

Efecto de la excentricidad en tareas de búsqueda visual que difieren en las demandas atencionales

D. Ponte, M.J. Sampedro y M. Pardavila
Universidad de Santiago de Compostela

Parece intuitivamente claro y ha sido demostrado experimentalmente que en tareas de búsqueda visual cuando los elementos objetivo se presentan en el punto de fijación son detectados y localizados de forma más eficaz que cuando ocupan localizaciones más periféricas. Inicialmente estos efectos se explicaron como consecuencia del decremento de la resolución espacial y sensibilidad que ocurre en la periferia retiniana. Sin embargo, han aparecido nuevos datos que señalan que dichos efectos representan un sesgo foveal en la distribución de la atención. En este trabajo exploramos el papel que la excentricidad desempeña en dos tareas de búsqueda diferentes (paralela, serial). Los resultados obtenidos apoyan las explicaciones atencionales ya que muestran cómo a medida que son necesarios más recursos atencionales mayor es el efecto producido por la localización en la que se encuentra el elemento objetivo.

The eccentricity effect on visual search tasks that differ on attentional demand: Evidence in favor of attentional hypothesis. It seems intuitively clear and it has been experimentally proven that in visual search task when target appear in the fixation point it is detected and located better than when such element occupy more peripheral locations. Initially these effects were explained as a result of the decrement of the spatial resolution and sensitivity that happens in the retinal periphery. Nevertheless, they have appeared new data that indicate that these effects represent a foveal bias in the allocation of attention. Our study explores the role that eccentricity has in two different tasks of visual search (parallel and serial). The results that we have obtained support the attentional hypothesis. They show how the effects produced by this variable are directly related to the level of difficulty of the task: the more attentional resources needed the greater the effect produced by the localization in which the target is found.

En un experimento típico de búsqueda visual los sujetos deben responder lo más rápido posible a la presencia *versus* ausencia de un determinado elemento –el objetivo– que aparece inmerso en un conjunto variable de elementos, en principio irrelevantes para la tarea de búsqueda –distractores–. Habitualmente, el incremento del número de distractores provoca un perjuicio en la ejecución que se expresa en pendientes de búsqueda linealmente crecientes con el número de elementos que forman la exposición (efecto del tamaño de exposición) y se interpreta como un índice de que el procesamiento realizado ha ocurrido de manera serial. Sin embargo, en otras ocasiones, los resultados se caracterizan por la ausencia de un efecto de este tipo, dando lugar a funciones de búsqueda planas. En este caso se asume que las exposiciones se han explorado en paralelo sobre todo el área visual (Treisman y Gelade, 1980; Wolfe, 1994).

La mayor parte de los autores que intentan dar una explicación de porqué se producen estos efectos del tamaño de exposición aluden a los procesos atencionales, considerándolos como el eje ver-

tebrador de los modelos que proponen. Así, podemos encontrar una gran cantidad de trabajo experimental atribuyendo dicho efecto a los límites existentes en el proceso de atención encubierta y que utilizan el paradigma de búsqueda visual como herramienta en el estudio de cómo se realizan los desplazamientos de la atención [*p.e.*, la Teoría de Integración de Características de Treisman (Treisman, 1988; Treisman y Gelade, 1980; Treisman y Sato, 1990) o el Modelo de Búsqueda Guiada de Wolfe (Wolfe, 1994; Wolfe, Cave y Franzel, 1989)].

Sin embargo, hay autores que plantean la posibilidad de que los efectos del tamaño de exposición no sean necesariamente un reflejo de la ocurrencia de cambios de atención encubierta, sino que sean un índice de las limitaciones que caracterizan al sistema visual humano, las cuales se centran en las diferencias que hay entre la fovea y la periferia visual provocando una disminución de la resolución espacial que aumenta a medida que aumentan los grados de excentricidad (una revisión detallada de estas diferencias se puede consultar en Cudeiro y Acuña, 1998, y en DeValois y DeValois, 1988). Esto implicaría la necesidad de considerar dentro del análisis de la ejecución de los sujetos el efecto producido por variables como la localización concreta que ocupa el elemento objetivo (excentricidad) y el área del campo visual en el que éste aparece (superior, inferior, derecha, izquierda) (Carrasco, Evert, Chang y Katz, 1995; Carrasco y Frieder, 1997; Geisler y Chou, 1995; Verghese y Nakayama, 1994).

Así, es frecuente encontrar datos indicando que la búsqueda es más difícil cuando el objetivo aparece en la periferia visual. En esta línea Carrasco *et al.* (Carrasco y Chang, 1995; Carrasco *et al.*, 1995; Carrasco y Frieder, 1997) han encontrado un perjuicio significativo producido por la excentricidad del objetivo tanto en tareas de búsqueda de características simples como de conjunciones. Estos resultados los atribuyen únicamente a las propiedades fisiológicas de la retina y no a otros motivos relacionados con las operaciones de atención encubierta o a la presencia de movimientos oculares. Según estos autores, estos resultados no sólo demostrarían el papel crucial que la resolución espacial desempeña en las tareas de búsqueda visual, sino que van más allá al señalar que los efectos atribuidos a la manipulación en el tamaño de exposición se deben, al menos en parte, a dichos factores (ver también Geisler y Chou, 1995). En este sentido, los efectos producidos por la excentricidad contribuyen a que el efecto producido por los distractores sea más pronunciado.

Esta afirmación es de suma importancia si se tiene en cuenta que los datos proporcionados por las funciones de búsqueda son centrales para la mayoría de las teorías de búsqueda visual. De hecho, los trabajos realizados por la profesora Carrasco y la robustez de los resultados encontrados provocaron una revisión del Modelo de Búsqueda Guiada (MBG) de J.M. Wolfe. En concreto, Wolfe, O'Neill y Bennett (1998) realizaron una investigación encaminada a determinar si estos efectos producidos por la excentricidad eran puramente visuales o, si por el contrario, podrían estar modulados por un componente atencional. Los resultados a los que llegaron contradicen en cierta forma los aportados por Carrasco *et al.* (1995), ya que aunque sí aparece un efecto significativo de la excentricidad, éste no era igual en todas las tareas de búsqueda - guiada y serial; en concreto, parecía depender de los requerimientos atencionales implicados en cada tarea particular. En este sentido, Wolfe *et al.* (1998) interpretan el efecto de la excentricidad como un sesgo en la asignación de los recursos atencionales hacia las localizaciones visuales más centrales.

Según el MBG (Wolfe, 1994; Wolfe, Cave y Franzel, 1989) el despliegue atencional sigue una pauta de exploración guiada por los niveles de activación de cada localización, calculados a partir de las operaciones *bottom-up* y *top-down* realizadas en el estadio preatentivo al que hay que añadirle un componente derivado de los efectos de la excentricidad (Wolfe *et al.*, 1998). Así, siempre que dos localizaciones tengan el mismo nivel de activación, el sistema atencional priorizará aquella que se encuentre más próxima a la fovea, sin que ello implique que, necesariamente, todos los elementos próximos a la fovea sean explorados antes de pasar a posiciones más periféricas, sino que únicamente se analizarán aquellos que superen un determinado nivel de activación (nivel de activación global). Por lo tanto, para estos autores los efectos de la excentricidad no se producen exclusivamente por razones visuales, sino que tiene un carácter más atencional.

A partir de estos presupuestos, los efectos de la excentricidad serían diferentes para las distintas tareas de búsqueda: a medida que la señal de guía sea más clara habrá que explorar menos localizaciones y serán menores los efectos producidos por la localización concreta que ocupe el elemento objetivo. Por el contrario, cuando la señal de guía es imperfecta o nula, los sujetos deberán realizar una exploración aleatoria de la exposición en la que se priorizarán las localizaciones centrales frente a las más periféricas, por lo que los efectos de la excentricidad serán drásticos.

El presente trabajo se planteó con el objetivo de comprobar si, efectivamente, los efectos de la excentricidad varían con los requerimientos atencionales. Para ello se realizaron dos experimentos en los que las implicaciones atencionales fueron cualitativamente distintas. En un primer experimento se intentan replicar los resultados obtenidos por ambos grupos de autores relativos a los efectos producidos por la excentricidad del elemento objetivo en una tarea de búsqueda serial y aleatoria.

En un segundo experimento se intenta poner a prueba la validez de las explicaciones proporcionadas por ambos grupos de autores relativas a la razón de porqué se producen los efectos de la excentricidad, si por razones fisiológicas visuales, por razones atencionales o por ambas. Para ello se plantea una tarea de búsqueda de características simples que se puede realizar sin consumir recursos atencionales por lo que, si se asume la hipótesis de Wolfe, no deberían de producirse cambios en la búsqueda como consecuencia de la excentricidad. En cuanto a la hipótesis visual planteada por Carrasco, tanto en este caso como en el anterior se deberían producir efectos de la excentricidad y además dichos efectos deberían interactuar con el tamaño de la exposición.

Experimento 1

Tanto Carrasco *et al.*, como Wolfe *et al.*, han puesto de manifiesto la existencia de efectos de excentricidad en tareas de búsqueda de conjunciones, tanto cuando se pueden desarrollar estrategias que permitan la guía atencional como cuando la búsqueda procede de manera serial. En este experimento intentaremos replicar los resultados obtenidos en estos trabajos, para lo cual utilizaremos una tarea de búsqueda de conjunciones intradimensión. Se ha puesto de manifiesto en repetidas ocasiones que en este tipo de tareas los sujetos no son capaces de desarrollar una estrategia de guía eficaz, por lo que su ejecución se caracteriza por un patrón de búsqueda serial y autoterminada (Carrasco, Ponte, Rechea y Sampedro, 1998; Ponte y Sampedro, 1997; Sampedro, 1997; Sampedro, Rechea y Ponte, 1998; Wolfe, Steward, Friedman-Hill, Yu, Shorter y Cave, 1990). Además, exploraremos los efectos que el campo visual -superior, inferior, derecho o izquierdo- tiene sobre este tipo de tareas. El hecho de que no sea posible desarrollar una estrategia de guía atencional efectiva, el sesgo o preferencia por las localizaciones foveales se tiene que hacer notar, sobre todo en el caso de los objetivos más excéntricos y en los tamaños de exposición mayores.

Método

Aparatos: para la generación y presentación de los estímulos se utilizó un Power Macintosh 4400/200 con una pantalla Sony multiscan Sx200. Tanto la presentación de los estímulos como el registro de las respuestas de los sujetos fueron controlados por dicho ordenador. Los Tiempos de Reacción (TR) contingentes a la presión de las teclas se midieron desde el comienzo de la exposición hasta que el sujeto emitía su respuesta.

Estímulos: los estímulos consistieron en exposiciones formadas por un número variable de elementos (2, 6, 10, 14, 18 o 22). Los elementos distractores podían aparecer de forma aleatoria en cualquiera de las 25 posiciones posibles de que constaba el área visual (matriz de 5 filas \times 5 columnas). Dicha área media 17 \times 17 cm (14 \times 14 grados de ángulo visual). Se controló la posición que ocupaba el elemento objetivo en cada ensayo de forma que los sujetos hicieran el mismo número de ensayos para cada valor posi-

ble de excentricidad (0, 2.8, 4, 5.6, 6.2, 8). En la mitad de los ensayos las exposiciones se formaban únicamente por elementos distractores (ensayos negativos) y en la otra mitad, entre éstos, aparecía el elemento objetivo (ensayos positivos).

Los elementos utilizados estaban constituidos por dos cuadrados parcialmente adyacentes (ver figura 1). En el elemento objetivo se coloreó de verde el cuadrado superior izquierdo y de rojo el inferior derecho. En los elementos distractores se intercambiaron estos colores. Cada cuadrado ocupaba 1 × 1 grados. La distancia entre el centro de cada par de estímulos fue de 2.8 grados. El fondo de la pantalla era blanco.

Procedimiento

Antes de comenzar la tarea los sujetos realizaban 15 ensayos de práctica con la intención de que se familiarizasen con los estímulos. A continuación comenzaba la tarea experimental que constaba de 4 bloques de 288 ensayos cada uno. La secuencia seguida para la presentación de los estímulos fue la siguiente: en primer lugar aparecía un punto de fijación en el centro de la pantalla durante 300 ms, seguido del estímulo, que permanecía presente hasta que el sujeto emitía una respuesta o, de lo contrario, desaparecía transcurridos 5 sg. Los sujetos respondían presionando una tecla con su dedo índice (presencia del objetivo) o corazón (ausencia del objetivo) de su mano dominante, contrabalanceando entre los sujetos la correspondencia entre la tecla que debían presionar y el tipo de respuesta esperada.

Sujetos: en la prueba han participado 10 sujetos voluntarios, con edades comprendidas ente los 19 y los 26 años. Todos con visión normal o corregida con lentes graduadas en el momento de la prueba y desconocían el propósito de la investigación. Los sujetos fueron instruidos para que realizasen la tarea lo más rápido y preciso posible.

Diseño: se ha llevado a cabo un diseño factorial intrasujeto incluyendo los siguientes factores: excentricidad (0, 2.8, 4, 5.6, 6.2,

8), tamaño de exposición (2, 6, 10, 14, 18, 22 elementos) y campo visual (arriba, abajo, o derecha, izquierda). Como variables dependientes se han registrado el TR y la precisión de la respuesta. En todos los análisis realizados sobre el tiempo de reacción únicamente se consideran los ensayos correctos.

Resultados

Para estudiar el tipo de búsqueda que han llevado a cabo los sujetos se han utilizado los datos correspondientes al TR medio para cada tamaño de exposición. Con estos datos se han calculado las funciones de búsqueda correspondientes a cada tipo de ensayo, así como los valores de las pendientes asociadas a cada una de ellas (ver figura 2, panel izquierdo). Como se puede observar, estos va-

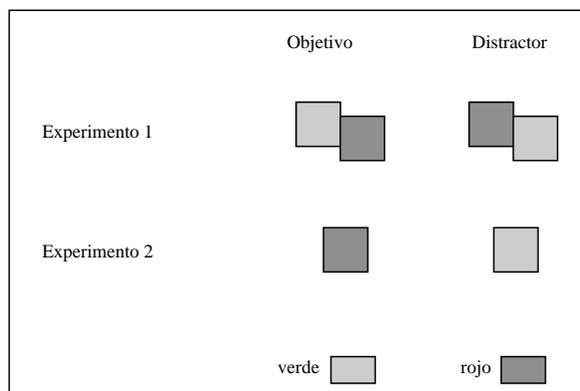


Figura 1. Elementos que han sido utilizados como objetivo y distractor en los experimentos 1 y 2. Los valores de cromaticidad de estos colores, según la Commission Internationale de l’Eclairage, fueron los siguientes: .280 y .595 para el verde y .625, .340 para el rojo. Los valores de luminancia han sido 29.8 cd/m² y 16.4 cd/m² para el verde y rojo, respectivamente

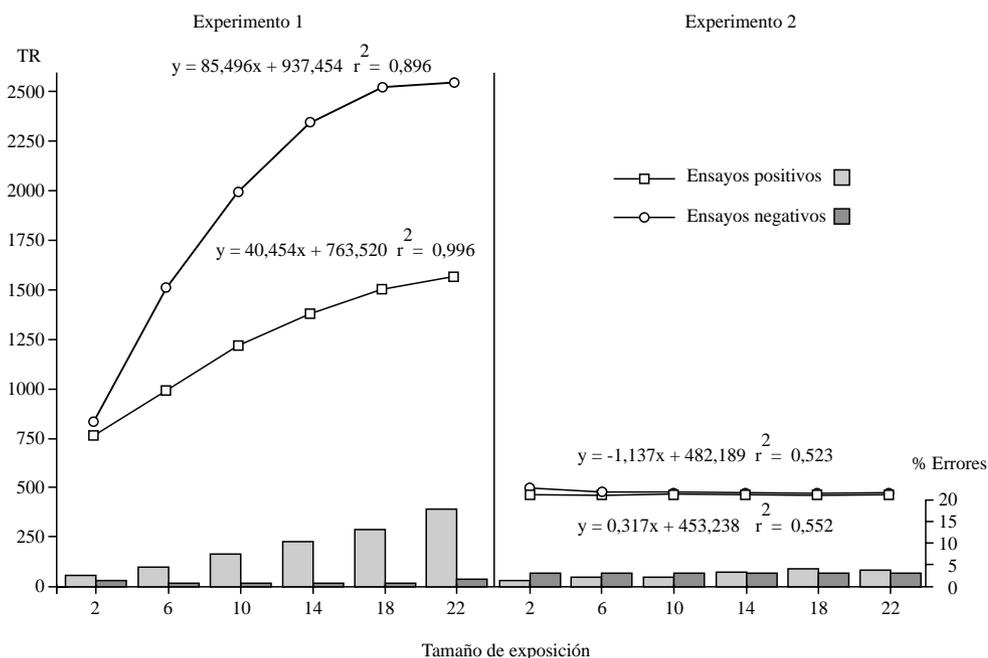


Figura 2. Funciones de búsqueda del TR y tasas de errores medias obtenidas en los diferentes ensayos correspondientes al experimento 1 (izquierda) y del experimento 2 (derecha)

lores son característicos de una ejecución serial y autoterminada (40'454 ms/ítem para los ensayos positivos y 85'496 ms./ítem para los negativos). En esta figura se representa asimismo la ejecución de los sujetos en la variable precisión de la respuesta. La tasa de error media obtenida para los ensayos positivos fue del 9'2% y la de los negativos fue del 0'8%. Los datos obtenidos no reflejan la ocurrencia de covariación negativa entre ambas variables dependientes (ver figura 2, panel izquierdo).

En la figura 3 se representa la ejecución de los sujetos en función de la excentricidad del elemento objetivo tanto respecto a la variable TR (parte superior) como a la precisión de la respuesta (parte inferior). El efecto producido por la variable excentricidad se ha explorado mediante un análisis de varianza sobre los datos del TR correspondientes a los ensayos positivos correctos. Los factores incluidos en dicho análisis han sido: tamaño de exposición y excentricidad. Los resultados obtenidos con el TR arrojan diferencias significativas en ambos factores principales, así como una interacción entre ambos [$F(5,45) = 18'466$; $p < 0'0001$, para excentricidad, $F(5,45) = 62'033$; $p < 0'0001$, para tamaño de exposición, y $F(25,225) = 2'721$; $p < 0'0001$ para la interacción]. Si se observa la figura 3 (parte superior) se puede apreciar cómo la respuesta de los sujetos se hace más lenta a medida que aumenta la distancia que separa la localización ocupada por el elemento objetivo y el punto de fijación; dicho efecto se traduce en una pendiente de 44'47 ms/grado de ángulo visual.

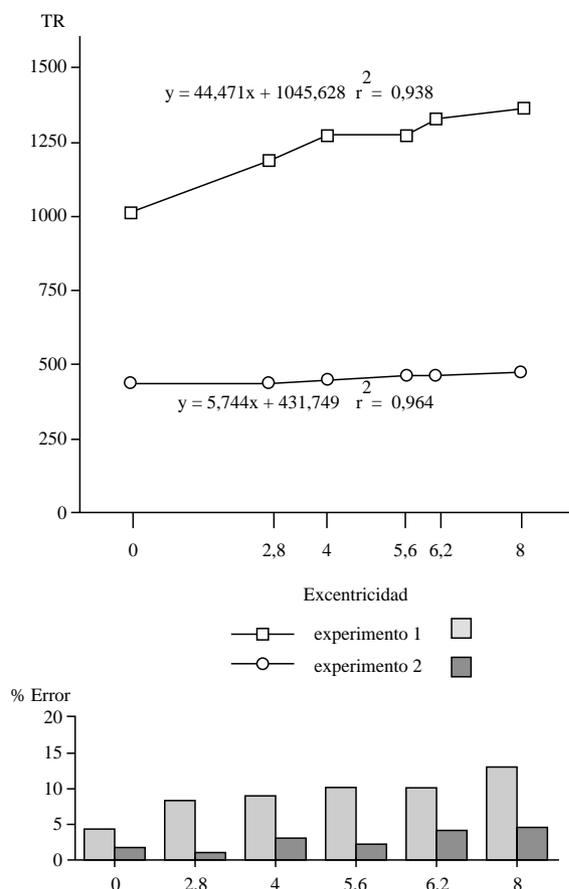


Figura 3. Funciones de excentricidad obtenidas en los experimentos 1 y 2 (parte superior) y tasas de errores medias obtenidas para cada valor de excentricidad de los experimentos 1 y 2 (parte inferior)

Por lo que respecta al efecto producido sobre la precisión de la respuesta se ha realizado un ANOVA similar al anterior. En dicho análisis se han obtenido diferencias significativas en ambos factores principales [$F(5,45) = 11'556$; $p < 0'0001$ para el tamaño de exposición y $F(5,45) = 7'085$; $p < 0'0001$ para el factor excentricidad], la interacción entre ambos no resultó significativa. En el panel inferior de la figura 3 se ve claramente cómo aumentan los errores a medida que el objetivo se aleja del punto de fijación.

Con el propósito de analizar los efectos producidos por el campo visual sobre el TR de los sujetos se ha realizado un primer ANOVA en el que se incluyeron los factores: tamaño de exposición y superior-inferior. El factor superior-inferior engloba los ensayos en los que el elemento objetivo aparecía en cualquier localización de la parte superior *versus* inferior de la matriz de estímulos, excluida la fila media, que sirvió para diferenciar estos dos campos. Los resultados encontrados en este análisis ponen de manifiesto la existencia de efectos principales significativos [$F(5,45) = 83'431$; $p < 0'0001$, para el tamaño de exposición, y $F(1,9) = 12'948$; $p < 0'0058$, para el factor superior-inferior]; la interacción entre ambos factores también resultó significativa [$F(5,45) = 6'043$; $p < 0'0002$]. En cuanto a los errores, se ha llevado a cabo un ANOVA similar al anterior en el que se obtuvieron diferencias significativas únicamente en los efectos principales [$F(5,45) = 10'409$; $p < 0'0001$, para el tamaño de exposición, y $F(1,9) = 18'481$; $p < 0'002$, para el factor superior-inferior]. En la figura 4 se representa la ejecución de los sujetos en función de estos campos visuales. Como se puede apreciar, los sujetos son más rápidos y precisos a la hora de encontrar estímulos que se presentan en la parte superior del campo visual que en la inferior.

De igual manera se ha explorado el efecto que sobre la ejecución de los sujetos puede tener la presentación del elemento objetivo a la derecha o izquierda del campo visual. En el análisis de varianza realizado se incluyeron los factores tamaño de exposición y derecha-izquierda. Los campos visuales se dividieron tomando como eje la columna central de la matriz de estímulos. Los datos correspondientes a los ensayos en los que el objetivo aparecía en cualquier posición de esta columna fueron eliminados del análisis. Los resultados obtenidos para la variable TR son similares a los de los análisis previos: hay diferencias significativas en ambos factores principales [$F(5,45) = 73'139$; $p < 0'0001$, para el tamaño de exposición, y $F(1,9) = 10'31$; $p < 0'0106$, para el factor derecha-izquierda]; además, la interacción también resultó significativa [$F(5,45) = 11'76$; $p < 0'0001$]. Por lo que respecta a los errores, igual que en el caso anterior, los efectos principales fueron significativos [$F(5,45) = 11'89$; $p < 0'0001$, para el tamaño de exposición, y $F(1,9) = 6'342$; $p < 0'0329$, para el factor derecha-izquierda], así como la interacción entre ambos factores [$F(5,45) = 4'619$; $p < 0'0017$]. Si nos fijamos en la figura 4 podremos observar cómo los estímulos situados a la izquierda del campo visual fueron encontrados de manera más rápida y precisa que los ubicados a la derecha.

Discusión

Como era de esperar los sujetos realizaron la tarea de búsqueda de una manera serial y autoterminada con unos valores en las pendientes de búsqueda muy elevados (ver figura 2, panel izquierdo). El comportamiento de la variable precisión de la respuesta fue igualmente típico de estas tareas: los errores son mucho más elevados en los ensayos positivos que en los negativos (Carrasco, Ponte *et al.*, 1998; Ponte y Sampedro, 1997; Sampedro, 1997; Sampedro *et al.*, 1998; Wolfe *et al.*, 1990).

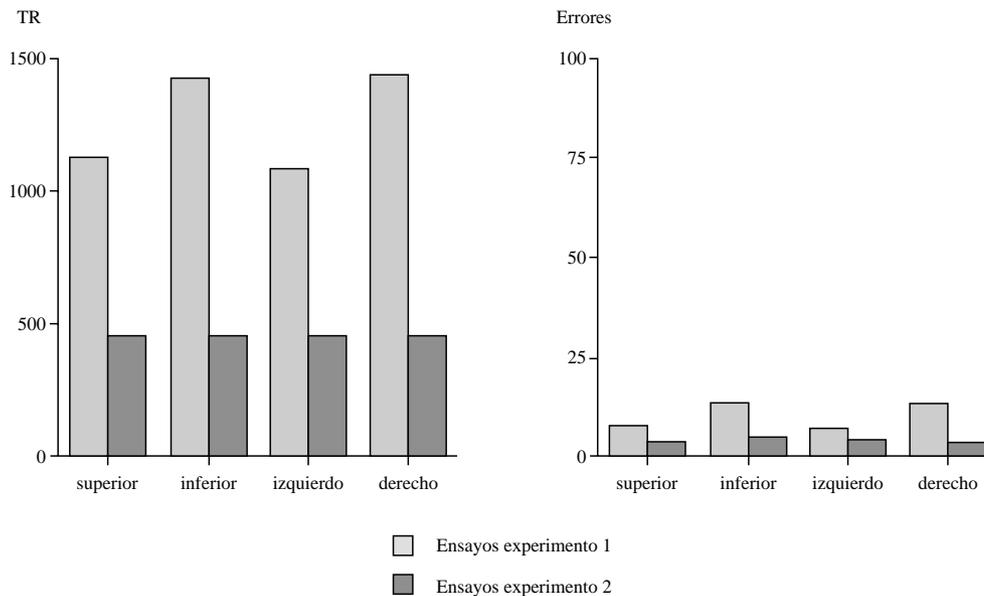


Figura 4. TR medio empleado por los sujetos para localizar el elemento objetivo en cada uno de los cuatro cuadrantes en que se podía dividir la escena visual en los experimentos 1 y 2 (izquierda) y tasa de error media cometida por los sujetos en cada uno de estos cuadrantes (derecha) en los experimentos 1 y 2

Por lo que respecta al efecto producido por la excentricidad del objetivo, en consonancia con los trabajos de otros autores (Carrasco *et al.*, 1995; Cole y Hughes, 1984; Efron, Yund y Nichols, 1990; Geisler y Chou, 1995; Saarinen, 1993; Scialfa y Joffe, 1998; Wolfe *et al.*, 1998) hemos encontrado un perjuicio en el TR y en la precisión de la respuesta con el alejamiento de dicho estímulo del punto de fijación (ver figura 3). Además, es importante recalcar el hecho de que este empeoramiento en la respuesta de los sujetos depende del número de elementos presentes en la exposición, como así lo señala la interacción encontrada entre ambos factores. Por ello, es necesario controlar los efectos de la variable excentricidad para poder interpretar adecuadamente los efectos producidos por el tamaño de la exposición. De no hacerlo así, se estarían haciendo interpretaciones erróneas de unos efectos que, en parte, están determinados por la presentación del objetivo en posiciones periféricas del área visual.

Además, no sólo es importante la distancia que separa el elemento objetivo del punto de fijación, sino que también parece necesario tener en cuenta el hemicampo concreto en el que aparece dicho elemento. Los datos obtenidos en el presente experimento dejan claro que no es lo mismo que estos elementos estén arriba, abajo, a la derecha o a la izquierda del punto de fijación (ver figura 4) y, como ocurría con la excentricidad, los perjuicios varían a medida que se añaden más elementos a la exposición. Por lo tanto, para hacer interpretaciones correctas de los efectos que produce esta última variable se deben controlar de manera rigurosa los efectos que podrían estar provocando las variables posicionales. Así, resultó más rápido y preciso encontrar el objetivo cuando aparecía en el campo superior que en el inferior (resultados similares en Previc, 1996; Wolfe *et al.*, 1998; Yund y Efron, 1996; Yund, Efron y Nichols, 1990); sin embargo, a diferencia de estos autores, hemos encontrado respuestas más rápidas y precisas cuando el elemento objetivo aparecía en el campo visual izquierdo que en el derecho. Estos resultados estarían en línea con investigaciones en las que se ha observado un efecto facilitador en el procesamiento de

información viso-espacial presentada en el campo visual izquierdo como consecuencia de la mayor especialización del hemisferio cerebral derecho en este tipo de tareas (Albert, 1973; Gainotti, Messerli y Tissot, 1972).

Experimento 2

Los resultados obtenidos en el experimento anterior relativos a los efectos de la excentricidad sobre las tareas de búsqueda serial son congruentes con los ofrecidos por otros autores, aunque no permiten concluir nada respecto a cuáles son las razones de por qué esto es así, bien pudieran ser los factores visuales o los atencionales los responsables de los perjuicios encontrados en la ejecución. Con la intención de aclarar cuál de las dos explicaciones es la más adecuada, planificamos un nuevo experimento en el que se manipula la carga atencional implicada en la tarea. Esta manipulación sería irrelevante si la razón de los efectos de la excentricidad fuera puramente visual, mientras que resultaría determinante si dichos efectos se debiesen a factores atencionales. Con este objetivo en mente se diseñó una nueva tarea de búsqueda de características simples que se caracteriza porque la guía se basa únicamente en una operación *bottom-up* que asigna una cantidad de activación a la localización ocupada por el elemento objetivo significativamente superior a la activación que reciben las demás localizaciones. Con este nivel de activación el proceso atencional dirigiría todos sus recursos a dicha localización y no habría necesidad de explorar localizaciones adicionales, con lo que no debería, si asumimos la hipótesis de Wolfe, de producirse efecto alguno a causa de la excentricidad.

Método

Se utilizó el mismo sistema instrumental que en el experimento anterior para la presentación de los estímulos y el registro de las respuestas de los sujetos.

Estímulos: como elemento objetivo se utilizó un cuadrado de color rojo y como distractor un cuadrado verde (ver figura 1).

Sujetos: en la prueba han participado 10 nuevos sujetos voluntarios con edades comprendidas entre los 19 y 23 años. Todos con visión normal o corregida con lentes graduadas en el momento de la prueba y desconocían el propósito de la investigación. Se les instruyó para que realizasen la tarea lo más rápido y preciso posible.

Resultados

Con los datos correspondientes al TR medio para cada tamaño de exposición se han calculado las funciones de búsqueda asociadas a cada tipo de ensayo. En la figura 2, panel derecho, se representan dichas funciones y los valores de las pendientes de búsqueda. Como se puede observar, estos valores son característicos de una ejecución en paralelo a través de todo el área visual (0'317 ms./ítem para la pendiente de los ensayos positivos y -1'137 ms./ítem para la de los negativos). En esta figura se representa asimismo la ejecución de los sujetos en la variable precisión de la respuesta. La tasa de error media obtenida para los ensayos positivos fue del 2'8% y la de los negativos fue del 3%. Al igual que en el experimento anterior, no se ha obtenido evidencia de una covariación negativa entre ambas variables dependientes registradas.

En la figura 3 se representa la ejecución de los sujetos en función de la excentricidad del elemento objetivo, tanto respecto a la variable TR (parte superior) como a la precisión de la respuesta (parte inferior). Para analizar el efecto producido por esta variable se ha realizado un análisis de varianza considerando únicamente los datos obtenidos en los ensayos positivos correctos. En dicho análisis se incluyeron los factores: tamaño de exposición y excentricidad. El único efecto significativo encontrado ha sido para el factor excentricidad [$F(5,45) = 18'004$; $p < 0'0001$]. Si nos fijamos en la figura 3 (parte superior) podemos apreciar que el perjuicio que produce el alejar el objetivo es de 5'744 ms por cada grado de ángulo visual, efecto considerablemente menor que el encontrado en el experimento anterior (44'471 ms/grados ángulo visual).

Por lo que respecta al efecto de esta variable sobre la precisión de la respuesta se ha realizado un ANOVA de los datos correspondientes a los ensayos positivos incluyendo la variable tamaño de exposición y excentricidad. Los resultados obtenidos arrojan diferencias significativas en ambos factores principales [$F(5,45) = 3'378$; $p < 0'0112$, para el tamaño de exposición, y $F(5,45) = 5'654$; $p < 0'0004$, para el factor excentricidad] aunque la interacción no resultó significativa. En la figura 3 (panel inferior) se puede apreciar cómo los errores de los sujetos aumentan a medida que el elemento objetivo se separa del punto de fijación.

Por último, los efectos del campo visual se han analizado mediante dos análisis de varianza, uno para explorar las diferencias entre el campo superior e inferior y otro las del campo derecho e izquierdo. Igual que en el experimento anterior, estos campos visuales se han dividido tomando como eje la columna y la fila central de la matriz de estímulos cuyos datos no se consideraron en el análisis. Los resultados obtenidos no arrojan diferencias significativas en cuanto al lugar del campo visual en el que aparecía el elemento objetivo para ninguna de las dos variables dependientes registradas, es decir, los sujetos fueron igual de rápidos y eficaces cuando el objetivo aparecía en la parte superior que en la parte inferior, y a la derecha o izquierda, resultados similares fueron obtenidos por Carrasco, McLean *et al.* (1998). En la figura 4 aparece representada la ejecución de los sujetos en función de estas variables.

Discusión

Como viene siendo habitual en este tipo de tareas en las que el elemento objetivo se define por una característica simple única en la exposición, la ejecución de los sujetos, tanto en cuanto al tiempo de respuesta como a la precisión de la misma, es independiente del número de elementos que forman la exposición visual (ver figura 2). Con estos resultados se puede decir que el estímulo objetivo resultó lo suficientemente conspicuo como para atraer la atención de los sujetos de manera exógena y permitir la emisión de respuestas automáticas (Ponte *et al.*, 1995).

En cuanto al efecto producido por la excentricidad del elemento objetivo, hemos encontrado un efecto simple sobre el tiempo y la precisión de la respuesta con el alejamiento de dicho estímulo del punto de fijación, efecto que es independiente del número de elementos que forman la exposición (ver figura 3) (resultados similares en Scialfa y Joffe, 1998). Este perjuicio ocurrido en la ejecución, que es considerablemente reducido y mucho más bajo que el obtenido en la tarea de búsqueda serial del experimento 1, no es más que un reflejo del salto atencional hacia la posición ocupada por el elemento objetivo.

De igual manera, la otra variable posicional controlada en este experimento (campo visual) se comporta de un modo similar que la excentricidad. Hay una independencia del lugar concreto en el que se presenta el elemento objetivo en la respuesta de los sujetos. Esto implica que es igual que el estímulo objetivo aparezca arriba, abajo, a la derecha o a la izquierda del punto de fijación. Esto último es lógico si tenemos en cuenta que en esta tarea es el propio estímulo el que captura la atención de los sujetos y ésta ocurre independientemente de dónde esté situado dicho elemento.

Conclusiones

En el trabajo que hemos presentado se ha encontrado un efecto perjudicial de la excentricidad del objetivo sobre la tarea de búsqueda únicamente cuando los sujetos deben utilizar sus recursos atencionales para explorar serialmente la exposición (experimento 1). Estos resultados están en la misma línea que los encontrados por diversos autores (Carrasco y Frieder, 1997; Carrasco, McLean *et al.*, 1998; Scialfa y Joffe, 1998; Wolfe *et al.*, 1998). De forma contraria, cuando los objetivos que se utilizan se definen por propiedades que son únicas en la escena visual, y se convierten así en elementos altamente conspicuos que capturan la atención de manera automática, la excentricidad no causa perjuicios en la búsqueda (experimento 2).

Por lo que respecta a los efectos producidos por el campo visual, podemos afirmar que en aquellos casos en los que la tarea de búsqueda se puede realizar en paralelo a través de toda la exposición visual, parece que la posición del objetivo es irrelevante, mientras que cuando son necesarios los movimientos oculares para el desarrollo de las exploraciones atencionales (búsquedas seriales) parece ocurrir un sesgo hacia las localizaciones superiores e izquierdas del campo visual.

A modo de síntesis, decir que los resultados que hemos obtenido en estos dos experimentos nos llevan a decantarnos por la hipótesis atencional propuesta por Wolfe relativa a los efectos que produce la excentricidad de los estímulos. Es claro que las diferencias existentes entre las distintas partes de la retina humana afectan a las tareas de búsqueda, pero esto no implica necesariamente que determinen la ejecución en dichas tareas. Los efectos

producidos por la excentricidad y los producidos por el tamaño de exposición parecen efectos separados, que, sin duda, pueden estar influidos por el mismo conjunto de factores, bien sean visuales o de corte estrictamente atencional. Así, siguiendo a Wolfe *et al.* (1998), se puede afirmar que a medida que aumenta la dificultad de la tarea y se anulan las posibilidades de guía atencional se potencian los efectos de la excentricidad. De este modo, el sesgo hacia las localizaciones centrales será una de las fuentes que contribuyan a la asignación de recursos atencionales. En las tareas seriales ésta sería la única fuente de guía.

Finalmente, cabe sugerir la posibilidad de introducir la ausencia de efectos «posicionales» en la identificación de aquellos procesos que son realizados en paralelo durante los primeros estadios del procesamiento de la información. Así, el término preatentivo debería ser usado únicamente cuando la ejecución de los sujetos no necesita del despliegue atencional ni se beneficia de la localización concreta que ocupan los estímulos. En suma, estos resultados permiten descartar la hipótesis visual como única explicación válida de los efectos producidos por la excentricidad en tareas de búsqueda, proporcionando un sólido apoyo a la hipótesis atencional de Wolfe *et al.* (1989).

Referencias

- Albert, M.L. (1973). A simple test of visual neglect. *Neurology*, 23(6), 658-664.
- Carrasco, M. y Chang, I. (1995). The interaction of objective and subjective organizations in a localization task. *Perception and Psychophysics*, 57, 1.134-1.150.
- Carrasco, M., Evert, D.L., Chang, I. y Katz, S.M. (1995). The eccentricity effect: Target eccentricity affects performance on conjunction searches. *Perception and Psychophysics*, 57, 1.241-1.261.
- Carrasco, M. y Frieder, K.S. (1997). Cortical magnification neutralizes the eccentricity effect in visual search. *Vision Research*, 37, 63-82.
- Carrasco, M., McLean, T.L., Kazt, S.M. y Frieder, K.S. (1998). Features asymmetries in visual search: Effects display duration, target eccentricity, orientation, and spatial frequency. *Vision Research*, 38, 347-374.
- Carrasco, M., Ponte, D., Rechea, C. y Sampedro, M.J. (1998). «Transient structures» the effects of practice and distractor grouping on within-dimension conjunction searches. *Perception and Psychophysics*, 60, 1.243-1.258.
- Cole, B.L. y Hughes, P.K. (1984). A field trial of attention and search conspicuity. *Human Factors*, 26, 299-313.
- Cudeiro, J. y Acuña, C. (1998). Fisiología de la Visión I. En Delgado, Ferrús, Mora y Rubia (Eds.), *Manual de Neurociencia* (Capítulo 21, pp. 541-578). Madrid: Síntesis.
- DeValois, R.L. y DeValois, K.K. (1988). *Spatial Vision*. New York: Oxford University Press.
- Efron, R., Yund, E.W. y Nichols, D.R. (1990). Detectability as a function of target localization: Effects of spatial configuration. *Brain and Cognition*, 12, 102-116.
- Gainotti, G., Messerli, P. y Tissot, R. (1972). Qualitative analysis of unilateral spatial neglect in relation to laterality of cerebral lesions. *Journal of Neurology and Neurosurgery Psychiatry*, 35, 545-550.
- Geisler, W.S. y Chou, K.L. (1995). Separation of low-level and high-level factors in complex task: Visual search. *Psychological Review*, 102, 356-378.
- Ponte, D., Rechea, C. y Sampedro, M.J. (1995). Efecto de la homogeneidad y la organización de las exposiciones en una tarea de búsqueda visual con objetivos múltiples. *Cognitiva*, 7, 131-148.
- Ponte, D. y Sampedro, M.J. (1997). Guía de la atención hacia un elemento definido por una conjunción intradimensión. *Psicothema*, 9, 377-382.
- Previc, F.H. (1996). Attentional and oculomotor influences on visual field anisotropies in visual search performance. *Visual Cognition*, 3, 277-301.
- Saarinen, J. (1993). Shifts in visual attention at fixation and away from fixation. *Vision Research*, 33, 1.113-1.117.
- Sampedro, M.J. (1997). El efecto de la homogeneidad-heterogeneidad en la búsqueda simultánea de estímulos definidos por color. *Psicothema*, 9, 347-358.
- Sampedro, M.J., Rechea, C. y Ponte, D. (1998). Claves de profundidad como elemento desencadenante de la detección automática de estímulos definidos por conjunciones de color x localización espacial. En J. Botella y V. Ponsoda (Eds.), *La atención: un enfoque pluridisciplinar*, Vol 1 (capítulo 18, pp. 223-236). Valencia: Promolibro.
- Scialfa, C.T. y Joffe, K.M. (1998). Response times and eye movements in feature and conjunction search as a function of target eccentricity. *Perception and Psychophysics*, 60, 1.067-1.082.
- Treisman, A. (1988). Features and objects: The 14th Bartlett Memorial Lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 201-237.
- Treisman, A. y Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Treisman, A. y Sato, S. (1990). Conjunction search revisited. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 459-478.
- Verghese, P. y Nakayama, K. (1994). Stimulus discriminability in visual search. *Vision Research*, 34, 2.453-2.467.
- Wolfe, J.M. (1994). Guided search 2.0: A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin and Review*, 1, 202-238.
- Wolfe, J.M., Cave, K.R. y Franzel, S.L. (1989). Guided Search: An alternative to the feature integration model for visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 419-433.
- Wolfe, J.M., O'Neill, P. y Bennett, S. (1998). Why are there eccentricity effects in visual search? Visual and attentional hypothesis. *Perception and Psychophysics*, 60, 140-156.
- Wolfe, J.M., Steward, M.I., Friedman-Hill, S.R., Yu, K.P., Shorter, A.D. y Cave, K.R. (1990). Limitations on the parallel guidance of visual search: Color x color and orientation x orientation conjunctions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 879-892.
- Yund, E.W. y Efron, R. (1996). Guided search: The effects of learning. *Brain and Cognition*, 31, 369-386.
- Yund, E.W., Efron, R. y Nichols, D.R. (1990). Detectability gradients as a function of target location. *Brain and Cognition*, 12, 1-16.