology*, 102, 62-66.
- Hartley, L.R. y Carpenter, A. (1974). Comparison of performance with headphone and free-field noise. *Journal of Experimental Psychology*, 103, 377-380.
- Hillstrom, A.P. y Yantis, S. (1994). Visual motion and attentional capture. *Perception & Psychophysics*, 55, 399-411.
- Hockey, R. (1970 a). Signals probability and spatial location as possible bases for increased selectivity in noise. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22, 37-42.
- Hockey, R. (1970 b). Effects of loud noise on attentional selectivity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 22, 28-36.
- Hockey, R. y Hamilton, P. (1970). Arousal and information selection in short-term memory. *Nature*, 226, 866-867.
- Houston, B.K. (1969). Noise, task difficulty and Stroop Colour-Word performance. *Journal of Experimental Psychology*, 52, 403-404.
- Houston, B.K. y Jones, T.M. (1967). Distraction and Stroop Colour-Word performance. *Journal of Experimental Psychology*, 74, 54-56.
- Jones, D.M., Smith, A.P. y Broadbent, D.E. (1979). Effects of moderate intensity noise on the Bakan vigilance task. *Journal of Applied Psychology*, 64, 627-634.
- Kryter, K.D. (1985). *The Effects of Noise on Man*. Orlando: Academic Press.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 451-468.
- Loeb, M. y Jones, P.D. (1978). Noise exposure, monitoring and tracking performance as a function of signal bias and task priority. *Ergonomics*, 21, 265-272.
- O'Malley, J.J. y Poplawsky, A. (1971). Noise induced arousal and breadth of attention. *Perceptual and Motor Skills*, 33, 887-890.
- Pan, K. y Eriksen, C.W. (1993). Attentional distribution in the visual field during same-different judgments as assessed by response competition. *Perception & Psychophysics*, 53, 134-144.
- Santisteban, C. y Santalla, Z. (1990). Efectos del ruido sobre memoria y atención. *Psicothema*, 2, 49-91.
- Smith, A.P. (1982). The effects of noise and task priority on recall of order and location. *Acta Psychologica*, 51, 245-255.
- Smith, A.P. (1985 a). Noise, biased probability and serial reaction. *British Journal of Psychology*, 77, 89-95.
- Smith, A.P. (1985 b). The effects of noise on the processing of global shape and local detail. *Psychological Research*, 47, 103-108.
- Smith, A.P. (1991). Noise and aspects of attention. *British Journal of Psychology*, 82, 313-324.
- Smith, A.P. y Miles, C. (1985). The combined effects of noise and nightwork on human function. En: M. Haider, M. Koller, & R. Cervinka (Eds.). *Night and Shiftwork: Longterm Effects and their Prevention*. Frankfurt: Peter Long.
- Spencer, M.B.H., Lambert, A.J. y Hockey, R. (1988). The inhibitory component of orienting, alertness and sustained attention. *Acta Psychologica*, 69, 165-184.
- Theeuwes, J. (1995). Abrupt luminance change pops out; abrupt color change does not. *Perception & Psychophysics*, 57, 637-644.
- Usai, M.A. y Umiltà, C. (1994). Effetti del rumore sul controllo del fuoco dell'attenzione. *Giornale Italiano di Psicologia*, 21, 221-241.
- Warner, H.D. y Heimstra, N.W. (1973). Target-detection performance as a function of noise intensity and task difficulty. *Perceptual and Motor Skills*, 36, 439-442.
- Watson, D.G. y Humphreys, G.W. (1995). Attention capture by contour onsets and offsets: No special role for onsets. *Perception & Psychophysics*, 57, 583-597.
- Yantis, S. y Hillstrom, A.P. (1994). Stimulus-driven attentional capture: Evidence from equi-luminant visual objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 95-107.
- Yantis, S. y Johnston, J.C. (1990). On the locus of visual selection: Evidence from focused

attention tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 135-149.

Yantis, S. y Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention: Evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 601-621.

Yantis, S. y Jonides, J. (1990). Abrupt visual onsets and selective attention: Voluntary versus automatic allocation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 6, 121-134.

Aceptado el 11 de mayo de 1998