

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

**DEPARTAMENTO DE METODOLOGÍA
DE LAS CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO**

**ANÁLISIS DEL PROCESAMIENTO
DE LA ESTIMULACIÓN VISUAL:
ETAPAS Y ORGANIZACIÓN DE LOS
RECURSOS ATENCIONALES**

TESIS DOCTORAL

**Presentada para obtener el grado de Doctor en Psicología por
Jesús M^º ALVARADO IZQUIERDO**

**DIRECTORA: Dra. Carmen SANTISTEBAN REQUENA
Madrid, 1997**

D. Manuel Cortijo Mérida
Secretario del Tribunal calificador de la
Tesis Doctoral de D. Jesús M^o Alvarado
Izquierdo dirigida por el
Dr. D.^a Carmen Santisteban Requena
CERTIFICO: Que la Presente Tesis ha sido
defendida en el día de la fecha ante el
Tribunal nombrado al efecto, habiendo ob-
tenido la calificación de Apto CUM LAUDE
por unanimidad en Madrid a veinte y tres
de Abril de 1997

V.º B.º
EL PTE. DEL
TRIBUNAL

[Handwritten signature]
on. M^a

Tesis doctoral realizada por **D. Jesús M^o Alvarado Izquierdo**, y dirigida por la **Prof. Dra. Carmen Santisteban Requena**, catedrática del Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento de la Facultad de Psicología de la Universidad Complutense de Madrid. Este trabajo, para la obtención del grado de doctor, se ha elaborado en el Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento de la Facultad de Psicología de la U.C.M., con el apoyo técnico de la Unidad de Resonancia Magnética Nuclear del Instituto Pluridisciplinar de la U.C.M.

[Handwritten signature: Carmen Santisteban]

Fdo.: Prof. Dra. Carmen Santisteban Requena

[Handwritten signature]

**Dedico este trabajo a mis
padres y hermanos**

**Y a mi buena amiga y
compañera Amelia**

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a la Prof. Dra Carmen Santisteban Requena, sin cuyo empeño, asesoramiento, dedicación y apoyo no hubiese sido posible la realización de esta memoria de tesis.

A los investigadores que desarrollan su actividad en la Unidad de Resonancia Magnética Nuclear del Instituto Pluridisciplinar de la U.C.M. por su interés y valiosa colaboración.

A la Dra. Zuleyma Santalla Peñaloza quien me dedicó muchas horas y con la que mantuve fructíferas conversaciones que me ayudaron en la elaboración de esta tesis.

Finalmente, deseo expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que voluntaria y desinteresadamente participaron en los distintos experimentos llevados a cabo en este trabajo.

ÍNDICE

Introducción y objetivos.....	1
CAPÍTULO 1. Fisiología de la visión	11
1.1 Las células de la retina	12
1.2 La transducción en los fotorreceptores	15
1.3 Procesamiento cerebral de la estimulación visual	18
1.4 Mapas y dominios	24
1.5 Resumen	25
1.6 Estudios psicofísicos	26
1.6.1 La función de sensibilidad al contraste	26
1.6.2 Intensidad del estímulo y tiempo de reacción	27
1.7 Experimento previo	29
1.7.1 Resultados	31
1.7.2 Conclusiones	35
CAPÍTULO 2. Modelos de atención visual	37
2.1. Procesamiento en serie y en paralelo	38
2.2. Modelos explicativos del proceso atencional	39
2.2.1 Teoría de integración de características	39
2.2.2 Modelo de búsqueda guiada	42
2.2.3 Eficiencia de la búsqueda por inhibición	43
2.2.4 Modelo de operaciones paralelas secuenciales	45
2.2.5 Modularidad y atención	47
2.2.6 Resumen	50
CAPÍTULO 3. El control sobre el procesamiento preatentivo	52
3.1 La captura atencional	53
3.1.1 Indicios de localización	54
3.1.2 Procesamiento prioritario del "onset"	55
3.1.3 La explicación del nuevo objeto	61
3.1.4 Objetos en movimiento	63
3.2 La orientación involuntaria contingente	66
3.3 La hipótesis de la saliencia perceptiva	68
3.4 Procesamiento gradual de los estímulos salientes	71
3.5 El modelo dual	74
3.6 Resumen	77

ÍNDICE

CAPÍTULO 4. Atención selectiva	80
4.1 Selección temprana	81
4.2 Selección tardía	83
4.3 Evidencia experimental: ubicación de la selección	83
4.3.1 Atención dividida	84
4.3.2 Atención focalizada	86
4.3.3 Requisitos para un enfoque óptimo	88
4.4 Modelo híbrido de Yantis y Johnston	89
4.5 La carga perceptiva determina la selección	92
4.6 Resumen	99
CAPÍTULO 5. Asignación de los recursos atencionales	100
5.1 La asignación espacial	100
5.1.1 Modelos espaciales	102
5.1.1.1 El foco atencional	102
5.1.1.2 Atención gradual	105
5.1.1.3 Asimetrías del campo atencional	106
5.1.1.4 Modelo “zoom-lens”	108
5.1.2 La localización espacial	113
5.1.2.1 Procesamiento mediado por la localización	114
5.1.2.2 La inhibición de retorno para la localización	119
5.1.2.3 Procesamiento inicial de la localización	122
5.2 Asignación a los objetos	125
5.2.1 Proximidad frente a movimiento	126
5.2.2 Proximidad frente a similaridad y cierre	127
5.2.3 Proximidad frente a color y continuación	129
5.2.4 Inhibición de retorno para objeto y color	131
5.3 Resumen	133

ÍNDICE

CAPÍTULO 6. Análisis experimental	135
6.1 Problemática a investigar	138
6.2 Experimento central	139
6.2.1 Materiales y Método	139
6.2.1.1 Sujetos	139
6.2.1.2 Aparatos	139
6.2.1.3 Estímulos	139
6.2.1.4 Procedimiento y diseño	143
6.2.2 Resultados	147
6.3 Discusión y conclusiones	155
6.3.1 Procesamiento en paralelo o en serie	155
6.3.2 Carga perceptiva y procesamiento	160
6.3.3 Captura atencional del distractor	163
6.3.4 Asignación de los recursos atencionales	164
 Conclusiones generales: Hacia un modelo integrador.....	 169
 Referencias bibliográficas	 173

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales retos de la Psicología ha sido y continúa siendo, explicar el proceso mediante el cual el ser humano es capaz de reconstruir y representar adecuadamente el mundo visual. Para abordar este problema complejo, desde la Psicología científica se dividió el procesamiento visual de los estímulos en dos etapas, la etapa preatentiva en la que se realizaría un análisis preliminar de la escena visual, y una segunda etapa en la que entraría en juego la atención y en la que se realizaría un análisis más profundo de los elementos presentados visualmente.

La atención es un concepto difícil de introducir y que hace referencia a un "proceso" mediante el cual el individuo obtiene información detallada gracias al enfoque selectivo de una zona concreta del campo visual. La atención supone un esfuerzo adicional, capaz de resolver múltiples problemas de forma inespecífica. Se trataría de una especie de homúnculo que decide lo que es y lo que no es importante. Pensamos como van der Heijden (1992) que para evitar la necesidad de introducir un concepto vacío y mágico de atención, esta debe plantearse en términos de estructura y funcionamiento del sistema de procesamiento de información. De este modo, enmarcamos la tesis dentro del enfoque del procesamiento de la información que pretende explicar la conducta observable en términos de estructuras internas. Estas estructuras serían la causa compleja de la conducta observada, y el propósito último consistiría en explicar esta conducta mediante una adecuada descripción del funcionamiento del sistema. Tratamos de explicar los mecanismos atencionales y su función en el procesamiento de la estimulación visual.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Como punto de partida, adoptamos la definición de atención de Treisman (1995) quien considera la atención como una etiqueta general para referirse a la gran variedad de mecanismos que pueden actuar en diferentes momentos durante el procesamiento de la información. La estimulación a partir de los fotorreceptores de las estructuras visuales da como resultado la activación del sistema visual de procesamiento de información. El estudio de esta estimulación, que es la que ocasiona la activación, es esencial para conocer como se realiza el procesamiento de la información visual. Todos los "procesos posteriores", incluido la atención, están basados en el uso de esta activación o en la interacción con otras estimulaciones que causen activación. Para elaborar un modelo lo más real posible, sería adecuado que las propuestas teóricas respeten en lo posible los conocimientos neurofisiológicos existentes sobre el funcionamiento tanto de los fotorreceptores, como de las estructuras cerebrales internas implicadas en el análisis de la estimulación visual.

Esta memoria de tesis está dividida en cinco capítulos en los que se recoge, desde la fisiología del sistema nervioso encargado del procesamiento de los estímulos visuales, pasando por los modelos de atención visual que pretenden explicar lo que es analizado en cada fase del procesamiento con un énfasis especial en el procesamiento preatentivo, hasta la atención selectiva y la asignación de los recursos atencionales. En cada uno de estos capítulos se plantean cuestiones polémicas a los que aún no se les ha dado una solución definitiva, las cuales son abordadas experimentalmente en el quinto capítulo. La tesis concluye con la propuesta de un modelo integrador que incluye las evidencias procedentes de los distintos campos de investigación sobre procesamiento visual.

En el **primer capítulo** se revisan las investigaciones neurofisiológicas desarrolladas por Zeki (1978, 1992, 1995) quien, al comprobar que los atributos de los estímulos son procesados en distintas áreas de la corteza visual, propone la *teoría modular*. Según esta teoría, existen cuatro sistemas paralelos de procesamiento para los distintos atributos de los estímulos visuales: uno para el movimiento, uno para el color, y dos para la forma. Los apoyos a esta teoría proceden, por una parte, de la evidencia experimental que muestra que, el *cortex visual primario de diferentes especies, consiste en "mapas" que contienen toda la información del campo visual que se distribuye sobre un gran número de áreas visuales de orden superior*. Y por otra parte se comprueba que los daños cerebrales en humanos se corresponden con ciertos patrones de conducta (por ejemplo, Livingstone y Hubel, 1988 encontraron pacientes con pérdidas en la discriminación del color sin empobrecimiento en la forma).

En este capítulo comprobamos que la especialización no es un fenómeno central sino que también existe una especialización fisiológica y funcional de las vías que parten de la retina, dividiéndose en vías magno y parvocelulares. Las

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

vías magnocelulares son sensibles a contrastes de baja intensidad, responden de manera transitoria y tienen axones que actúan con gran rapidez; mientras que, las vías parvocelulares son sensibles a contrastes de alta intensidad, presentan una respuesta sostenida, y muchas de sus células son selectivas respecto a la longitud de onda. Comprobaremos como los modelos de atención visual han integrado estos conocimientos y la especialización funcional de las vías que parten de la retina en dirección al cerebro, esta división ha permitido explicar fenómenos atencionales como el procesamiento preferente del movimiento o de los elementos que aparecen repentinamente, al considerar que las vías magnocelulares se encargan de transmitir este tipo de informaciones.

En este capítulo también se exponen los conocimientos neurofisiológicos sobre el funcionamiento de los fotorreceptores, ya que el conocimiento de su funcionamiento y de sus límites puede suministrar pistas que nos aclaren diversos fenómenos atencionales. La transmisión que efectúa cada tipo de fotorreceptor depende del contraste entre estímulo y fondo, precisándose un tiempo mínimo para que se efectúe el disparo, además los fotorreceptores pierden sensibilidad al incrementarse la luminosidad de fondo y el disparo se realiza cuando se alcanza un cierto nivel crítico mediante computo aditivo (Schanapf y Baylor, 1987).

Veremos que el funcionamiento de los fotorreceptores puede relacionarse con la evidencia psicofísica que conecta la intensidad del estímulo con los tiempos de reacción (Piéron 1914; 1920; 1952) y el conocimiento de un tamaño óptimo del estímulo para su percepción que establece la función de sensibilidad al contraste (FSC). Comprobaremos que todos estos fenómenos están relacionados y se pueden explicar por el computo aditivo de la estimulación hasta alcanzar un cierto nivel de certeza, de manera que un estímulo de mayor tamaño (sin exceder el límite establecido por la FSC) al activar un mayor número de fotorreceptores lograría antes el nivel de certeza necesario y que cuando la señal es poco perceptible se alarga el tiempo de procesamiento.

Una vez expuestos los conocimientos relevantes procedentes de la neurofisiología y de la psicofísica que se engloban dentro de este capítulo bajo el epígrafe de fisiología de la visión, se comienza el análisis de las etapas involucradas en el procesamiento de la estimulación visual.

En el **segundo capítulo**, se revisan los modelos atencionales que, como comprobaremos, intentan incorporar los conocimientos sobre fisiología de la visión en la explicación de los mecanismos subyacentes al procesamiento visual de los estímulos. Se estudia la etapa preatentiva y se analiza el problema de si el sujeto puede o no controlar el procesamiento de los estímulos.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

En este capítulo se plantea el gran problema que supuso para la Psicología, el conocimiento fisiológico del procesamiento modular, puesto que si, como parece, el color y la forma son procesados en distintas partes del sistema nervioso y ciertos atributos estímulares son registrados por canales neuronales independientes especializados en distintos aspectos, como la orientación, el color, la frecuencia espacial, etc., ¿por qué los humanos no percibimos de forma aislada los círculos, los triángulos, el color azul, el color verde sin el conocimiento preciso de qué forma se corresponde a cada color?. Puesto que la evidencia cotidiana muestra que la mayoría de los objetos, las personas, y en general las escenas visuales son percibidas como un producto complejo y multidimensional, en correspondencia con los distintos patrones de estimulación en la retina. La Psicología tuvo así que resolver la cuestión de ¿cómo las propiedades componentes son resintetizadas en la correcta composición?, ¿cómo el cerebro puede juntar las actividades de diferentes módulos y vías para producir una imagen unificada, en la que forma y color estén asociados correctamente?

Inicialmente, la solución al problema de la división fue enunciada por Treisman y Gelade (1980) al proponer que, en la etapa inicial del procesamiento (fase preatentiva) los objetos percibidos se disgregan en sus componentes, para posteriormente ser resintetizados durante la fase atenta. Las características básicas del estímulo se procesarían automáticamente y en paralelo, mientras que los objetos (definidos por conjunción de características) se procesarían en serie, en una fase posterior gracias a la atención. Metafóricamente, la atención sería el "pegamento" con el que se integran las características en objetos.

El modelo de integración de características de Treisman y Gelade (1980) sugiere que el papel de la atención es el de realizar un chequeo en serie del espacio en el que los elementos (o grupos de elementos) se encuentran, mediante una "ventana" móvil que temporalmente impide que las propiedades de los elementos situados fuera de esta ventana interfieran con las representaciones que forman los objetos atendidos. La necesidad de la atención selectiva para la integración, encuentra su justificación en los trabajos que muestran que el procesador central tiene unos límites de capacidad, por lo que se hace necesario la selección de la información (Broadbent, 1958; 1971).

No obstante, la cuestión se complicó con el hallazgo de que la localización de objetivos visuales, formados por conjunción de características, podía ser realizada sin recurrir a una búsqueda estrictamente secuencial (Nakayama y Silverman, 1986). Para explicar estos resultados se propusieron alternativas como que la fase preatentiva servía de guía a la posterior fase atenta, mediante la activación de las características del elemento objetivo de la búsqueda (Wolfe, Cave y Franzel, 1989), o mediante la inhibición de las características que no forman parte del objetivo (Treisman y Sato, 1990). Pero otros autores propusieron soluciones más audaces como Friedman-Hill y Wolfe

(1995) cuestionando la concepción simple del procesamiento en dos etapas, según la cual, los procesos preatentivo y atento son independientes y secuenciales, o van der Heijden (1992) rechazando la idea de que el procesamiento visual tenga problemas de límites de capacidad. En este sentido, van de Heijden (1995) afirma que en condiciones adecuadas de exposición, y teniendo en cuenta los límites del sistema perceptivo, los movimientos sacádicos, la exactitud retinal, y el enmascaramiento lateral, se obtienen muy pocas indicaciones de la existencia de límites en capacidad; de hecho, en muchos estudios, lo que se encuentra es un procesamiento en paralelo. La postura de van der Heijden se sustenta en la inmensa cantidad de neuronas y conexiones que se ocupan del procesamiento visual (un millón de células ganglionares en la retina de cada ojo y alrededor de 100.000 millones de neuronas encargadas del procesamiento a nivel cortical). Si no hay problemas de capacidad, la integración se realizaría de modo preatentivo, y la selección atencional no se realizaría por problemas perceptivos, sino para orientar la respuesta del organismo. En el modelo de van der Heijden, la acción es la causa de la selección, haciendo innecesario asumir límites perceptivos de capacidad, puesto que, la acción debe elegirse de la forma más eficiente, por lo que la elección debe basarse en una descripción del mundo que nos rodea tan rica como sea posible: aunque los sentidos sean capaces de registrar muchos objetos diferentes, el sistema está limitado a ejecutar una única acción en cada momento, y ésta sería la causa de la selección atencional.

El **capítulo tercero** trata el problema del control sobre el procesamiento preatentivo, es decir, si el procesamiento preatentivo está bajo el control del sujeto o depende exclusivamente de la estimulación. Distinguimos entre las tareas de búsqueda visual el que el sujeto conoce la característica objetivo y por tanto se dice que opera un mecanismo "top-down" y las tareas de búsqueda de un elemento singular o "singleton" (un elemento diferente a los demás) en las que el sujeto no conoce el objetivo de la búsqueda, por lo que el procesamiento está bajo el control de la estimulación (control "bottom-up").

Los resultados obtenidos en las investigaciones en las que se ha utilizado el paradigma de búsqueda de singularidades, junto a los estudios que muestran el procesamiento inevitable de ciertos atributos del estímulo (elementos que aparecen repentinamente, elementos que se mueven, etc.), llevaron a proponer que la fase de procesamiento preatentivo es impenetrable a las intenciones o intereses del sujeto y que esta fase está controlada por la estimulación (Theeuwes, 1992). Como prueba del procesamiento "bottom-up", Jonides (1981) observó que un indicio periférico de localización facilitaba la búsqueda del elemento objetivo al permitir el realineamiento de la atención con este elemento. Posteriormente Yantis y Jonides (1984, 1990) mostraron que, un elemento que aparece (con incremento de luminancia) en una presentación visual en una posición previamente vacía "captura" la atención del individuo, aunque él sepa

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

que se trata de un elemento irrelevante para la tarea visual que está realizando. La explicación de este procesamiento prioritario se relaciona con los conocimientos neurofisiológicos que muestran que la transmisión de los estímulos repentinos o en movimiento se realiza por vía magnocelular,

Recientemente, se ha propuesto una explicación diferente para el fenómeno de la captura atencional según la cual, el sistema visual sólo sufre captura cuando en el campo visual se crea o aparece una estructura significativa u "object file". En este sentido, no es el cambio de luminancia el que captura la atención sino que es la formación de un "objeto" novedoso dentro del campo visual la que "inevitablemente" capta la atención (Hillstrom y Yantis, 1994; Yantis y Hillstrom, 1994).

Otra concepción del problema de la captura atencional es la hipótesis de procesamiento gradual (Todd y Kramer, 1994) según la cual, la captura no es una cuestión de todo o nada, sino que depende de la saliencia de los elementos presentados. De acuerdo con esta hipótesis, un elemento que aparece y que provoca un importante cambio de luminancia es un elemento muy saliente y, en consecuencia captura la atención; mientras que, una pequeña diferencia en color no resulta lo suficientemente saliente como para provocar ese grado de captura atencional. Ahora bien, si se incrementa la saliencia en color si se observa captura atencional para este atributo estimular. Esta hipótesis, de procesamiento gradual, se ve corroborada en las investigaciones realizadas en esta tesis.

Frente a la postura que defiende la automaticidad del procesamiento preatentivo, algunos autores plantean que los intereses del sujeto si pueden dirigir o modular este procesamiento. Por ejemplo, Folk, Remington y Johnston (1992) proponen la hipótesis de orientación involuntaria contingente según la cual, el organismo se puede predisponer para la detección de distintos atributos estimulares; aunque, una vez que el organismo está predispuesto, la captura atencional para ese tipo de atributo es inevitable. Así, en una tarea que predispone al sujeto para la búsqueda de elementos que aparecen repentinamente, una vez iniciada la tarea cualquier estímulo que suponga aparición repentina capturaré la atención y no la capturaré un estímulo singular, y al revés si el sistema se predispone a detectar un elemento singular, como un elemento de color diferente al resto, la atención no será capturada por un elemento de aparición repentina pero si por un elemento singular irrelevante para la búsqueda, como un elemento distinto en forma o tamaño al resto.

Una solución de compromiso al problema del control atencional es el modelo de Cave y Wolfe (1990). Estos autores proponen que ambos tipos de mecanismos ("top-down" y "bottom-up") operan conjuntamente: el procesamiento "bottom-up" se basa en la diferencia entre el valor en característica de un elemento respecto al resto de elementos, y el procesamiento "top-down" se

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

basa en el conocimiento del sujeto acerca de las características del objetivo de la búsqueda. La atención se dirige a la posición más activa del campo visual, y el nivel de activación en cada punto depende de la activación conjunta que generan ambos mecanismos. Para Bacon y Egeth (1994), el sujeto utilizará la estrategia que considere más óptima según sea la tarea propuesta, aunque el mecanismo "bottom-up" parece exigir menor esfuerzo y de ahí los resultados obtenidos que sugieren un procesamiento automático e involuntario durante la fase preatentiva del procesamiento visual y que se ven refrendados en nuestros experimentos.

En el **capítulo cuarto** se estudian las causas y consecuencias del fenómeno de atención selectiva que consiste en la mejora del procesamiento de los elementos enfocados y/o exclusión de los no enfocados (LaBerge y Brown, 1989). La teoría de Treisman y Gelade (1980) propone que, tras el análisis rudimentario de los elementos presentes en el campo visual se procede a una focalización atencional que permite la identificación de los objetos. Esta teoría se encuadra dentro de los modelos de selección temprana. No obstante, autores como van der Heijden (1992) consideran que la selección se realiza una vez que toda la información ha sido percibida y procesada, encuadrándose dentro de los modelos de selección tardía. Las investigaciones que han proporcionado evidencia experimental para los distintos modelos se han basado en dos paradigmas: el paradigma de atención focalizada y el de atención dividida. Bajo el paradigma de atención focalizada se ha observado que la focalización puede ser óptima de manera que los elementos situados fuera del "foco atencional" no se procesan y, en consecuencia, la región a la que se atiende se selecciona "tempranamente", antes de que comience el procesamiento atencional. En contraposición, bajo el paradigma de atención dividida se ha encontrado que la atención puede ser asignada a distintas localizaciones a la vez y que los elementos no atendidos interfieren con la tarea que realiza el sujeto, demostrando selección "tardía".

Yantis y Johnston (1990) presentan un modelo híbrido de selección atencional que permite explicar los resultados contradictorios obtenidos bajo los distintos paradigmas experimentales. Este modelo admite los dos tipos de selección, sugiriendo que las demandas de la tarea son las que determinan el modo de procesamiento. Para este modelo, es posible tanto una focalización atencional óptima, con selección temprana, cuando se conoce la posición exacta de los estímulos relevantes y estos están confinados en una pequeña región, como una atención extensiva cuando la estimulación relevante se encuentra dispersa por todo el campo visual.

Lavie (1995) reconduce la discusión entre selección temprana y tardía a un problema de capacidad limitada, mostrando que existe relación entre la carga perceptiva y el nivel de interferencia provocado por los distractores irrelevantes. Este autor considera que el sistema visual procesa todo aquello que le es

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

presentado hasta alcanzar los límites de capacidad, de manera que, se observa selección temprana cuando la carga perceptiva es elevada y se muestra selección tardía cuando la carga perceptiva no satura la capacidad del sistema. La estrategia de focalización ante estimulaciones complejas es verosímil, si tenemos en cuenta, que en los experimentos realizados en esta tesis, se comprueba que la adición de nuevos elementos perceptivos supone una disminución en la detectabilidad de la estimulación relevante.

En el **capítulo quinto** se aborda el problema de a qué aspectos o elementos se asignan la atención o los recursos atencionales. Respecto a este punto existe una fuerte polémica entre los defensores de la selección espacial y los defensores de la selección de objetos. Los defensores de la selección espacial consideran que el medio natural en el que opera la visión es el espacio y por lo tanto, la selección consiste en elegir una pequeña zona del campo visual y procesar aquello que se encuentra en esta región. Por otra parte, los defensores de la selección de objetos afirman que la selección ha de ser significativa y holística y que está determinada por los objetos presentes en el campo visual.

Los teóricos defensores de la selección espacial cuentan con una amplia evidencia experimental que muestra que: (a) la atención se dirige automáticamente a la posición de un indicio periférico, (b) los elementos situados próximos al objetivo son inevitablemente procesados, (c) el procesamiento de otros atributos del estímulo como el color están mediados por la localización y (d) ciertos fenómenos, como la inhibición de retorno, son específicos de la localización. Se han elaborado distintas teorías espaciales: (a) el modelo de "foco" (LaBerge, 1983; Posner, Snyder y Davidson, 1980; Tsal, 1983b) que plantea el enfoque exclusivo sobre una pequeña región del campo visual, en el que los elementos allí incluidos recibirán todo el procesamiento; (b) "gradient model" (Downing, 1988; LaBerge y Brown, 1989) que considera que la región atendida no tiene unos límites bien definidos, disminuyendo el efecto de la interferencia de los distractores a medida que aumenta la distancia; y (c) el modelo "zoom-lens" (Eriksen y St. James, 1986; Eriksen y Yeh, 1985) según el cual, la región atendida varía en función de las exigencias de procesamiento ya que establece una relación inversa entre extensión y poder resolutivo.

Por otra parte, los teóricos defensores de la selección basada en el objeto han intentado demostrar que la proximidad no es un indicio especial, sino uno más de los que se utilizan para elegir el "objeto". Así, han observado que el movimiento común, el color o la continuación de la figura pueden ser más importantes que la proximidad (Baylis y Driver, 1992; Driver y Baylis, 1989; Kramer y Jacobson, 1991).

Comprobaremos que nuestros resultados experimentales abogan por una solución de compromiso entre ambos tipos de selección, que reconoce su naturaleza espacial a la vez que acepta la influencia, en la selección, de otros indicios de agrupamiento.

En el **capítulo sexto** se presenta el estudio experimental realizado "ad hoc" con el propósito de añadir evidencia experimental que de respuesta a algunas de las cuestiones discutidas en los capítulos precedentes como: qué estímulos se procesan en paralelo y cuáles en serie, comprobar si el procesamiento provocado por la estimulación puede ser ignorado por el sujeto, evaluar el efecto de la carga perceptiva y decidir si puede darse una solución de compromiso al debate entre los teóricos espaciales y los teóricos defensores de objeto como base de la selección.

Esta memoria de tesis finaliza con la propuesta de un modelo atencional integrador que permitiera explicar la mayor parte de la evidencia experimental, contemplando los avances provenientes de la psicofísica y la neurofisiología.

OBJETIVOS

Se centran en los siguientes puntos:

A) *Análisis del material estimular procesado preatentivamente.* Durante la fase preatentiva ¿se procesa toda la información presente en el campo visual o sólo ciertas características primitivas?. Si el análisis preatentivo sólo se realiza para ciertas características básicas debe encontrarse en algún momento un punto de inflexión o barrera que delimite los dos modos clásicos propuestos de procesamiento (en paralelo y en serie), de no encontrarse este punto de inflexión podría pensarse que el procesamiento es de tipo gradual, precisando más tiempo cuanto mayores sean las exigencias de procesamiento. Hipotetizamos que los dos modos de procesamiento clásico representan los extremos de un continuo.

B) *Efecto de la carga perceptiva sobre el procesamiento.* Estudiar si en vez del tipo de material, es la cantidad de material estimular el que determina el tipo de procesamiento.

Al investigar el efecto de la carga perceptiva nos aproximamos al enfoque del procesamiento gradual, puesto que, no se estudia la calidad el material, sino la cantidad que puede traspasar el hipotético canal de capacidad limitada, proponiéndose implícitamente un cambio de procesamiento en el momento en que el canal quede saturado. Puesto que no aceptamos que exista un salto cualitativo en el tipo de procesamiento, desde un enfoque

gradual, evaluamos la interferencia que provoca el incremento en estimulación irrelevante.

C) *Importancia relativa del procesamiento “top-down” y “bottom-up”.* Evaluar la interrupción o captura atencional provocada por la aparición repentina de un nuevo elemento en la escena visual, comprobando si el sujeto puede o no ignorar la aparición de elementos irrelevantes para la tarea de detección encomendada.

D) *Asignación de los recursos atencionales.* Cuando se exige al sujeto un análisis detallado de ciertos elementos presentes en su campo visual, la situación se resuelve mediante un enfoque selectivo de estos elementos. Ahora bien el problema consiste en decidir si los sujetos únicamente pueden seleccionar una cierta región del campo en la que se procede a un análisis más profundo o si el sujeto carece de estas limitaciones espaciales y puede orientar su atención a contornos, formas u objetos, ignorando las regiones del campo que no pertenecen al objeto.

Capítulo 1

FISIOLOGÍA DE LA VISIÓN

Este primer capítulo se dedica a hacer una breve reseña de los actuales conocimientos neurofisiológicos dentro del campo de la visión de forma que podamos comprender cómo opera, cuáles son sus características y sus limitaciones. Destacaremos aquellos aspectos fisiológicos que han de tenerse en cuenta al enunciar una teoría explicativa del procesamiento de la información visual.

La visión nos permite acceder a un mundo tridimensional de energías luminosas que se proyectan bidimensionalmente sobre la retina. Es en la retina *donde comienza un proceso activo de reconstrucción preconsciente* que comprende fenómenos como la percepción de la profundidad, el acople de imágenes dispares procedentes de cada ojo, la detección de bordes, la constancia del color y la forma (aunque varíe la estimulación física o el tamaño), el relleno de huecos (no somos conscientes de que en la imagen formada en la retina hay un "agujero" que se debe a la falta de receptores en el punto ciego, zona de la retina en que el nervio óptico abandona el ojo en dirección al cerebro), etc.

La labor de reconstrucción la llevan a cabo millones de células en las que se distinguen básicamente dos funciones: la activación y la inhibición.

1.1 LAS CÉLULAS DE LA RETINA

Las células de la retina que responden a la estimulación luminosa (los fotorreceptores) realizan lo que se denomina proceso de transducción, variando su actividad neuroeléctrica en respuesta a la energía luminosa que los alcanza. Los fotorreceptores transmiten la estimulación a las células bipolares que están conectadas (vía sinapsis) con las células ganglionares. Los axones de las células ganglionares confluyen en el punto ciego, formando el nervio óptico que abandona la retina en dirección al cerebro.

En las células de la retina se produce un primer procesamiento, puesto que de la señal transducida por los aproximadamente 120 millones de fotorreceptores se pasa al millón de axones de las células ganglionares. Cada fotorreceptor puede estar conectado con varias células bipolares. Cada célula bipolar también puede estar conectada con múltiples fotorreceptores. De igual forma, cada célula bipolar puede estar conectada con varias células ganglionares y éstas a su vez pueden recibir señales de distintas células bipolares.

A la organización vertical de la retina, que consiste en el paso de la información desde los fotorreceptores a las células bipolares y de estas a las células ganglionares, se añaden otras células que operan en el plano horizontal. La organización horizontal se compone de las denominadas células horizontales y de las células amacritas, que sinaptan con las células de la organización vertical. Las células horizontales son semejantes a las bipolares, ya que reciben la estimulación de los fotorreceptores, pero en vez de transmitir la excitación recibida, lo que hacen es inhibir la activación de las células bipolares con las que se sinaptan. Las células amacrinas se sinaptan con las bipolares y las ganglionares, siendo su función también inhibitoria. En consecuencia, tendríamos células especializadas en transmitir la activación "organización vertical" y otras en inhibirla "organización horizontal" (ver Figura 1.1).

Los axones de las células ganglionares forman el nervio óptico, que acabará sinaptando con las neuronas ubicadas en el núcleo geniculado lateral, éstas, a su vez, utilizan sus axones para sinaptar con las células de la corteza visual primaria.

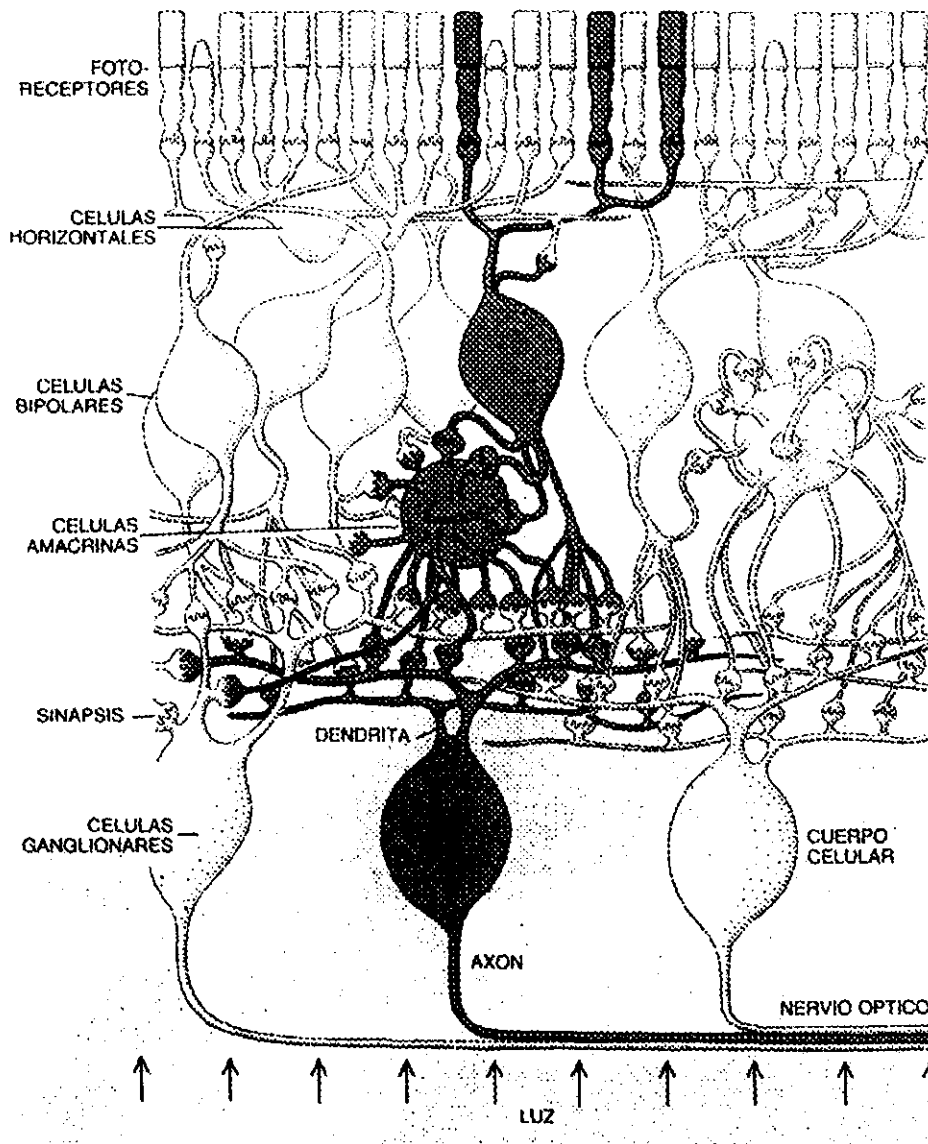


Figura 1.1 Células retinianas. Los fotorreceptores ocupan la parte posterior de la retina, transformando la energía luminosa en señales químicas y eléctricas que, atravesando las células horizontales, bipolares y amacritas, llegan hasta las células ganglionares, cuyos axones forman el nervio óptico (Poggio y Koch, 1987).

Durante mucho tiempo se pensó que a cada tipo celular representado en la Figura 1.1, le correspondía una única función específica, de manera que el conocimiento de los códigos internos de funcionamiento de la retina se obtendría al descifrar las interrelaciones existentes entre estos elementos básicos. No

obstante, hoy se sabe que la retina no posee sólo cinco elementos funcionales, sino muchos más, puesto que los distintos tipos celulares se dividen en subtipos con características propias, de manera que pudieran existir hasta cincuenta elementos funcionales distintos (Masland, 1987),

Inicialmente las células ganglionares se dividieron en dos poblaciones diferentes: las que se excitan y las que se inhiben cuando se estimula el centro de su campo receptor. Es más, el centro actúa en oposición a la región que lo rodea, es decir, la periferia. Así, la célula desarrolla un proceso elemental de intensificación por contraste. Posteriormente se identificaron células ganglionares que eran selectivas a ciertas características del estímulo como la dirección de un estímulo en movimiento (Poggio y Koch, 1987, presentan un modelo explicativo del procesamiento del movimiento en la retina).

Para ilustrar la complejidad funcional y anatómica de la retina sirva de ejemplo las células amacritas que regulan el comportamiento de ciertas células ganglionares y que presentan una respuesta transitoria al estímulo luminoso. Cuando la luz alcanza la retina, estas células descargan inmediatamente una ráfaga de potenciales de acción, pero la interrumpen en presencia de un estímulo luminoso continuo. Este comportamiento es característico de muchas células amacritas y no se da en el resto de células retinales, de modo que la posible función de las células amacritas sería la de agudizar las respuestas transitorias de determinadas células ganglionares.

Para Masland (1987), las células amacritas poseen muchas más funciones, puesto que su variedad es muy grande; en la retina humana puede haber hasta 30 tipos morfológicos distintos. Durante mucho tiempo se pensó que los distintos tipos de amacritas eran meras variantes con una misma función, hasta que las investigaciones de Berndt Ehinger en la década de los 60 sobre la bioquímica de estas células mostraron que los distintos tipos celulares poseían distintos neurotransmisores.

En la Figura 1.2 se presentan tres tipos de células amacritas, cada una de las cuales recubre la retina dando lugar a mosaicos de distinta densidad, desde la colinérgica (contiene acetilcolina) cuya enorme densidad permite un elevado nivel de resolución espacial hasta la dopaminérgica (el neurotransmisor es la dopamina) cuya holgada disposición sugiere funciones que exijan baja resolución espacial puesto que un estímulo de tamaño reducido incidiría, frecuentemente, en los espacios huecos que deja su red.

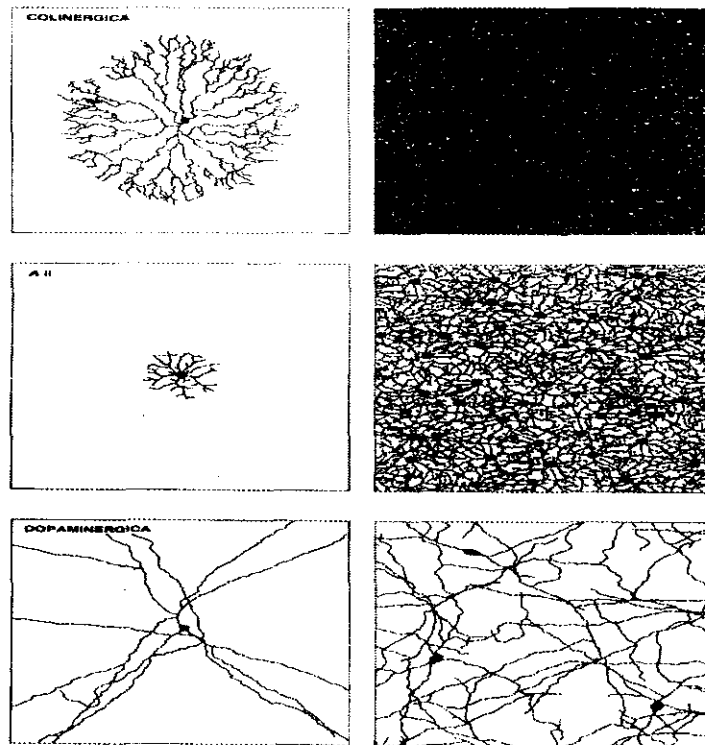


Figura 1.2 Células amacritas. A la izquierda se presentan las células aisladas y a la derecha el mosaico resultante de la tinción de las células de un mismo tipo. Las células colinérgicas son muy numerosas, y sus dendritas ramificadas forman una malla casi ininterrumpida (arriba). El mosaico de las amacritas All es poco denso(centro): deja espacio entre sus dendritas. Las células dopaminérgicas están aún más dispersas (abajo). (Masland, 1987).

1.2 LA TRANSDUCCIÓN EN LOS FOTORRECEPTORES

Schanapf y Baylor (1987) explican detalladamente la fisiología y el proceso de transducción en los fotorreceptores. Expondremos brevemente las bases de este proceso, ya que pensamos que está implicado en ciertos fenómenos atencionales como el "pop-out" o saliencia perceptiva que trataremos posteriormente en los capítulos segundo y tercero de la tesis.

La percepción visual se basa en las respuestas de dos tipos de fotorreceptores, los conos y los bastones. Estos dos tipos de fotorreceptores se diferencian en sus niveles de sensibilidad, agudeza y capacidad para percibir el color. Los bastones son mucho más sensibles que los conos debido, sobre todo, a que el nivel de convergencia neural asociada a los bastones es mucho mayor

que la que corresponde a los conos. Esta característica, que les hace ser más sensibles, tiene el inconveniente de una menor agudeza, ya que las células ganglionares no pueden discriminar entre las estimulaciones provenientes de los bastones y, por lo tanto, la capacidad para transmitir información relacionada con los detalles finos de la imagen es baja. El nivel de resolución en las distintas partes de la retina depende del espaciamiento entre receptores que haya en cada zona, siendo la fovea la parte de la retina con mayor densidad de conos de toda la retina (carece de bastones), disminuyendo rápidamente el número de conos según nos alejamos de esta zona central (cero grados del eje visual), a la vez que se incrementa el número de bastones hasta llegar a un máximo a los 20 grados.

Los bastones intervienen en la visión con luz escasa, siendo tan sensibles que se sobrecargan y pierden la capacidad de emitir señales en el nivel lumínico ordinario de pleno día. Los conos intervienen en la visión a plena luz; operan adecuadamente con niveles lumínicos elevados. La visión que corre a cargo de los conos es más rica en detalles espaciales y temporales y permite la percepción del color.

Los bastones y los conos disponen de orgánulos especializados en el transporte y transmisión de señales. En un extremo de la célula, el más alejado del cristalino, se encuentra el denominado segmento externo, que absorbe la luz y genera las señales eléctricas. En el otro extremo se localiza la terminación sináptica que, mediante la secreción de un transmisor químico, envía las señales a otras neuronas (las células bipolares y horizontales) de la retina. Entre el segmento externo y la terminación sináptica se extiende una región denominada segmento interno.

El segmento externo de los bastones es cilíndrico, mientras que el de los conos suele ser afilado, de ahí sus respectivas denominaciones. Ambos tipos de segmento externo contienen una gran extensión de membrana fotosensible, tachonada de moléculas de un pigmento que absorbe la luz. En la retina humana existen tres tipos de conos, cada uno de los cuales contiene un pigmento que absorbe con máxima intensidad en las regiones de corta, media y larga longitud de onda del espectro visible. Las diferencias en las bandas de absorción de los tres pigmentos de los conos constituye la base de la visión del color.

Un transmisor interno acarrea la información desde la membrana fotosensible de los fotorreceptores, donde se absorbe la luz, hasta la membrana superficial, donde se genera la señal eléctrica. El transmisor es un nucleótido, el monofosfato cíclico de guanosina (GMPc).

En oscuridad total, los fotorreceptores presentan una notable permeabilidad a los iones de sodio, que fluyen desde la solución externa, más

concentrada, hacia el interior del segmento externo, generándose una corriente eléctrica dirigida hacia el interior. La corriente de entrada se equilibra con otra de salida de iones de potasio desde el resto de la célula. Ese circuito de corriente se denomina corriente oscura. Cuando un bastón o un cono absorben luz, se bloquea la entrada de sodio. De este modo, se disminuye la corriente oscura y se permite que aumente la polarización negativa del interior celular. El viraje negativo del potencial de membrana recibe el nombre de hiperpolarización, recibiendo la denominación de fotocorriente la disminución de la corriente oscura.

La hiperpolarización inducida por la luz se inicia en el segmento externo, pero se extiende hacia la terminación sináptica, donde se transmite a otras células de la retina. Un destello de luz produce una hiperpolarización que aumenta con la intensidad del mismo.

Cuando se absorbe luz se bloquea la entrada de iones de sodio en el segmento externo. En la oscuridad los bastones y los conos presentan una elevada concentración de GMPc, que se une a los poros de la membrana superficial y los abre, permitiendo la entrada de iones de sodio. Con luz, cae la concentración de GMPc, que abandona las zonas de unión, y los poros se cierran. En consecuencia, la permeabilidad de la membrana a los átomos de sodio disminuye y la membrana se hiperpolariza. El sistema se comporta como un fotomultiplicador químico. La absorción de un fotón por parte de los pigmentos de los fotorreceptores desencadena la rápida ruptura de cientos de moléculas de GMPc y bloquea la entrada de un millón de iones de sodio por lo que la unión de tres o más moléculas de GMPc desencadena la apertura de un poro. Los poros se comportan como interruptores moleculares de gran eficacia, diseñados para detectar cambios infinitesimales en la concentración de GMPc.

En condiciones adecuadas, un bastón de la retina humana es capaz de dar cuenta de la absorción de un solo fotón, que activa exclusivamente una de los 100 millones de moléculas de rodopsina que posee esa célula. Aunque no puede medirse la respuesta de un cono a un fotón aislado, porque es demasiado pequeña y la ocultan las fluctuaciones de fondo, puede estimarse esa respuesta a partir de la respuesta a un destello que active gran parte de sus moléculas de pigmento. La estimación es de que un fotón produce una fotocorriente de unos 10 femtoamperios (10×10^{-15} amperios), es decir, unas 100 veces menor que la respuestas cuántica de un bastón. Esto explica porqué la visión diurna, mediada por los conos, es menos sensible que la nocturna, mediada por los bastones.

Por otra parte, la respuesta cuántica de un cono resulta ser unas cuatro veces más rápida que la de un bastón. Por ejemplo, el bastón de un primate tarda 300 milisegundos en informar de la absorción de un fotón, mientras que un cono tarda unos 75 ms., por lo que los conos están mejor capacitados para

codificar estímulos visuales que presenten variaciones rápidas. En consecuencia, parece que en la transmisión visual interviene un equilibrio entre sensibilidad y resolución temporal. Las respuestas cuánticas de los conos, pequeñas y rápidas, permiten que el sistema visual detecte cambios repentinos de intensidad o de movimiento de objetos, cuando el grado de iluminación es elevado y los bastones están saturados. Por el contrario, las señales de los bastones, más lentas y de magnitud superior, resultan idóneas para el recuento de fotones cuando el grado de iluminación es bajo. La sensibilidad visual aumenta notablemente a niveles bajos de iluminación, porque se pasa de la visión por conos a la de bastones. Por ejemplo, la ceguera que se sufre al entrar en una habitación débilmente iluminada, es fruto de la escasa sensibilidad del sistema de conos. Paulatinamente, el sistema de los bastones incrementa su sensibilidad y, a medida que asume el papel principal, los objetos se van haciendo más visibles. Sin embargo, incluso en visión estricta de bastones, la sensibilidad aumenta al disminuir el nivel de luz de fondo. La pérdida de sensibilidad se explica por un simple mecanismo de saturación. Los canales de sodio se van cerrando al incrementarse la luz de fondo y, de este modo, se restringe el número de canales que puede cerrar el destello de luz.

Los conos humanos alcanzan su máxima sensibilidad a 460, 530 y 650 nm, lo que se corresponde respectivamente con los colores azul, verde y rojo; pero cada tipo de cono es sensible a la luz de un amplio rango de longitudes de onda. El sistema visual es capaz de deducir el color a partir de la longitud de onda, tomando nota de la proporción en que se excitan los tres tipos distintos de conos.

En los experimentos realizados y que forman parte de esta tesis, hemos puesto a prueba los aspectos descritos más relevantes en el funcionamiento de los fotorreceptores para estudiar su efecto sobre la percepción. Estos aspectos, como se ha indicado, son la necesidad de un tiempo mínimo de estimulación para que se efectúe el disparo del fotorreceptor, la pérdida de sensibilidad de los fotorreceptores al incrementarse la luminosidad de fondo y la existencia de distintos picos de máxima sensibilidad para los distintos fotorreceptores.

1.3 PROCESAMIENTO CEREBRAL DE LA ESTIMULACIÓN VISUAL

En conjunto las distintas evidencias experimentales presentan una visión del cerebro en módulos, según la cual, distintas redes neuronales, relativamente aisladas, descomponen la entrada visual (Van der Heijden, 1992).

El cerebro para construir activamente el mundo visual ha desarrollado un elaborado mecanismo neurológico que se caracteriza por una compleja división del trabajo, que tiene manifestación anatómica en áreas corticales discretas y en

subregiones de tales áreas, que se hallan especializadas en funciones visuales específicas y que se manifiesta patológicamente en la incapacidad para adquirir conocimiento de algún aspecto del mundo visual cuando los mecanismos correspondientes se encuentran afectados.

La corteza visual nos plantea un difícil reto: averiguar en qué forma cooperan sus componentes para ofrecernos una imagen unificada del mundo; imagen que no muestra señal alguna de la división de trabajo que tiene lugar en el seno de aquella (Zeki, 1992).

Inicialmente se pensó que los objetos transmitían códigos visuales en la luz que emitían o reflejaban y que las imágenes quedaban "impresas" en la retina, como si ésta fuera una placa fotográfica. Las impresiones retinianas se transmitían luego a la corteza visual, que servía para analizar los códigos o claves de la imagen. Este sería el proceso de descodificación que desembocaba en la "visión" mientras que la comprensión era un proceso aparte. Los neurólogos consideraron respaldada su opinión al verificar que la retina está casi exclusivamente conectada a una región peculiar del cerebro, la corteza estriada o corteza visual primaria, también conocida por área V1. Tal conexión se realiza con finísima precisión topográfica, pues V1 contiene un mapa del campo retiniano completo. El enlace entre la retina y V1 se establece a través del núcleo geniculado lateral, estructura subcortical que consta de seis capas o estratos celulares. Las cuatro superiores son las capas parvocelulares, contienen neuronas de cuerpo celular (soma) pequeño. Las dos inferiores, están dotadas de cuerpo celular grande, son las capas magnocelulares (véase Figura 1.3). Esta diferenciación anatómica parece estar relacionada con una diferenciación funcional:

Las vías parvocelulares tienen características que las hacen más idóneas para la visión de la forma y del color, mientras que las magnocelulares tienen características que las hacen más apropiadas para detectar la forma dinámica y el movimiento. Las células P de la retina que se proyectan a las capas parvocelulares del núcleo geniculado lateral (también conocidas como células X a partir de los trabajos pioneros en el gato de Enroth-Cugell y Robson, 1966), son sensibles a contrastes de alta intensidad, presentan una respuesta sostenida, y muchas de sus células son selectivas respecto a la longitud de onda. El otro tipo de células -células M- (también denominadas células Y), que conforman las vías magnocelulares, son sensibles a contrastes de baja intensidad, responden de manera transitoria y tienen axones que actúan con gran rapidez (Zeki, 1995). En terminología psicofísica podemos hablar de dos tipos de canales: (a) "sustained channel" que parten de células retinianas principalmente concentradas en la fovea con campos receptivos pequeños (células P) que procesarían la información relativa a patrones detallados y color, y (b) "transient channel" que parten de células retinianas que se distribuyen

uniformemente por toda la retina con campos receptivos grandes (células M) y que responden a los cambios en la estimulación como el movimiento, la aparición o desaparición de estímulos (Van der Heijden, 1995).

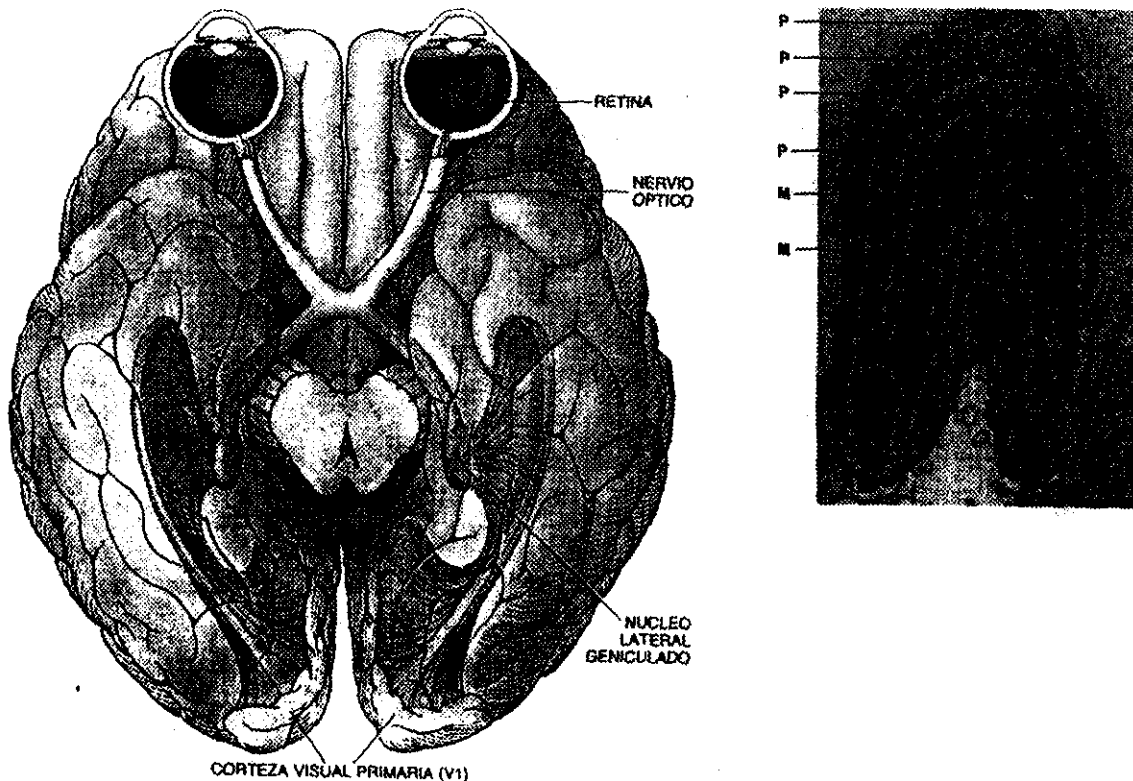


Figura 1.3 Conexión entre la retina y V1, destacándose las capas parvo y magnocelulares del Núcleo Geniculado lateral.

Las lesiones sufridas en cualquier punto de la vía que conecta la retina con el área V1 provoca un campo de ceguera absoluta, cuya extensión y localización se corresponde exactamente con el tamaño y ubicación de la lesión en V1. El área V1 está rodeada por "la corteza de asociación visual" o "corteza preestriada" que consta de muchas áreas diferentes y que está separada de V1 por la región V2. Zeki (1992) explica que estas regiones (véase Figura 1.4) se hallan individualmente especializadas para realizar diferentes tareas, lo que dedujo de sus investigaciones realizadas en los años 70, con electrodos implantados en macacos, en las que observó que todas las células del área preestriada V5 (también denominada lóbulo Temporal Medio o MT) responden al movimiento, son mayoritariamente selectivas a la dirección del mismo y que ninguna se ocupa del color del estímulo móvil. El área V5 está especializada en la visualización del movimiento, mientras que las células del área V4 son selectivas a luces de distintas longitudes de onda y a la orientación de las líneas,

que son aspectos constituyentes de la forma. Las células ubicadas en V3 y V3A también son sensibles a la forma, pero al igual que las células de V5, no lo son al color.

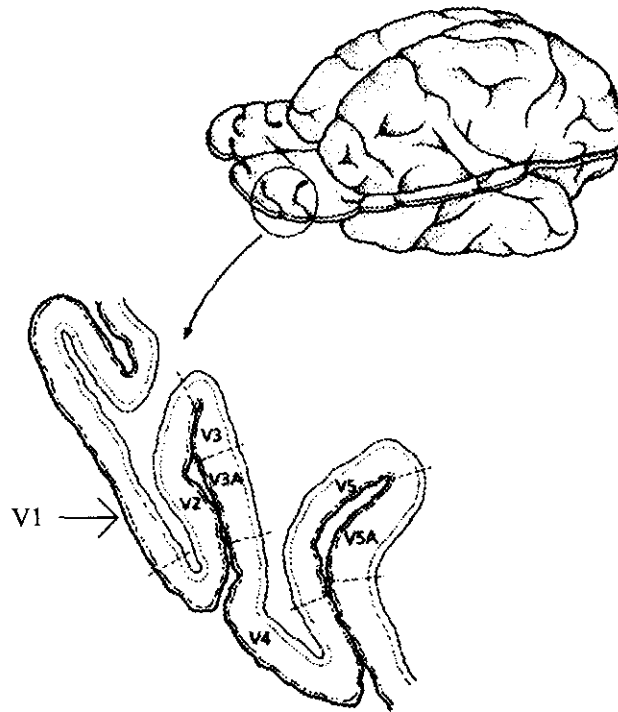


Figura 1.4 Áreas visuales en el mono macaco (tomada de Zeki, 1992)

A partir de los datos obtenidos con macacos, Zeki propuso la noción de especialización funcional de la corteza visual en la que los distintos atributos del mundo visible se procesan por separado (Zeki, 1978). Además, como del área V1 provienen casi todas las conexiones a las áreas especializadas, también este área exhibiría una especialización funcional, al igual que V2, que conecta entre las áreas especializadas y V1. Se utilizaron distintas técnicas, como la tinción de tejidos y la tomografía por emisión de positrones, para verificar en humanos la especialización funcional de V1 y V2. El área V1, de insólita riqueza en estratos celulares, presenta una arquitectura todavía más rica. La arquitectura metabólica de V1 se caracteriza por columnas de células que se extienden desde la superficie cortical hasta el tejido nervioso subyacente, la materia blanca. Observadas en secciones paralelas a la superficie cortical, dichas columnas ofrecen el aspecto de glóbulos, separados por regiones intermedias. Las células con capacidad selectiva a la longitud de onda de la luz se concentran en los glóbulos, mientras que las que son selectivas a las formas se congregan en las regiones interglobulares.

Las columnas celulares se aprecian claramente en las capas segunda y tercera de V1, que reciben señales de las capas parvocelulares del núcleo geniculado lateral, estas células se encargan de los estímulos visuales de gran intensidad y estáticos, ocupándose muchas de ellas del COLOR. Se puede observar un sistema distinto de estructura en la capa 4B de V1, que recibe señales de las capas magnocelulares del núcleo geniculado lateral, que responden a estímulos transitorios o en movimiento, siendo en su mayoría indiferentes al color. La capa 4B se proyecta a las áreas V5 y V3, y la organización de la capa sugiere que ciertas partes están especializadas en la percepción del MOVIMIENTO, encontrándose segregadas de otras partes que gestionan otros atributos.

El área V2, lo mismo que la V1, posee una estructura metabólica especial que en V2 adopta la forma de bandas gruesas y bandas delgadas separadas por regiones interbandas. Las células selectivas a la *longitud de onda* se congregan en las bandas delgadas, las células sensibles al *movimiento direccional* se congregan en las bandas gruesas y las células sensibles a *la forma* se encuentran en las bandas gruesas y en las interbandas. Se puede afirmar que V1 y V2 contienen casillas donde se recomponen los distintos tipos de señales antes de remitirlas a las áreas especializadas. Las células de estas casillas poseen campos receptivos pequeños, es decir, responden sólo a estímulos que inciden en una pequeña región de la retina.

A partir de estos datos, Zeki (1992) propone cuatro sistemas paralelos que se ocupan de diferentes atributos de la visión: uno para el movimiento, otro para el color y dos para la forma (véase Figura 1.5).

Los dos sistemas más dispares entre sí son los correspondientes al color y al movimiento. Para el sistema encargado del movimiento la zona preestriada clave es V5; las señales que reciben viajan desde la retina a través de las capas magnocelulares del núcleo geniculado lateral y llegan a la capa 4B de V1. Desde allí, las señales pasan a V5, por vía directa y a través de las bandas gruesas de V2.

El sistema cromático depende del área V4; sus señales atraviesan las capas parvocelulares del núcleo geniculado lateral hasta los glóbulos de V1 y prosiguen después hasta V4, bien directamente, o bien a través de las bandas estrechas de V2.

De los sistemas de procesamiento de la forma, uno se encuentra ligado al color y el otro es independiente de él. El primero se basa en V4 y extrae sus entradas de las capas parvocelulares del núcleo geniculado lateral, a través de las regiones interglobulares de V1 y de las interbandas de V2. El segundo se funda en V3 y se ocupa más de la forma dinámica, es decir, de las formas de los

objetos en movimiento. Este segundo sistema toma sus entradas de las capas magnocelulares del núcleo geniculado lateral a través de la capa 4B de V1; las señales prosiguen después hasta V3 directamente, o a través de las bandas gruesas de V2.

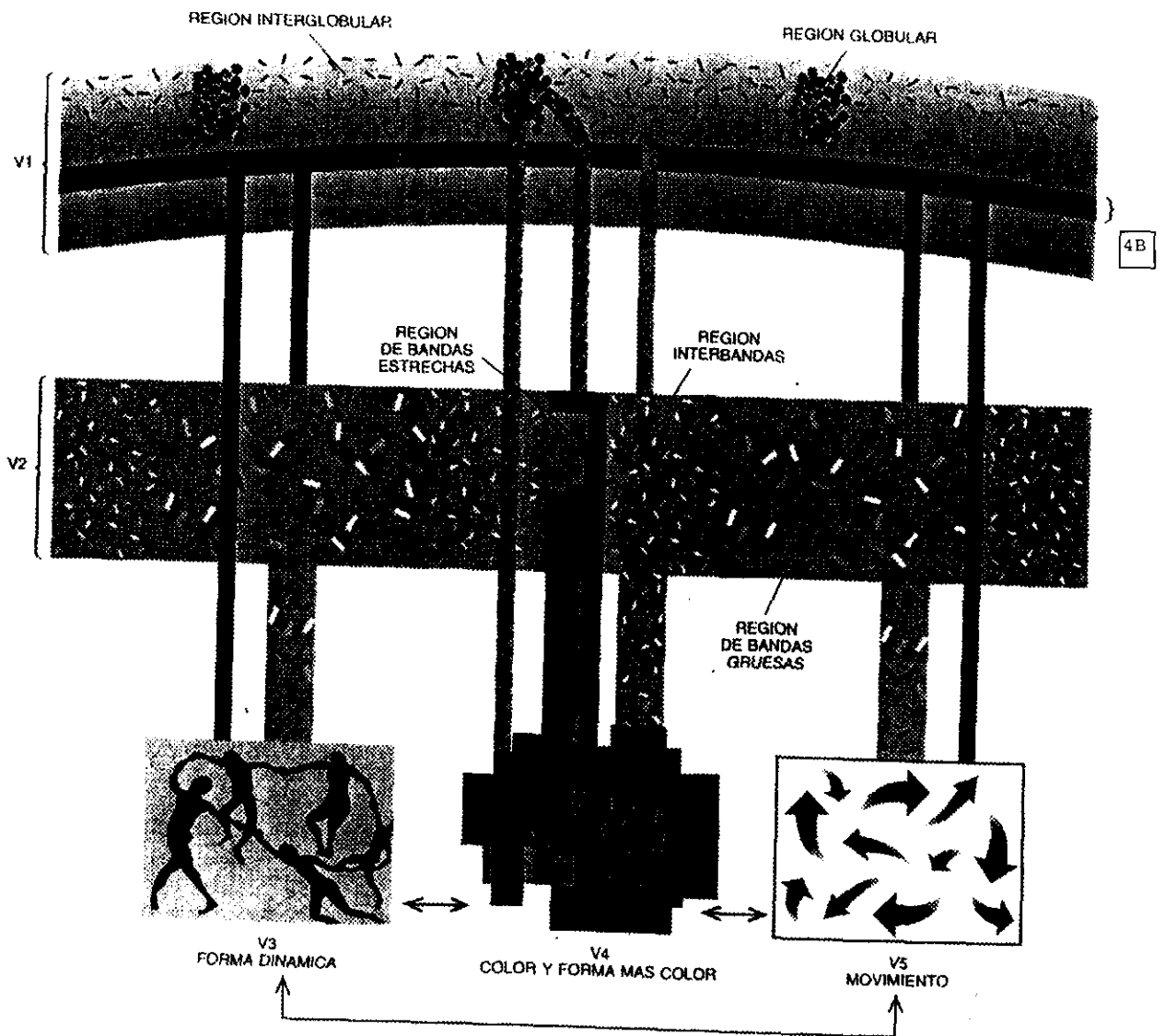


Figura 1.5 Modelo de Zeki (1992)

La anatomía de las áreas V1 y V2 ofrecen a las distintas "casillas" múltiples oportunidades de comunicación, de igual manera que se comunican las áreas especializadas. Se da una mixtura de señales parvo y magno celular, que las áreas preestriadas utilizan para cumplir sus funciones.

El modelo de Zeki (1992) que se presenta esquemáticamente en la Figura 1.5 se ve apoyado por las distintas patologías que sufren los pacientes que tienen lesionadas alguna de estas áreas. Las lesiones de V4 desembocan en acromatopsia; estos pacientes ven únicamente en tonos grises, pero no sólo son incapaces de ver el mundo en color (ceguera para el color), sino que tampoco pueden evocar colores de épocas anteriores a la lesión. Aquellos que tienen lesionada la región V5 sufren acinetopsia, no ven ni comprenden el mundo en movimiento, los objetos son visibles en reposo, pero al moverlos se esfuman y desaparecen de la vista.

No hay casos clínicos descritos en los que se haya observado pérdida completa de la percepción de la forma, ya que exigiría la pérdida completa de V3 y V4 lo que seguramente afectaría a V1 o V2, provocando la ceguera total. Existen patologías en la percepción de la forma, frecuentemente combinadas con acromatopsia, en las que los individuos suelen experimentar mucha mayor dificultad en el reconocimiento de formas estáticas que cuando estas mismas formas se encuentran en movimiento (prefieren ver la televisión a contemplar el mundo real). Estos sujetos suelen utilizar la estrategia de mover la cabeza para identificar objetos estáticos.

1.4 MAPAS Y DOMINIOS

En el punto 1.3 hemos expuesto cómo las distintas regiones de la corteza visual procesan las propiedades físicas de objetos y escenas, tales como el color, la forma y/o el movimiento. La mayoría de los teóricos que trabajan sobre el procesamiento de la información visual están de acuerdo en postular dos niveles de representación: una precategórica, que contiene información sin identificar, y otra postcategórica, conteniendo información identificada. La representación precategórica contiene información literal o análoga a la de los atributos sensoriales de los estímulos, que sería la que se procesaría en la corteza preestriada y que, al estar ordenada espacialmente, podría recibir la denominación de "mapas". La representación postcategórica se procesaría en el cortex inferotemporal y en regiones más allá del cortex inferotemporal, como el hipotálamo lateral, donde se encuentran los módulos del segundo grupo, en el que se daría esa representación postcategórica que contiene información identificada, o un nivel de procesamiento que contiene información categorizada donde ya no se conserva el orden espacial. La etiqueta apropiada para estas representaciones sería la de "dominios". Los mapas servirían para "ver" y los dominios para "conocer" (Van der Heijden, 1992).

1.5 RESUMEN

La información sobre el mundo visual llega al cerebro a través de la interconexión neuronal, vía sinapsis, en la que las distintas células procesan la señal mediante una serie de procesos, unos de ellos excitatorios y otros inhibitorios de la estimulación generada por los fotorreceptores en respuesta a la luz.

La respuesta de los fotorreceptores depende del contraste entre la intensidad del estímulo luminoso y el fondo, ya que cada fotorreceptor responderá con mayor fuerza, cuanto mayor sea la intensidad del estímulo. Por el contrario, perderá sensibilidad a medida que se incrementa la luz de fondo, al irse cerrando paulatinamente los canales de sodio.

La sensibilidad de los fotorreceptores es exquisita, en condiciones adecuadas, puesto que es capaz de detectar un fotón. Por otra parte el tiempo de disparo es aproximadamente de 50 ms. para los conos y está en torno a los 300 ms. para los bastones. Estos tiempos de disparo nos llevan a considerar la existencia de un umbral de tiempo para la discriminación, en otras palabras, un fotorreceptor no puede distinguir entre dos estímulos presentados en un intervalo que sea inferior a su tiempo de disparo, produciéndose la integración de los estímulos visuales que se suceden en la retina con un intervalo temporal inferior a 50 ms.

Los estímulos presentados en la fovea, constituida únicamente por fotorreceptores del tipo cono, serán los que recibirán un procesamiento más rápido, con mayor resolución espacial y con procesamiento del color.

Zeki (1978) propuso que en la corteza visual se distinguen áreas especializadas en el procesamiento de los distintos atributos del estímulo visual. A partir de esta idea, desarrolla un modelo (Zeki, 1992) en el que el procesamiento cerebral de la información visual se realiza en cuatro sistemas paralelos, correspondientes a distintos atributos de la visión, uno para el color, otro para el movimiento y dos para la forma. Van der Heijden (1995) destaca la importancia funcional de la distinción fisiológica entre la vía parvocelular (que procede fundamentalmente de los receptores situados en la fovea) frente a la vía magnocelular. La vía parvocelular procesaría la estimulación sostenida (los detalles, el color, etc.), mientras que la magnocelular procesaría la estimulación transitoria (el movimiento, cambios repentinos de luminancia, etc.).

Por último, la distinción entre mapas y dominios que hace Van der Heijden (1992, 1995), según se conserve o no la ordenación espacial de los estímulos, se utiliza frecuentemente en los modelos teóricos de atención visual.

1.6 ESTUDIOS PSICOFÍSICOS

Los hallazgos neurofisiológicos indican que el funcionamiento del sistema visual se basa en dos mecanismos básicos y contrapuestos de activación e inhibición de la señal. A partir de aquí se puede pensar que cuanto mayor sea el número de fotorreceptores que se disparen, mayor será en conjunto la respuesta del sistema, esto es muy claro en el caso de los bastones, en los que se da una gran convergencia neural, precisamente para que una estimulación mínima pueda ser amplificada y así transmitida al sistema.

La cantidad de fotorreceptores que se dispara ante la aparición de un estímulo luminoso depende de distintos factores como el tamaño del estímulo proyectado en la retina, su intensidad, la duración de la estimulación, etc.

1.6.1 LA FUNCIÓN DE SENSIBILIDAD AL CONTRASTE

Los paneles de letras de distinto tamaño es el recurso que emplea la óptica para conocer la agudeza visual de las personas. Este procedimiento sólo permite conocer el poder de resolución visual de cada individuo ante las altas frecuencias. No obstante, es posible conocer la respuesta del sistema visual empleando enrejados de distintas frecuencias. La Función de Sensibilidad al Contraste (FSC) expresa la relación que existe entre la frecuencia espacial del enrejado y la sensibilidad del sistema visual humano, mostrando que la sensibilidad, en una persona de visión normal, disminuye a medida que aumenta la frecuencia (disminuye el tamaño del objeto proyectado en la retina), pero también disminuye la sensibilidad a partir de cierto valor (tres grados por ciclo de ángulo visual) para las bajas frecuencias (ver Figura 1.6).

La FSC, al relacionar la sensibilidad del sistema visual con la frecuencia espacial, considera un sistema acromático en el que no puede haber percepción si no hay contraste entre las bandas claras y oscuras que forman el enrejado. Sin embargo, se comprueba fácilmente que en presentaciones visuales en las que los estímulos se igualan en luminancia (ver por ejemplo Theeuwes, 1992) el estímulo será visible si su color difiere del color de fondo, posiblemente porque una de las funciones del color sea la de distinguir entre objetos de igual luminancia (sin contraste).

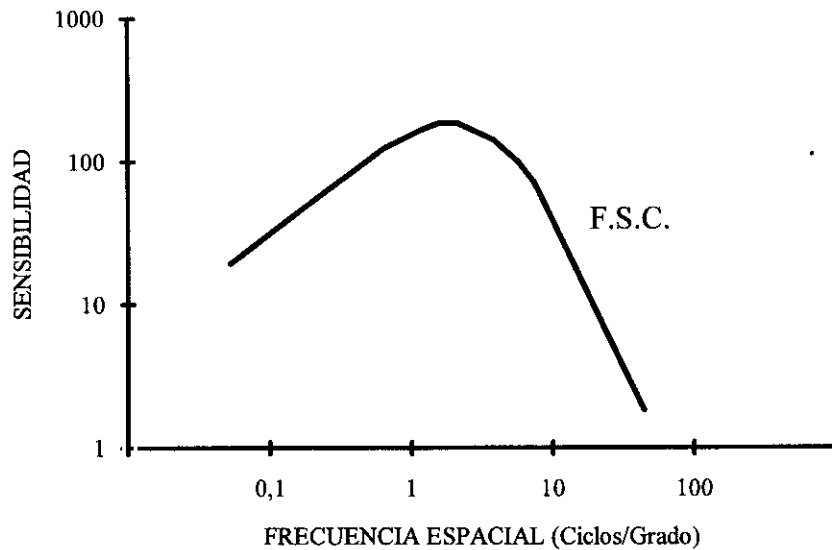


Figura 1.6 Función de Sensibilidad al Contraste.

Por tanto, ante estímulos de altas frecuencias (superiores a los tres grados por ciclo de ángulo visual), la eficiencia del sistema está directamente relacionada con el tamaño proyectado sobre la retina (para los estímulos acromáticos), puesto que, cuanto mayor sea el tamaño del estímulo, menores serán los requerimientos en contraste para que se produzca la identificación del estímulo.

1.6.2 INTENSIDAD DEL ESTIMULO Y TIEMPO DE REACCIÓN

En el siglo XIX ya se conocía que los tiempos de reacción simple decrecen cuando se incrementa la intensidad del estímulo. Piéron (1914, 1920, 1952) formalizó esta relación que se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$\text{SRT} - t_0 = \beta I^\alpha$$

donde **SRT** es el tiempo de reacción simple, t_0 es el tiempo de reacción mínimo que se obtiene cuando el estímulo se presenta a máxima intensidad, β el rango de cambio entre el valor de t_0 y el valor máximo en tiempo de reacción determinado como umbral, I es la intensidad del estímulo y α , exponente de la función, es un parámetro específico de cada modalidad sensorial.

Piéron (1914, 1920, 1952) había demostrado en tareas de detección que los tiempos de reacción simples (SRT) disminuyen como función hiperbólica de la luminancia. Pins y Bonnet (1996) comprobaron que la función de Piéron proporcionaba también un buen ajuste de los datos en una tarea de detección, presentada mediante ordenador, para tiempos de reacción de elección (CRT). El procedimiento seguido fue presentar binocularmente estímulos luminosos al sujeto, que fue el investigador principal, el cual apoyaba su cabeza sobre un barbuquejo situado a 70 cm de distancia del monitor (tiempo de barrido 60 Hz). Los estímulos luminosos consistieron en rectángulos que podían aparecer a la derecha o a la izquierda del punto de fijación. El tiempo de persistencia del estímulo fue de 83 ms. (cinco barridos de pantalla). La tarea CRT consistió en decidir si el rectángulo había aparecido a la derecha o a la izquierda del punto de fijación. Los valores de los parámetros fueron para $\alpha = 0.3864$ y para $t_0 = 226$ ms. (ver Figura 1.7).

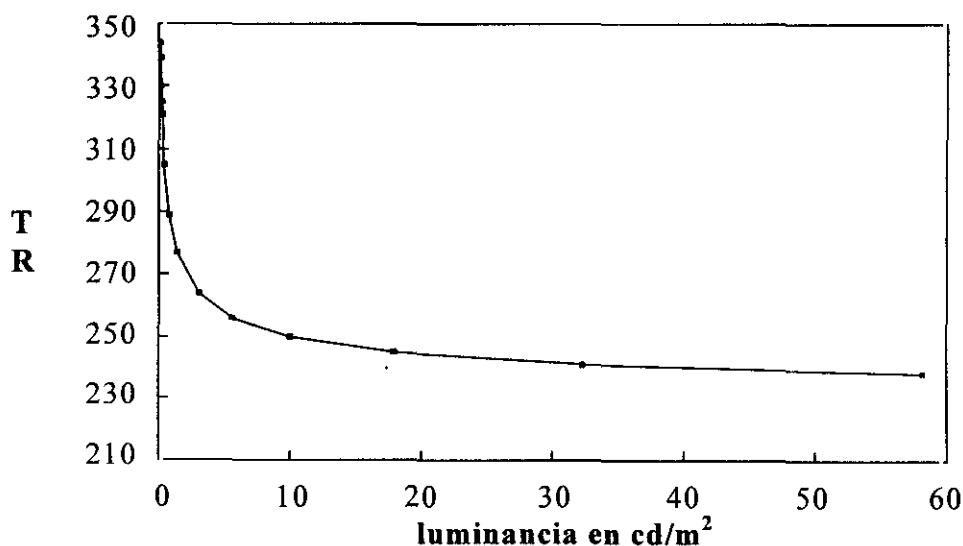


Figura 1.7 Función de Piéron obtenida en una tarea CRT

Pins y Bonnet (1996) muestran que los tiempos de reacción de elección decrecen con el incremento del nivel de luminancia y que este decrecimiento está bien descrito por la función de Piéron. La validez de la función de Piéron implica una regresión cuadrática de los efectos de los niveles de luminancia en las medias de los tiempos de reacción (TRs). Al incrementarse la luminancia, aumentaría la relación señal/ruido, reduciéndose el tiempo de procesamiento y como consecuencia el tiempo de reacción.

Pins y Bonnet (1996) consideran que sus resultados se explicarían por un modelo de procesamiento aditivo y secuencial en el que, en primer lugar, se procesaría la luminancia y, posteriormente, se produciría el procesamiento específico que requiera cada tarea.

1.7 EXPERIMENTO PREVIO

En este trabajo de tesis se ha realizado un experimento previo para hacer inferencias acerca de si el procesamiento visual de los estímulos depende de las variables: tamaño relativo del estímulo, intensidad y duración de la estimulación. Posteriormente, en el capítulo sexto de esta tesis, relacionaremos los resultados obtenidos con fenómenos atencionales como la existencia de asimetrías atencionales y el procesamiento prioritario de los elementos de aparición repentina.

Objetivo. Investigamos si el procesamiento visual de los estímulos, además de estar relacionado con el tamaño proyectado en la retina como establece la FSC, también depende de la duración de la estimulación como sugiere la relación entre intensidad del estímulo y tiempos de reacción que encontró Piéron (1914) para la detección de tiempos de reacción simple y que Pins y Bonnet (1996) generalizaron para tiempos de reacción de elección.

Aparatos. Un luxómetro digital (mavolux Gossen) con adaptador para la medida de la luminancia. Un computador compatible IBM 486/66 conectado a un monitor de color de 14 pulgadas con tarjeta super VGA de alta resolución sirvió para la generación y presentación de los estímulos visuales. Mediante el teclado del computador se dieron las respuestas que se registraron en el mismo aparato. Durante toda la tarea el sujeto tuvo apoyada la barbilla en un barbuquejo que se utilizó para evitar movimientos de la cabeza y controlar la distancia entre el sujeto y la pantalla del computador.

Estímulos. En el centro de la pantalla del computador, se presentaba durante un segundo una pequeña cruz que indicaba al sujeto el punto de fijación. Un segundo después, la cruz desaparecía durante otro segundo. En ese instante aparecía en el punto de fijación un dígito en uno de cuatro colores (azul, rojo, verde o blanco), elegido aleatoriamente entre el 0 y el 9. El tamaño del dígito sobre la pantalla del computador fue de 16x16 píxeles y los caracteres fueron del tipo utilizado por el compilador C++ por defecto ("Default font").

Se manipuló el tiempo durante el cual el estímulo objetivo estuvo presente en la pantalla del computador. Se utilizaron cinco tiempos de persistencia del estímulo en pantalla: 17, 33, 50, 67 y 83 ms., que se corresponden respectivamente con los tiempos de 1, 2, 3, 4 y 5 refrescos de pantalla a 60 Hz.

Hemos de hacer notar que al presentar el estímulo en la pantalla de un computador, no se puede hablar de una persistencia continua del estímulo, sino discontinua y secuencial. La triada (uno para cada color básico) de electrones barre secuencialmente la pantalla de izquierda a derecha y de arriba a abajo 60 veces por segundo. La pantalla se encuentra recubierta internamente de sustancias fosforescentes que se iluminan al chocar sobre las mismas los electrones, la fosforescencia resultante va decayendo hasta desaparecer, volviendo a iluminarse con el siguiente barrido de pantalla. No obstante, se ha considerado la continuidad, ya que, por un lado, el estímulo presentado, debido a su pequeño tamaño, tarda en completarse menos de un milisegundo; y, por otra, la intermitencia de presencia del estímulo entre barridos de pantalla también es despreciable comparándolo con el tiempo de disparo de un cono (60-75 ms.). Por lo tanto, hemos considerado que para el sistema visual humano el estímulo presentado opera de forma similar a como lo haría un estímulo continuo presentado a la vez sobre los fotorreceptores que se ocuparan de analizarlo.

Procedimiento. La manipulación del tamaño del dígito proyectado sobre la retina, se realizó variando la distancia a la que se encontraba el sujeto de la pantalla del computador. Las distancias que se utilizaron fueron 30, 60, 90, 120 y 150 cm. El uso del barbuquejo permitió fijar la distancia entre la pantalla y el sujeto, evitando movimientos de la cabeza.

La tarea encomendada al sujeto consistió en identificar el dígito que aparecía tras el punto de fijación. Si el sujeto acertaba, se reducía el contraste del próximo dígito presentado. La tarea continuaba hasta que se alcanzaba el mínimo nivel de contraste con el que el sujeto podía identificar el dígito. El sujeto, en caso de error, recibía un pitido avisándole del fallo y se incrementaba el nivel de contraste en el siguiente dígito.

El experimento fue realizado sin más iluminación que la proveniente de la pantalla del computador. La tarea de identificación del dígito se repitió para cada uno de los cinco tiempos de presentación del estímulo (17, 33, 50, 67 y 83 ms.) y se realizó con dígitos de color azul, verde y rojo, y también para dígitos en color blanco. El fondo de la pantalla fue negro (0.7 lux), excepto en una condición en que se replicó el experimento con fondo azul (2.8 lux) para dígitos presentados en color azul.

La variable dependiente fue el contraste mínimo requerido para la identificación del dígito. La magnitud de esta variable se calculó utilizando la fórmula de Michelson (ver Walraven et al., 1990 pp. 57):

$$\text{Contraste} = (L_{\text{max}} - L_{\text{min}}) / (L_{\text{max}} + L_{\text{min}})$$

donde, L_{max} es la luminancia del dígito y L_{min} la luminancia del fondo.

1.7.1 RESULTADOS

En las Figuras 1.8, 1.9, 1.10, 1.11 se representan los valores de contraste obtenidos para los distintos tamaños del estímulo (grados de ángulo visual), en cada uno de los cinco tiempos de persistencia del estímulo utilizados en el experimento.

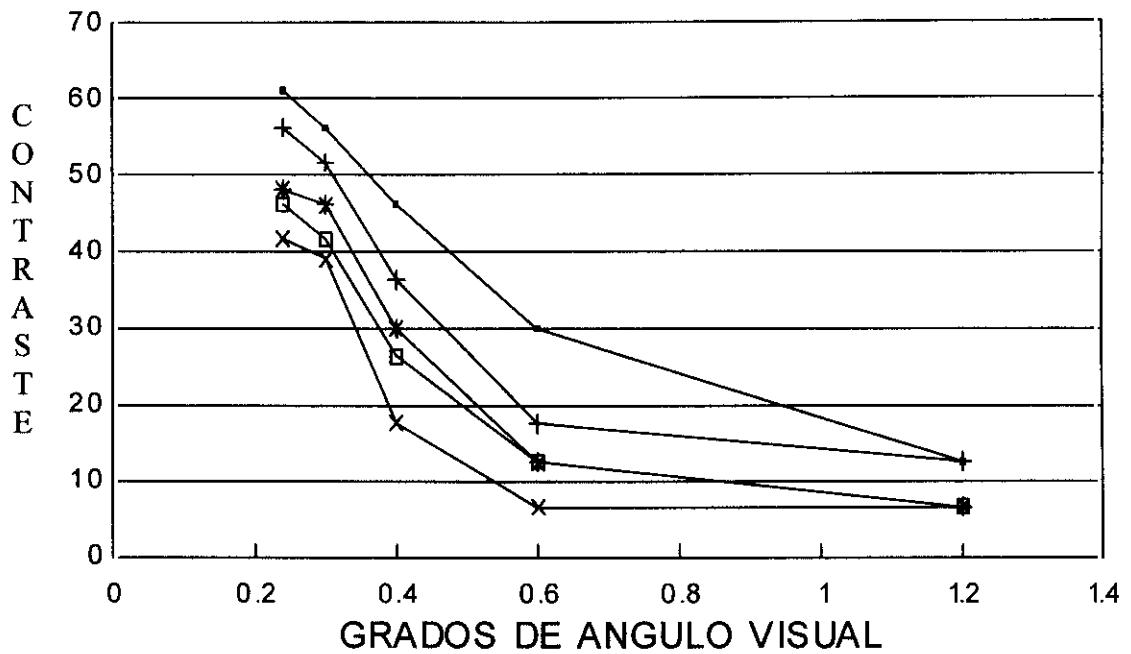


Figura 1.8 Valores de contraste entre el dígito en COLOR AZUL y el fondo de la pantalla en NEGRO, para que el sujeto pueda identificar el dígito. Los valores de persistencia del estímulo en milisegundos fueron (●) 17; (+) 33; (*) 50; (□) 67, (x) 83.

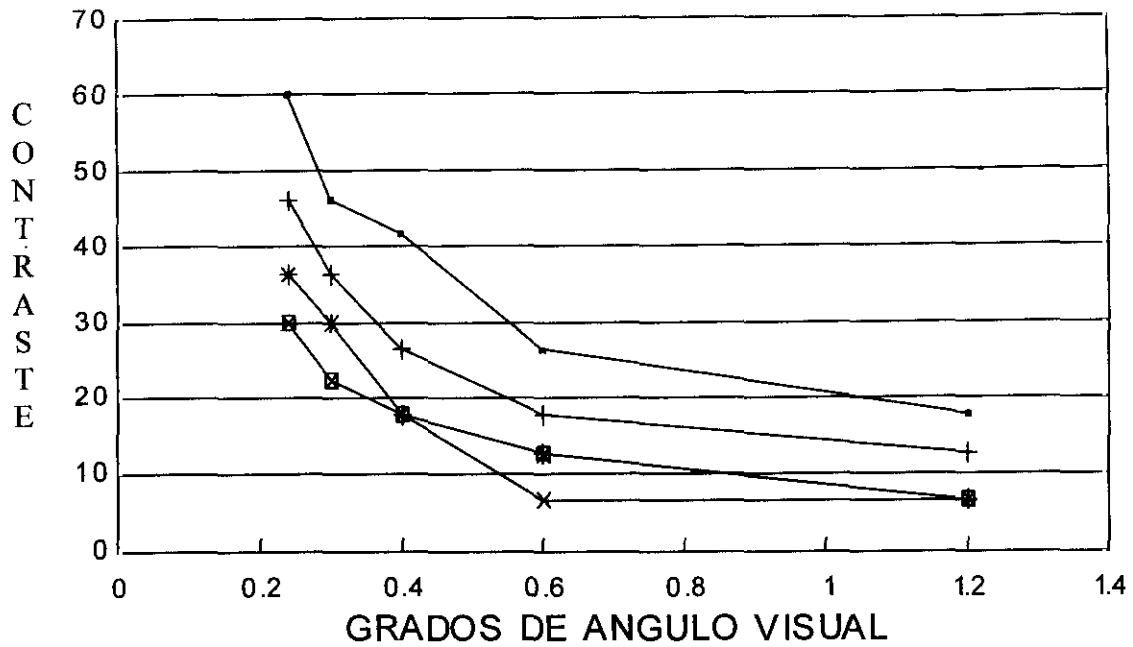


Figura 1.9 Las condiciones del experimento son exactamente como las de la Figura 1.8, excepto en que el dígito aparece en COLOR ROJO.

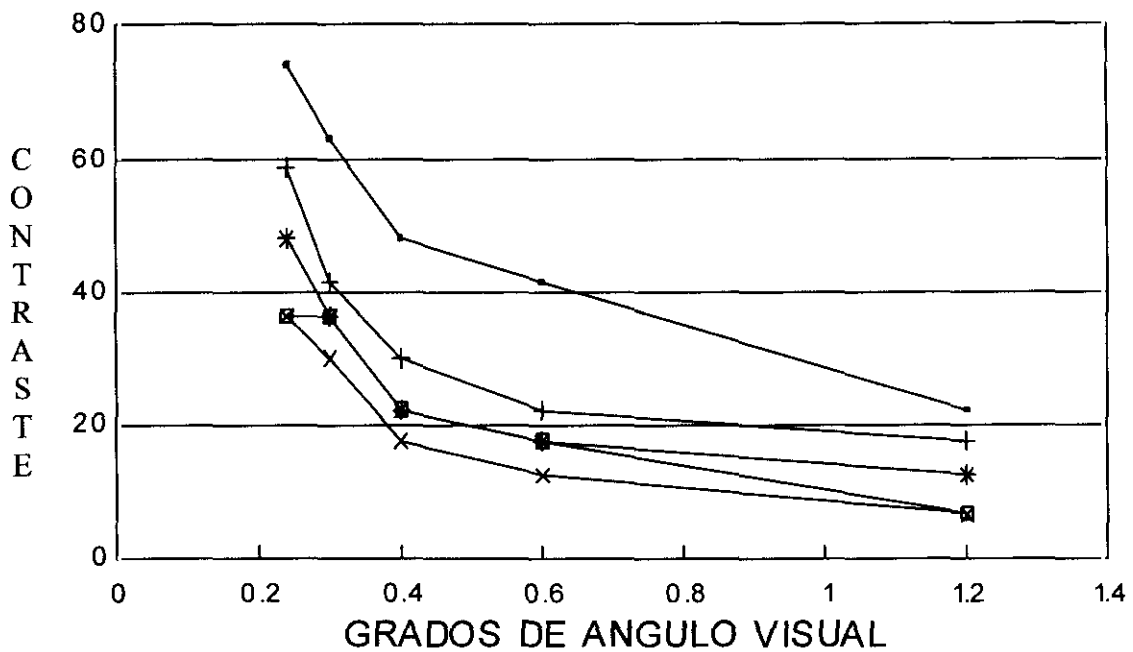


Figura 1.10 Las condiciones del experimento son exactamente como las de la Figura 1.8, excepto en que el dígito aparece en COLOR VERDE.

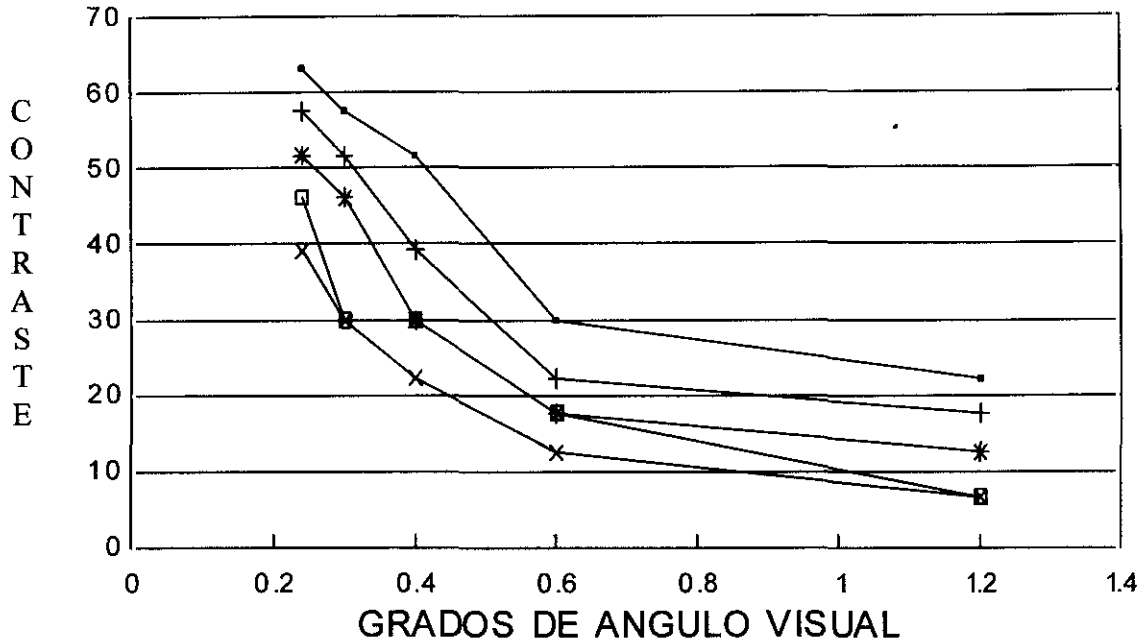


Figura 1.11 Las condiciones del experimento son exactamente como las de la Figura 1.8, excepto en que el dígito aparece en COLOR BLANCO.

Se realizó un análisis de la varianza para comprobar si el color tuvo algún efecto principal significativo sobre el nivel de contraste, dicho efecto no resultó ser significativo [$F[3,96]=1,195$ N.S.], aunque en media el color verde se percibió con menor contraste.

La Figura 1.12 resume la información de las Figuras 1.8, 1.9, 1.10 y 1.11, representando los valores medios en contraste según el tamaño del estímulo (grados de ángulo visual) para los cinco tiempos de persistencia del estímulo.

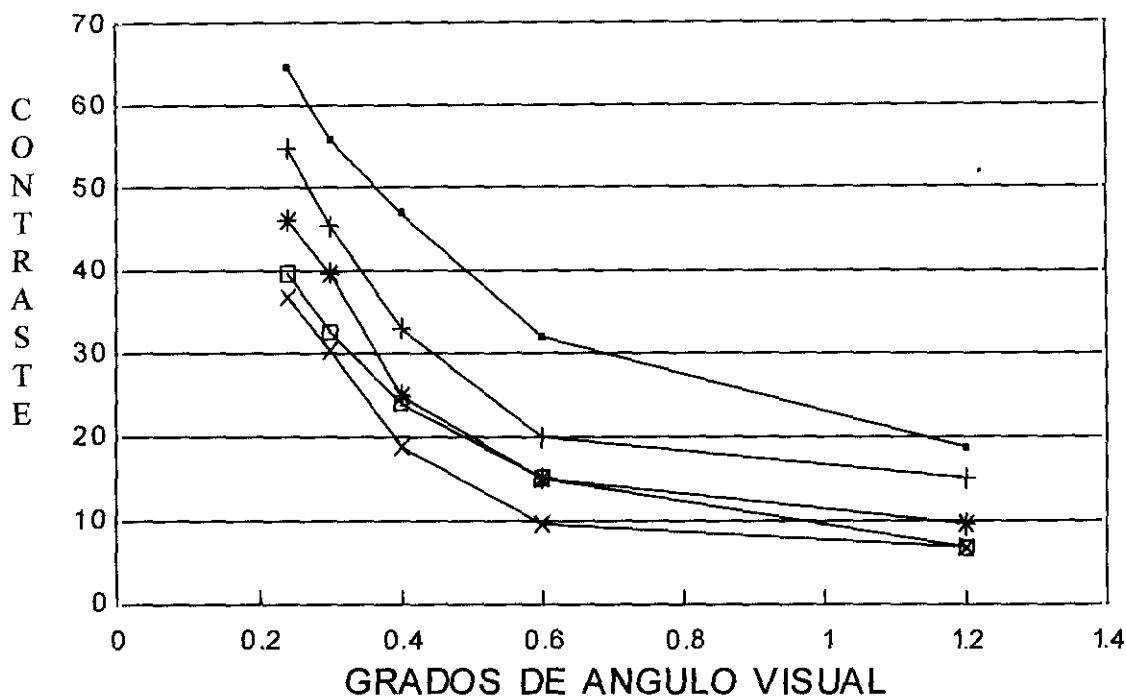


Figura 1.12 Valores medios de contraste en función de los grados de ángulo visual. Los cinco tiempos de persistencia del estímulo utilizados fueron (●)17; (+) 33; (*)50; (□) 67, (x) 83 ms.

Se realizó también un análisis de la varianza para comprobar la significación estadística de los dos factores principales: grados de ángulo visual y tiempo de persistencia del estímulo en pantalla. Se comprobó que ambos factores fueron significativos, obteniéndose para el estadístico F los valores $F[4,75]=157,763$, $p<0.001$, para el factor grados de ángulo visual y $F[4,75]=56,895$, $p<0.001$, para el factor tiempo de persistencia. La interacción entre estos dos factores no fue estadísticamente significativa ($F[16,75]=1,124$, N.S.).

En la Figura 1.13 se representa los valores en contraste según el tamaño del estímulo para los distintos tiempos de persistencia del estímulo, pero con dígitos de color azul presentados sobre una pantalla también azul de iluminancia 2.8 lux.

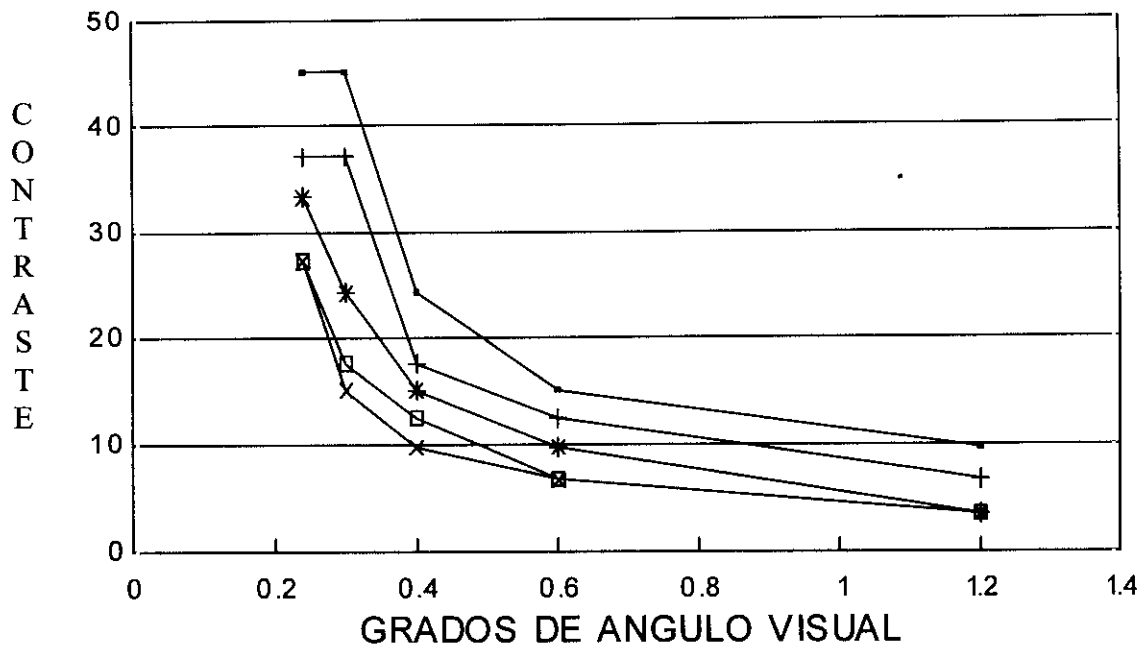


Figura 1.13 Valores de contraste entre el dígito en COLOR AZUL y el fondo de la pantalla también AZUL, para que el sujeto pueda identificar el dígito. Los valores de persistencia del estímulo en milisegundos fueron (●) 17; (+) 33; (*) 50; (□) 67, (x) 83.

1.7.2 CONCLUSIONES

a) Los niveles de contraste que el sistema visual requiere para la identificación del dígito son similares, independientemente del color en que se presenta el estímulo. Esto sugiere que los distintos conos requieren valores similares de intensidad para poder realizar el disparo, no constatándose diferencias significativas para las distintas longitudes de onda. No obstante, si se iguala en luminancia el color del estímulo con un fondo de distinto color (ver por ejemplo Theeuwes, 1992) el estímulo será visible, por lo que suponemos que una de las funciones del color es la de permitir distinguir entre objetos con niveles de luminancia parecidos.

b) Nuestros resultados muestran que el tamaño del estímulo proyectado en la retina tiene un efecto principal sobre el contraste mínimo necesario para la detección. En las Figuras de la 1.8 a la 1.13 se puede apreciar como, a medida que se reducen los grados de ángulo visual (tamaño del objeto proyectado sobre la retina), se precisa mayor contraste para identificar el

dígito, aunque la relación entre los grados de ángulo visual y el contraste no es de tipo lineal. Cuando el tamaño del estímulo supera un cierto valor (0.6 grados de ángulo visual), el contraste necesario para la identificación se estabiliza.

Estos resultados están en consonancia con las predicciones que hace la función de sensibilidad al contraste para las altas frecuencias y sugieren que, cuanto mayor sea el número de fotorreceptores que procesan el estímulo, menor será el contraste necesario para la identificación.

c) Se comprueba que el tiempo de persistencia del estímulo tiene un efecto principal significativo sobre el contraste mínimo necesario para la identificación. Este resultado se relaciona con el tiempo de disparo de los fotorreceptores que Schanapf y Baylor (1987) sitúan sobre los 75 ms. para los conos. En las Figuras de la 1.8 a la 1.13 se aprecia un salto, en contraste, muy grande de los 17 ms. a los 33 ms., mientras que para los demás tiempos de persistencia, las diferencias en contraste se reducen progresivamente. Esto sugiere que el tiempo de persistencia del estímulo es muy importante hasta completarse el disparo de los fotorreceptores. Por otra parte, también explica que se mezclen los estímulos que se presenten consecutivamente en la misma posición, cuando el intervalo entre estímulos es inferior al tiempo de disparo. Así se justifica, por ejemplo, que en los experimentos de Theeuwes (1995), los sujetos no fuesen conscientes de que se les habían presentado dos colores consecutivos en un intervalo de 50 ms., o la incapacidad de los sujetos para identificar estímulos que van precedidos de una máscara, cuando el tiempo entre estímulo y máscara es muy pequeño (Kröse y Julesz, 1989).

d) Qué el procesamiento del estímulo dependa de la persistencia de la estimulación, está en consonancia con el modelo serial de acumulación de evidencia sensorial propuesto por Pins y Bonnet (1996). Según este modelo, en una primera fase se procesaría la información relativa a la intensidad del estímulo, y en una segunda fase, se iniciarían otros procesamiento de orden superior.

e) Por último, podemos generalizar el efecto del tamaño y del tiempo de persistencia del estímulo sobre la sensibilidad del procesamiento visual cuando el fondo tiene color. En la Figura 1.13 se muestra que el sistema se hace más sensible (precisa menor contraste) cuando el fondo es de color, aunque sigue siendo función de las dos variables, grados de ángulo visual y tiempo de persistencia del estímulo.

Capítulo 2

MODELOS DE ATENCIÓN VISUAL

En los distintos apartados de este capítulo se conectan los hallazgos neurofisiológicos y psicofísicos con los modelos más relevantes propuestos dentro del marco de la atención visual.

Las investigaciones sobre atención visual se han realizado con distintos paradigmas de búsqueda, lo que se hace patente, por ejemplo, en las revisiones de van der Heijden (1992) o Palmer, Ames y Linsey (1993). La búsqueda del elemento objetivo, generalmente, se realiza sobre una pantalla de computador en la que se presentan varios elementos, entre los que puede estar o no el elemento que es objetivo de la búsqueda. En la mayor parte de los trabajos, la tarea del sujeto experimental consiste en decidir si el elemento objetivo de la búsqueda está presente o no en la presentación visual, y para dar la respuesta suele disponer de dos botones o teclas. Las variables dependientes utilizadas son los Tiempos de Reacción (TRs) y el número de errores cometidos. Generalmente, la variable independiente es la "carga perceptiva", que se relaciona con la complejidad de la presentación visual y que se define operativamente como el número de elementos presentados ("display size" o "display set size").

El principal objetivo de la mayoría de las investigaciones llevadas a cabo con el paradigma de búsqueda visual es establecer qué estímulos visuales y en qué condiciones se pueden encontrar sin esfuerzo, y cuáles requieren mayores recursos de procesamiento. En la literatura, la búsqueda de estímulos visuales básicos en presentaciones simples realizado "sin esfuerzo" se relaciona con el procesamiento preatentivo, mientras que las búsquedas en presentaciones más complejas se relacionan con el procesamiento en serie o procesamiento atento.

2.1 PROCESAMIENTO EN SERIE Y EN PARALELO

Estes y Wessel (1966), junto a Atkinson, Holmgren y Juola (1969) fueron pioneros en mostrar que el tiempo requerido para detectar un carácter alfanumérico concreto, situado entre otros caracteres distractores, se incrementa aproximadamente de forma lineal con el incremento del número de distractores, a lo que se denomina en la literatura efecto "display size". El incremento lineal del tiempo de búsqueda al aumentar el número de distractores, implicaría que el individuo ha de buscar el objetivo en serie, elemento a elemento. A partir de aquí, los distintos autores han utilizado el calificativo "en serie" para referirse a aquellas funciones de búsqueda, regresión lineal de los TRs sobre el número de elementos presentados ("display size"), con una pendiente positiva sustancial. El calificativo "en paralelo" se reserva para aquellas funciones de búsqueda con pendiente pequeña o nula.

Como no todos los estímulos visuales exigen el mismo tiempo para ser localizados, el coste, en tiempo de búsqueda, de cada elemento adicional presentado dependerá de la pendiente de la línea de regresión TRs | "display size". Si el estímulo objetivo se localiza mediante búsqueda "en serie" y completa ("Self-terminating") se predice que la pendiente de la función de búsqueda será el doble en los ensayos "en blanco" (ensayos en los que no se presenta el objetivo), respecto a la pendiente obtenida cuando el objetivo de la búsqueda está presente. El que sea doble la pendiente de la recta de regresión de los TRs sobre el número de elementos presentados en los denominados ensayos "en blanco" se debe a que el sujeto debe examinar cada elemento para confirmar que el objetivo no está presente, mientras que en los ensayos en que se presenta el objetivo, el sujeto debe examinar, en promedio, la mitad de los elementos para encontrar el elemento objetivo (Wolfe, Cave y Franzel, 1989).

El modelo de Treisman y Gelade (1980), que se conoce como teoría de integración de características, clasifica los estímulos según el tipo de procesamiento (en paralelo o en serie) que requieren. Así, características básicas de los estímulos como el color, la orientación o el tamaño, se procesan

en paralelo, mientras que las conjunciones de estas características básicas que forman los objetos requiere escrutinio en serie. Este modelo se trata a continuación con mayor profundidad por su gran relevancia teórica.

2.2 MODELOS EXPLICATIVOS DEL PROCESO ATENCIONAL

En este capítulo revisaremos los principales modelos que se han propuesto para explicar el proceso atencional, teniendo en cuenta que consensualmente este proceso se ha dividido en dos etapas, la etapa preatentiva y la etapa atenta. En los distintos modelos se especificará hasta donde y para que tipo de estímulos es posible, realizar un procesamiento preatentivo "en paralelo" y en que momento y para qué tareas se hace necesario incorporar mayores recursos de procesamiento.

2.2.1 TEORÍA DE INTEGRACIÓN DE CARACTERÍSTICAS

Una de las teorías más fructíferas y ambiciosas dentro del campo de la atención visual es la Teoría de Integración de Características (TIC) de Treisman y Gelade (1980). La TIC intenta definir, desde una postura sintética, cuales son las unidades del vocabulario perceptivo, que se corresponden con los atributos estimulares que pueden percibirse en paralelo, en línea con la tradición asociacionista que explicaba la experiencia consciente a partir de la combinación de las sensaciones elementales.

Treisman y Gelade (1980) utilizaron el término DIMENSIÓN para referirse al rango completo de variación que es analizado separadamente por algún subsistema perceptivo funcionalmente independiente. Mientras que el término CARACTERÍSTICA hace referencia a un valor particular dentro de una dimensión. Por ejemplo, rojo y vertical son características de las dimensiones color y orientación.

Las características se registrarían tempranamente de forma automática y espacialmente en paralelo (todo el campo visual se procesa a la vez), mientras que los objetos se identificarían separadamente y en una etapa posterior, que requeriría atención focal.

La TIC propone que la escena visual, en un primer momento, se codifica en distintas dimensiones, como son el color, la orientación, la frecuencia espacial, el brillo, la dirección del movimiento, etc. Para recombinar estas representaciones y asegurarse la correcta síntesis de características para cada objeto en una representación compleja, la localización de los estímulos se procesarían en serie con atención focal. La atención focal sería el "pegamento"

con el que se integran las características, inicialmente separadas, en objetos unitarios.

En resumen, Treisman y Gelade (1980) predijeron que las características separables se detectan por búsqueda en paralelo, generan conjunciones ilusorias en ausencia de atención, pueden ser identificadas sin necesidad de ser localizadas, deben mediar fácilmente en la segregación de texturas y pueden tener efectos sobre la conducta del sujeto, aunque no se les preste atención. Por el contrario, la conjunción de características requiere búsqueda en serie, no tendrá efecto si no hay atención, se deberá producir una alta correlación entre tareas de identificación y localización, y serán muy poco efectivas en la mediación para la segregación de texturas.

La TIC inicialmente mostró que sus predicciones eran correctas con experimentos en los que había dos características, generalmente la forma (caracteres alfanuméricos) y el color. Por ejemplo, Treisman y Gelade (1980) utilizaron la letra S y el color Azul para definir el objetivo, mientras que las letras X y T, y los colores verde y marrón los utilizaron como distractores. Cuando alguna de las dos características del objetivo no era compartida por los distractores (por ejemplo, la letra S está entre letras T), la búsqueda seguía el patrón "paralelo", mientras que cuando los distractores comparten las características del objetivo, la letra S azul está entre letras T azules y letras S verdes, seguía el patrón de búsqueda "en serie", es decir, los TRs se incrementaban linealmente al aumentar el número de distractores presentados (de 40 a 60 milisegundos por cada elemento adicional) y la búsqueda era completa, siendo doble la pendiente de la función de búsqueda para los ensayos "en blanco".

Treisman y Gormican (1988) intentan explicar cómo opera la percepción de las características y objetos. En forma gráfica y esquemática se presenta en la Figura 2.1.

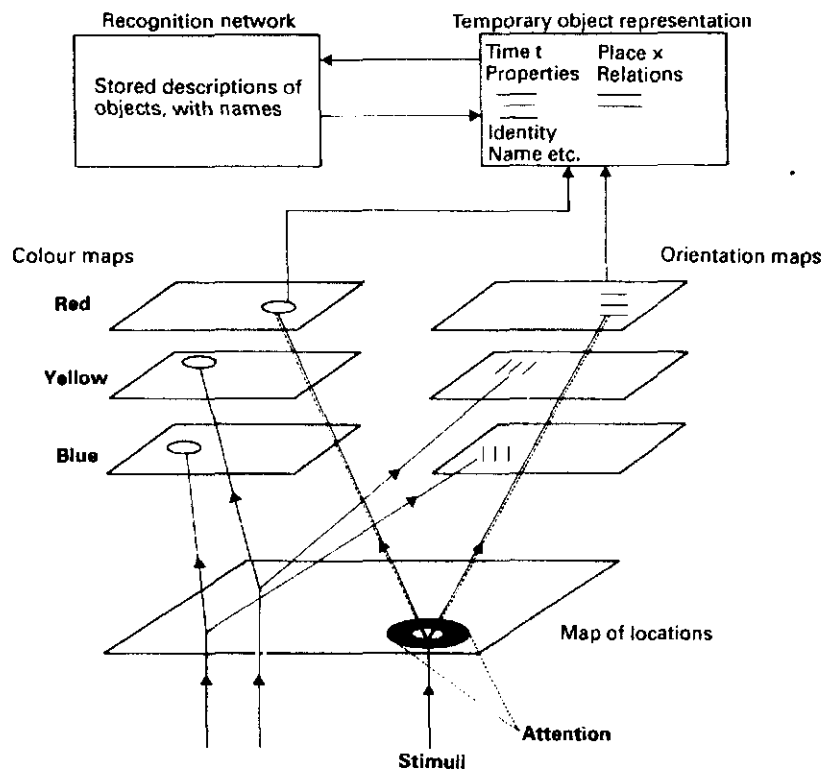


Figura 2.1 Marco explicativo de la percepción de características y objetos (Treisman y Gormican, 1988)

Según este esquema, el medio en que opera la atención es el mapa "maestro" de localizaciones que especifica "dónde" se encuentran los elementos en la presentación visual. Este mapa indica el número de elementos, o localizaciones ocupadas por elementos, pero no indica las características de estos elementos. Las características, si no interviene la atención focalizada, flotan libremente, puesto que su localización es incierta, o serían incorrectamente transmitidas al nivel en que las representaciones de objetos "conjuntados" se construyen. No obstante, la información sobre la localización se codifica con certeza en una etapa inicial del procesamiento visual. Treisman y Gormican (1988) proponen que la localización de características se hace accesible para procesamientos posteriores y para la experiencia consciente, únicamente a través de la unión funcional a partir del mapa maestro de localizaciones al realizar un chequeo en serie de éste. La atención selecciona una zona ocupada del mapa maestro y de esta manera restringe temporalmente la actividad de cada mapa de características a las características que están unidas a la localización seleccionada.

2.2.2 MODELO DE BÚSQUEDA GUIADA

Mediados los años 80 comenzaron a surgir trabajos experimentales en los que se cuestionaba el patrón de búsqueda "en serie" para objetivos definidos por conjunción de características. Nakayama y Silverman (1986) encontraron pendientes muy poco pronunciadas en varias conjunciones con movimiento y profundidad estereoscópica. Esto llevó a Wolfe, Cave y Franzel (1989) a proponer que en la etapa preatentiva y en paralelo se obtienen una serie de ventajas que se pueden aprovechar en la etapa posterior, atenta y en serie, a lo que denominaron Búsqueda Guiada (BG).

La BG propone la existencia de un mecanismo excitatorio o de activación. Este mecanismo, durante la etapa inicial de procesamiento en paralelo, excitaría en los distintos mapas de características todas las localizaciones que compartan alguna característica con el objetivo, de este modo, en el caso de la búsqueda de conjunción típica, el objetivo de la búsqueda estaría doblemente excitado frente a los distractores. Si la atención se dirige al punto de máxima excitación, encontraría automáticamente el objetivo, sin necesidad de realizar una búsqueda en serie conducida de forma aleatoria. Los citados autores reconocen que el modelo funcionaría igual de bien si se asume que el procesamiento en paralelo inhibe las localizaciones de los no objetivos, descartando distractores, en vez de identificar candidatos a objetivo.

Si la transmisión de la información de la etapa de procesamiento en paralelo a la etapa de procesamiento en serie fuera perfecta, la atención debería ser guiada inmediatamente al objetivo y la búsqueda de un elemento definido por conjunción de características debería ser independiente del número de distractores presentados. Sin embargo, los datos sugieren que la transmisión es imperfecta. La eficiencia de la búsqueda es superior a la que se obtendría si la búsqueda fuera en serie y aleatoria, pero no se obtienen pendientes nulas para la función de búsqueda, lo que indica que también se chequean elementos que no son el objetivo de la búsqueda. Un camino para modelizar este comportamiento es asumir que hay ruido en la transmisión de la señal entre las dos etapas de procesamiento: si el ruido es sustancial, la información obtenida durante la etapa paralela no es utilizada para el chequeo posterior en serie, realizándose una búsqueda estrictamente en serie, mientras que si el ruido es despreciable, la etapa de procesamiento en serie debería poder localizar un objetivo, sin examinar elementos incorrectos. Así, la saliencia relativa de los estímulos puede entenderse como una manipulación de la relación señal / ruido.

La estrategia que consiste en utilizar el procesamiento en paralelo como ayuda al procesamiento en serie, al sugerir la localización más probable del objetivo, no funcionaría para todo tipo de tareas visuales de búsqueda. Por

ejemplo, consideremos una letra T entre letras L, en este caso, tanto el objetivo "T" como los distractores "L" están compuestos por una línea horizontal y otra vertical. Un mapa de características sensible a la orientación, mostraría que en todas las localizaciones los elementos están constituidos por una línea vertical y una línea horizontal, de manera que este mapa de características sería incapaz de guiar la atención al elemento objetivo y en consecuencia la búsqueda tendría que realizarse mediante escrutinio en serie.

La BG predice que cuanto mayor sea la información obtenida en la fase preatentiva de procesamiento en paralelo, mas eficiente será la búsqueda. Así, la triple conjunción será más eficiente que la doble. En suma, la atención puede ser guiada por mecanismos preatentivos. Un mapa de características en paralelo puede hacer particiones de conjuntos de elementos entre distractores y candidatos a objetivo. Esta información se degrada por el ruido al pasar al procesamiento en serie. En esta segunda etapa, el foco atento se mueve de elemento a elemento hasta encontrar el objetivo. Con la ayuda de la información del procesamiento en paralelo, el movimiento no tiene que ser aleatorio, pudiéndose dirigir a la localización más probable. Si la relación señal/ruido durante el procesamiento en paralelo es grande, el objetivo se encontrará rápidamente. Si la señal es pequeña, el foco atento examinará un mayor número de distractores antes de encontrar el objetivo. Al disponer de mayor información, la conjunción triple en los ensayos "en blanco", comparando con los ensayos en que aparece el objetivo, presenta pendientes de la función de búsqueda inferiores al patrón 2/1 característico de la búsqueda en serie. En tareas en las que no se dispone de información útil (una letra T entre letras L) el procesamiento preatentivo no sirve de guía y el foco de atención se desplaza aleatoriamente chequeando todos los elementos de la presentación uno a uno, hasta encontrar el elemento objetivo.

2.2.3 EFICIENCIA DE LA BÚSQUEDA POR INHIBICIÓN

Treisman y Sato (1990) revisaron las formulaciones iniciales de la TIC e incorporan a la teoría mecanismos que permiten aplicar el procesamiento paralelo a "conjunciones" de características cuando las características que conforman estos elementos son altamente discriminables. Esta reformulación de la TIC permite incorporar a la teoría la evidencia experimental, cada vez más abundante, que muestra búsquedas extremadamente eficientes para ciertas conjunciones de características (Nakayama y Silverman, 1986; Wolfe et al., 1989).

La propuesta de Treisman y Sato (1990) es similar a la Wolfe, Cave y Franzel (1989) pero, en vez de proponer un mecanismo de activación de características objetivo, consideran más adecuada la *inhibición de*

características. El mecanismo de inhibición operara reduciendo la "ventana" atenta, al excluir distractores que no comparten características con el objetivo. La inhibición se puede producir en dos o más mapas de características, que no son compartidas por el objetivo, reduciéndose de este modo la actividad de los distractores que posean alguna de éstas características inhibidas. En el caso extremo de que las características que definen a los distractores sean totalmente separables y distinguibles del objetivo, se daría el patrón de búsqueda en paralelo, permitiendo al objetivo "sobresalir", sea cual sea el "display-size". Cuando la inhibición no sea total, deberá hacerse un chequeo en serie entre las localizaciones, cada una con distinto nivel de activación (dependiendo del grado de inhibición). Treisman y Sato (1990) proponen que, en este chequeo en serie, el orden seguido lo determina la proximidad espacial entre elementos o grupos de elementos.

El mecanismo de inhibición, al igual que el de activación de la BG, es consistente con la evidencia experimental de que la búsqueda es en serie para la conjunción de dos características idénticas en diferentes disposiciones espaciales, por ejemplo, una letra L entre letras T. Si aceptamos que la "T" y la "L" están formadas por una línea horizontal y otra vertical no sería posible aplicar la inhibición a ninguna característica y deberíamos buscar ítem a ítem. La hipótesis de inhibición también es consistente con los resultados de Wolfe, Cave y Franzel (1989) en que los distractores que difieren en dos de sus características para una triple conjunción son rechazados más eficientemente que los distractores que difieren sólo en una.

Treisman y Sato (1990) en un experimento reseñado como el cuarto en ese trabajo, manipulando la heterogeneidad de los distractores pusieron a prueba si el mecanismo que mejora la búsqueda se basa en la activación o en la inhibición. Si el mecanismo es la inhibición, la tarea será más difícil y costosa, cuanto mayor sea el número de características utilizadas en el experimento. En ese experimento se incrementó el número de características de los distractores mientras que al mismo tiempo se hacían más discriminables las características del objetivo. Si el mecanismo que guía la búsqueda es la activación, al incluir en la presentación distractores que se distinguen en mayor medida del objetivo, la búsqueda será más rápida, puesto que, el objetivo se hace más saliente. Al contrario, si lo que opera es la inhibición, al incrementar el número de tipos de distractor se dificulta la búsqueda. Se compararon búsquedas para el objetivo que se definía por la conjunción de color y orientación debiendo buscarse una línea de color verde inclinada 27°, en dos condiciones experimentales:

- a) Condición estándar con dos tipos de distractores: líneas de color verde inclinadas 63° y líneas de color gris inclinadas 27°

b) Condición con cuatro tipos de distractores: además de los distractores citados en a), se presentaban otros dos tipos de distractores: líneas de color rosa inclinadas 27° y líneas de color gris inclinadas 90°.

Las características de los distractores en las presentaciones con dos tipos de distractores fueron más similares al objetivo que las características de los dos tipos de distractores añadidos en las presentaciones con cuatro distractores. De este modo, si el mecanismo que guía la búsqueda es la activación de las características que conforman el elemento objetivo de la búsqueda, el objetivo deberá sobresalir más en una presentación más heterogénea con cuatro tipos de distractor. No obstante, los tiempos de búsqueda mostraron el patrón de procesamiento en serie (incrementándose los TRs al aumentar el número de elementos presentados) y fueron significativamente mayores para cuatro distractores en comparación con la condición de dos distractores. En definitiva, se produjo un aumento en los tiempos de búsqueda al incrementarse la heterogeneidad de los distractores.

Treisman y Sato (1990) concluyen que, probablemente, la mejor solución sea la de contemplar un mecanismo de búsqueda que utilice tanto la activación de las características que definen al objetivo, como la inhibición (o filtrado) de las características o aspectos irrelevantes para la búsqueda.

Esta conclusión parece la más razonable, ya que fisiológicamente se distinguen distintos procesos de activación e inhibición que mejoran la recepción de la señal, además existen distintos fenómenos perceptivos que difícilmente se pueden explicar sin recurrir a la concurrencia simultánea de mecanismos que, al activar ciertos canales, inhiben alguna región del campo visual. Por ejemplo, esto ocurre en el fenómeno "far-out-jerk" (Humphreys y Bruce, 1989) en el que se inhibe la actividad de la fovea al activar los canales magnocelulares de la periferia con estímulos en movimiento. Este fenómeno se obtiene al presentar una pequeña luz en distintas localizaciones, en torno al punto de fijación, sobre un campo de luminancia uniforme de forma circular, que está rodeado por un enrejado vertical en que continuamente cambian de forma oscilante las líneas de blanco a negro y de negro a blanco. Se comprueba que el enrejado inhibe la detección del punto de luz, y que la inhibición es máxima cuando el objetivo se encuentra en la fovea.

2.2.4 MODELO DE OPERACIONES PARALELAS SECUENCIALES

Friedman-Hill y Wolfe (1995) parten del modelo BG que, como hemos indicado, explica la eficiencia de la búsqueda de conjunciones, proponiendo que en la fase preatentiva una serie de operaciones paralelas simultáneas provocan la activación diferencial de los elementos presentados, lo que sirve de guía a la

búsqueda en serie. Estos autores se preguntan si siempre el procesamiento en paralelo preatentivo es anterior al procesamiento en serie atento. Para investigar esta cuestión proponen una búsqueda de conjunciones modificada a la que denominan búsqueda de "subconjuntos", en la que el sujeto conoce "a priori" una de las dos características que definen el objetivo (el color) pero no la otra (la orientación) que cambia de ensayo a ensayo. La tarea consiste en buscar un elemento rojo de orientación X, entre elementos rojos de orientación Y y elementos verdes de orientación X. Comparando ésta búsqueda con la de conjunciones estándar (se conocen las dos características del objetivo) y con la búsqueda en paralelo de características que sirvió de control, se concluyó que la búsqueda de subconjuntos no sigue el patrón de procesamiento en serie pero tampoco el de procesamiento en paralelo, llevando más tiempo que la búsqueda de características y de conjunciones; la pendiente de la recta de regresión $TRs \mid \text{"display set-size"}$ no fue nula, pero estuvieron por debajo de lo esperado para el patrón de búsqueda completa y en serie. En un segundo experimento se ampliaron el número de elementos presentados ("display set-size"), incrementando el número de elementos rojos (característica objetivo) y dejando constante el número de distractores de color verde. Los resultados fueron consistentes con la hipótesis de operaciones secuenciales en que los sujetos primero seleccionan los elementos rojos y posteriormente, realizan una búsqueda en paralelo de la distinta orientación. En un tercer experimento, trabajando con "set size" de 4, 8, 16, 24 y 32 elementos, se encontró que en las presentaciones con pocos elementos se encontraba el patrón de búsqueda en serie, y en las grandes, el de búsqueda en paralelo.

En un cuarto experimento se investigó el empobrecimiento de la búsqueda con la heterogeneidad en la condición relevante, comprobándose que se debía a falta de conocimiento por parte del sujeto de cuáles eran las características relevantes. En el quinto experimento se puso a prueba si la estrategia de búsqueda era la inhibición o la activación. Se encontró que la peor condición de búsqueda era aquella en la que los sujetos experimentales debían inhibir la característica irrelevante. En este quinto experimento había muchos colores relevantes y los sujetos debían encontrar el elemento de distinta orientación entre los "no verdes" (rojos o amarillos). Por último, en el sexto experimento, se investigó el efecto en la búsqueda del "ruido" en una dimensión irrelevante, se estudió si el procesamiento paralelo puede quedar limitado a una característica relevante o si se desbarata por una variación irrelevante en otra dimensión, encontrándose que la adición de ruido en una dimensión irrelevante no tiene efectos adversos en la búsqueda.

Los resultados de los seis experimentos ofrecen un cuadro dinámico del procesamiento en paralelo. En el instante en que los estímulos aparecen, aún no se ha establecido la guía en paralelo de la atención. La atención se despliega hacia alguna localización, y la capacidad limitada de procesamiento puede

chequear la existencia de algún elemento en esta localización. Poco después de la aparición de los estímulos, el procesamiento en paralelo "bottom-up" (provocado por los estímulos) produce la activación en el lugar donde ocurre un cambio local, mientras que el procesamiento en paralelo "top-down" (por ejemplo, el conocimiento del color del objetivo) activa las localizaciones que contienen algún atributo del objetivo y la atención se despliega según el nivel de activación de cada localización. Cuando la atención llega (enfoca) a la localización, se chequean los contenidos y la atención se redirige a otro lugar en el caso de no encontrar el objetivo. En un breve instante temporal (entre 200 y 300 milisegundos) el procesamiento paralelo puede agrupar o seleccionar elementos no contiguos en base a su similaridad en alguna característica, por ejemplo el color, y una vez que un grupo de elementos ha sido seleccionado en función de esta característica, el procesamiento paralelo puede restringirse a este grupo con mínima interferencia de los elementos fuera del grupo.

Friedman-Hill y Wolfe (1995) cuestionan la concepción simple del procesamiento en dos etapas, según la cual, los procesos preatentivo y atento son independientes y secuenciales. No todo procesamiento en paralelo tiene que ser completado antes del procesamiento en serie. Es posible que procesos en serie y en paralelo estén sucediendo a la vez. La información puede reprocesarse por distintos módulos y por los mismos módulos en distintas fases. La visión preatentiva no es una colección estática de módulos que coge uno al azar para encontrar estímulos simples, seguido del procesamiento en serie, sino que es una herramienta flexible que trabaja para desplegar información con la que guiar los procesos y obtener la localización del campo visual.

2.2.5 MODULARIDAD Y ATENCIÓN

Van der Heijden (1992, 1995), partiendo de las evidencias de la neurofisiología y neuroanatomía sobre la visión, que presentan una división del trabajo en módulos, se pregunta por la utilización que se ha dado al concepto de atención. Llegando a la conclusión de que la atención se ha utilizado como un "ente" que resuelve el problema de integrar el procesamiento realizado en módulos separados. Así, Treisman y Gelade (1980) utilizaron la atención para resolver el problema de la modularidad, concibiendo la atención como el "pegamento" que uniría las características primitivas de los estímulos formando objetos. Van der Heijden no acepta limitaciones perceptivas de capacidad (la idea de capacidad limitada proviene de la teoría de filtro de Broadbent, 1958, 1971) de forma que, la necesidad de seleccionar el material que se va a atender no se debería a problemas de capacidad, el sistema visual con sus 100.000 millones de neuronas sería capaz de procesar todo el ambiente estimular, sino a que todo organismo está orientado a la acción y debe escoger en cada momento la alternativa correcta. Precisamente, para elegir la alternativa correcta, es

interesante disponer de la máxima información posible, de manera que en cada momento se procesaría todo el ambiente visual en paralelo, rechazándose el chequeo en serie. Otra cosa es que se produzca una concentración o selección de los elementos a los que va dirigida la acción.

El mecanismo de la atención determina, en cada instante, hacia qué objeto se dirige la acción. En la Figura 2.2 se muestra esquemáticamente el modelo de van der Heijden.

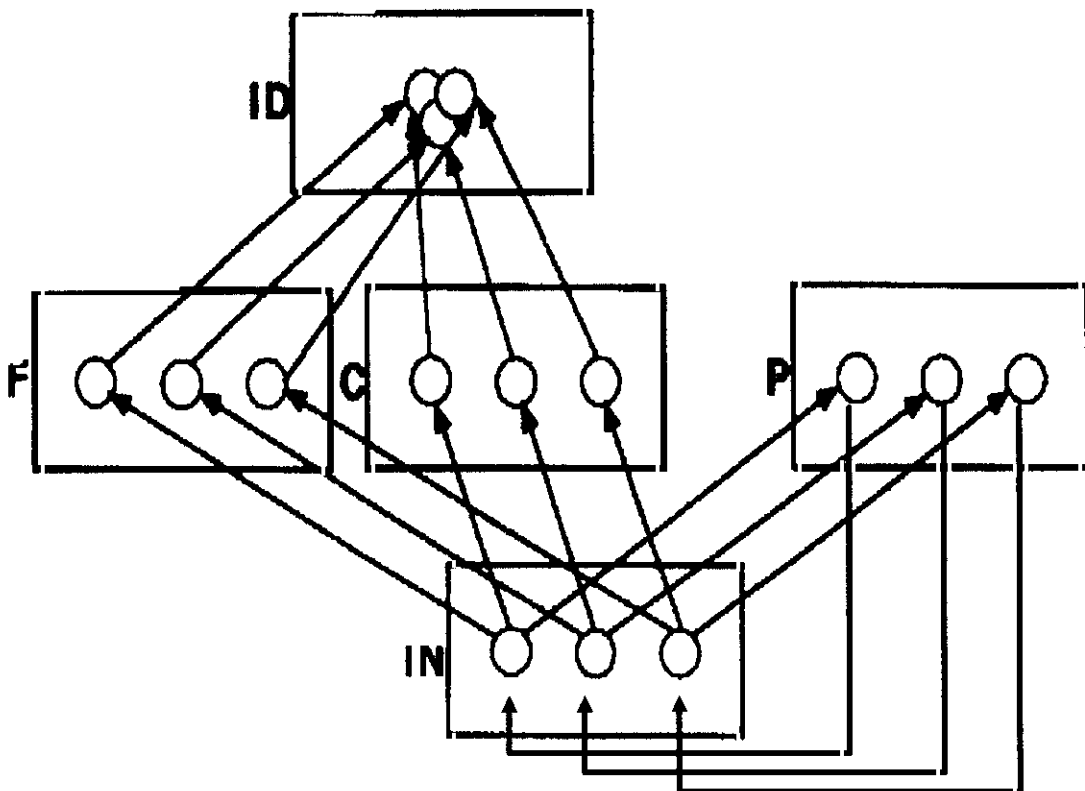


Figura 2.2 Diagrama en que se muestran los mapas de posiciones (P), de formas (F), y de colores (C), el módulo de entrada (IN) y el dominio de identificación (ID). (Van der Heijden, 1995).

El modelo de van der Heijden se apoya en los hallazgos neurofisiológicos que indican que la vía "parvocelular" transmite información sobre el color y la forma detallada, mientras que la vía "magnocelular" transmite información sobre la localización de los objetos. En el modelo propuesto, la información visual entra en el sistema a través del "módulo de entrada", esta información se registra en un mapa retinotópico, pero sin hacerse explícita, la información se transmite vía "parvo" al mapa de color, al mapa de formas, etc. y estos mapas confluyen en el dominio de identificación donde la información de las distintas características se

hace explícita (color, forma, tamaño, etc.). La información visual también se transmite vía "magno" al mapa de posiciones.

La selección de los objetos y de la región del espacio visual que ocupan se realiza preatentivamente. La selección se realiza mediante retroalimentación desde el mapa de posiciones al módulo de entrada.

En este esquema, la atención no es un mecanismo externo al sistema visual que selecciona la posición de campo visual sobre la que se producirá el procesamiento, sino que es el propio sistema visual el que selecciona el modo de procesamiento. De este manera, el modo de atención dividida es aquel en que todas las líneas de retroalimentación se activan por igual, mientras que la atención selectiva o focalizada se obtiene con el mejoramiento de la activación de un subconjunto de estas líneas de retroalimentación. El modo de atención dividida puede considerarse como el modo normal de operación del sistema visual, y el estado de atención focalizada como una activación mejorada superimpuesta al estado de fondo. Así, la atención selectiva se corresponde con el "mejoramiento de la activación".

En definitiva, van der Heijden (1995) establece tres diferencias básicas con la TIC. La primera es que no habría capacidad limitada en el procesamiento visual. La segunda es que el procesamiento no se hace a partir de la posición, ya que la integración se hace automáticamente y en paralelo, lo que se deriva de la ausencia de capacidad limitada y la tercera diferencia es que la atención focalizada no tiene como objetivo la integración de características, sino el seleccionar el subconjunto de información visual que tiene interés para la acción, no uniendo esta información para formar objetos, sino disponiendo en cada momento de toda la información necesaria para la acción.

Treisman (1995) se defiende de las críticas vertidas hacia su teoría por van der Heijden (1995) mostrando que entre la TIC y el modelo de van der Heijden (1992; 1995) hay pocas diferencias: el módulo de entrada se empareja con el mapa de localizaciones de Treisman; el mapa de posiciones juega el mismo papel que la ventana espacial atenta, seleccionando las localizaciones en el módulo de entrada, como la ventana atenta hace en el mapa de localizaciones (excepto que la selección es en paralelo y la evidencia experimental parece mostrar bajo la concepción de Treisman que puede ser o en paralelo o en serie para elementos o grupos de elementos); los mapas de color y forma de van der Heijden son similares a los de características; y el dominio de identificación es equivalente a la representación temporal de objeto del modelo de Treisman. Según Treisman (1995) la única diferencia sustancial entre los dos modelos es que van der Heijden propone que la selección atencional se produce por incremento de activación en las localizaciones de interés, mientras que Treisman sugiere la inhibición en las localizaciones no seleccionadas. Por otra

parte, Treisman reconoce que si la carga perceptiva es baja, la percepción puede ser automática y la "selección temprana" posible, pero no será posible si la carga perceptiva es alta.

2.2.6 RESUMEN

Los distintos modelos que intentan explicar el proceso atencional inicialmente propusieron la existencia de dos etapas secuenciales e independientes, la etapa *preatentiva*, que se realizaría en paralelo por los distintos módulos de la visión, a la que seguiría una etapa *atentiva* posterior, que operaría en serie, chequeando todos los objetos uno a uno (Treisman y Gelade, 1980). La TIC defiende que las áreas visuales especializadas, o mapas, codifican diferencias en orientación, tamaño, frecuencia espacial, profundidad estereoscópica, color y dirección del movimiento, que serían las características primitivas de la visión temprana. Estas características se procesarían espacialmente en paralelo, mientras que los objetos definidos por la conjunción de estas características primitivas se procesarían en serie, gracias a la atención que integraría en un percepto unificado la localización y las características que definen al objeto.

Trabajos posteriores como el de Nakayama y Silverman (1986) mostraron una eficiencia en la búsqueda superior a la esperada para los objetos que se construyen mediante conjunción de características primitivas. Esto condujo a hipotetizar que durante la fase paralela de procesamiento preatentivo se realizaban ciertas operaciones que facilitaban el posterior procesamiento en serie (Wolfe, Cave y Franzel, 1989). El modelo de búsqueda guiada propone que en la fase paralela se activan los distintos mapas de características que comparte el objetivo, de manera que la posición que ocupa el estímulo objetivo será más activa, con lo que el sujeto puede dirigir su atención rápidamente al objetivo. Como la búsqueda también podría guiarse mediante la inhibición o filtrado de lo que no interesa, probablemente lo correcto sea una combinación de activación e inhibición.

Que el procesamiento siempre sea en dos etapas consecutivas e independientes fue cuestionado por Friedman-Hill y Wolfe (1995). Estos autores afirman que el procesamiento en paralelo y en serie están interrelacionados, dándose distintas posibilidades de procesamiento que incluyen el procesamiento en paralelo de segundo nivel que se realizaría a continuación del primer procesamiento en paralelo. De este modo se plantea un modelo de búsqueda guiada flexible en el que no sólo el procesamiento en serie toma ventaja del paralelo, sino que además se plantea la posibilidad de distintos procesamientos en paralelo secuenciales.

El modelo de van der Heijden (1992;1995) va más lejos y niega la existencia del procesamiento en serie. Todo el procesamiento se realizaría en paralelo ya que no habría limitaciones en capacidad. Según el autor, los datos que muestran estas limitaciones están obtenidos en condiciones experimentales provocadas o deficientes de funcionamiento del sistema visual y, por tanto, son engañosas. El ataque frontal que hace a la TIC, es respondido por Treisman (1995) quien matiza que, únicamente en situaciones de baja carga perceptiva, es posible el procesamiento en paralelo de todos los elementos presentados.

La TIC dividió los estímulos en dos categorías: los que pueden procesarse en paralelo (elementos constituidos por características primitivas) y los que deben ser procesados en serie (los objetos definidos por conjunción de características). De este modo se reconocía que el modo de procesamiento prioritario era el modo paralelo, mientras que el procesamiento en serie era una obligación impuesta al sistema al saturarse los recursos disponibles. A pesar de las evidencias experimentales surgidas en las últimas dos décadas, mostrando una eficiencia superior en la búsqueda para la "conjunción", a la inicialmente propuesta por la TIC, la argumentación básica de la limitación en capacidad continúa siendo válida y la clave quizá esté, como indica Treisman (1995) en la carga perceptiva, asunto sobre el que volveremos más adelante en el capítulo tercero de esta tesis.

Capítulo 3

EL CONTROL SOBRE EL PROCESAMIENTO PREATENTIVO

En los modelos que hemos revisado en el capítulo segundo de la tesis, el individuo conocía, al menos, una característica del elemento buscado, de forma que podía utilizar el conocimiento que tiene del objetivo para realizar una búsqueda eficiente. En la literatura, cuando el sujeto realiza la búsqueda apoyándose en el conocimiento que tiene del objetivo, se dice que opera un mecanismo "arriba-abajo" (top-down) o dirigido al objetivo ("goal directed"). En los distintos modelos revisados en capítulo segundo expusimos distintos ejemplos de estos mecanismos tales como la activación de las características compartidas por el objetivo (Wolfe, Cave y Franzel, 1989), o la inhibición de las no compartidas (Treisman y Sato, 1990).

En los paradigmas de búsqueda visual en los que las características del objetivo no son conocidas "a priori" por el individuo, sino que éste se define como el elemento diferente de la presentación (elemento singular), o si durante la tarea un distractor dificulta la búsqueda del elemento objetivo, se revela la existencia de un mecanismo de búsqueda "abajo-arriba" (bottom-up) o dirigido por los estímulos ("stimulus driven"), puesto que, en el caso de tareas de búsqueda del elemento singular, éste se procesa automáticamente (ver por ejemplo Theeuwes, 1991), y en tareas en las que aparece repentinamente un distractor su interferencia en la tarea es inevitable (ver por ejemplo Yantis y Jonides, 1984). La acumulación de evidencia experimental en este sentido, llevó a la noción de que el procesamiento preatentivo era independiente de la intención del sujeto (Folk y Egeth, 1989; Posner y Snyder, 1975; Theeuwes, 1991, 1992) y a caracterizar el procesamiento preatentivo por tres propiedades:

- (a) Procesamiento espacial en paralelo, es decir, procesaría todas las localizaciones del espacio a la vez.
- (b) Ilimitado en capacidad, o sea, insensible a la carga de trabajo.
- (c) Impenetrable a la intención, expectativas, objetivos, etc., del sujeto.

Las dos primeras características del procesamiento preatentivo, ya vimos en el capítulo segundo que son consecuencia de la pendiente nula de la función que relaciona los TRs con el "display size" y que caracteriza al procesamiento en paralelo.

La tercera característica del procesamiento preatentivo es objeto de discusión y ha generado una importante polémica entre los que consideran que el procesamiento preatentivo es imperativo y obligatorio (Yantis y Jonides, 1984, 1990; Theeuwes, 1991, 1992, 1994) y los que consideran que las demandas de la tarea modulan dicho procesamiento (Folk, Remington y Johnston, 1992; Bacon y Egeth, 1994). Por su relevancia teórica y por ser una cuestión que permanece abierta, es uno de los aspectos que se aborda en esta tesis, dedicándose este tercer capítulo a situar la problemática del procesamiento preatentivo involuntario.

Entre los teóricos de la atención visual hay acuerdo en que existe un mecanismo preatentivo que dirige la atención en función de la estimulación, sea o no obligatorio, lo que ha dado lugar a la hipótesis de la "saliencia perceptiva", propuesta a partir de la evidencia proveniente de los experimentos que muestran captura atencional (Yantis y Jonides, 1984; 1990). Aunque más adelante veremos más detalladamente la hipótesis de la saliencia perceptiva, de momento diremos que esta hipótesis afirma que cuando se da un grado de disimilaridad suficiente entre un elemento y su entorno se produce captura atencional por parte de este elemento, siempre que la atención no esté focalizada en una región particular del espacio.

3.1 LA CAPTURA ATENCIONAL

El término captura atencional se utiliza para hacer referencia al procesamiento dirigido por la estimulación. La captura se caracteriza por mostrar pendientes nulas en la función de búsqueda que relaciona los TRs y el "display size". La pendiente nula indicaría un procesamiento de capacidad ilimitada para los estímulos que muestran captura atencional, procesándose de forma prioritaria, es decir, serían los primeros en ser chequeados. La captura atencional, generalmente, se asocia con la obligatoriedad, dando lugar al procesamiento automático (Neumann, 1984), que concuerda muy bien con los hallazgos neurofisiológicos sobre la modularidad del procesamiento visual.

Yantis y Jonides (1984) observaron que el sistema visual tiene una sensibilidad exquisita para detectar el movimiento relativo y las fluctuaciones en intensidad. La generalidad de esta observación se hace evidente si recurrimos a la experiencia cotidiana en que un objeto comienza a moverse: hasta ese momento el objeto parece completamente invisible, y nada más empezar el movimiento la localización del objeto se manifiesta inmediata y completamente sin esfuerzo del observador. De forma similar, la "saliencia" de la luz intermitente que emiten los rotores de una ambulancia es igualmente obvia. Inspirándose en observaciones análogas a las citadas, Yantis y Jonides (1984) diseñaron distintos experimentos con el fin de mostrar que aquellos estímulos que suponen una fluctuación en intensidad o un cambio en luminancia muestran captura atencional. Los estímulos que se emplean en este tipo de investigaciones se denominan "onset" y "offset" para hacer referencia respectivamente a la aparición y desaparición del estímulo durante la presentación. La denominación "abrup onset" la reservamos para aquellos estímulos que aparecen de forma repentina durante la presentación, lo que conlleva un importante incremento de la luminancia en la posición donde aparece.

Los "abrup onset" comparten con los indicios de localización periféricos la característica de aparición repentina. Además, el indicio de localización también logra una eficiente captura atencional, permitiendo focalizar la atención en el punto donde se supone que a continuación aparecerá el objetivo. Por estas razones, aunque el "onset" tiene una connotación distractora, mientras que el indicio tiene una connotación facilitadora, consideraremos que ambos pertenecen a la misma categoría estimular.

3.1.1 INDICIOS DE LOCALIZACIÓN

Jonides (1981) comparó la eficiencia de los indicios periféricos con los centrales en cuanto a su capacidad de capturar la atención, mostrando que sólo los indicios periféricos capturan la atención de forma automática. En su trabajo, el indicio central consiste en una flecha situada en el punto de fijación que indica la posible localización del objetivo, mientras que el indicio periférico consiste en una flecha que aparece, no en el punto de fijación, sino en una localización próxima a donde aparecerá posteriormente el objetivo. Jonides (1981) encontró que aunque se imponga una carga concurrente de memoria con indicios periféricos, la tarea se realiza en paralelo. Además comprobó que aunque los sujetos supieran que el indicio periférico no era informativo (se informó a los sujetos que no había relación entre la posición del indicio periférico y la posterior posición que ocuparía el objetivo), los TRs eran más rápidos cuando el indicio aleatoriamente apuntaba al verdadero objetivo de la búsqueda, lo que demostraba que los sujetos chequean, en primer lugar, la posición del indicio periférico. Por otra parte, los sujetos ignoraron al indicio central en la condición

no informativa, ya que no se encontró que los TRs fueran menores cuando el indicio central apuntaba aleatoriamente la posición real que posteriormente ocupaba el objetivo.

Posner y Cohen (1984) mostraron que con intervalos cortos entre indicio y objetivo, la atención se concentra en el indicio, mientras que si el intervalo es largo, se produce una inhibición en la detección del evento indicado. Según los autores, estos efectos no están bajo control voluntario, ya que el sujeto se centra en el indicio (durante un corto intervalo) aunque no sea predictivo de la localización del objetivo. Lambert, Spencer y Mohindra (1987) dieron instrucciones precisas a los sujetos para no atender a la localización del indicio. Esto no pudo impedir la tendencia a atender al indicio periférico de presentación repentina, aunque las instrucciones redujeron significativamente la tendencia a atender a los indicios periféricos.

Müller y Rabbit (1989) combinaron el indicio central de localización con distractores "onset" irrelevantes para la tarea. Los sujetos debían detectar un objetivo que se indicaba con un indicio central y que aparecía en uno de cuatro cuadrados presentados en la pantalla. Uno de los cuatro cuadrados brillaba brevemente antes de la aparición del estímulo, el destello era la condición distractora "onset", ya que se producía de forma aleatoria, no dando ninguna información sobre la posterior ubicación del objetivo, por lo que debería haber sido ignorado. Por el contrario, el indicio central (una flecha en el punto de fijación) era informativo, ya que, en la mitad de los ensayos (50%) apuntaba en la dirección correcta. La conclusión de los autores fue que la atención era involuntariamente capturada por el "onset" irrelevante, incluso cuando se indicaba, mediante el indicio central, correctamente la localización del objetivo. Müller y Rabbit utilizaron largos intervalos indicio-objetivo (entre 600 y 1200 milisegundos) e indicios de moderada validez informativa, ya que sólo en la mitad de los ensayos indicaban correctamente al objetivo. Estos factores habrían impedido un enfoque atencional óptimo, permitiendo de este modo la captura atencional del estímulo irrelevante.

3.1.2 PROCESAMIENTO PRIORITARIO DEL "ONSET"

Para comprobar si hay diferencia en el procesamiento entre un nuevo estímulo (por ejemplo, una letra que aparece en una posición previamente vacía) y otro que ya estaba en la presentación, aunque camuflado, Todd y van Gelder (1979) desarrollaron el procedimiento de presentación de estímulos que denominaron "no-onset". Un estímulo "no-onset" es aquel que ya está en la presentación pero que puede dar lugar a distintos objetivos según los elementos que se retiren. Por ejemplo en la Figura 3.1, se observa como se puede obtener una F o una L o una C, según qué segmentos se retiren:



FIGURA 3.1 Procedimiento "no onset": un segmento camufla al objetivo (F, L o C).

Todd y van Gelder (1979) encontraron que los estímulos "onset" se detectan más rápidamente que los "no-onset". La ventaja de los "onset" se incrementó con la complejidad de la decisión requerida (estudiaron desde la simple detección hasta la categorización).

Utilizando el procedimiento de Todd y van Gelder (1979), Yantis y Jonides (1984) confirmaron que los elementos de aparición repentina capturan automáticamente la atención, ya que la ejecución es muy superior para los "onset" que para los "no-onset". La hipótesis se apoyó en los resultados de una búsqueda visual en que un objetivo preestablecido (una letra) se debía detectar en una presentación de dos o cuatro elementos. Posteriormente Jonides y Yantis (1988) replicaron el experimento con presentaciones de hasta siete letras, verificando que las pendientes de las funciones de búsqueda que relacionan los TRs con el "display size" eran nulas, con lo cual se comprobaba el procesamiento paralelo de los "onset".

Yantis y Jonides (1984) atribuyeron la captura atencional a propiedades del sistema visual que son diferencialmente sensibles a los elementos de aparición repentina. Esta hipótesis se apoya en conocimientos neurofisiológicos como los expuestos en el apartado 1.3. del primer capítulo: el disparo de las células "magno" (procesamiento de los estímulos transitorios) junto a sus correspondientes vías retino-cerebrales estarían involucradas en el procesamiento de los cambios en luminancia ya que responden selectivamente a los cambios repentinos de la estimulación visual, como los "onset", "offset" y el movimiento (Livingstone y Hubel, 1988; Zeki y Shipp, 1988; Zeki, 1992; Zeki, 1995). El sistema magno, que básicamente es ciego para el color, responde rápidamente a los cambios en luminancia. Por otra parte, las células "parvo" (procesamiento de lo sostenido) serían relativamente más lentas y estarían involucradas en el procesamiento de los patrones detallados y de la información del color.

Para demostrar la hipótesis de que el sistema es diferencialmente sensible a los cambios repentinos de luminancia, se comparó la búsqueda de un "onset" con la de un elemento singular, saliente en color o en intensidad. Yantis y Jonides (1984) encontraron que únicamente los elementos que aparecen

repentinamente producen el patrón de resultados característicos de la captura atencional, por lo que concluyeron que los elementos de aparición repentina se procesan de forma prioritaria o tienen un estatus privilegiado frente a los demás atributos estímulares.

Yantis y Jonides (1990) también intentaron demostrar la automática del procesamiento de los elementos que aparecen de modo repentino con el consiguiente cambio de luminancia. El procesamiento será automático si la captura no puede ser impedida por los sujetos. En los primeros experimentos de Yantis y Jonides en 1984, los sujetos no atendían a una localización concreta, sino que se preparaban para la búsqueda del objetivo en cualquier posición. Sin embargo, en los experimentos de Yantis y Jonides (1990) se informó a los sujetos de la localización probable del objetivo, de forma que fuese posible estudiar el efecto, medido en TRs, de un "abrup onset" que aparece o no en la posición indicada. Si la atención es capturada automáticamente, los tiempos de reacción para el objetivo "onset" deberán ser independientes del lugar donde esté focalizada la atención. Por el contrario, si los sujetos pueden enfocar la atención e impedir que el "abrup onset" interfiera en la ejecución, no se daría la automaticidad.

En un primer experimento se puso a prueba la hipótesis de no intencionalidad en el procesamiento de los "onset": la mera presencia de un "abrup onset" debe capturar la atención aunque la voluntad del sujeto sea la de dirigir su atención hacia la posición que le fue indicada. Si la hipótesis es correcta, el que el indicio de localización sea válido o no, deberá tener poco impacto en la ejecución de la tarea cuando se presente un "abrup onset", ya que el estímulo de aparición repentina exhibirá su prioridad. Se utilizó un indicio central en cada ensayo, para indicar la dirección derecha o izquierda a partir del punto de fijación, pasados 200 milisegundos aparecía la letra objetivo que podía aparecer como "onset" o como "no-onset" (camuflada entre segmentos). La tarea del sujeto consistió en determinar si aparecía una letra E o una letra H. Las letras P, S y V se utilizaron como distractores y la flecha central indicó la dirección correcta en el 80% de los ensayos. En la Figura 3.2 se ejemplifica la secuencia temporal de un ensayo: durante un segundo aparecen en pantalla las cuatro posibles localizaciones de los estímulos (dos localizaciones punteadas "onset" y dos localizaciones con segmentos "no-onset"), inmediatamente después y durante 200 milisegundos se indica, mediante un indicio central, la localización probable del objetivo y pasado este tiempo aparecen las letras en las posiciones "onset" o "no onset" hasta que el sujeto responde pulsando una tecla (una para el objetivo E y otra para el objetivo H).

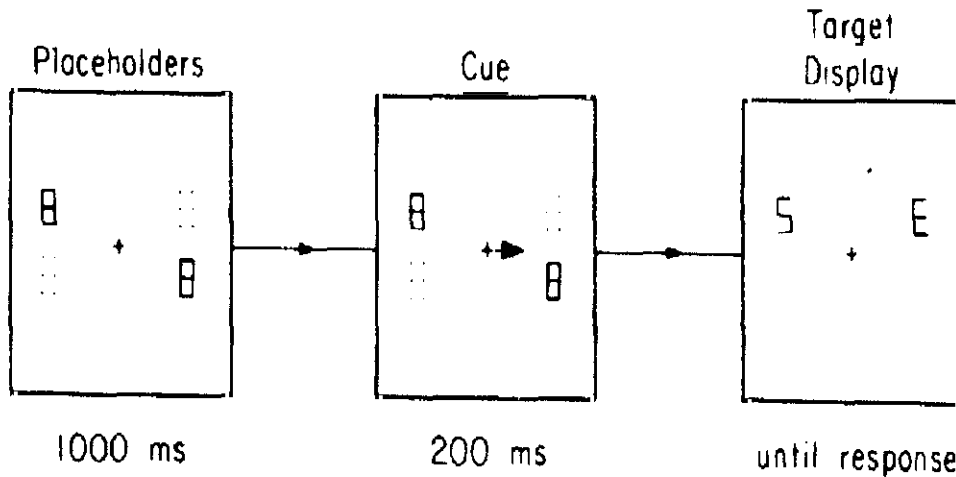


Figura 3.2 Secuencia temporal y presentación de estímulos en el trabajo de Yantis y Jonides (1990).

Los resultados de este primer experimento no apoyan la hipótesis de la automaticidad para los elementos de aparición repentina, ya que cuando el indicio fue válido, los TRs fueron menores y, por tanto, la intención del sujeto a la hora de enfocar la atención tuvo efecto.

En ese primer experimento los "no-onset" aparecen tras eliminar los segmentos que los camuflan, mientras que los "onset" aparecen sobre unas localizaciones marcadas con varios puntos, de modo que no se puede hablar de un auténtico "onset", ya que el estímulo no aparece en una posición previamente vacía. En un segundo experimento se eliminaron los puntos para maximizar el "onset", provocándose una aparición más repentina. Los sujetos debían determinar qué letra objetivo aparecía (E o H) en una presentación de cuatro letras, que ocupaban los vértices de un hexágono imaginario centrado en el punto de fijación. El indicio central fue válido en todos los ensayos (100%). Según la hipótesis de automaticidad, a pesar de indicarse la posición del objetivo con total certeza, un "abrup onset", si aparece en una localización distinta a la señalada por el indicio central, deberá capturar la atención, lo que se manifestaría en que la respuesta será más rápida cuando el estímulo indicado sea el "abrup onset" frente a la condición en que el estímulo indicado no es el "abrup onset".

En este segundo experimento, cuando el tiempo entre el indicio y la aparición del objetivo fue suficiente para poder enfocar la atención (200 milisegundos anterior a la aparición del objetivo), no se encontraron diferencias en los TRs entre los estímulos "onset" y los "no-onset". Es decir, en los TRs no influyó el distractor "onset" al comparar esta condición con la condición "no-onset". Cuando el tiempo entre indicio y aparición del objetivo fue inferior a 200

milisegundos, se produjeron diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones "onset" y "no-onset" en la dirección hipotetizada.

El hallazgo de que se produce captura atencional por parte de los "abrup onset", cuando la atención no está focalizada, es consistente con anteriores resultados de Yantis y Jonides (1984) en que los sujetos realizaron el experimento en estado de atención difusa (no hubo indicios que focalizasen la atención), no pudieron asignar la atención a una localización específica. En este último caso, los "onset" capturan siempre la atención. El efecto de la captura atencional desaparece si el sujeto está atendiendo a una posición determinada donde tiene la certeza de que va a aparecer el objetivo, pero en caso contrario, aunque quiera evitar el efecto de un "abrup onset" distractor, no podrá. Por otra parte, en este trabajo se comprobó que no hay diferencias estadísticamente significativas en los tiempos de reacción entre un estímulo "onset" comparado con un estímulo "no onset" cuando la atención está focalizada, lo que significa que no se procesa más rápido un cierto tipo de estímulo, luego no hay ninguna dificultad en el procesamiento de los "no-onset" comparándolo con el de los "onset". Por lo tanto, la diferencia en TRs cuando la atención del sujeto no está focalizada debe atribuirse a la captura atencional de los elementos de aparición repentina.

En un tercer experimento de este mismo trabajo se manipuló la validez del indicio. Se comparó la condición de total certeza, en la que siempre se indicaba la localización correcta del objetivo (100%), con otras de mayor incertidumbre, una en la que el indicio era válido en el 75% de los ensayos y otra en la que el indicio era válido en un 25% de los ensayos. Los autores encontraron que la automaticidad no es tan estricta como inicialmente pensaban, concluyendo que un "abrup onset" siempre se registra como importante, con alta prioridad para el sistema visual, pero en el caso en que la atención esté focalizada en otro sitio, la "interrupción" generada por el "onset" se desplaza a una cola, para ser atendida sólo cuando la atención se libere de la tarea en curso.

Yantis y Jonides (1990) proponen que la atención se asigna inicialmente a la localización indicada, extrayéndose la información de esta localización; posteriormente la atención va a la próxima localización en prioridad, que correspondería con la localización del "onset" (si lo hay). Mientras que, en modo de atención difusa, el sistema dará alta prioridad a los "abrup onset".

Theeuwes (1995), continuando los estudios de Yantis y Jonides (1984, 1990), muestra que el sistema visual es diferencialmente sensible a los cambios de luminancia, al compararlos con los cambios en color con igual luminancia.

En el primer experimento reseñado en el trabajo de Theeuwes (1995) se presentaron sobre un fondo gris, círculos de color verde en cuyo interior había segmentos de color rojo de distinta orientación. Los sujetos debían buscar el segmento rojo de orientación vertical u horizontal que aparecía en el interior de uno de los círculos verdes. El punto de fijación aparecía en el centro de la pantalla y los elementos se distribuyeron aleatoriamente por la pantalla. El procedimiento seguido fue la aparición del punto de fijación en el centro de la pantalla durante dos segundos, posteriormente se presentaban 4, 9 ó 19 círculos verdes cada uno con un segmento rojo orientado 20 grados respecto a las orientaciones verticales y horizontales. Después de 50 milisegundos aparecía el objetivo, un nuevo (onset) círculo verde que contenía el segmento vertical u horizontal objetivo (ver Figura 3.3). Se manipuló el contraste entre los elementos y el fondo. En este primer experimento, el principal hallazgo fue que las funciones de búsqueda que relacionan los TRs con el "display size" estaban en función del contraste, cuando se igualaba la luminancia del fondo gris con la de los círculos de color verde no se apreciaba el momento en que aparecía el nuevo objeto, dándose el patrón de búsqueda en serie (chequeo de todos los círculos verdes para encontrar el que tiene el segmento de orientación vertical u horizontal), mientras que cuando había diferencias en luminancia la búsqueda se realizaba en paralelo.

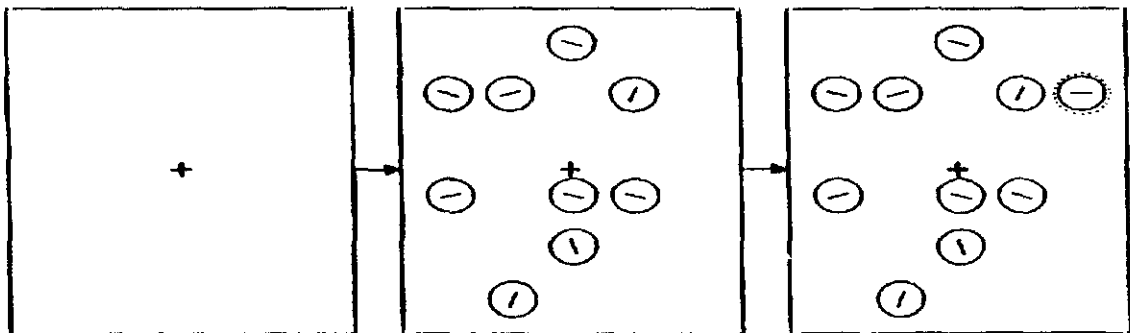


Figura 3.3 Tarea propuesta por Theeuwes (1995), en la que aparece el elemento objetivo (segmento de orientación horizontal) en una posición previamente vacía.

En un segundo experimento de Theeuwes (1995), replica del primero, el círculo fue igualado en color con el fondo, obteniéndose los mayores TRs cuando el círculo no podía distinguirse del fondo.

En conjunto, estos dos experimentos muestran que un cambio de color (sobre un fondo gris aparece un círculo verde) no captura la atención, si no va acompañado de un cambio de luminancia que por sí sólo sea suficiente para que ocurra la captura atencional. Theeuwes (1995) apoya experimentalmente la

propuesta de Yantis y Jonides (1984) sobre el estatus especial de los cambios de luminancia en el procesamiento de la información visual.

3.1.3 LA EXPLICACIÓN DEL NUEVO OBJETO

Yantis y Hillstrom (1994) defienden una explicación alternativa a la propuesta por Yantis y Jonides (1984, 1990) para el fenómeno de la captura atencional provocada por los estímulos de aparición repentina. Yantis y Hillstrom (1994) proponen que existen mecanismos que detectan la aparición o generación de nuevos objetos ("object file").

Según la propuesta de Yantis y Jonides (1984, 1990) que denominaremos explicación por el "incremento de luminancia", un incremento repentino de luminancia en una localización retinal se detecta por un mecanismo visual que es selectivamente sensible a la aparición de una señal de luminancia; entonces se informa a los centros superiores de que un evento "importante" ha ocurrido en la localización correspondiente y la atención debe dirigirse allí.

Una explicación alternativa que denominaremos explicación del "nuevo objeto" que se inscribe en las recientes teorías de atención visual basadas en el objeto "object-based" (Duncan, 1984; Kahneman, Treisman y Gibbs, 1992; Kanwisher y Driver, 1992). De acuerdo con las teorías basadas en el objeto, la atención se asigna a los elementos de la escena, en vez de a las localizaciones, en función del estatus de objeto en una representación establecida por el mecanismo que organiza la percepción preatentiva; la atención no se dirige únicamente por incrementos de luminancia, sino que se dirige al nuevo elemento de la escena visual. Por ejemplo, puede que la creación de un objeto "object file" mediante la representación de los atributos del objeto percibido (Kahneman y Treisman 1984; Kahneman, Treisman y Gibbs, 1992) dispere una interrupción de la señal y así la atención se dirija al nuevo objeto. El razonamiento consiste en que la aparición de nuevos objetos y la habilidad del observador para detectar y responder a ellos, tiene un significado adaptativo para la guía visual de los seres vivos.

En las investigaciones que hemos revisado en las que se muestra la captura atencional de los elementos de aparición repentina, el incremento de luminancia y la aparición de objetos se confundían, de manera que estos experimentos no permiten distinguir entre los dos mecanismos propuestos. Para poner a prueba ambas explicaciones, Yantis y Hillstrom (1994) llevaron a cabo experimentos en los que se disoció la aparición de un nuevo objeto del incremento de luminancia, que normalmente acompaña a esta aparición. Utilizaron objetos cuyas formas no se definían por discontinuidades en

luminancia, ya que se igualaron en luminancia, sino por discontinuidades en *textura, movimiento y profundidad* (ver Figura 3.4).

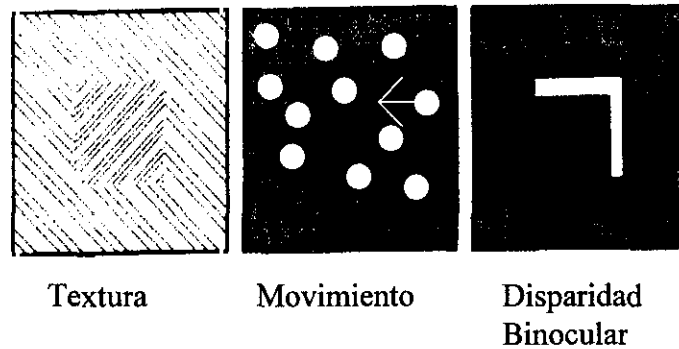


Figura 3.4 Las figuras se segregan del fondo por un cambio de textura, por un movimiento o por disparidad binocular, sin cambio de luminancia (Yantis y Hillstrom, 1994) .

En el trabajo de estos autores los estímulos visuales se dividen en: (a) elementos antiguos, aquellos elementos que surgen al retirar los segmentos que camuflan la letra objetivo y (b) elementos nuevos que son los que surgen en una posición previamente vacía. En estos experimentos no hubo cambios de luminancia acompañando al elemento nuevo, ya que el nuevo elemento aparecía por cambios en texturas (múltiples líneas en distintas orientaciones forman un objeto), movimiento (se mueven algunos puntos, formando una flecha, sobre un fondo de puntos estacionarios) y profundidad (utilizando como indicio la disparidad binocular). El sujeto responderá de forma diferente a ambos tipos de elementos, ya que en el caso del elemento antiguo el "object file" ya está creado y cuando se retira el camuflaje, de segmentos, lo único que cambia es el contenido de la "file", mientras que en el nuevo elemento se generará una interrupción atencional, puesto que al aparecer en una posición previamente vacía se crea el "object file". Es decir, la hipótesis es que la captura atencional la provoca la creación del "object file" y no un mero cambio de su contenido. La hipótesis fue puesta a prueba en tres experimentos:

En el primer experimento, sin cambios en luminancia, se evidenció captura atencional para los elementos nuevos. La función que relaciona los TRs con el display size fue muy superior para los elementos antiguos, al compararla con los elementos nuevos. En el segundo experimento se examinó la posibilidad de que los elementos antiguos fuesen perceptivamente más difíciles de discriminar que los elementos nuevos, encontrándose que no había diferencias en la discriminabilidad. En el tercer experimento se mostró que un incremento de luminancia, por sí solo, no es suficiente para dirigir la atención, si este no es informativo. En resumen, en el trabajo de Yantis y Hillstrom (1994) se comprueba

la hipótesis de que es la creación del "object file" lo que captura la atención, independientemente del incremento de luminancia. Además corroboraron que los estímulos que se definen por color o brillo no capturan la atención.

3.1.4 OBJETOS EN MOVIMIENTO

El movimiento, como otras características básicas se registra con facilidad por el sistema visual humano. Por ejemplo, las discontinuidades en movimiento, se pueden detectar en búsqueda visual, sin necesidad de realizar un chequeo en serie (véase por ejemplo Nakayama y Silverman, 1986). Pero la cuestión que se plantean Hillstrom y Yantis (1994) no es sólo si se detectan, sino si capturan la atención. Para ello se debe mostrar que esto sucede, incluso cuando el movimiento es irrelevante para la tarea que está realizando el observador.

La hipótesis de que el movimiento captura la atención proviene, en parte, del conocimiento común de que el movimiento es una manera efectiva de dirigir la atención y, en parte, por la similitud entre movimiento y "onset" (ambos suponen la aparición del estímulo en una localización previamente vacía).

Para indagar la capacidad para capturar la atención de los estímulos en movimiento Hillstrom y Yantis (1994) propusieron una tarea de detección de una letra T entre letras L. Los sujetos debían detectar si estaba presente o no la letra T. La hipótesis que pusieron a prueba era si el movimiento irrelevante podría capturar la atención, entendiendo por movimiento irrelevante aquel que no era informativo de la localización del estímulo objetivo. Utilizaron varios tipos de movimiento: oscilación, agrandamiento, ondear de texturas, movimiento de puntos, etc. Los resultados fueron que cuando el movimiento fue relevante para la tarea (informaba de la localización del objetivo), los TRs fueron independientes del "display size", mientras que cuando el movimiento no fue informativo, los TRs dependían del "display size" (la pendiente de la regresión entre los TRs y el "display size" fue mayor de cero). En definitiva, el experimento mostró, al menos, que el movimiento no captura "fuertemente" la atención.

En un segundo experimento reseñado en el mismo trabajo Hillstrom y Yantis investigaron la razón de que un objeto camuflado se haga claramente visible al comenzar a moverse, por ejemplo las mariposas que se camuflan imitando la corteza de los árboles, pero al mover las alas se descubren, pudiéndose identificar perfectamente. Se hipotetiza que la razón de la captura atencional es que al moverse se segregan del ambiente formando un nuevo objeto. En este experimento, los autores utilizaron una tarea global/local (paradigma propuesto por Navon, 1977, 1981) para simular el fenómeno del camuflaje. El propósito era determinar si la aparición de un nuevo objeto, definido por su movimiento, captura la atención. Los sujetos debían identificar un

letra global (letra H o letra S) formada por pequeñas letras distintas al objetivo (letras E), excepto por una letra que podía ser compatible con la letra global (H) o incompatible (S). Compararon los TRs en las condiciones "onset" y movimiento tardío con los TRs que se obtienen en la tarea básica del paradigma global/local (ver Figura 3.5):

- "Onset" : una de las letras pequeñas que forman el objetivo global aparece repentinamente, pudiendo ser compatible, incompatible o neutro con el objetivo global.
- Movimiento tardío: en este caso, la letra pequeña en vez de aparecer repentinamente, oscila de arriba a abajo.

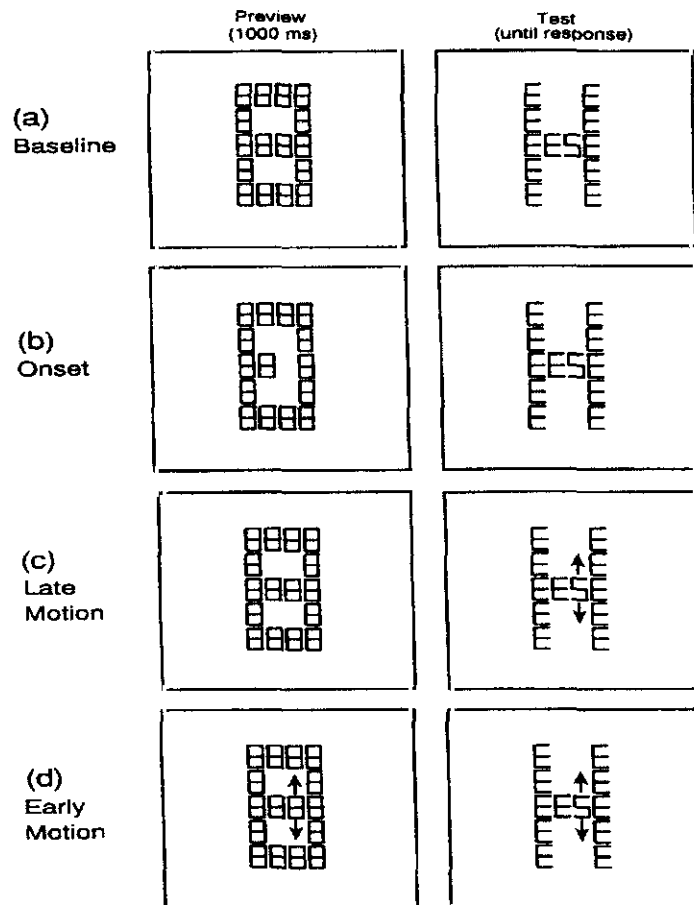


Figura 3.5 Condiciones experimentales de la tarea global/local utilizada por Hillstrom y Yantis (1994).

Tanto el movimiento tardío como el "onset" supusieron un incremento estadísticamente significativo en los TRs cuando fueron incompatibles con el objetivo global. De esta manera, se confirma la hipótesis de que la atención se

dirige a los objetos "novedosos", al menos cuando aparecen repentinamente en posiciones previamente vacías, o cuando se segregan del fondo por un movimiento relativo.

A partir de los resultados encontrados en este segundo experimento reseñado por los autores, se plantea la duda de si la captuira atencional encontrada se debía a la segregación de un nuevo objeto perceptual o a la propia saliencia del movimiento (aunque ya comprobaron en el primer experimento que el movimiento por sí mismo no captura la atención). Para resolver la cuestión se hizo necesario distinguir entre efectos temporales y permanentes. Hay evidencia de que la captura provocada por un nuevo objeto se dispersa en pocos milisegundos (100 ms. según Yantis y Jones, 1991), mientras que la saliencia no. Para ponerlo a prueba los autores diseñaron un nuevo experimento y propusieron una nueva condición de movimiento, "movimiento temprano" que se comparó con la condición de "movimiento tardío". La diferencia entre ambos tipos de movimiento consistía en que en esta nueva condición, el movimiento de oscilación aparecía con anterioridad a la aparición del objetivo (ver Figura 3.5, presentación (d)).

El resultado que se obtuvo en este experimento mostró que únicamente se daba captuira atencional con el movimiento tardío. Por tanto, sólo con el movimiento tardío se da interferencia cuando el estímulo "local" es incompatible con el estímulo "global", lo que apoya la hipótesis de que el movimiento dirige la atención al estímulo "local" temporalmente, al crearse el "object file", es decir, no es la saliencia del movimiento sino la creación del nuevo objeto lo que provoca la captuira atencional.

Los experimentos de Hillstrom y Yantis (1994) suponen un reto a la creencia común de que el movimiento captura automáticamente la atención. En primer lugar muestran que el movimiento puede utilizarse para guiar la atención cuando predice la localización del objetivo, pero no cuando no la predice. En segundo lugar, cuando el movimiento segrega un elemento del grupo, el "nuevo objeto" captura la atención. En tercer lugar la captuira atencional, ocurre sólo temporalmente, por lo que se niega la posibilidad de que la atención sea capturada por la saliencia relativa figura/fondo.

Los trabajos de Hillstrom y Yantis (1994) y Yantis y Hillstrom (1994) muestran que los estímulos salientes como los "abrup onset" y el movimiento capturan la atención cuando crean un "object file", de manera que la causa de la captuira atencional no se relaciona con la saliencia de los estímulos, sino con su capacidad de crear nuevos elementos en los distintos mapas que se utilizan para guiar la atención.

3.2 LA ORIENTACIÓN INVOLUNTARIA CONTINGENTE

Folk, Remington y Johnston (1992) consideran que el procesamiento obligatorio "bottom-up" no es totalmente independiente de las necesidades del sujeto y extienden este tipo de procesamiento a características primitivas como el color y la orientación (Treisman y Gelade, 1980). Folk et al. (1992) clasifican los estímulos básicos en dos categorías; aquellos que suponen cambios dinámicos como son los "onset", el movimiento y los estímulos intermitentes, y aquellos que no sufren cambios en luminancia durante la presentación, pero que se diferencian de los demás elementos de la presentación en alguna característica primitiva como el color, la orientación, la forma, el tamaño, etc.

En el trabajo citado los autores proponen que, cuando la atención no está focalizada (estado de atención difusa) los cambios involuntarios de la atención para un estímulo, sea discontinuidad dinámica o estática, será contingente con los eventos con los que comparta una propiedad característica que sea crítica para la realización de la tarea. Específicamente, la orientación involuntaria de la atención ocurrirá si los eventos comparten la propiedad crítica, mientras que en caso contrario no ocurrirá.

En definitiva, el sujeto se predispone a buscar un tipo de discontinuidad y, a partir de aquí, las discontinuidades de ese tipo provocarán la captura involuntaria de la atención. De esta hipótesis se obtienen dos consecuencias empíricas que pueden ponerse a prueba:

a) si el objetivo de la búsqueda visual no es una discontinuidad dinámica, los distractores que se caractericen por ser discontinuidades dinámicas no provocaran cambios involuntarios de atención.

b) si el objetivo es una discontinuidad estática, los distractores que supongan discontinuidades estáticas elicitarán cambios involuntarios de atención.

Según la hipótesis de orientación involuntaria contingente, la asignación del sistema se configuraría para responder selectivamente a las propiedades del estímulo relevantes para la tarea. A nivel general, la asignación del sistema respondería a las discontinuidades (dinámicas y estáticas) en la información visual procesada preatentivamente.

Folk, Remington y Johnston (1992) pusieron a prueba en cuatro experimentos su hipótesis de orientación involuntaria contingente.

En el primer experimento se puso a prueba la predicción de que un indicio "abrupt onset" sólo capturaré la atención si el objetivo es una discontinuidad

dinámica. Para un grupo de sujetos, el objetivo era un carácter simple que aparecía repentinamente (una "X" o un "=") en una de cuatro posibles localizaciones. Para otro grupo de sujetos, las cuatro localizaciones contenían caracteres y el objetivo se definía por ser el carácter de color diferente al resto, los indicios consistieron en "flashes" que aparecían alrededor de una de las cuatro localizaciones (ver Figura 3.6). Según la hipótesis de contingencia involuntaria, el efecto de un indicio "abrupt onset" inválido, debería variar dependiendo de las propiedades del objetivo. Se comprobó efectivamente que los indicios "onset" inválidos produjeron costos (en TRs) para los objetivos de aparición repentina y no produjeron costos para los objetivos definidos por el color. Los indicios de aparición repentina produjeron cambios involuntarios de atención sólo cuando la propiedad del estímulo era relevante para la tarea.

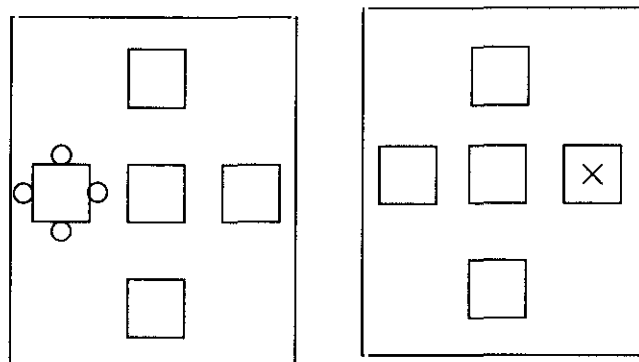


Figura 3.6 Ejemplo de presentación en los experimentos de Folk et al.(1992) en el que se da un indicio no-válido para el cuadrado de la izquierda, puesto que el "onset" aparece en el cuadrado de la derecha.

En un segundo experimento se puso a prueba la segunda predicción de la hipótesis de orientación contingente, esto es, que las discontinuidades estáticas también pueden provocar cambios involuntarios de atención, siempre que la detección del objetivo exija buscar esta propiedad. En este segundo experimento la localización del objetivo fue indicado por una discontinuidad estática en color. Las localizaciones de los estímulos se rodearon de pequeños círculos blancos excepto una que fue rodeada de círculos rojos, que sirvió de indicio de localización. Los estímulos utilizados, excepto el indicio, fueron los mismos que en el primer experimento. Se confirmó que el indicio estático provocaba orientación involuntaria cuando se buscaba un estímulo definido por color, y que un estímulo de aparición repentina no afectaba a la tarea.

En el tercer experimento pusieron a prueba la hipótesis con indicios que eran válidos en el 25% de los ensayos. De este modo, si los indicios "abrup onset" eran especiales en algún sentido, esta ventaja informativa debería

aprovecharse al comparar este tipo de indicio con un indicio definido por una discontinuidad estática. Este experimento mostró, una vez más, que no es la naturaleza del estímulo lo que provoca la orientación involuntaria sino la predisposición del sujeto.

En el cuarto experimento investigaron si la orientación involuntaria se producía para valores concretos de la característica color. El indicio utilizado fue un círculo verde y el objetivo era un elemento rojo. No se encontró que el sistema se configurase para valores particulares de la características, al menos para el color.

Folk, Remington y Johnston (1992) interpretan estos resultados afirmando que el sistema puede ser configurado para las discontinuidades dinámicas o para las estáticas. Esta configuración del sistema supone un control interno de la actividad del sistema, aunque una vez establecido opere de forma involuntaria. De esta manera se establece un compromiso entre la necesaria rigidez que exige la potencia del procesamiento preatentivo y la flexibilidad para adaptarse a los cambios de objetivo.

3.3 LA HIPÓTESIS DE LA SALIENCIA PERCEPTIVA

La saliencia perceptiva de cierto tipo de estímulos ("abrupt onset", movimiento e intermitencia) se propuso como explicación de la captura atencional que exhibían estos estímulos (ver por ejemplo Yantis y Jonides, 1984).

Uno de los modelos más citados en la literatura que intenta explicar la saliencia perceptiva es el modelo propuesto inicialmente por Ullman (1984) y desarrollado posteriormente por Koch y Ullman (1985). El modelo de Ullman es similar al de búsqueda guiada de Wolfe et al. (1989) y sugiere que el ambiente visual se representa inicialmente mediante distintos mapas topográficos que corresponden a las dimensiones simples (aquellas propuestas por Treisman y Gelade, 1980). Dentro de cada mapa de características, la inhibición lateral provocada en las distintas localizaciones se incrementa con las diferencias inter-objetos, cuanto más activo es un objeto, menos objetos quedan, enfatizándose los que difieren significativamente de sus vecinos. Un mapa maestro de saliencias combina las diferencias entre y a través de los mapas de características, para encontrar la localización espacial de los objetos más llamativos en el campo visual. Las propiedades del mapa de características y sus localizaciones son entonces obtenidas como entrada de procesos adicionales, que computan la conjunción de las localizaciones específicas. En resumen, la atención es capturada por la localización más llamativa.

Duncan y Humphreys (1989) ofrecen un modelo similar al de Ullman, que explica la búsqueda visual basándose en la similaridad entre objetivos y distractores. Predicen que la ejecución de la búsqueda se degrada: (a) con el incremento en similaridad entre objetivo y distractor, y (b) con el incremento en heterogeneidad entre los distractores. Mientras que en el primer caso se dificulta la aplicación de una "plantilla" para la identificación del objetivo, en el segundo caso se impide la agrupación de los distractores para ser rechazados en masa. Duncan y Humphreys explican el efecto negativo para la búsqueda de un elemento singular que difiere de sus vecinos en una dimensión irrelevante. Sugieren que este elemento singular "no-objetivo" no se uniría a los otros distractores, con lo que se impide la supresión en grupo, lo que hace que este elemento sea relativamente "saliente". De este modo, el elemento saliente, irrelevante para la tarea, puede interferir en la búsqueda.

Otra concepción de saliencia fue propuesta por Julesz (1986). Para este autor la saliencia sería el resultado de procesos que detectarían el grado de característica, o las diferencias en las características de los elementos vecinos. Según Julesz, existen distintos mecanismos que comparan las características de los elementos vecinos, dirigiendo la atención a la localización con mayor gradiente de característica. Debido a que los detectores de gradientes operarían únicamente en un área limitada del espacio, el proceso sería más efectivo cuando la distancia física entre el distractor y el elemento objetivo sea pequeña. Siguiendo esta idea, Kröse (1987) muestra que la probabilidad de detectar un objetivo aumenta con el incremento en disimilaridad entre el objetivo y los elementos de fondo. De esta forma se puede relacionar el fenómeno de la saliencia con la detectabilidad del estímulo (Kröse y Julesz, 1989).

Por otro lado, Theeuwes (1991, 1992, 1994) considera que la saliencia es la clave del procesamiento preatentivo, negando toda posibilidad de orientación voluntaria cuando el sujeto se encuentra en estado de atención difusa. El procesamiento preatentivo dependerá de las contingencias estimulatorias.

Theeuwes (1991) encontró que durante la etapa preatentiva no es posible seleccionar la característica concreta del estímulo que interese procesar: cuando el color es más discriminable que la forma, la presencia de un ítem irrelevante de color interferirá con el procesamiento paralelo de la forma, y viceversa. El procesamiento depende de la discriminación relativa. Estos hallazgos apuntan hacia un modelo que durante la etapa preatentiva compute las diferencias en características, dando como resultado un mapa de activación, que represente las diferencias de cada elemento respecto a los demás en una dimensión particular. El resultado sería similar al modelo de búsqueda guiada de Wolfe, Cave y Franzel (1989).

En otro trabajo Theeuwes (1992) se pregunta si es posible seleccionar una característica, cuando la persona además de conocer la dimensión estimular (por ejemplo, el estímulo de distinto color o distinta forma) también conoce exactamente la característica a buscar (por ejemplo, el estímulo de color verde o de forma cuadrada). La tarea propuesta consistió en localizar el círculo en cuyo interior hubiera un segmento orientado horizontal o verticalmente, en presentaciones de 5, 7 y 9 elementos. La línea objetivo siempre se situó en el interior del círculo verde. Contempló dos condiciones: (a) no distractora, donde el círculo verde que contiene al objetivo se encontraba entre círculos verdes con segmentos en orientaciones oblicuas y (b) distractora, en la que se sustituía uno de los círculos no objetivo por un cuadrado. Además, también comprobó la selección a partir de una forma determinada. En la condición (a) no distractora, aparecía un círculo verde que contenía al objetivo entre cuadrados verdes, que contenían segmentos en orientaciones oblicuas, y en (b) la condición distractora, en que se sustituía un cuadrado verde por un cuadrado rojo.

Los resultados del trabajo de Theeuwes (1992) muestran que el conocimiento del color exacto tampoco permite una búsqueda intencional durante la fase preatentiva. Además observó que tampoco con la práctica se conseguía un control intencional de la tarea. Así, Theeuwes concluyó que el procesamiento preatentivo era "stimulus-driven" o dependiente de la estimulación. A partir de estos trabajos, Theeuwes (1994) propone su hipótesis de saliencia perceptiva según la cual, en un estado atencional no focalizado, el proceso preatentivo simplemente calcula las diferencias en característica dentro de la dimensión, resultando un patrón de activación en diferentes localizaciones, seguido por un cambio automático de la atención espacial a la localización con mayor diferencia de señal. Los cambios automáticos de atención se pueden considerar el resultado de un mecanismo relativamente inflexible, "soporte físico", que se dispara por la presencia de propiedades estímulares específicas.

La hipótesis de saliencia perceptiva de Theeuwes (1994) ignora cualquier tipo de procesamiento "top-down" y tampoco contempla las necesidades del sujeto durante la etapa preatentiva, al contrario que la hipótesis de contingencia involuntaria (Folk, Remington y Johnston, 1992). Theeuwes (1994) puso a prueba estas dos hipótesis en un experimento con una tarea similar a la de sus experimentos anteriores. Se presentaron varios círculos con segmentos en su interior, con la diferencia de que ahora la orientación del segmento estaba camuflada en una configuración previa similar a un asterisco. El círculo que contenía el segmento objetivo (orientación vertical u horizontal) aparecía al retirarse el camuflaje, momento en que el círculo que contenía el objetivo cambia al color rojo. Hubo dos condiciones: (a) "abrupt onset", aparecía un nuevo círculo distractor de color verde y (b) "color", el objetivo era el que aparecía repentinamente mientras que el distractor era el que cambiaba de color.

En el experimento de Theeuwes (1994) se muestra que el "abrupt onset", irrelevante para la tarea de búsqueda, captura la atención a pesar de que los sujetos habían adoptado una predisposición atencional para buscar el elemento de distinto color al resto (se les instruye para ello). Además, el cambio de color del círculo irrelevante capturó la atención en la condición en que se instruyó a los sujetos para que atendieran al elemento de aparición repentina. Aunque los resultados apoyan la teoría de saliencia perceptiva, en vez de la de contingencia involuntaria, Theeuwes se planteó la posibilidad de que los sujetos hubieran adoptado una estrategia consistente en atender a los cambios, sin importarles su naturaleza. Para aclarar esta cuestión realizó un segundo experimento, en el que se cambió el color de todos los círculos, menos el del objetivo, de forma que una estrategia basada en la búsqueda de cambios no fuese efectiva, de esta forma se podría estudiar la captura atencional del elemento singular (el único en su color o en su condición de aparición repentina). Se encontró nuevamente la interferencia del distractor singular y además los TRs estuvieron en consonancia con la discriminabilidad relativa de los estímulos. Por lo tanto, para Theeuwes la selección depende de la saliencia relativa de los elementos singulares presentes en el campo visual, negando la posibilidad de que la voluntad, interés, predisposición o práctica del sujeto (procesamiento top-down) actúe durante la etapa de procesamiento preatentivo.

3.4 PROCESAMIENTO GRADUAL DE LOS ESTÍMULOS SALIENTES

La hipótesis de la saliencia perceptiva predice que, bajo ciertas condiciones estimulares, la captura atencional por elementos singulares e irrelevantes para la tarea de búsqueda visual. Un criterio importante para determinar la saliencia es el grado de diferencia entre los objetos presentados, lo que incluye el efecto de inhibición lateral en las distintas localizaciones. Todd y Kramer (1994) proponen que la influencia de estos efectos es progresiva y no absoluta dependiendo de la saliencia de los distractores irrelevantes.

Todd y Kramer (1994) explicaron la ausencia de captura atencional de los estímulos singulares como el color frente a la luminancia (Yantis y Jonides, 1984; 1990; Jonides y Yantis, 1988) a la utilización de presentaciones en las que la característica color apenas sobresalía (baja saliencia). Los autores incrementaron la saliencia aumentando el número de elementos, utilizaron distintas presentaciones desde 4 hasta 25 elementos (Yantis y Jonides en 1984 utilizaron una presentación de sólo 4 elementos). Los resultados estuvieron en concordancia con su hipótesis de procesamiento gradual, es decir, los TRs fueron menores a medida que se incrementaba la saliencia. Otro cambio reseñable, respecto a la presentación de Yantis y Jonides, es que la ubicación de los elementos respecto al punto de fijación se varió de ensayo a ensayo, con

lo que se impidió la generación de patrones fijos de escrutinio atencional (por ejemplo, de izquierda a derecha, o de arriba a abajo).

En un primer experimento, Todd y Kramer (1994) examinaron el poder de captura atencional de un elemento de color único (verde o rojo) en una matriz de 4, 9, 16 y 25 letras (de color opuesto). El procedimiento seguido fue presentar inicialmente una letra objetivo (en color blanco) y posteriormente, cuando el sujeto pulsaba el espaciador aparecía una matriz de letras (todas en color verde, menos el objetivo que aparecía en rojo, o la inversa) hasta que el sujeto respondía (debía pulsar la letra F para indicar la presencia de la letra objetivo, o la letra J para indicar su ausencia). La respuesta incorrecta se acompañaba de un leve pitido.

Los resultados fueron:

a) En los ensayos "en blanco" (no se presenta el objetivo) los TRs aumentaron con el "display size" (la pendiente de la línea de regresión que relaciona los TRs con el "display size" fue de 54 milisegundos).

b) En el resto de ensayos, con pequeños "display size" (4 y 9 elementos) no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los TRs de la condición en que el objetivo era singular en color con la condición en que no lo era. Sin embargo, en la condición más saliente (25 elementos) si se encontró una mejora significativa en tiempos de búsqueda cuando el objetivo era singular en color. Esta mejora en TRs no alcanzó el criterio de la captura atencional (pendiente cero en la función que relaciona los TRs y "display size"). Por esta razón los autores introdujeron un nuevo término "misguidance", que podemos traducir por "guía atencional" para las búsquedas muy eficientes pero con pendiente positiva.

Además de comprobar la "guía atencional" para el color, los autores también pusieron a prueba la "misguidance" de un objeto brillante entre elementos no brillantes (y a la inversa), cuando esta singularidad es irrelevante para la tarea de búsqueda. En todas las presentaciones había un elemento singular ya fuese el elemento objetivo de la búsqueda (condición relevante) o no (condición irrelevante). Se estudia si es posible orientar la atención según el grado de saliencia relativa. La metodología fue similar a la del experimento del color, sólo que ahora estudiaron en vez de la saliencia de un elemento singular en color, la saliencia de un elemento singular en brillo.

El objetivo "brillante" entre elementos opacos se detectó de forma efectiva en todas las presentaciones, excepto en la menos saliente (presentación con 4 elementos), en la que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las condiciones en que el objetivo de la búsqueda era o no el elemento más

brillante. Sin embargo, en la condición inversa, en la que el objetivo de la búsqueda era el único elemento opaco entre elementos brillantes, no se obtuvo ventaja de la singularidad del elemento opaco.

En suma, en este experimento, un único elemento brillante orienta la atención, mientras que uno opaco no lo hace, por lo que los autores suponen que debe haber algún aspecto negativo para la saliencia en los objetos opacos. Treisman y Gormican (1988) han documentado un fenómeno similar en la búsqueda de asimetrías; los objetivos que fueron definidos por grandes valores en una dimensión cuantitativa (por ejemplo el contraste) entre distractores de menores valores, fueron detectados más fácilmente que en la condición opuesta.

En la literatura encontramos múltiples investigaciones en las que se da el patrón de captura atencional para los "onset" (pendiente nula en la función que relaciona los TRs y el "display size") y búsqueda efectiva (no se da el patrón de búsqueda en serie) aunque con pendientes positivas para los elementos singulares. Esto indica que el elemento singular irrelevante en color o en luminosidad no es siempre el primer objeto que se procesa en la presentación. De hecho, la ventaja de procesamiento crece con el número de elementos presentados. Estas evidencias experimentales apoyan la hipótesis de procesamiento gradual, la cual establece que, la ventaja de procesamiento que se acumula para el elemento singular al aumentar el "display size", no es un fenómeno de todo o nada (captura atencional), sino que más bien refleja un proceso gradual de asignación atencional que depende de la saliencia del elemento singular.

La hipótesis de procesamiento gradual fue ya anticipada en el trabajo de Koch y Ullman (1985). Si aceptamos que la activación de la representación de los objetos en los mapas de características depende de su relativa saliencia, la cual se determina, en parte, por el número y densidad de los objetos no singulares, entonces el nivel de activación requerido para que los objetos excedan un cierto umbral puede entenderse como un proceso estocástico que depende del tiempo. Una vez que el elemento singular se detecta, los sujetos podrían atender voluntariamente a este objeto, puesto que se supone, al no darse el patrón de búsqueda en serie, que en ese instante la búsqueda no ha sido todavía completada. Dentro de este contexto es concebible que el elemento singular sirva de guía para empezar o continuar la búsqueda. Los resultados de los experimentos de Todd y Kramer (1994) son compatibles con esta proposición. Dado que el umbral de detección se excede más rápidamente con presentaciones de múltiples elementos que con pequeñas presentaciones, la influencia del elemento singular en la tarea debe esperarse que aumente con el incremento del "display size".

Como las pendientes de las funciones de búsqueda, para elementos singulares, en los experimentos reseñados de Todd y Kramer no fueron nulas, los autores proponen que el fenómeno de la orientación atencional es el resultado de la interacción entre el componente "stimulus driven" y "goal directed". El componente "goal directed" sería la predisposición (Folk, Remington y Johnston, 1992) o el mapa de activaciones de la búsqueda guiada de Wolfe, Cave y Franzel (1989) o el mapa de inhibiciones de Treisman y Sato (1990). El componente "stimulus driven" sería la activación por saliencia o emparejamiento de los detectores en el mapa de características. Se asume que la tasa para que la representación de diferentes objetos sea activada dentro del mapa de características es dependiente de la saliencia relativa de las características, y que esta saliencia está determinada en parte por el número y densidad de los elementos no singulares. Así, el elemento singular o "singleton" en la dimensión irrelevante alcanzará más rápido el umbral de detección con grandes "display-sizes". Todd y Kramer consideran que los "onset" no se verían afectados por la saliencia, al ser tratados independientemente por los canales temporales.

La saliencia de los estímulos puede ser vista como una manipulación de la proporción señal/ruido en el proceso de detección de características. Si la saliencia excede un cierto umbral, la detección de características puede guiar el foco atencional a la localización del objetivo. Si la saliencia está por debajo del umbral, la búsqueda se realizará elemento a elemento.

3.5 EL MODELO DUAL

El modelo dual fue propuesto por Cave y Wolfe (1990) y supone una ampliación del modelo de búsqueda guiada de Wolfe, Cave y Franzel (1989). La ampliación consiste en incluir el procesamiento "bottom-up". Propone que los distintos elementos de la presentación visual tendrán un valor de activación que es el resultado conjunto de un doble procesamiento: (a) el procesamiento "bottom-up", que se basa en la diferencia entre el valor en característica de un elemento respecto al resto de elementos, y (b) el procesamiento "top-down" que depende del conocimiento de las características del objetivo que ha de buscarse. La activación total dependerá de la activación "top-down", que se calcula según la similaridad con el objetivo y de la activación "bottom-up" que se calcula por similaridad entre los distractores (ver Figura 3.7).

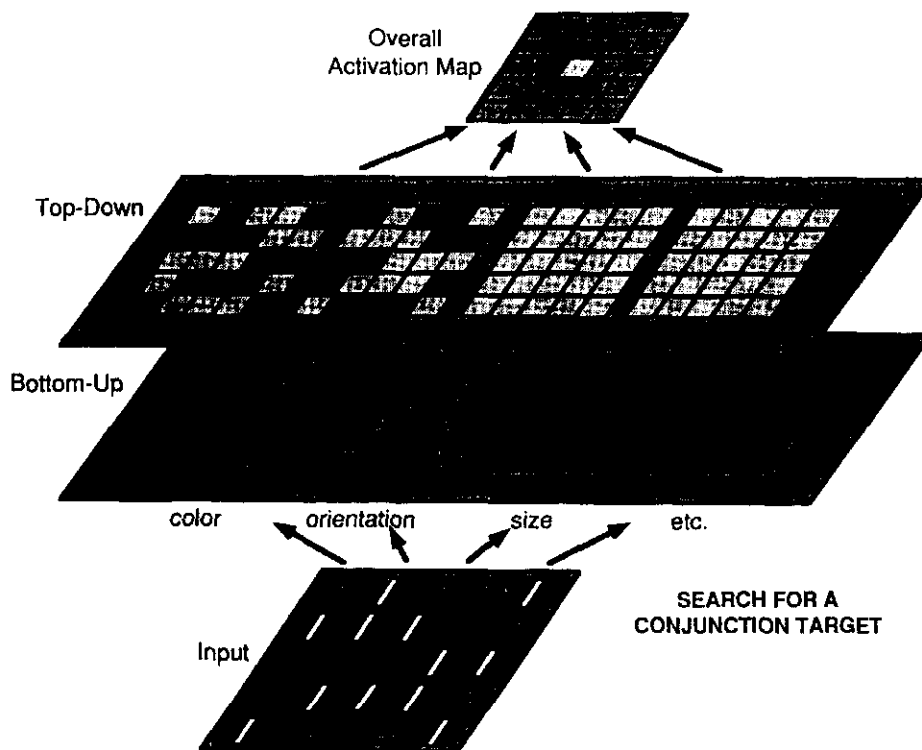


Figura 3.7 Modelo de Cave y Wolfe para la búsqueda de un objetivo que es una conjunción de características primitivas.

Bravo y Nakayama (1992) también proponen un modelo similar en el que la atención sería guiada por mecanismos "top-down" y "bottom-up". Según este modelo, la atención puede guiarse por una característica concreta, que se busque mediante mecanismos "top-down" o puede ser guiada mediante mecanismos "bottom-up" hacia elementos singulares en la presentación.

Bacon y Egeth (1994) muestran que no siempre la saliencia determina el procesamiento y que el sujeto puede ignorar la información que no le interesa procesar. Generalmente, la distribución de la atención en el campo visual refleja, presumiblemente, una combinación de mecanismos que dependen de la estimulación ("stimulus driven") y de las expectativas de meta ("goal directed"). No obstante, se pueden idear tareas que revelen uno sólo de los dos mecanismos, por ejemplo, Yantis y Jonides (1984) encontraron evidencia de selección controlada por los estímulos en una tarea con elementos de aparición repentina. Posner, Snyder y Davidson (1980) ofrecen una asignación puramente "goal directed", observando que los sujetos dirigen la atención a la región del espacio indicada por los indicios que se presentaban en el punto de fijación.

La cuestión polémica no es si es posible dirigir la atención a una localización espacial, sino si es posible asignar la atención utilizando características básicas como el color o la forma. Según Theeuwes (1994) sería

posible, ya que la saliencia es el factor que gobierna el procesamiento preatentivo, mientras que Folk, Remington y Johnston (1992) consideran que dependerá de si el sujeto está predispuesto a detectar un indicio de esa naturaleza.

Bacon y Egeth (1994) para clarificar la cuestión plantean que el sujeto dispone de dos mecanismos de búsqueda que utilizará según las circunstancias:

(1) La búsqueda de características ("feature search"), que se puede realizar cuando el sujeto conoce la característica a buscar (mecanismo "top-down"), y en la que un elemento singular, irrelevante para la tarea, tiene poca incidencia.

(2) La búsqueda de singularidades ("singleton detection mode"), en la que la búsqueda consiste en detectar el elemento que difiere del resto, es un mecanismo "bottom-up". Este es el tipo de estrategia de búsqueda que aborda, en sus experimentos, Theeuwes (1991, 1992, 1994) en el que cualquier dimensión irrelevante, que sea saliente, interfiere en la tarea.

Bacon y Egeth (1994) ponen a prueba su propuesta mediante varios experimentos. Inicialmente replicaron los resultados de Theeuwes (1992), presentando una tarea en la que los sujetos debían buscar el segmento de orientación vertical u horizontal encerrado en el único círculo de color verde. El resto de elementos eran rombos de color verde que incluían segmentos en distintas orientaciones. En la condición distractora aparecía un rombo de color rojo. En este experimento se comprobó que el elemento irrelevante interfería en la tarea de búsqueda, lo que confirma que los sujetos, a pesar de poder utilizar los dos mecanismos de búsqueda, ya que conocían las características del objetivo, preferían realizar una búsqueda de singularidades.

En un segundo experimento se modificó la tarea propuesta por Theeuwes (1992) para hacer que la búsqueda de singularidades fuera menos interesante. Según la hipótesis de Bacon y Egeth (1994), un objetivo conocido puede buscarse, bien utilizando el modo de búsqueda de características o bien el de búsqueda de singularidades. Para evitar que los sujetos utilicen el segundo modo, en vez de utilizar un único objetivo (el círculo), se incluyeron dos o tres objetivos en cada ensayo (así no había una única forma objetivo). Con esta modificación no se encontraron efectos de los distractores sobre los TRs, lo que sugiere que la eliminación de la estrategia de búsqueda de singularidades lleva a una completa selectividad "top-down". En otras palabras, cuando se desanima a los sujetos a usar la búsqueda de singularidades, ellos pueden guiar su atención a un objetivo específico y evitar la distracción de los elementos salientes en una dimensión irrelevante.

En un tercer experimento, en vez de utilizar varios objetivos, utilizaron varias formas distractoras y un sólo objetivo, de manera que la búsqueda de singularidades no fuese efectiva. Se utilizaron hasta tres formas distintas para los distractores (rombos, cuadrados y triángulos) obteniéndose resultados similares a los del segundo experimento. No hubo efecto de los distractores, y las pendientes de la función que relaciona los TRs y el "display size" fueron prácticamente nulas. Lo que demostraría que cuando los sujetos utilizan el modo de búsqueda de características pueden realizar la búsqueda en paralelo para una forma conocida (el círculo) y no distraerse por la presencia de otras singularidades irrelevantes (un rombo, un cuadrado y un triángulo).

Bacon y Egeth (1994) concluyen, de este modo, que la selección dirigida a metas de una característica conocida no siempre sufrirá la interferencia de otras características singulares salientes. Es posible que la estrategia de búsqueda de características requiera más demandas cognitivas, por ejemplo, que exija concentrarse en las características del objetivo, lo que se pone de manifiesto en que los sujetos, cuando pueden elegir, eligen la búsqueda de singularidades, aunque se produzca la interferencia de la singularidad irrelevante.

Los resultados de Bacon y Egeth (1994) son compatibles con el modelo de búsqueda guiada (Wolfe, Cave y Franzel, 1989; Cave y Wolfe, 1990). El modelo de BG afirma que las representaciones reciben activación "bottom-up" y "top-down" de los mapas de características. Los componentes "bottom-up" reflejan la saliencia de cada elemento y los componentes "top-down" representan activación adicional para aquellos mapas de características que definen al objetivo. El modo de búsqueda de características se adoptaría en situaciones en que hay una gran activación "top-down" durante la búsqueda de un objetivo conocido, mientras que el modo búsqueda de singularidades se adoptaría en situaciones con pequeña o nula activación "top-down", como en el caso de búsquedas de elemento singulares desconocidos (Theeuwes, 1991) e incluso cuando, a pesar de ser conocido (Theeuwes, 1992), los sujetos no adoptan el modo de búsqueda de características.

3.6 RESUMEN

En este capítulo hemos revisado las investigaciones que se han realizado con el paradigma de búsqueda visual en el que se incluían distractores. La inclusión de los distractores mostró que además de la búsqueda que realiza el sujeto de forma premeditada y consciente, existe un segundo mecanismo atencional, dependiente de la estimulación, que se denominó "bottom-up" por contraste con el "top-down".

Inicialmente se mostró que para ciertos tipos de estímulos, aquellos que suponían cambios repentinos de luminancia, el procesamiento era inmediato y aparentemente obligatorio, por lo que se le dio el nombre de captura atencional. Posteriores hallazgos fisiológicos mostraron que los cambios repentinos en intensidad luminosa se procesan por canales diferenciados, vía magnocelular, con lo que se confirmaría su estatus especial.

Investigaciones recientes, no obstante, muestran que los incrementos de luminancia o el movimiento por sí solos no son suficientes para capturar la atención (Yantis y Hillstrom, 1994; Hillstrom y Yantis, 1994). Estos cambios deben ser informativos como, por ejemplo, la aparición de un nuevo objeto en la escena visual. De hecho, la aparición de nuevos objetos ("object file") sería más importante para el sistema que el incremento de luminancia que generalmente les acompaña, de forma que se produce captura atencional para nuevos objetos sin necesidad de un cambio de luminancia, y no al contrario.

Para explicar los resultados que indican captura atencional por parte de los elementos de aparición repentina y el procesamiento paralelo de los elementos singulares, se propuso la hipótesis de la "saliencia perceptiva" que establece que cuando un elemento es lo suficientemente disimilar respecto al resto, capturaré la atención: el proceso preatentivo calcularía las diferencias en característica dentro de cada dimensión, resultando un patrón de activación en diferentes localizaciones, seguido por un cambio automático de la atención espacial a la localización con mayor diferencia de señal (Theeuwes, 1994).

En cuanto al procesamiento "bottom-up", Todd y Kramer (1994) consideran que no es un todo o nada, sino más bien un procesamiento progresivo según el grado de saliencia. La hipótesis "gradual" sugiere que la saliencia de los estímulos puede ser vista como una manipulación de la proporción señal/ruido en el proceso de detección de características. De esta forma, manipulando la saliencia podemos encontrar captura atencional para las distintas características como por ejemplo el color.

Por otra parte Folk, Remington y Johnston (1992) se oponen a la propuesta de total automaticidad del procesamiento preatentivo defendida por Theeuwes (1992) según la cual este tipo de procesamiento es independiente de los intereses del sujeto. En su lugar, proponen la hipótesis de orientación involuntaria contingente, según la cual el sujeto se predispone para la detección de ciertas características estímulares, aunque una vez predispuesto, el procesamiento se realizaría de forma involuntaria. En esta línea se encuentra el modelo dual de Bacon y Egeth (1994), en el que se considera que el sujeto utilizará generalmente una combinación de los mecanismos de procesamiento "top-down" y "bottom-up", que se determinará según las demandas de la tarea.

Así, muestran que la interferencia de los distractores puede evitarse si se fuerza a los sujetos a utilizar el mecanismo "top-down".

En el capítulo sexto se presenta la investigación realizada para este trabajo de tesis en la que se pone a prueba la captura atencional de un elemento nuevo ("object file") que aparece repentinamente, suponiendo cambio de luminancia ("abrup onset"). Se estudia la interferencia que provoca en la tarea este "nuevo" elemento cuando se presenta en condiciones desfavorables: a) no siendo informativo para la tarea, b) apareciendo en localizaciones periféricas y c) cuya aparición es previsible (cada medio segundo). Así con esta tesis se añade evidencia experimental acerca de hasta qué punto el procesamiento "bottom-up" es vulnerable al conocimiento que posee el sujeto sobre la estimulación (procesamiento "top-down").

Capítulo 4

ATENCIÓN SELECTIVA

LaBerge y Brown (1989) definen la atención selectiva como un fenómeno de exclusión del procesamiento que se logra mediante operaciones que, de alguna manera, mejoran la información relevante concerniente al objetivo, o mediante operaciones que suprimen la información irrelevante que procede de los distractores, o mediante ambos tipos de operaciones.

Hay consenso en una parte importante de las investigaciones en atención visual con respecto a que tras la fase preatentiva se procede a seleccionar la región del campo visual que será atendida, o sea, la región que recibirá mayores demandas de procesamiento. Esta concepción cobró fuerza a partir de la TIC (Treisman y Gelade, 1980), que como vimos en el apartado 2.2.1, propone que tras la fase de procesamiento preatentivo "en paralelo", sigue una etapa de procesamiento serial que analiza el producto elemental que proporciona la etapa preatentiva. No obstante, para algunos autores como van der Heijden (1992) durante la etapa preatentiva se produce un análisis complejo que va mucho más allá de las simples características.

Una cuestión fundamental para comprender como opera el procesamiento visual humano es conocer el momento en el que se produce la selección. Es primordial establecer si la limitación atencional ocurre antes de la identificación del estímulo o después, ya que si la selección es tardía todo el

procesamiento visual se haría en paralelo, mientras que si la selección es temprana tendría sentido hablar de una fase posterior de procesamiento en serie.

Para abordar la cuestión de cual es el grado de complejidad estimular analizable durante la fase de procesamiento preatentivo, en la literatura se distingue entre selección temprana y tardía. La selección temprana sólo admite un análisis rudimentario de la estimulación durante la fase preatentiva, mientras que la selección tardía considera que el procesamiento estimular se completa durante esta fase.

A pesar de las tres décadas de intensas investigaciones utilizando múltiples paradigmas, desde los informes parciales hasta las tareas de búsqueda, no se ha llegado a un consenso sobre el "locus" de la atención selectiva. Las versiones simples de selección temprana y tardía continúan teniendo sus defensores en revisiones relativamente recientes: para la selección temprana véase Broadbent (1982), Johnston y Dark (1982; 1986), Kahneman y Treisman (1984), y para la selección tardía Duncan (1980), Posner (1982) y van der Heijden (1992). Aunque también se han propuesto múltiples posibilidades intermedias y teorías híbridas (Johnston y Heinz, 1978; Pashler 1984; Yantis y Johnston, 1990).

4.1 SELECCIÓN TEMPRANA

La aproximación de la selección temprana, originariamente propuesta por Broadbent (1958) desarrollada posteriormente por Treisman (Treisman 1969; Treisman y Geffen, 1967), afirma que la percepción es un proceso limitado que requiere atención selectiva. La selección atencional ocurre "temprano", después del análisis rudimentario de las características físicas que sirven de base para *distinguir entre estímulos seleccionados y estímulos no seleccionados*. Únicamente los estímulos seleccionados para ser atendidos podrán ser totalmente percibidos.

El punto de partida de la selección temprana es la existencia de un recurso mental escaso que no se puede aplicar en paralelo ni sobre múltiples estímulos, ni para ciertos niveles de complejidad de la estimulación. La atención selectiva controla qué elementos de la estimulación tienen acceso a este recurso escaso que lleva a cabo la identificación. Tal y como ya se expuso en el capítulo segundo se distinguen así dos sistemas de análisis de la estimulación visual:

- (1) Un sistema paralelo "preatentivo" que extrae características simples de los estímulos.

(2) Un sistema de capacidad limitada "atentivo" que es el responsable de los análisis más complejos.

La limitación para el procesamiento de los estímulos sólo se da en el segundo sistema (atentivo). La elección de los estímulos que pasan del primer sistema al segundo se realiza en función de las características procesadas durante la fase preatentiva. Así, la selección atencional se basa en la localización espacial y en otras propiedades disponibles preatentivamente como el color o la orientación. Únicamente los estímulos que están constituidos por alguna de las características seleccionadas pasan al sistema de capacidad limitada para su posterior análisis e identificación, como la selección "tosca" se realiza antes de la identificación, la operación de identificación se aplicaría únicamente a los elementos seleccionados y no a los otros elementos de la escena visual (Broadbent, 1971; Treisman, 1964a y 1964b; Neisser, 1967).

Dos líneas de argumentación apoyarían la propuesta de selección temprana:

En primer lugar, se puede argumentar que la selección temprana ocurre porque propiedades físicas, tales como el color y la localización espacial, pueden utilizarse como base para la selección. Según las teorías de selección temprana, estas son precisamente el tipo de propiedades que están disponibles preatentivamente, y así podríamos pensar que la selección temprana se produciría cuando sea posible la localización espacial o el objetivo se distinga por su color. Sin embargo, como apunta Duncan (1981), el que un elemento de la escena visual se seleccione por ciertas características que lo conforman, no dice nada sobre el procesamiento realizado con anterioridad a la selección del elemento. En concreto, no aclara la cuestión de si el objetivo ya ha sido identificado antes de ser seleccionado. Para la teoría de selección tardía no existe selección sin identificación, la propiedad física "identificada" debe estar conectada a la identidad extraída, por ejemplo, el color con el objeto.

Un segundo argumento en favor de las teorías de selección temprana es que en tareas de informe parcial, las propiedades que aparecen como base de la selección, o sea, son informadas en mayor medida, son propiedades físicas del tipo propuesto por la selección temprana como candidatas a ser extraídas preatentivamente, en vez de otras propiedades post-identificación más complejas como las clases alfanuméricas (Sperling, 1960; Von Wright, 1968). El problema es que las operaciones que utilizan propiedades de alto nivel, por su mayor dificultad, pueden consumir más tiempo que las que requieren el uso de propiedades de bajo nivel. No hay forma de asegurar a qué es debida la ausencia de un informe parcial de propiedades superiores, ya que puede deberse, o bien al fracaso en extraer las propiedades previamente a la selección,

o bien al fracaso para utilizarlas con suficientemente rapidez después de la extracción.

4.2 SELECCIÓN TARDÍA

La aproximación que defiende la propuesta de selección tardía, concebida inicialmente por Deutsch y Deutsch (1963, 1967) y Norman (1968) afirma que la percepción es un proceso de capacidad ilimitada que puede ser realizado de forma automática y paralela sin necesidad de selección. La selección, según esta aproximación, ocurre posteriormente a la percepción completa y total de la estimulación presente en el campo visual, no para identificar el estímulo, sino para otro tipo de tareas cognitivas como elegir la respuesta oportuna.

La selección tardía asume que "la identificación de los estímulos se realiza en paralelo sobre el campo visual (al menos para los patrones bien aprendidos tales como las letras). Las limitaciones atencionales se producirían después, al seleccionar cuales de los estímulos identificados influyen en las representaciones cognitivas actuales guiando la acción o almacenándose en el almacén a largo plazo. De esta manera, la selección está basada no sólo en el nivel más bajo de propiedades estimulares sino también en la identidad de los objetos que fueron computados en paralelo" (Yantis y Johnston, 1990, p.135).

La selección tardía no discute, por tanto, la existencia de un segundo sistema de capacidad limitada. La diferencia con respecto a la aproximación de selección temprana, está en la suposición de que en el primer sistema también se extraen los elementos complejos, de igual modo que las características simples de los estímulos, por lo que se hace posible la selección preatentiva de estimulaciones complejas (Hoffman, 1978; Keele, 1973; Posner, 1978; Shiffrin & Schneider, 1977).

En definitiva, la selección tardía plantea que se identifican todos los objetos de una presentación visual, los que se encuentran dentro del área cubierta por los receptores, y que el proceso de selección elige los objetos identificados que posteriormente serán procesados para distintos fines, tales como el almacenamiento o para dar una respuesta.

4.3 EVIDENCIA EXPERIMENTAL: UBICACIÓN DE LA SELECCIÓN

Las teorías de selección temprana y tardía se han puesto a prueba con distintas tareas de atención dividida y de atención focal. En las tareas de atención dividida el sujeto intenta desplegar su atención sobre distintas fuentes de estímulos. En atención focal los sujetos intentan restringir su atención a una

fuente única o a un único estímulo. Cada teoría espera encontrar distintos patrones de resultados que son diametralmente opuestos atendiendo a sus paradigmas:

a) Las teorías de selección tardía intentan demostrar que la atención dividida es posible y como presuponen la identificación en paralelo de los estímulos, los fracasos en focalizar la atención se explican por la interferencia de los estímulos identificados en localizaciones no atendidas.

b) Las teorías de selección temprana intentan demostrar que es posible la atención focalizada, sin interferencias de los elementos situados en localizaciones irrelevantes. El enfoque óptimo implicaría que la atención opera como un foco indivisible y que, por lo tanto, no es posible un auténtico procesamiento en paralelo de todos los elementos situados en distintas localizaciones.

4.3.1 ATENCIÓN DIVIDIDA

En la literatura se encuentran múltiples trabajos que muestran la existencia de selección tardía utilizando distintos paradigmas de atención dividida (Duncan, 1980; Miller, 1982; Van der Heijden et al., 1983).

Duncan (1980) estudió la posibilidad de dividir la atención, utilizando tareas que requerían la monitorización de dos localizaciones distintas. La tarea consistía en buscar los dígitos en una presentación con cuatro caracteres, dos de ellos letras y los otros dos dígitos. Se presentaron dos condiciones de atención dividida: (a) la condición simultánea (SIM) en la que los cuatro elementos aparecían a la vez, y (b) la condición sucesiva (SUCC) en la que aparecían primero dos elementos y después de un corto intervalo los otros dos. Las medidas en aciertos y falsas alarmas para su posterior análisis fueron transformadas a medidas de la teoría de detección de señales, d' y β . Los resultados muestran una mayor detectabilidad para la condición sucesiva que para la simultánea, lo que se explica por las menores exigencias en atención dividida que impone la tarea sucesiva. Los experimentos de Duncan (1980) muestran que es posible dividir la atención, aunque se pierda detectabilidad a medida que se incrementa el número de focos a los que se debe prestar atención.

En función de los resultados reseñados, Duncan propuso una teoría que distinguía dos niveles de representación perceptiva. La propuesta es que el trabajo de identificación y clasificación de los estímulos se realiza en un primer nivel y su salida debe pasar a través de un sistema de capacidad limitada a un segundo nivel antes de formar una percepción de la que se sea consciente.

En el primer nivel, los estímulos se examinan en paralelo. En este nivel la escena perceptiva se separa en figura y fondo, y se pasa ("parsed") a estímulos discretos u objetos. Cada estímulo se identifica totalmente en forma, color, tamaño, posición, etc. Gran parte de la información aprendida se deriva de la memoria, incluso el nombre si es conocido. En este primer nivel también se obtienen aspectos del significado, la clasificación como letra o dígito, etc. Aún cuando toda esta información derivada está disponible mentalmente, ninguna puede servir todavía como base de la respuesta. Esto se aplica para toda la información: color, posición, forma, significado, etc. No se puede dar cuenta de ninguna percepción formada a este nivel (no hay consciencia de ninguna información). La información en este primer nivel es susceptible de enmascaramiento visual y decaimiento. Para que la información sea preservada debe pasar al segundo nivel.

Puesto que el sistema responsable de que pasen los estímulos del primer nivel al segundo es de capacidad limitada, no es posible pasar todos los estímulos en una breve exposición. De este modo es necesario seleccionar los elementos de la lista para definir los estímulos que deben tomarse. Potencialmente alguna información derivada del primer nivel servirá como base de la selección. En la búsqueda de los estímulos objetivo se debería procurar seleccionar solo los objetivos. Esto se hace posible al definir claramente los objetivos (por ejemplo, los objetivos como dígitos y los no objetivos como letras). Como la clasificación se realiza en el primer nivel, únicamente los objetivos, en condiciones normales, pasarían completamente al sistema de capacidad limitada.

Cuando emerge un estímulo en el segundo nivel, se hace posible informar de la percepción. En el segundo nivel, los estímulos pueden ser almacenados, repetidos, realizar operaciones conscientes, etc. Un estímulo que pasa al segundo nivel es un percepto generado a partir del procesamiento en el primer nivel y por tanto, el segundo nivel no tiene manera de saber, por ejemplo, si la información recibida es exacta o no. El contacto entre el segundo nivel y el mundo exterior es únicamente a través del primer nivel.

Otros autores también han mostrado la existencia de atención dividida, como por ejemplo Miller (1982) y van der Heijden et al. (1983) quienes realizaron varios análisis sobre la distribución de los TRs con el paradigma de objetivo redundante, mostrando que cuando se presenta más de un objetivo simultáneamente, esto contribuye a la identificación del estímulo. Por otra parte, varios trabajos en búsqueda visual apoyan el procesamiento paralelo del estímulo (Pashler y Badgio, 1985; Shiffrin y Schneider, 1977).

Un procedimiento distinto en favor de la selección tardía es el efecto del ensayo N ("que debe ser ignorado") sobre la ejecución del ensayo N+1. Este procedimiento muestra que el estímulo "a ignorar" ha sido procesado, lo que apoyaría la selección tardía. Este efecto ha sido documentado (Allport et al., 1985; Tipper 1985; Tipper y Cranston 1985) y es conocido como efecto de primacía negativa ("negative priming").

La evidencia experimental sugiere que la atención puede ser dividida, siendo posible la selección después de la identificación. Sin embargo, para determinar si la selección ocurre siempre después de la total identificación sería preciso demostrar que, cuando las demandas de la tarea son las de focalizar la atención, las personas no pueden impedir, bien la interferencia, o bien la facilitación de los elementos irrelevantes.

4.3.2 ATENCIÓN FOCALIZADA

La estrategia empírica empleada en los experimentos de atención focalizada ha sido la de evaluar la eficiencia de la selección, examinando si los elementos que "deben ser ignorados" interfieren.

Las teorías basadas en la selección tardía afirman que todos los estímulos, incluso los no atendidos, se identifican antes de la selección. La identificación de todos los elementos dará como resultado una variedad de interacciones semánticas y/o asociaciones a códigos de respuesta que influirá en los tiempos de reacción, bien reduciéndolos, si son efectos facilitadores o bien aumentándolos si son efectos de interferencias (Allport, 1977; Duncan 1980; Posner 1978).

Las teorías de selección temprana, por otra parte, sostienen que únicamente las propiedades físicas rudimentarias se extraen preatentivamente, y que la identificación es un proceso posterior a la selección atencional. Los estímulos, cuya identificación no haya sido computada, no activarán asociaciones semánticas o códigos de respuesta, y por ende no producirán fuertes efectos facilitadores o de interferencia.

Por lo tanto, si se dan fuertes efectos de la información no seleccionada, estos constituirían evidencia en contra de las teorías de selección temprana, mientras que la ausencia de tales efectos constituiría evidencia a favor de las teorías de selección temprana.

En el capítulo quinto estudiaremos los resultados más relevantes obtenidos dentro del paradigma de atención focalizada, como la extensión y dimensiones del foco atencional. Sin embargo, a continuación presentaremos

dos tareas que exigen atención focalizada y que muestran el efecto de la información irrelevante, o que "no debe ser atendida", estas son la tarea Stroop (Klein, 1964) y la tarea "Flankers" (Eriksen y Schultz, 1979):

En el paradigma estándar Stroop, se muestra una palabra en un color de tinta determinado y los sujetos deben decir lo más rápidamente posible el color de la tinta en que aparece escrita la palabra. Las respuestas son más lentas cuando la palabra simboliza un color que no se corresponde con el de la tinta en que está escrito (condición incompatible), mientras que, las respuestas se hacen más rápidas cuando el color simbolizado y el de la tinta en que está escrito coinciden (condición compatible). En el paradigma estándar, la propiedad que ha de ser informada (el color de la tinta) y la propiedad que se ha de ignorar (el nombre del color escrito en letras) comprenden al mismo objeto, por lo que la selección espacial no está involucrada. No obstante, Gatti y Egeth (1978) observaron interferencia Stroop incluso cuando el color del que había que informar se presentaba en el punto de fijación y una palabra de un color compatible o incompatible se presentaba a cinco grados de ángulo visual. En este caso, la interferencia Stroop mostraría la incapacidad de enfocar la atención sobre la estimulación relevante, puesto que los sujetos no fueron capaces de eludir el procesamiento de los estímulos que "deben ser ignorados". Estos resultados suponen un apoyo a las teorías de selección tardía y cuestionan las teorías de selección temprana.

La asignación previa de la atención a una localización espacial es una característica definitoria de las tareas "flanker" (letras que flanquean a la letra objetivo). Utilizando este paradigma también se ha observado interferencia de la información que "debe ser ignorada". En su versión típica, los sujetos deben contestar de forma distinta a dos conjuntos de estímulos. Así, si el objetivo es la letra B o la D, deben pulsar una tecla, y si el objetivo es la letra R o la letra S, deben pulsar otra tecla. Se presenta a los sujetos tres letras a la misma altura e igualmente espaciadas, debiendo dar respuesta de acuerdo con la que se encuentra situada en la posición central. Las dos letras que se encuentran flanqueando al objetivo son idénticas entre sí y pueden ser de la misma clase (por ejemplo DBD) o de clase opuesta al objetivo (por ejemplo RBR). Se informa a los sujetos que deben enfocar completamente la atención en la posición del objetivo e ignorar completamente las letras que están a ambos lados.

Según el punto de vista de la teoría de selección temprana, esta tarea sería apropiada para obtener una alta focalización de la atención, ya que el objetivo aparece justamente en el punto de fijación. Sin embargo, los resultados, cuando se ha utilizado este paradigma, muestran que las personas son incapaces de excluir completamente del procesamiento las letras que flanquean al objetivo (ver por ejemplo Eriksen y Schultz, 1979). La respuesta congruente de las letras situadas en los flancos produce respuestas más rápidas, comparado

con la respuesta cuando los flancos son incongruentes. Un resultado análogo obtuvo Allport (1977) utilizando como estímulos palabras, en lugar de letras.

Estos dos paradigmas muestran que no es posible focalizar la atención hasta el extremo que permita ignorar toda la información irrelevante. La interferencia de los elementos irrelevantes puede significar que no ocurre la selección temprana, pero también puede reflejar lo que se denomina "fuga atencional". La información de las localizaciones "que deben ignorarse" podría llegar a estar disponible antes de la selección, debido a imperfecciones en los procesos selectivos (por ejemplo, cuando la extensión espacial del foco atencional incluye los objetos "que deben ser ignorados"), o en la manera en que se controlan (por ejemplo, un sujeto ocasionalmente pierde la localización del indicio). La fuga atencional supone un fracaso en la utilización óptima de los mecanismos atencionales, en vez de una ausencia de tales mecanismos en la arquitectura cognitiva. Así, es crítico para la aproximación de la selección temprana encontrar una tarea que maximice la concentración de la atención espacial, ya que entonces, si los elementos "que han de ser ignorados" tienen efectos substanciales, habrá evidencia en favor de las teorías de selección tardía, en detrimento de las de selección temprana que habría que rechazar bajo estas condiciones favorables.

4.3.3 REQUISITOS PARA UN ENFOQUE ÓPTIMO

1) Debe aparecer un indicio de localización antes del estímulo objetivo siempre válido y que dure 200 milisegundos. De esta forma se maximiza el realineamiento del foco con el "onset" presentado (ver por ejemplo a Eriksen y St. James, 1986; Murphy y Eriksen, 1987).

2) La recolocación activa de la atención es crítica para una buena focalización (Posner, Snyder y Davidson, 1980). La habituación a una posición concreta sería una tendencia natural que permite la exploración del ambiente. Por tanto, un paradigma en que la atención sea redirigida a nuevas posiciones en cada ensayo pueden ser mejores de cara a un enfoque más efectivo.

3) Se puede suponer que el sistema de procesamiento de la información seguirá la heurística de no maximizar la concentración de la atención, a menos que la sobrecarga en el sistema, sin tal concentración, produzca un recorte subjetivo de capacidad a la hora de lograr la meta. Dark et al. (1985) y Kahneman y Chajczyk (1983) demostraron que la mejora en la selección, esto es, la disminución en interferencia, o los efectos de primacía, se lograban con incrementos en la carga perceptiva. Por tanto, son preferibles los diseños que supongan una carga perceptiva no trivial.

4) La geometría utilizada en tareas "Flankers" puede beneficiar a los lados, ya que los sujetos utilizan la estrategia de asignar la atención a los elementos periféricos, mientras la letra central se descuida, o bien atender a la última y primera letra de la cadena por hábitos de lectura. Por ello, se debe explorar otras disposiciones geométricas en las que las localizaciones que se han de atender tengan las mismas propiedades que las otras localizaciones como, por ejemplo, las configuraciones circulares.

5) Cambiar el mapeado estímulo-respuesta. Bajo mapeado consistente, un estímulo siempre requiere la misma respuesta si aparece en la localización atendida. El entrenamiento en mapeado consistente podría producir estrategias de reconocimiento por debajo del nivel de identificación de los estímulos (por ejemplo, el desarrollo de características "disparador"), pudiéndose convertir la tarea en detección de características que como se expuso en el capítulo segundo, se procesan a nivel preatentivo y por lo tanto no servirían para situar la cuestión de la ubicación de la selección.

6) Los estímulos deben estar suficientemente dispersos para permitir el enfoque atencional efectivo. Presentaciones de múltiples elementos en áreas inferiores a un grado de ángulo visual no permiten operar en condiciones idóneas a la selección temprana. La selección completa de los objetos puede ser imposible en subregiones tan pequeñas. Estas limitaciones pueden ser, o bien inherentes a la arquitectura del sistema visual, o bien un producto de la integración habitual de estímulos sobre una región similar en tamaño durante la lectura. Parece prudente utilizar espaciamientos generosos para evitar el rechazo de la selección temprana cuando no se tiene una garantía suficiente sobre las dimensiones del foco atencional.

7) Es deseable evitar presentaciones en las que la respuesta a un elemento relevante sea presentada en múltiples posiciones. Tales presentaciones introducen complejidades que impiden la evaluación de ciertos efectos, por ejemplo de la distancia, reduciéndose el poder inferencial.

4.4 MODELO HÍBRIDO DE YANTIS Y JOHNSTON

Utilizando las características mencionadas en el apartado 4.3.3, para un enfoque atencional óptimo, Yantis y Johnston (1990) diseñaron distintas tareas para investigar hasta que punto es posible la selección temprana de la atención. Realizaron cuatro experimentos en los que la atención se focalizaba utilizando un indicio espacial. En el primer experimento la presentación consistió en ocho letras presentadas en disposición circular, con un radio de 4.2 grados de ángulo visual. Las letras fueron distintas, excepto en la condición redundante en que había dos letras objetivo presentándose una de ellas en la posición indicada (ver

Figura 4.1). El estímulo objetivo podía estar presente o no, pero siempre que aparecía se localizaba en la posición indicada. Utilizaron tres modalidades de indicio; periférica (una flecha al lado de la posición), central (una flecha en el punto central de fijación) y neutra (sin indicio). El intervalo entre la presentación del indicio y la del estímulo fue en unos casos de 100 ms. y ,en otros, de 200 ms.

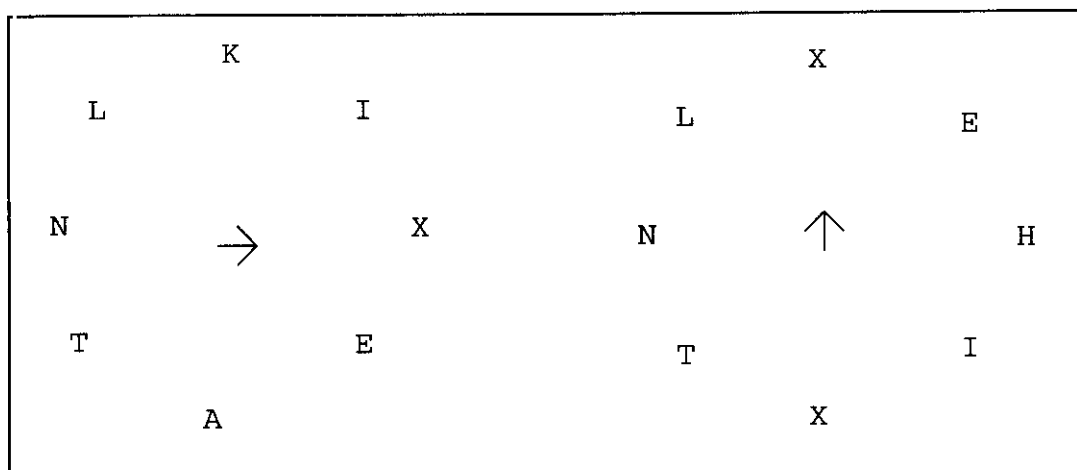


Figura 4.1 Modalidad de indicio central en condición no redundante y redundante (Presentación de Yantis y Johnston, 1990).

Para las modalidades de indicio periférico e indicio central no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las medidas de los tiempos de reacción al comparar la condición de objeto simple con la de objeto redundante. Esas diferencias fueron significativas en la condición neutra, es decir, cuando la atención no estaba focalizada. La distancia entre elementos tampoco tuvo incidencia sobre los tiempos de reacción en la condición redundante. Yantis y Johnston (1990) concluyeron que los sujetos pueden suprimir efectivamente el procesamiento de los estímulos inatendidos, como predice la teoría de selección temprana.

El segundo experimento reseñado en el trabajo de Yantis y Johnston (1990) fue una réplica del primer experimento, pero cambiando la validez del indicio a un 80% (en el 80% de los ensayos el indicio fue válido). Se mostró que con indicios periféricos, parcialmente válidos, los sujetos son capaces de restringir su atención a una localización espacial no-foveal e impedir que los elementos no atendidos afecten a la ejecución. Los sujetos atendieron focalmente al indicio, a pesar de no ser siempre válido. Los experimentos primero y segundo sugieren que cuando las condiciones experimentales permiten una alta focalización de la atención, los estímulos situados en otras localizaciones, fuera del foco, parecen excluirse del procesamiento.

En el tercer experimento de Yantis y Johnston (1990) se incluyó además de la respuesta compatible, la respuesta incompatible. Los objetivos fueron las letras A y E con un indicio siempre válido (al 100%), exigiendo a los sujetos que pulsaran distintas teclas para los distintos objetivos. Se puso a prueba la condición compatible (objetivo redundante) y la incompatible (aparecen en la misma presentación dos objetivos que exigen respuestas distintas y siempre uno de ellos en la posición indicada). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la condición compatible e incompatible, aunque la distancia tuvo algún efecto en el sentido de alargar los TRs en las posiciones adyacentes para la respuesta incompatible.

Un último experimento fue diseñado por Yantis y Johnston (1990) para estudiar los límites del foco atencional. En el cuarto experimento se varió el radio del círculo imaginario que define la posición de los estímulos. Se presupone que el foco atencional tiene una mínima extensión espacial, de forma que si dos estímulos se sitúan a muy poca distancia caerán dentro del foco atencional. En este experimento se contó con el factor tamaño del círculo (pequeño: 2 grados; medio: 3,2 grados y grande: 4,2 grados). Cuando los estímulos se situaron a muy poca distancia la interferencia se incrementó mínimamente.

Yantis y Johnston (1990), a partir de estos experimentos, concluyen que los sujetos pueden enfocar la atención de forma efectiva mostrando, según las demandas de la tarea, selección temprana o tardía con activación restringida, que no se limita a presentaciones con grandes distancias, ya que la atención focal efectiva es posible incluso con presentaciones en las que los elementos están muy próximos. Si la atención focal es posible, la causa de resultados contradictorios se debería al empleo de tareas en que las demandas impiden la focalización de la atención y/o las condiciones visuales no la permiten. De este modo, los fracasos en selección focal efectiva pueden atribuirse a condiciones que no son óptimas.

Estas conclusiones permiten a Yantis y Johnston (1990) desarrollar un modelo híbrido de ubicación de la selección que admite una extremada eficiencia en el enfoque atencional, además de explicar los resultados obtenidos con el paradigma de atención dividida. Proponen que en tareas de atención focal es posible la selección temprana, mientras que en tareas de atención dividida, la selección ocurrirá posteriormente, una vez que los elementos identificados sean computados en paralelo a través de una región espacial amplia.

Esta propuesta atribuye a las personas la posibilidad de obtener lo mejor de ambas estrategias: una ubicación temprana para atención selectiva, bajo tareas de atención focal en las que es deseable minimizar el procesamiento de los elementos irrelevantes, y una tardía para las tareas que exigen atención dividida en las que es deseable procesar todos los elementos extensivamente.

Esta hipótesis de ubicación variable explica los hallazgos de selección temprana, sin desechar el cuerpo empírico sustancial de evidencias experimentales que apoyan una ubicación tardía utilizando el paradigma de atención dividida.

En resumen, el modelo de Yantis y Johnston (1990) propone que se elegirá una u otra estrategia (selección temprana o tardía) según sean las demandas de la tarea.

4.5 LA CARGA PERCEPTIVA DETERMINA LA SELECCIÓN

Lavie (1995) introdujo, en el debate entre selección tardía y selección temprana, la cuestión de la carga perceptiva. Lavie sugiere que la carga perceptiva es el principal determinante de la ocurrencia de la selección temprana o tardía y que la consideración de este factor puede resolver las aparentes discrepancias entre los distintos estudios sobre la ubicación de la selección.

La presunción de alguna limitación en el procesamiento (metáfora del "cuello de botella") es crucial para entender las aproximaciones de selección temprana y tardía, esta limitación sería la causante de la necesidad de selección. No obstante, incluso aunque el modelo clásico de filtro de Broadbent (1958) propone un canal de capacidad limitada, el énfasis en investigaciones posteriores ha cambiado hacia el papel de la distinción física entre información relevante e irrelevante, en vez de hacia la carga de información (Duncan 1981, 1984; Humphreys, 1981; Nissen 1985; Snyder, 1972; Tsal y Lavie, 1988, 1993). La distinción física, sin embargo, es insuficiente para explicar el procesamiento selectivo, como se muestra en las numerosas demostraciones de efectos semánticos de distractores que fueron claramente distintos del objetivo en su localización, color, tamaño o en una combinación de estos atributos (Eriksen y Schultz, 1979; Gatti y Egeth, 1978; Hagenaar y Van der Heijden, 1986).

Por tanto, la distinción física es condición necesaria pero no suficiente para explicar el procesamiento selectivo. La distinción física permite diferenciar los estímulos relevantes de los irrelevantes, de forma que sólo se responda a los primeros. No obstante, la mera diferenciación no implica que los elementos irrelevantes sean totalmente excluidos del procesamiento perceptivo. La razón de tal exclusión no es la distinción física por sí misma, sino la sobrecarga del sistema perceptivo. Una vez que el límite de capacidad es excedido se precisa seleccionar la información que debe procesarse. Lavie (1995) sugiere que únicamente en el caso de satisfacerse esta última condición, ocurrirá el procesamiento selectivo. Cuando el estímulo relevante no demanda toda la capacidad disponible, los estímulos irrelevantes capturarán de manera no intencional esta capacidad sobrante y en consecuencia se procesarán. De aquí

que una sustancial carga de información relevante constituya una condición necesaria para la selección temprana.

Esta propuesta supone un compromiso entre la aproximación temprana y tardía, ya que combina la idea de que la percepción es un proceso limitado con la idea de que la percepción es un proceso automático hasta los límites en que hay capacidad disponible.

En esta aproximación, la percepción es un proceso automático, no en el sentido de no requerir atención, sino en el de no estar completamente sujeto al control voluntario del individuo. El procesamiento perceptivo es limitado, pero se realiza automáticamente hasta los límites de capacidad. De aquí, que la selección en esta versión es la consecuencia natural de la asignación de la atención. Así, para la atención selectiva, podemos asumir que el control voluntario se restringe por determinadas prioridades en la asignación de la atención entre información relevante e irrelevante (Bundesen, 1987, 1990; Yantis y Johnson, 1990; Yantis y Jones, 1991). No obstante, algún sobrante en capacidad más allá del capturado por la alta prioridad de los estímulos relevantes es asignado automáticamente a los estímulos irrelevantes. Los sujetos no pueden reducir el incremento de atención inhibiendo la asignación de atención. Tales inhibiciones activas se restringen a procesos posteriores a la percepción (Lowe, 1985; Neely, 1977; Neill, 1977; Neill y Westberry, 1987; Tipper, 1985, Tipper et al., 1988).

Por lo tanto, la condición de carga determinará si un proceso puede ser selectivo o no. La distinción física entre relevante e irrelevante sólo será determinante en el caso de selección. Este acercamiento explica la razón por la que la mayoría de las investigaciones realizadas desde finales de los 70 han apoyado la selección tardía; puesto que la situación experimental suponía una baja carga perceptiva, debido al uso de pequeños "display-size". Utilizando variaciones del test Stroop, Eriksen y Eriksen (1974); Gatti y Egeth (1978), Hagenaar y Van der Heijden (1986), Kahneman y Henik (1981), Keren et al. (1977), Miller (1987), Paquet y Lortie (1990) y otros han encontrado que los flancos irrelevantes son a menudo identificados. Estos estudios utilizaron "display-size" que normalmente no pasaban de dos elementos que eran el elemento objetivo y un distractor. Investigaciones del fenómeno de primacía negativa se han llevado a cabo bajo análogas condiciones (Allport et al., 1985; Tipper 1985; Tipper y Cranston 1985) llegando a resultados similares. Lavie (1995) afirma que todos estos trabajos muestran un fallo en la selección temprana debido a que implican situaciones de baja carga, condición que no requiere selección temprana. Como vimos previamente, la selección no ocurre hasta que no se excede el límite de capacidad (Lavie y Tsai, 1994).

Una propuesta similar fue realizada por Treisman (1969), ella sugirió que el sistema nervioso está forzado a utilizar todo lo que el sistema discrimina y está disponible, a menos que esté totalmente ocupado con otras entradas. No obstante, pocos intentos se han hecho para manipular la carga perceptiva en tareas de atención focal dirigidas a resolver la cuestión de la selección temprana. Una excepción es un artículo de Kahneman y Chajczyk (1983) quienes variaron la carga perceptiva en una versión del test Stroop de color. Ellos encontraron que el efecto de compatibilidad de una palabra irrelevante era fuertemente reducida cuando una segunda palabra neutral, o incluso un conjunto de letras X, se añadía a la presentación. Kahneman y Chajczyk concluyeron que la adición de un elemento neutral irrelevante reducía las fuentes disponibles de procesamiento para el distractor incompatible. Esta conclusión refleja un razonamiento similar al de Lavie (1995) en el que el procesamiento irrelevante está limitado y es dependiente de la carga. Sin embargo, la interpretación de los hallazgos de Kahneman y Chajczyk en términos de carga perceptiva no es inequívoca. En la presentación utilizada por ellos, la adición del objeto neutral irrelevante no sólo incrementó la carga perceptiva sino que también redujo la saliencia perceptiva del distractor irrelevante. Dark et al. (1985) llegaron a las mismas conclusiones que Kahneman y Chajczyk (1983) en un experimento realizado bajo condiciones similares.

Miller (1991) investigó el efecto de la carga perceptiva, comparando los efectos de compatibilidad de los distractores situados en los flancos sobre la respuesta al objetivo central situado en un "display size" de 2, 4 u 8 elementos. Miller encontró que la compatibilidad de los flancos afectó a los tiempos de reacción sólo en la condición de baja carga perceptiva ("display size" de dos elementos). La eliminación del efecto de compatibilidad de los flancos no puede ser atribuida en este estudio a la reducción de la saliencia perceptiva en los grandes "display size", ya que, las letras no-objetivo, en los "display size" de 4 y 8 elementos, fueron añadidas en una presentación circular que incluía al objetivo y a los no-objetivo adicionales, mientras que los flancos críticos aparecen fuera del círculo.

Todos los estudios mencionados previamente que manipularon la carga, lo hicieron incrementando el "display-size". Como resultado se producían cambios substanciales en la apariencia de la presentación. Lavie (1995) pretende obtener conclusiones más generales y claras respecto al papel de la carga perceptiva en el procesamiento de la información irrelevante.

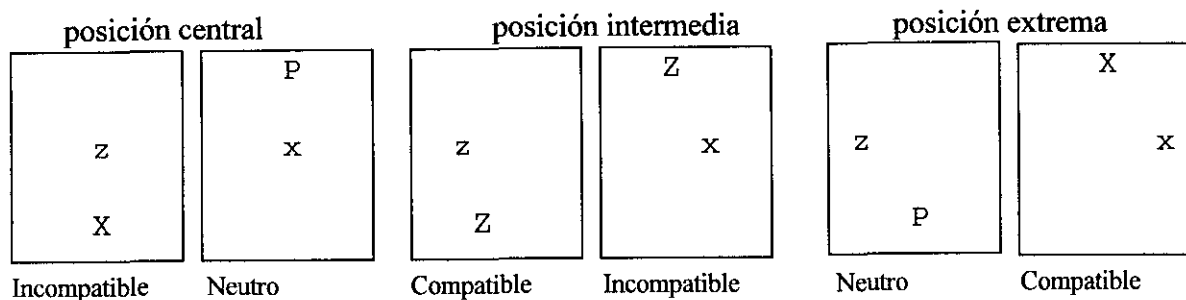
El método seguido por Lavie (1995) consistió en manipular distintos niveles de carga perceptiva con el propósito de lograr la eliminación de la interferencia de los distractores en las presentaciones de alta carga. Se utiliza el paradigma de Eriksen (Eriksen y Eriksen, 1974) con la innovación de que el procesamiento relevante fue manipulado. Los sujetos debían identificar el

objetivo que se presentaba en la región central del display. Un distractor crítico que podía ser compatible, incompatible o neutro, respecto al objetivo se localizaba en la parte superior central o en inferior central del display. Los TRs fueron medidos para las distintas condiciones según la naturaleza del distractor crítico y la carga de procesamiento.

Las manipulaciones de carga utilizadas por Lavie (1995) no afectaron a la saliencia del distractor periférico, de manera que fuera posible mostrar el efecto de la carga perceptiva sobre el procesamiento atencional manteniendo constante la saliencia relativa de la información irrelevante. El distractor crítico siempre se localizó relativamente lejos de la letra objetivo para demostrar que la clara distinción física (más de un grado de ángulo visual) entre información relevante e irrelevante no es por sí misma suficiente para que se produzca selección temprana. Se hipotetiza que aún cuando exista una clara distinción física entre objetivo y distractor, puede darse selección temprana en función del nivel de carga perceptiva que exija la tarea.

En el primer experimento reseñado en el trabajo de Lavie (1995) se manipuló el "display size" relevante (elementos presentados junto al objetivo). Se trabajó con dos condiciones de carga: set-size=1 (S1), y set-size=6 (S6). La letra objetivo podía ser una "x" o una "z" que aparecía aleatoriamente y equiprobablemente en una de las 6 posiciones de una fila, localizada en el centro de la pantalla. El objetivo aparecía en solitario en la condición S1 o acompañado por cinco letras no-objetivo (k,s,m,v y n) en la condición S6. Estas cinco letras ocupaban las otras posiciones en la fila central ordenadas en forma aleatoria (por ejemplo el objetivo x podía aparecer en una cadena "ksmxnv"). El objetivo y las letras no-objetivo aparecían en minúsculas, mientras que un distractor crítico aparecía en letras mayúsculas. El distractor podía ser compatible con el objetivo (ser la misma letra objetivo), incompatible (ser la otra letra objetivo), o neutro. La distancia del distractor y el punto de fijación fue de 1.9 grados de forma que según la posición que ocupase el objetivo en la cadena de caracteres, el distractor se encontraría a tres distancias posibles del objetivo: 1.40, 2.10 y 2.90 grados (ver Figura 4.2).

Condición de baja carga: Set size= 1
Posición del objetivo (z, x)



Condición de Alta carga: Set size= 6
Posición del objetivo (z, x)

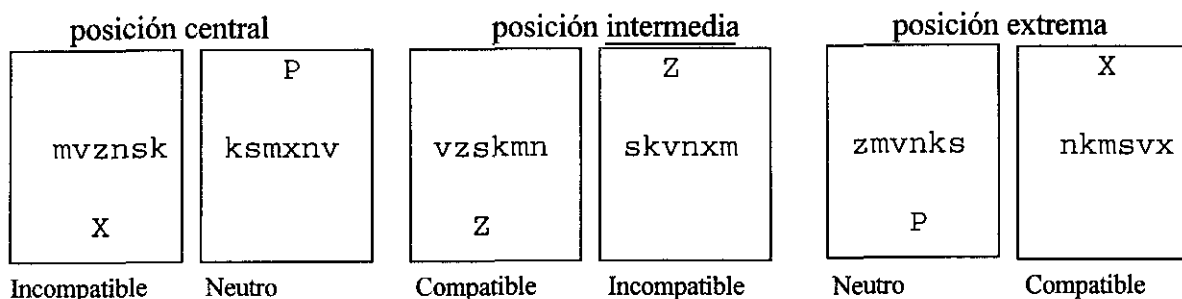


Figura 4.2 Ejemplos de estímulos utilizados por Lavie (1995) en su primer experimento.

En este primer experimento se manipuló la carga perceptiva en la forma tradicional, manipulando el "display size". Se parte del supuesto de que cuanto mayor sea el número de elementos presentados, mayor será la información presentada y por tanto la carga de procesamiento. Se comparó un display size con baja carga frente a otro de alta carga .

El patrón de resultados obtenido, reflejaba una menor interferencia en la condición de alta carga, mostrando que efectivamente la carga de procesamiento del objetivo determina la extensión del procesamiento para el distractor irrelevante. Esta conclusión fue independiente de la distinción física, es decir, de la separación entre objetivo y distractor (1.4; 2.1 ó 2.9 grados).

Lavie (1995) realizó dos experimentos adicionales para generalizar estos resultados a otras condiciones experimentales, en las que utilizó otras

definiciones operacionales de carga que no implicasen cambios de apariencia en la estimulación: en un segundo experimento utilizó la distinción entre características y conjunciones puesto que según la TIC la búsqueda de conjunciones requiere mayores demandas de procesamiento que la búsqueda de características, y en un tercer experimento la distinción entre detección e identificación, ya que, la detección simple de la presencia de un estímulo es una tarea simple que generalmente muestra funciones de búsqueda TRs | "display size" con pendiente nulas, mientras que la identificación requiere más demandas de procesamiento que se van incrementando a medida que la similaridad de los elementos presentados es mayor.

En el segundo experimento de Lavie (1995) no se cambió la apariencia de las presentaciones para evitar que las diferencias encontradas bajo las distintas condiciones experimentales (alta y baja carga) se debieran a la saliencia. La manipulación de la carga se hizo a partir de la teoría de integración de características, según la cual, sólo la conjunción requiere enfoque atencional y por tanto supone mayor carga de procesamiento que la detección de características. La carga perceptiva se manipuló añadiendo a la presentación del primer experimento (ver Figura 4.2 para set size=1) un OBJETO, a la derecha o a la izquierda de la letra objetivo, que podía tener dos formas (círculo o cuadrado) y dos colores (rojo o azul). La respuesta a la letra objetivo dependía del OBJETO presentado: la condición de baja carga consistía en responder sólo cuando el OBJETO adyacente fuese una característica (forma o color), y la condición de alta carga en responder sólo cuando el OBJETO fuese una conjunción (forma y color).

En este segundo experimento, también se puso a prueba si el procesamiento selectivo bajo la condición de alta carga es dependiente de la separación espacial entre objetivo y distractor, puesto que los estudios de Eriksen y Hoffman (1972, 1973) muestran que la atención selectiva se reduce a un grado de ángulo visual.

Los resultados mostraron que el efecto de la interferencia provocado por los distractores incompatibles sólo fue estadísticamente significativo en la condición de baja carga, con lo que se confirma la hipótesis de que la carga de procesamiento de la información relevante determina la interferencia producida por la información incompatible irrelevante. También se comprobó que la distancia física es una condición necesaria pero no suficiente para el procesamiento selectivo, puesto que, sólo se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los distractores lejanos (más de un grado de ángulo visual) y los cercanos (menos de un grado) en la condición de alta carga.

En el tercer experimento de Lavie (1995) se puso a prueba la hipótesis de la carga perceptiva, mediante la distinción tradicional entre detección e

identificación. Los participantes tuvieron que, o bien detectar la presencia de un círculo o una línea en la condición de baja carga, o bien identificar el tamaño y exacta posición de un círculo o una línea en lo que supone la condición de alta carga. Los resultados en este tercer experimento, mostraron nuevamente que la alta carga determina la ocurrencia de selección temprana.

Los resultados de Lavie (1995) ponen de manifiesto que la carga perceptiva juega un papel causal en la determinación de la eficiencia de la atención selectiva. La interferencia de los distractores sólo se da en la condición de baja carga y éste resultado se dio con tres manipulaciones distintas de carga: (a) relevante "display set-size", (b) demanda de procesamiento para una característica (color o forma) frente a una conjunción de características (color y forma) y (c) la simple detección de la presencia de caracteres frente a la identificación de posición y tamaño. Los resultados suponen, por lo tanto, evidencia convergente sobre el concepto de carga perceptiva y muestran que la capacidad para ignorar la información irrelevante está directamente relacionada con la carga de procesamiento de la información relevante.

El concepto de carga implica que el sistema lleva a cabo operaciones posteriores u operaciones más amplias de las que exige la tarea. Cuando se incrementan las demandas de procesamiento se evita que los elementos de baja prioridad o irrelevantes para la tarea consuman la capacidad sobrante, mientras que si no se imponen operaciones adicionales se incrementaría la susceptibilidad hacia los distractores irrelevantes.

La selección no depende únicamente de aspectos físicos como la distancia, puesto que la asignación atencional circunscrita a pequeñas áreas de un grado de ángulo visual de diámetro (Eriksen y Hoffman; 1972; 1973) se obtuvieron en la condición de alta carga, mientras que los resultados que apoyan la selección tardía se obtuvieron bajo la condición de baja carga. Así, la aparente discrepancia puede ser atribuida a una variación en la carga perceptiva. La simple separación física no es suficiente para asegurar el procesamiento selectivo ya que ha de tenerse en cuenta la carga. La separación física sería condición necesaria pero no suficiente para la selección atencional.

El estudio de Lavie (1995) sugiere un compromiso entre los modelos tradicionales de selección temprana y tardía, ya que muestran que la selección tardía aparece con baja carga y la temprana con alta. Ambos resultados se producen por el mismo mecanismo atencional que asigna sus recursos de procesamiento hasta los límites de su capacidad. De este modo se combina la idea de la selección temprana de que la percepción es un recurso de procesamiento limitado, con la idea de la tardía, de que la selección es un proceso automático (no puede ser impedido voluntariamente, hasta los límites de capacidad disponibles).

4.6 RESUMEN

Una de las cuestiones pendientes más importantes para los modelos de atención es la de establecer qué información puede ser procesada automáticamente, en paralelo. Esta cuestión hace referencia al instante en que entra en juego la atención procesando mediante un escrutinio en serie, elemento a elemento, y que se realiza de forma voluntaria. Utilizando el paradigma de atención focal se llegó a la conclusión de que las únicas características que podían procesarse de modo preatentivo eran las características básicas y que cualquier procesamiento más complejo exigía la incorporación de más demandas de procesamiento, esto es, la exploración en serie (Broadbent, 1971; Treisman, 1964a, b; Neisser, 1967).

Posteriormente, utilizando el paradigma de atención dividida, se comprobó que el sujeto no siempre es capaz de enfocar eficazmente su atención, ya que había información irrelevante que interfería con la relevante (Hoffman, 1978; Keele, 1973; Posner, 1978; Shiffrin y Schneider, 1977).

Estos hallazgos llevaron a la discusión de si la selección era inmediata debido a la limitada capacidad del procesador central, o tardía, puesto que no habría límites en la capacidad de procesamiento y el sujeto realizaría la selección atencional, posteriormente, para elegir una respuesta.

Yantis y Johnston (1990) mostraron que si las condiciones del enfoque atencional son óptimas, el sistema puede ignorar la información irrelevante por lo que sería posible realizar selección "temprana". De este modo proponen un modelo híbrido que elegiría el mecanismo más conveniente en función de las demandas de la tarea.

Por último, el modelo de Lavie (1995) especifica que es la carga perceptiva la que determina el mecanismo de selección que se muestra experimentalmente. El procesamiento es automático e involuntario y, por lo tanto, vulnerable a la interferencia de la información irrelevante, hasta que se alcanza el límite de capacidad de procesamiento, a partir de aquí se obtiene un enfoque atencional óptimo.

Con el fin de estudiar si realmente se verifica que la interferencia de los distractores depende de la carga perceptiva hemos realizado un experimento, que se presenta en el sexto capítulo de esta tesis en el que se modifica la carga perceptiva trabajando con cuatro condiciones de carga, en una tarea de atención visual. Los resultados obtenidos sugieren una relación entre la carga perceptiva y la detectabilidad.

Capítulo 5

ASIGNACIÓN DE LOS RECURSOS ATENCIONALES

El proceso por el cual se selecciona un estímulo entre un conjunto de ellos, es una de las principales características de la atención. En el caso de la atención visual, hay controversia sobre si esta selección se basa en los objetos o en la localización espacial. Las teorías que se basan en el objeto (Driver y Baylis, 1989; Kahneman y Henik, 1981; Prinzmetal, 1981; Van der Heijden, 1992) defienden que los procesos preatentivos se sirven de los objetos para seleccionar el campo visual que ha de ser atendido, mientras que las teorías espaciales afirman que la atención, o los recursos atencionales, se dirige a localizaciones concretas del campo visual.

Este capítulo se dedica al estudio de cuáles son los aspectos que determinan la selección atencional, analizaremos si el sistema visual asigna los recursos atencionales a una determinada región del espacio o a los objetos que se encuentran en el campo visual. También se hace una revisión de los distintos trabajos encaminados a esclarecer las características que definen la "ventana" atencional.

5.1 LA ASIGNACIÓN ESPACIAL

Los **modelos espaciales** sugieren que después del análisis preatentivo preliminar, la atención se asigna a una región concreta y delimitada del espacio visual. Los estímulos situados en dicha región reciben todo el procesamiento,

mientras que los elementos que se sitúan fuera son excluidos del procesamiento. En otras palabras, la "ventana" atencional tendría unas dimensiones físicas definidas dentro del campo visual que limitan o seleccionan la información que recibirá un procesamiento más profundo. Existen variaciones de este modelo clásico, tales como el modelo de foco o "spotlight" (LaBerge, 1983; Posner, Snyder y Davidson, 1980; Tsal, 1983b), el modelo "zoom lens" (Eriksen y St. James, 1986; Eriksen y Yeh, 1985), y los modelos de procesamiento gradual "gradient model" (Downing, 1988; LaBerge y Brown, 1989). Aunque hay diferencias entre estos modelos, todos ellos defienden que el espacio es el medio en el que opera la atención visual, por lo que la selección de la región de interés será más efectiva cuando se disponga de indicios sobre la localización del elemento objetivo. Los modelos espaciales se han apoyado en los resultados obtenidos con los paradigmas de atención dividida, compatibilidad de respuestas y primacía espacial (Bashinski y Bacharach, 1980; Eriksen y Eriksen, 1974; Eriksen y Hoffman, 1972, 1973; Gatti y Egeth, 1978; Hagenaar y Van der Heijden, 1986; Hoffman, Nelson y Houck, 1983; Posner, 1980).

La evidencia de la distribución espacial de la atención visual proviene principalmente de dos fuentes:

(1) Experimentos de búsqueda visual de estímulos que pueden aparecer en distintas localizaciones: cuando se indica la localización del objetivo antes de que este aparezca (en un intervalo comprendido entre los 50 y los 150 ms.), los tiempos de reacción para la identificación se reducen (Eriksen y Hoffman, 1973, 1974). Este resultado se ha confirmado en numerosas investigaciones (Tsal, 1983a; Van der Heijden, Wolters y Enkeling, 1988). Además, van der Heijden, Schreuder y Wolters (1985) mostraron que el número de aciertos, en reconocimiento, mejora si se indica la localización del objetivo. Estos resultados sugieren que la utilización de indicios de localización mejora la localización al alinear la atención con la ubicación del objetivo dentro del campo visual.

(2) Experimentos realizados para estudiar la extensión del "foco" atencional, es decir, para determinar la separación mínima que ha de existir entre el estímulo objetivo y los distractores para que no se procesen los distractores. Muchos de estos experimentos se han realizado con el paradigma de competición de respuesta introducido por Eriksen (Eriksen y Hoffman, 1973 ; Eriksen y Eriksen, 1974). En la versión simple de este paradigma, la variable dependiente son los TRs. El estímulo objetivo puede pertenecer a dos categorías de respuesta, exigiéndose para cada una diferente respuesta motora (generalmente, pulsar teclas diferentes del teclado de un ordenador). Como se trata de tareas de atención focalizada, el elemento objetivo aparece en una localización claramente predeterminada (por ejemplo, en el punto de fijación). El efecto de competición de respuesta se define como el incremento que con respecto a una condición de control se produce en los TRs como consecuencia de la aparición de la otra

categoría de respuesta ("forma ruido") en una localización irrelevante. Cuando el elemento que aparece en la localización irrelevante pertenece a la misma categoría de respuesta que el objetivo (objetivo redundante), en vez de competición se produce facilitación (Coles et al., 1985; Eriksen et al., 1985). La condición de control con la que se comparan los fenómenos de facilitación y de competición consiste en presentar en una localización irrelevante un elemento que no pertenece a ninguna de las dos categorías de respuesta.

El efecto de competición de respuesta proporciona una medida de la distribución atencional, ya que hace posible la evaluación del efecto de competición de respuesta para las distintas distancias entre el elemento objetivo y la "forma ruido". La presencia de competición de respuesta indicaría que la "forma ruido" incompatible ha sido procesada, mientras que la ausencia de competición indicaría que el "foco" atencional es lo suficientemente preciso y reducido como para excluir al estímulo irrelevante.

Los resultados experimentales con el paradigma de competición de respuesta han mostrado que los TRs decrecen con el incremento en la separación entre el objetivo y la "forma ruido" (Eriksen y Hoffman, 1973; Eriksen y St. James, 1986; Miller, 1991; Murphy y Eriksen, 1987; Yantis y Johnston, 1990) lo que sugiere que la selección de la atención visual puede ser lo bastante precisa como para excluir el procesamiento de los estímulos irrelevantes, si se da una separación espacial suficiente entre el estímulo atendido y el estímulo que compite (Miller, 1991; Yantis y Johnston, 1990).

5.1.1 MODELOS ESPACIALES

5.1.1.1 EL FOCO ATENCIONAL

Cuando se desea percibir con mayor detalle un objeto, se fija la mirada en él centrándolo en la fovea, esta sería la consecuencia inmediata de la selección atencional. No obstante, la habilidad para atender fuera del punto de fijación ha sido comentada en múltiples ocasiones. Helmholtz en 1886 (véase Humphreys y Bruce, 1989) publicó una serie de experimentos donde el sujeto leía letras que estaban fuera de la región hacia la que dirigía la atención. James (1890) posteriormente concretó los elementos de la atención visual en foco, margen y entorno, como si tuviéramos un "foco interno" que puede ser alineado con un objeto para permitir su visión.

La idea de que la atención visual actúa como un foco interno con el que se mejora la percepción visual se puso a prueba en el trabajo de Posner, Snyder y Davidson (1980), quienes desarrollaron un procedimiento experimental para estudiar el procesamiento atencional. Se diseñó una tarea de detección simple

consistente en presionar un botón tan pronto se detectase la presencia de una luz en el campo visual y se midió los TRs. La luz objetivo podía aparecer en uno de entre varios cuadrados que se presentaban en distintas localizaciones del campo visual. La aparición del objetivo se indicaba previamente, utilizando un indicio de localización que podía ser central o periférico. El indicio periférico consistía en un breve destello de uno de los cuadrados, hipotetizándose que el destello permite alinear el foco atencional con la localización probable del objetivo. Se manipuló la validez informativa del indicio (probabilidad de que el indicio indique la localización correcta) en tres condiciones: 80% válido, 50% válido (neutral) y 20% válido. En este trabajo se constató que los TRs mejoran al aumentar la validez del indicio, concluyéndose que la atención puede ser entendida como un "foco" que mejora la eficiencia de la detección de los eventos que caen en su interior.

Los trabajos de Eriksen y Eriksen (1974) con el paradigma de "flanker" también sirven de apoyo al modelo de foco atencional. Estos autores propusieron que el foco atencional tiene unos límites muy bien definidos, de forma que el foco tendría un tamaño fijo, que no puede reducirse para enfocar a un elemento concreto si hay otros elementos muy próximos a este. En los experimentos se pedía a los sujetos que identificasen la letra objetivo que aparecía en cada ensayo. Las letras objetivo pertenecían a dos categorías de respuesta. La letra objetivo aparecía en la posición central, flanqueada por otras dos letras que podían pertenecer o no a la categoría de respuesta de la letra objetivo, siendo por tanto compatibles o incompatibles con el objetivo (ver Figura 5.1).

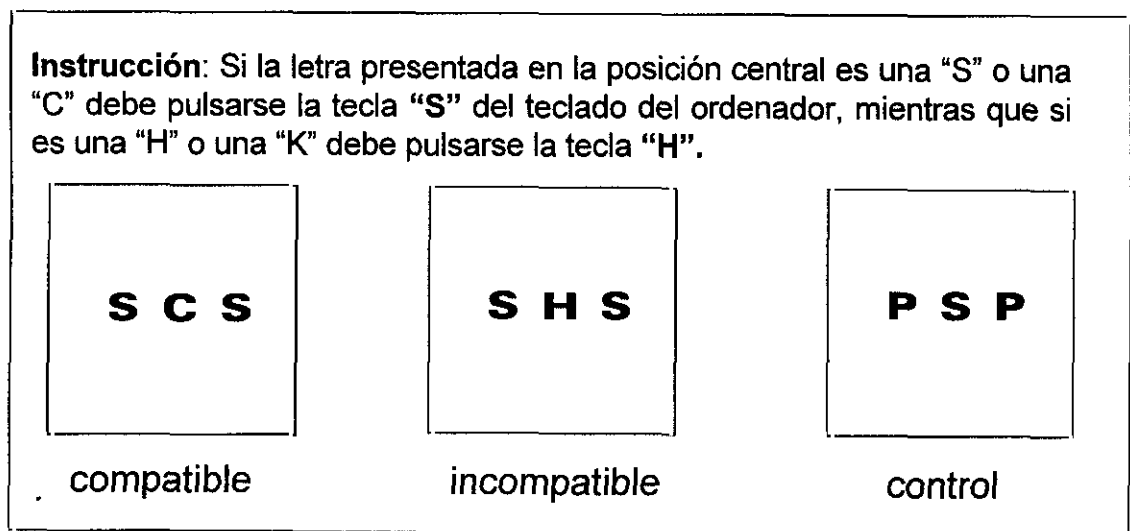


Figura 5.1 Tarea de "Flanker" que consiste en identificar la categoría a la que pertenece la letra situada en posición central. Las letras situadas en los flancos pueden ser de la misma categoría (compatibles) o de distinta categoría de respuesta (incompatible).

A pesar de que los sujetos sabían que el objetivo, era el presentado en la posición central, cuando la distancia entre el objetivo y las letras situadas en los flancos era inferior a un grado de ángulo visual, se encontró que estas letras influyeron sobre la respuesta medida en TRs, obteniendo el efecto más pronunciado cuando las letras distractoras fueron incompatibles con el objetivo. La conclusión principal de Eriksen y Eriksen (1974) fue que el tamaño del foco es de aproximadamente un grado de ángulo visual.

Otra característica definitoria del foco atencional es su indivisibilidad. Es decir, la imposibilidad de atender a varias localizaciones a la vez. Eriksen y Yeh (1985) en una presentación circular, en forma de reloj, donde el objetivo (letra "S" o letra "Y") aparecía en una de las cuatro posiciones de los cuartos del reloj (12, 3, 6 y 9), reservándose el resto de posiciones del reloj para las letras no-objetivo. La localización probable del objetivo se indicaba con una antelación de 150 ms. y se manipuló la validez informativa del indicio con tres posibles modalidades: a) 40% de la veces la letra objetivo aparecía en la posición indicada y otro 40% en la posición opuesta, b) 70% de la veces la letra objetivo aparecía en la posición correcta y en otro 10% en la opuesta, y c) 100% de las veces la letra objetivo aparecía en la posición indicada.

Los resultados mostraron que los TRs más reducidos se obtuvieron cuando la letra objetivo se situaba en la posición indicada y que había una relación inversa entre los tiempos de reacción y la validez informativa del indicio. Los peores TRs se obtuvieron cuando la letra objetivo se situó en la posición opuesta a la indicada: cuando la validez informativa del indicio fue de un 40% se encontró una dificultad añadida para atender a la posición opuesta que superaba incluso a la condición de control, en la que no se presentaba indicio. La principal conclusión de Eriksen y Yeh (1985) es que los sujetos no pudieron dividir el foco atencional.

Algunos autores (Heinze et al. , 1994) recientemente han puesto a prueba la hipótesis de indivisibilidad del foco atencional mediante registros electrofisiológicos. Los resultados indican que los sujetos no pueden dividir la atención entre dos localizaciones sin atender también al área comprendida entre ellas. Los sujetos en el experimento de Heinze et al. (1994) fueron más lentos y acertaron en menor medida cuando debieron detectar pares de estímulos situados en localizaciones separadas, en comparación con la condición en que los pares se localizaban en posiciones adyacentes.

5.1.1.2 ATENCIÓN GRADUAL

Frente a la hipótesis de que la atención se asigna de manera análoga a un foco de dimensiones fijas y de procesamiento uniforme para toda la información que se sitúa dentro de sus confines, se propuso la hipótesis de procesamiento gradual, que establece que el efecto producido por los estímulos visuales irrelevantes disminuye con el incremento de la distancia a la localización atendida. Así, tanto el procesamiento como las dimensiones del área atendida, dependen de distintos factores como la localización de los estímulos en la retina (Downing y Pinker, 1985) o las demandas de la tarea (LaBerge y Brown, 1989).

Downing y Pinker (1985) examinaron cómo variaba la respuesta de los sujetos en función del lugar de la retina donde caía el objetivo. Presentaron un objetivo en una de diez posibles localizaciones periféricas situadas a distancias crecientes, a derecha e izquierda del punto de fijación (cinco a cada lado). Antes de la aparición del objetivo se indicaba la probable localización de éste, midiéndose la respuesta en términos de beneficio y costo en TRs en función de la validez informativa del indicio, y comparándose la condición en la que se presentaba indicio de localización con la condición de control (sin indicios de localización). Los resultados mostraron que los TRs fueron más reducidos cuando se *indica la posición central* y el objetivo aparece en las posiciones centrales, mientras que cuando el objetivo aparece en posiciones más alejadas del punto de fijación el coste en TRs se incrementa rápidamente con la distancia. Por otra parte, cuando se *indica una posición periférica* (posiciones extremas a izquierda o a derecha) donde aparece el objetivo hay ganancia en TRs, pero la pérdida, cuando los objetivos van apareciendo en posiciones más centrales es más gradual. Estos resultados sugieren que es posible "estrechar" más el foco atencional en la fovea que en la periferia.

Humphreys (1981) muestra que es posible reducir el área atendida hasta medio grado de ángulo visual de diámetro, cuando los sujetos conocen las características del objetivo y se les da la oportunidad de fijar la atención en la localización del objetivo. Esto sugiere que el foco atencional puede tener un tamaño fijo en ciertas regiones del campo visual, pero que, en general, no tiene un tamaño constante.

LaBerge y Brown (1986) mostraron que a mayor dificultad de discriminación, más fino debía ser el foco atencional, ya que la competición de respuesta producida por una "letra ruido" incompatible localizada a una distancia constante del objetivo, decrecía con la precisión del foco. LaBerge y Brown (1989) conciben el área atendida como un "gradiente" que puede contraerse o extenderse de acuerdo con las demandas de la tarea.

5.1.1.3 ASIMETRÍAS DEL CAMPO ATENCIONAL

Kröse y Julesz (1989) examinaron las asimetrías en el procesamiento atencional midiendo la detectabilidad de una letra T entre letras L (aleatoriamente orientadas), en una presentación circular en forma de anillo donde todas las letras (la letra T y las letras L) se situaban equidistantes del punto de fijación central. El observador desconocía "a priori" la localización de la letra T, midiéndose los tiempos de reacción en función de dos factores: (a) localización de la letra T en el anillo (de 0 a 360 grados), y (b) del tiempo de procesamiento que se define como el tiempo que transcurre desde que se presentan los estímulos hasta que desaparecen por enmascaramiento (ver Figura 5.1).

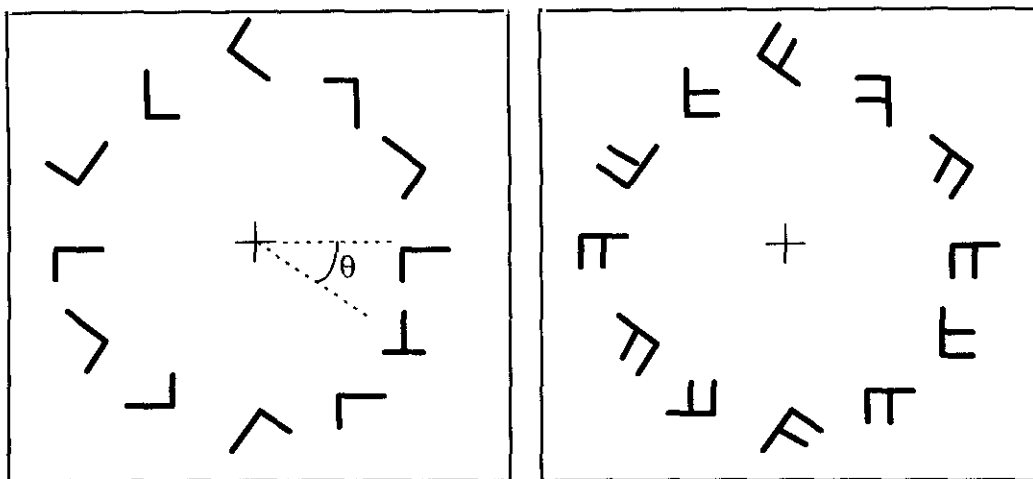


Figura 5.1 Presentación circular de 12 letras; 11 letras L y la letra objetivo T. A los 40 ms. se borran los estímulos y tras un tiempo variable en el que no aparece nada en la pantalla aparecen las letras F ("mask").

La presentación circular en forma de "anillo" se componía de 12 letras aleatoriamente orientadas que, o bien eran 12 letras "L", o bien eran 11 letras "L" y una letra "T". Estos 12 estímulos permanecían visibles durante 40 ms., pasados los cuales se borran los estímulos de la pantalla quedando esta "vacía" durante un intervalo de procesamiento variable: 60, 120 y 210 ms. Por último, y durante otros 40 ms. en las posiciones anteriormente ocupadas por las letras aparecían unos símbolos en forma de F.

La letra objetivo podía ser presentada en cualquier localización del anillo de 12 elementos. El experimento consistía en la detección (presencia o ausencia) de la T. Todos los ensayos constaban de dos presentaciones con un intervalo entre ellas de medio segundo, apareciendo obligatoriamente la letra

objetivo en una de las dos presentaciones. La tarea del sujeto consistía en decidir si la letra objetivo fue presentada en la primera o en la segunda presentación.

Puesto que Kröse (1987) mostró que la detectabilidad de una letra T sobre un fondo de letras L es función de la excentricidad retinal, se eliminó el efecto de la excentricidad utilizando una presentación circular en torno al punto central de fijación.

Kröse y Julesz (1989) investigaron las asimetrías del campo (efectos de la posición) y el efecto del tiempo de procesamiento (tiempo que transcurre entre la presentación del estímulo y la desaparición por enmascaramiento). Los resultados mostraron que la ejecución depende de la localización retinal del estímulo y que la ejecución mejora con el incremento del tiempo de procesamiento. La probabilidad de detectar un objetivo cuando se presenta en el eje horizontal es mucho mayor que cuando se presenta en el vertical, siendo además extremos del continuo.

Payne (1967) encontró una asimetría semejante para los TRs en un experimento en el que aparecía un estímulo débil "dim photopic" en una presentación circular. Resultados similares, en experimentos en que se exige la detección de estímulos en presentaciones más complejas (Engel, 1971), sugieren que el "conspicuity área" o campo retinal en el que un objetivo concreto puede ser detectado sin conocimiento de su localización, tiene una forma elíptica, con el eje mayor a lo largo de la horizontal. Quedaría la cuestión de si esta asimetría es el resultado de la heterogeneidad retinal o de un procesamiento "a priori" de los elementos en la horizontal. Bajo esta última propuesta, se puede esperar, para las localizaciones horizontales, un incremento superior en detectabilidad cuando se incrementa el tiempo de procesamiento. Sin embargo Kröse y Julesz (1989) encontraron un incremento uniforme en la ejecución para las distintas localizaciones, por lo que concluyen que la asimetría no es el resultado de una estrategia de chequeo, sino de un procesamiento no homogéneo de los elementos. La causa la sitúan en heterogeneidades retinales tales como la distribución diferencial de las células ganglionares a través de la retina. Los resultados de Perry y Cowey (1985) experimentando con monos muestran que, para una excentricidad dada, la densidad de las células ganglionares son varias veces mayores a lo largo del meridiano nasal horizontal que a lo largo de los otros tres meridianos.

En el experimento de Kröse y Julesz (1989) la detectabilidad media, de todas las posiciones, como función del tiempo de procesamiento fue similar a la encontrada por Bergen y Julesz (1983), en que la detectabilidad se incrementa al aumentar el tiempo de procesamiento. Kröse y Julesz (1989) explican el incremento en detectabilidad como resultado de la mejora que supone aumentar

el tiempo de procesamiento de la señal respecto a la tasa de ruido. No obstante, recordemos que en el experimento previo presentado en el primer capítulo de esta tesis ya comprobamos que el tiempo de persistencia del estímulo era un factor crucial para la detección e identificación del estímulo, de manera que más que una mejora de señal frente al ruido, creemos que este fenómeno se relaciona con el funcionamiento de los fotorreceptores que precisan un tiempo mínimo de procesamiento para que el estímulo sea captado y, en consecuencia, exista señal.

5.1.1.4 MODELO "ZOOM LENS"

En la formulación inicial de Posner, Snyder y Davidson (1980) el foco atencional se concebía como si tuviera un borde discreto, de manera que los estímulos situados en el interior del foco eran totalmente procesados, y los situados fuera no recibían procesamiento alguno. Sin embargo, en distintos trabajos se ha observado que la distribución espacial de la atención puede tomar la forma de un "gradiente", de forma que la mejora del procesamiento en la región circundante a una localización atendida sea más bien gradual, en vez de un todo o nada (Downing y Pinker, 1985; LaBerge y Brown, 1989). Además, el procesamiento no parece ser uniforme en todas las direcciones del foco, existiendo asimetrías (Kröse y Julesz, 1989).

Eriksen y St. James (1986) proponen el modelo "zoom-lens" (ya apuntado en el trabajo de Eriksen y Yeh, 1985) a fin de explicar la mayoría de las evidencias experimentales en atención visual encontradas hasta el momento.

Por un lado, uno de los principales hallazgos indica que, bajo ciertas condiciones, los recursos atencionales se distribuyen sobre la totalidad de la presentación, con procesamiento paralelo de todos los elementos (Eriksen y Spencer, 1969; Kinchla, 1974; Shiffrin y Gardner, 1972; Shiffrin y Geisler, 1973), mientras que bajo otras condiciones se realiza un chequeo serial y focalizado (Eriksen y Yeh, 1985; Hoffman, 1978, 1979; Jonides, 1983; Prinzmetal y Banks, 1983).

Por otro lado, la atención puede aparentemente concentrarse o dirigirse a localizaciones específicas cuando en la presentación se emplea un indicio de localización, incluso con intervalos entre el indicio y el objetivo de sólo 50 ms. Este indicio provoca una disminución notable en el tiempo requerido para la detección o identificación del estímulo objetivo. Los TRs disminuyen a medida que se incrementa el intervalo entre indicio y objetivo, aunque la función llega a ser asintótica en torno a los 200 ms. Además, cuanto menor es el ruido o el "display size", menores son los TRs (Colegate, Hoffman y Eriksen, 1973; Eriksen y Colegate, 1970; Eriksen y Collins, 1969; Eriksen y Rohrbaugh, 1970).

El precedente del modelo "Zoom Lens" lo encontramos en el trabajo de Jonides (1983) quien propuso un modelo en el que la atención puede procesar de dos modos. Cuando el procesamiento opera en el primer modo, la atención está uniformemente distribuida sobre las posibles localizaciones de la presentación y la búsqueda del objetivo se hace en paralelo. Cuando opera del segundo modo, los sujetos pueden elegir enfocar su atención sobre la posición indicada o no. En este segundo caso, la atención se concentraría en una región del espacio, procesando de forma más rápida el objetivo, siempre que el indicio sea válido, ya que, si el indicio no es válido, se producirá un coste en tiempo importante .

Eriksen y Yeh (1985) modifican el modelo de Jonides (1983) proponiendo que los dos modos de procesamiento son polos de un continuo de la distribución de la atención para los estímulos visuales. En un polo, los recursos atencionales pueden ser distribuidos uniformemente sobre todo el campo visual y en el otro se puede concentrar o enfocar sobre un área tan pequeña como una fracción de un grado de ángulo visual (LaBerge, 1983). En vez de la analogía del "foco", se sugiere una más apropiada que es la de "zoom". Si el zoom opera a bajo rendimiento se procesaría todo el campo, sin "ampliar" los objetos contenidos en él, es decir, habría poca discriminación de detalle (bajo poder de resolución). Si el zoom opera a alto rendimiento, se reduce el campo atendido incrementándose el poder de resolución para el detalle de los objetos situados en su interior. Con un sistema perfecto de "lente", se daría un acuerdo en términos de pérdida de campo con la correspondiente magnificación o accesibilidad del detalle de los objetos que permanezcan en el campo.

Según esta analogía, una operación a bajo rendimiento del "zoom lens" sería equivalente a la distribución de los recursos atencionales sobre todo el campo visual. Esto daría como resultado un procesamiento en paralelo de los estímulos dentro del campo, pero debido a la baja densidad de los recursos, la proporción de procesamiento para cada elemento del campo debería ser pequeña, e incluso limitada, en cuanto a la cantidad de información que se puede extraer de un objeto del campo. Si la analogía es correcta, los recursos atencionales podrían distribuirse o concentrarse en una pequeña zona del campo visual, en función de las demandas de la tarea.

El modelo "zoom-lens" se resume en tres características:

1) La atención visual puede variar, desde un estado en el que la atención está distribuida por todo el campo, hasta un estado altamente focalizado (un grado de ángulo visual).

2) Según se incrementa el área atendida, decrecen los recursos atencionales asignados a cada elemento del campo.

3) Los límites del campo son graduales (no finos), con un decaimiento progresivo y gradual en el procesamiento.

En el trabajo de Eriksen y Murphy (1987) se puso a prueba el modelo "zoom-lens". La tarea presentada a los sujetos consistía en la identificación de la letra objetivo (letra "A" o letra "U") mediante el paradigma de competición de respuesta. La letra objetivo estaba subrayada, podía aparecer a la derecha o a la izquierda del punto de fijación, e iba emparejada con otra letra que podía ser compatible con el objetivo (AA) o incompatible (AU). Se manipuló la distancia entre las letras emparejadas y se consideraron dos condiciones experimentales: (a) atención distribuida (sin indicio de localización), y (b) atención focalizada (se indica previamente la localización de la letra objetivo). Los resultados mostraron que las respuestas fueron más lentas en la condición incompatible que en la compatible. Sin embargo, el resultado más interesante fue que la distancia entre las letras prácticamente careció de importancia en ausencia del indicio de localización. Por el contrario, en la condición de atención focalizada, únicamente apareció la competición cuando las letras emparejadas estuvieron muy próximas entre sí. Estos resultados se interpretan perfectamente atendiendo al modelo "zoom-lens": inicialmente la atención se distribuye ampliamente por todo el campo visual, produciéndose un procesamiento en paralelo para todos los elementos presentados, pero con una baja resolución. Debido a que la tarea de discriminación entre objetivo y distractor fue relativamente fácil, no se requirió una alta resolución vía atención focal. Así, independientemente de las localizaciones en el campo visual, la "letra ruido" activó la respuesta opuesta al objetivo, generando interferencia. No obstante, cuando se presentó un indicio de localización, la atención se focalizó, mejorando el procesamiento del objetivo, por lo que sólo "la forma ruido" que se sitúa dentro del área reducida de mayor procesamiento produjo interferencia.

Pan y Eriksen (1993) con un paradigma distinto de competición de respuesta también pusieron a prueba el modelo "zoom-lens". Utilizaron una tarea en la que el sujeto debía juzgar si dos estímulos pertenecían a la misma categoría de respuesta o no. Esta tarea requiere atender a dos elementos del objetivo "par", permitiendo manipular el tamaño del área que necesita ser atendida. Los dos estímulos que constituyen el objetivo "par" se presentaron a distintas distancias en la dimensión horizontal y vertical. La tarea permitió evaluar la competición de respuesta de un tercer elemento, "letra ruido", que aparecía en distintas localizaciones y que podía ser compatible o incompatible con las letras objetivo.

ASIGNACIÓN DE LOS RECURSOS ATENCIONALES

Para obtener diferentes tamaños de campo atencional, se utilizaron tres separaciones diferentes entre el par de letras que constituían el objetivo y también se utilizaron tres distancias entre la "letra ruido" y el objetivo par (ver Figura 5.2).

0,5°			1,0°			2,0°		
		H			H			H
H	H		H	H		H	H	
S +	S +	S +	S +	S +	S +	S +	S +	S +
H	H		H	H		H	H	
		H			H			H

Letra ruido a 0,25 grados Letra ruido a 0,50 grados Letra ruido a 1,0 grados

Figura 5.2 Separación entre la letra ruido "S" y el objetivo "par". La distancia entre las dos letras que conforman el objetivo fue de medio, uno y dos grados (Pan y Eriksen, 1993).

Mediante este diseño es posible analizar la efectividad del campo atencional, siempre que aceptemos que el procesamiento es uniforme dentro del campo visual. Por ejemplo, se puede poner a prueba la hipótesis de que el campo atencional es circular. De ser así, el diámetro del círculo que supone el área atendida debería corresponder más o menos con la distancia que existe entre el par de letras que constituyen el objetivo. Una letra ruido incompatible dentro de este círculo debería elevar el tiempo de reacción siempre que el procesamiento dentro del campo sea uniforme. Por otra parte, la letra ruido incompatible que caiga fuera del círculo debería tener un efecto pequeño o nulo sobre los tiempos de reacción.

Los resultados mostraron que no era posible inhibir el procesamiento de la letra ruido incompatible. Un campo circular con procesamiento uniforme en su interior, sólo se podría acomodar a los resultados obtenidos en la condición de espaciamiento mínimo entre el par de letras que constituyen el objetivo y la letra ruido (0,25 grados), pero no para el espaciamiento de 0,5 y 1,0 grado. Más que un círculo, el área atendida parece ser de forma elíptica situándose la dos letras que constituyen el objetivo en el eje principal. Además, al incrementar el eje principal se incrementaría el eje menor. A una conclusión similar de configuración elíptica para el campo atencional ya llegó Kröse y Julesz (1989), como mencionamos anteriormente.

Investigaciones anteriores (Andersen, 1990; Eriksen y Hoffman, 1974; Flowers y Wilcox, 1982; Miller, 1991) mostraron, en sintonía con la metáfora de foco, que el campo atencional era esencialmente circular, puesto que el efecto de interferencia de la respuesta incompatible parece ser una función de la distancia al objetivo sin tener en cuenta la dirección. Sin embargo, los resultados de Pan y Eriksen (1993) indican que la circularidad no es una característica inherente al campo atencional. Este trabajo muestra que la forma es flexible, determinada por el conjunto espacial de elementos atendidos. Aunque en el experimento de Pan y Eriksen (1993) tuvo forma elíptica, esta forma pudo estar determinada por el hecho de que únicamente se atendía a dos elementos que constituían el objetivo. Los autores admiten que el campo atencional puede asumir distintas configuraciones, dependiendo de dónde estén localizados los estímulos relevantes y cuáles sean las demandas de la tarea.

El mecanismo básico que explica la exclusión de la información irrelevante es, en opinión de Pan y Eriksen (1993), la inhibición. El efecto de competición de respuesta demostraría que se requiere la inhibición de la estimulación irrelevante para que la respuesta al estímulo relevante sea más rápida y eficiente. Como únicamente aquellos estímulos ruido que estaban próximos al objetivo tuvieron un efecto mensurable, se sugiere que el efecto de la distancia es una medida de la efectividad de la inhibición de entrada y que esta inhibición se sitúa a nivel central (Tipper et al., 1988).

En definitiva, frente a la metáfora de "foco" que implica intensificación de la señal, Pan y Eriksen (1993) proponen un mecanismo atencional inhibitorio de "abertura" (Navon, 1990). La abertura incluiría las variables tamaño y forma, variando en grado de opacidad y cierre. Los resultados de Pan y Eriksen (1993) requieren que la abertura asuma distintas formas y tamaños. Además, para que tuviera en cuenta los distintos modos en que opera la atención, habría que contemplar variaciones en la intensidad de la inhibición. La atención no sería un mecanismo de "todo o nada", sino que se dan distintos niveles y grados de atención. En el paradigma experimental utilizado, la atención y su intensidad se han medido únicamente en términos de tamaño de abertura y forma, pero los autores suponen que las instrucciones dadas a los sujetos pueden inducir procesos inhibitorios en distintos niveles del procesamiento. Las instrucciones deben especificar claramente la respuesta motora que se exige, la naturaleza de los estímulos que se van a presentar y las operaciones mentales que deben realizarse.

Handy, Kingstone y Mangun (1996) constataron la influencia que sobre la distribución espacial de la atención visual tienen las instrucciones y las demandas de la tarea. Mostraron que en una tarea de detección del umbral de luminancia, la atención se confinó en un área de 2.5 grados entorno al punto de fijación. Comprobaron que la localización dependía del tipo de tarea y de las

instrucciones dadas a los sujetos, puesto que si, en vez de exigir exactitud en la respuesta, se pedía rapidez, el área atendida se ampliaba, y lo mismo sucedía si en vez de utilizar estímulos apenas perceptibles, se empleaban estímulos de mayor saliencia, que al implicar menores demandas de procesamiento perceptivo, permiten ampliar la región de procesamiento.

5.1.2 LA LOCALIZACIÓN ESPACIAL

En los últimos 20 años, muchos estudios han puesto a prueba la naturaleza del foco atencional. Los investigadores han intentado determinar su forma (Eriksen y St. James, 1986; Podgorny y Shepard, 1983), medir su tamaño (Cave y Kosslyn, 1989; Egeth, 1977; Eriksen y St. James, 1986; LaBerge, 1983; Larsen y Bundesen, 1978), valorar lo pronunciado de sus límites (Downing, 1988; Eriksen y St. James, 1986; LaBerge y Brown, 1989), cronometrar la velocidad de movimiento (Murphy y Eriksen, 1987; Remington y Pierce, 1984; Sagi y Julesz, 1985; Tsal, 1983b), detectar su presencia cuando pasa por una localización (Murphy y Eriksen, 1987; Shulman, Remington y McLean, 1979), y poner a prueba su capacidad para dividirse en múltiples focos (Eriksen y Yeh, 1985; Posner, Snyder y Davidson, 1980). Estos estudios giran en torno a una idea central; que la selección visual se basa en la localización, en otras palabras, que la información originada en una localización particular o región del campo visual se elige para un procesamiento especial, mientras que la información de las demás localizaciones es excluida.

Tsal y Lavie (1988) afirman que la localización se diferencia de las demás dimensiones estímulares como el color, el tamaño, la orientación, etc. en el estatus especial que se le concede en las teorías espaciales de atención. Aunque, otros indicios distintos a la proximidad espacial, pueden emplearse para influenciar la selección atencional. Hay abundante evidencia experimental sugiriendo que los indicios de localización espacial son muy superiores a los demás indicios (forma, color, etc.) en el control de la atención.

En la teoría de integración de características (Treisman y Gelade, 1980), aunque las características simples se registran preatentivamente sin conocimiento de su localización, la integración de estas características en un percepto unificado está mediada por su localización. A partir de la TIC muchos han sido los autores que han considerado la localización como la única característica que permite un procesamiento visual selectivo, puesto a prueba en números estudios con distintos paradigmas experimentales. De este modo tenemos estudios que han mostrado que el conocimiento previo de la localización del estímulo facilita su procesamiento (Bashinski y Bacharach, 1980; Eriksen y Hoffman, 1974; Posner, Nissen, y Ogden, 1978; Posner, Snyder y Davidson, 1980) o los estudios que muestran la facilitación del procesamiento

de los estímulos adyacentes al estímulo objetivo (Eriksen y Hoffman, 1973; Hoffman y Nelson, 1981; Hoffman, Nelson y Houck, 1983).

5.1.2.1 PROCESAMIENTO MEDIADO POR LA LOCALIZACIÓN

Broadbent (1977) mostró que la proximidad espacial juega un papel más importante que la proximidad temporal. Presentó una tarea que consistía en identificar la palabra de la serie que difería en color. Todas las palabras de la serie, excepto la palabra objetivo, se presentaban en color negro y en dos posibles localizaciones. Los resultados mostraron que cuando los sujetos se equivocaban, generalmente confundían la palabra objetivo con una palabra que se había presentado en la misma localización que la palabra objetivo, en vez de confundirla con las palabras que se presentaban antes o después de la palabra objetivo, pero en distinta localización.

La importancia de la localización para el procesamiento de los distintos estímulos visuales se ha investigado en tareas en las que se instruye a los sujetos para que atiendan a otras dimensiones del estímulo. Kahneman y Henik (1977, 1981) y Fryklund (1975) mostraron que la disposición en la localización de los elementos juega un papel importante en la realización de la tarea cuando los sujetos seleccionan los elementos relevantes en función del color. Los resultados sugieren que la asignación de la atención está influenciada, o por el agrupamiento perceptivo de los estímulos, o por la localización misma.

Esta línea de investigación intenta probar la necesidad de la localización para la selección, incluso cuando la localización es irrelevante para la tarea. Si la selección está basada en la localización, y si aceptamos que el cambio de atención de una localización a otra supone un tiempo y un esfuerzo, las tareas de búsqueda de varios elementos deben ser más fáciles cuando los estímulos estén próximos entre sí.

Hoffman y Nelson (1981) pusieron a prueba esta hipótesis mediante una tarea de búsqueda visual. Los sujetos debían localizar una letra objetivo entre las cuatro letras presentadas en cada ensayo y, a la vez, debían determinar la orientación de una pequeña figura, en forma de U, que aparecía junto a una de las cuatro letras. Los resultados mostraron que, cuando la identificación de la letra objetivo fue correcta, el número de aciertos sobre la orientación de la figura en forma de U fue muy superior en los ensayos en que aparecía junto al objetivo, que en los ensayos en que esta figura aparecía junto a alguna de las otras tres letras. De aquí se deduce que dos objetos se procesan más eficientemente cuando están próximos entre sí. Este patrón de resultados sugiere que se da alguna clase de facilitación, en una región concreta, en un momento dado. Cuando se selecciona el área alrededor de un objeto visual, los objetos cercanos

a él se benefician de la facilitación que se produce dentro de esta área, mientras que los objetos lejanos apenas son atendidos (Hoffman, Nelson y Houck, 1983 obtuvieron resultados similares).

La hipótesis de facilitación espacial establece que, al menos bajo algunas condiciones, dos elementos que son el objetivo de la búsqueda son más fáciles de identificar cuando aparecen juntos en, o cerca de, la misma localización. Si la selección se basa en la localización, debería ser difícil impedir la interferencia de distractores cercanos al objetivo. Eriksen y Hoffman (1972), utilizando configuraciones de letras, muestran que los distractores cercanos al objetivo, dentro de un grado de ángulo visual, interfieren con el objetivo, mientras que los que están más allá no. Esta interferencia desaparece si la localización del objetivo se indica al menos con una anticipación de 150 ms. (Eriksen y Eriksen, 1974; Eriksen y Hoffman, 1973).

Otros estudios muestran la importancia de la localización analizando en presentaciones múltiples lo que se procesa al seleccionar un elemento equivocado. Snyder (1972) encontró que cuando los sujetos fallan al informar de la forma de un estímulo seleccionado por su color, era mayor la probabilidad de que la forma informada correspondiera al estímulo más próximo al objetivo que a la de otro más lejano. En un estudio similar de Tsal y Lavie (1988, 1993) se observó que los estímulos con mayor probabilidad de ser informados tras una búsqueda visual eran aquellos que se encontraban próximos al objetivo. Tsal y Lavie (1993) muestran que incluso cuando los sujetos ignoran todos los aspectos del estímulo, excepto su color, son bastante rápidos en responder a un segundo estímulo cuando está localizado cerca del primero, sugiriendo que se selecciona por localización, incluso en una simple detección de color. Evidencia adicional proviene de los estudios de LaBerge y Brown (1986, 1989) en los que se pone de manifiesto que la asignación de la atención a ciertas áreas para una tarea puede afectar al procesamiento de otros estímulos que aparezcan en la misma localización.

Nissen (1985) mostró el papel especial de la localización partiendo de la teoría de integración de características. Puso a prueba la hipótesis de que el acceso a la información de las propiedades visuales de un objeto requiere la determinación previa de su localización. En su experimento los estímulos consistieron en cuatro objetos que diferían en forma y color, localizados en las cuatro esquinas de un rombo imaginario. Se comprobó que cuando los sujetos informaban de la localización, podían informar independientemente de la forma y del color. Sin embargo, los sujetos no podían informar de la forma de un objeto de un determinado color, si previamente no lo habían localizado.

Tsal y Lavie (1993) muestran en cuatro experimentos que la identificación es siempre más rápida para los elementos situados cerca del objetivo en una

tarea de búsqueda visual. Utilizaron una presentación en la que aparecían ocho ó nueve letras en cada ensayo y el elemento objetivo era el que tenía un color determinado. Encontraron que los sujetos identificaban únicamente las letras próximas a la letra objetivo. Ante la posibilidad de que los sujetos, al no ser capaces de informar de todos los elementos presentados, hubieran optado por el criterio de la proximidad al objetivo, plantearon un experimento en el que los sujetos sólo debían informar de la letra situada en una localización concreta. Aún así, fueron más rápidos en informar de la letra situada en una posición especificada de antemano, cuando el objetivo de la búsqueda definido por su color caía cerca de la posición que ocupaba la letra de la que había que informar. Aparentemente, los sujetos seleccionaron por localización. No obstante, como la tarea exigía la localización, es posible que la búsqueda estuviera sesgada por las instrucciones. En el último experimento de este trabajo, se pidió los sujetos que, en lugar de informar de una letra situada en una localización específica, únicamente decidieran si la letra presentada junto al objetivo era una "F" o no. Nuevamente se encontró que las respuestas fueron más rápidas para las letras cercanas al objetivo.

Cave y Pashler (1995) comprobaron la importancia de la localización en la organización de la información visual, mediante una serie de investigaciones en las que la localización no era parte explícita de la tarea o de las instrucciones, lo que subraya la importancia de la localización en la organización de la información visual. Parten de la hipótesis de que si la selección visual está basada en la localización, y si el cambio de la atención de una localización a otra requiere un tiempo y un esfuerzo, entonces el procesamiento de una serie de estímulos visuales debería ser más fácil cuando aparezcan en la misma localización, aunque no sea directamente relevante para la tarea.

En los experimentos realizados por Cave y Pashler (1995) se utilizaron tareas en las que la localización del objetivo y el distractor fueron irrelevantes para la respuesta. De manera que, si la ejecución es mejor cuando todos los objetos aparecen sucesivamente en la misma localización, se concluiría que opera un mecanismo basado en la localización.

En el primer experimento reseñado en el trabajo de Cave y Pashler (1995) se examinó la selección por color. Diseñaron una tarea que exige a los sujetos decidir en cual de las dos presentaciones visuales de que consta cada ensayo, aparece el dígito de mayor cuantía en un determinado color. En cada presentación aparecían dos dígitos de distinto color (rojo y verde) que se localizaban a derecha e izquierda del punto de fijación. Para conocer el efecto de la localización, aspecto que es irrelevante para la tarea en cuestión, se consideraron dos condiciones experimentales: (a) localización idéntica, en la que los dígitos aparecían en la misma posición respecto al color, y (b) alterna, en la que aparecían alternados. Así, se pudo valorar el efecto de la localización,

ASIGNACIÓN DE LOS RECURSOS ATENCIONALES

irrelevante para la tarea, analizándose si la alternancia supone un coste que se midió en porcentaje de errores (ver Figura 5.3).

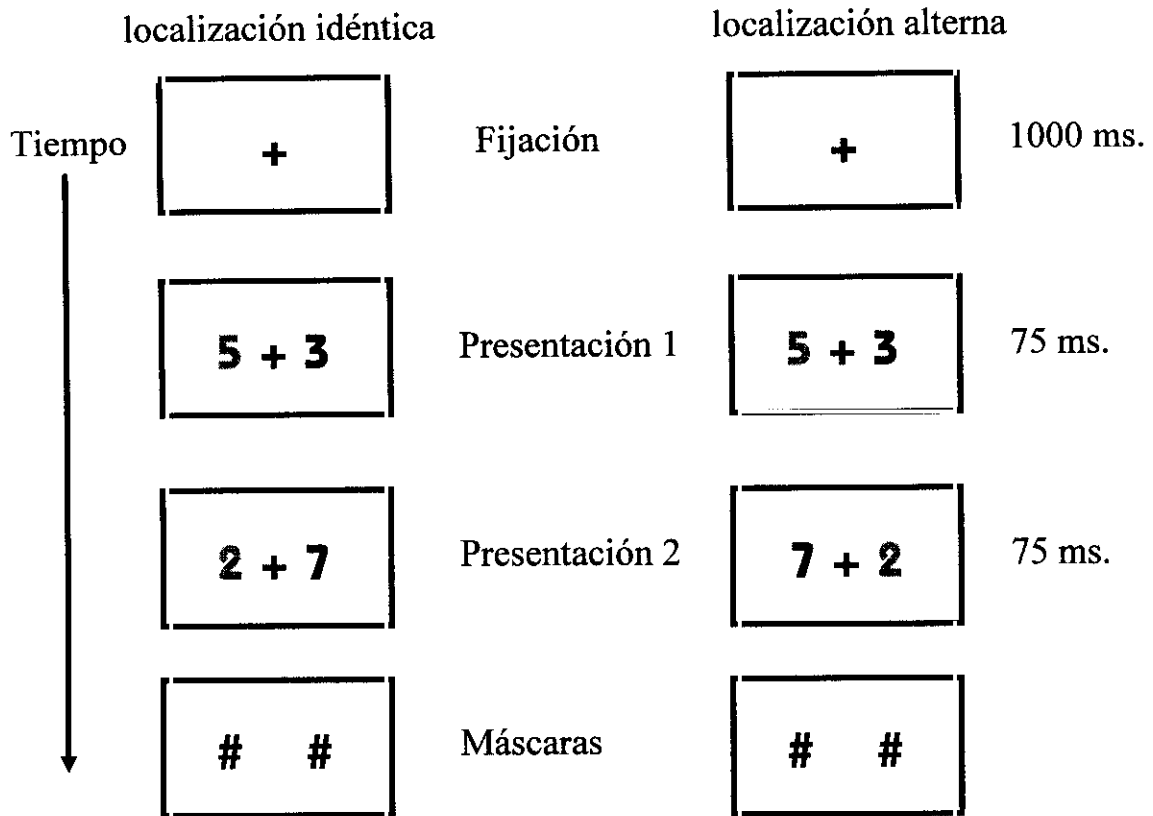


Figura 5.3 Condición idéntica y alterna en el experimento de Cave y Pashler (1995). Los dígitos más oscuros representan el color rojo, mientras que los más claros representan el color verde.

Los resultados mostraron que, si el color verde era el color objetivo, el porcentaje de errores era superior en la condición alterna. Sin embargo, esto no ocurrió con el color rojo. Los autores pensaron que la causa era el enmascaramiento por extra interferencia. Para evitar este enmascaramiento en un segundo experimento incluyeron entre las dos presentaciones una presentación máscara (#). Con esta modificación, se confirmó la hipótesis de que, independientemente del color, en la condición alterna, el porcentaje de errores era superior.

En el tercer experimento reseñado en este mismo trabajo se puso a prueba la selección por localización con objetivos definidos en función de la categoría alfanumérica a la que pertenecen. De manera similar al primer experimento, se realizaban dos presentaciones consecutivas y en cada

presentación aparecía una letra y un dígito, consistiendo la tarea de los sujetos en identificar en cuál de las dos presentaciones se encontraba el dígito de mayor cuantía, en tres posibles condiciones experimentales: (a) dígitos y letras de color negro, (b) dígitos y letras aleatoriamente coloreadas en rojo y verde (color no informativo) y (c) dígitos y letras aleatoriamente coloreados en rojo y verde, pero intercambiándose el color en la segunda presentación.

En ninguna de las tres condiciones se encontró diferencias significativas entre la condición alterna y la no alterna. Aparentemente, los sujetos no utilizan la selección por localización en objetivos definidos por su categoría alfanumérica. Este resultado sugiere que la selección por localización no operaría para categorías de alto nivel, como la alfanumérica, sino sólo para las características simples como el color.

En el cuarto experimento reseñado en este trabajo, se replicaron las condiciones del tercer experimento, pero en este caso, el color fue informativo, presentando siempre en color rojo los dígitos. Se constató una reducción importante en el número de errores, al comparar los resultados de este experimento con los resultados del tercer experimento, concluyéndose que los sujetos sacaron partido del conocimiento del color del objetivo y la selección por localización tuvo menor importancia debido a la menor interferencia de la tarea, puesto que los "dígitos" ahora se distinguen además por ser de color rojo.

Por lo tanto, cuando dígitos y letras aparecen juntos en la presentación, las letras no interfieren lo suficiente con la identificación de los dígitos para que sea precisa la selección basada en la localización. No obstante, la selección por localización puede aún ser necesaria si se presenta un gran número de distractores. Aunque los sujetos no utilicen la selección espacial en ese cuarto experimento, los errores registrados fueron menores que en el tercer experimento al disponer de la información del color.

Los dos primeros experimentos de Cave y Pashler (1995) muestran que cuando los sujetos deben identificar visualmente el dígito objetivo de un color diferente, la tarea es más difícil cuando el dígito objetivo aparece en una localización diferente del campo visual. Este efecto de la localización ocurre a pesar del hecho de que la localización relativa de los dos objetivos no es relevante para la respuesta correcta; la respuesta sería la misma dondequiera que apareciese el objetivo. Los sujetos, en esta tarea, aparentemente tratan a una localización de forma preferente sobre la otra. Una vez que una localización particular ha sido seleccionada por esta preferencia o activación, es más fácil procesar nuevos estímulos que aparezcan en la misma localización respecto a los que cambian de posición. Además, según Cave y Pashler (1995), la selección por localización parece ser muy general, constatándose en estímulos que difieren en color, en forma o en tamaño.

En el experimento tercero y cuarto no se encontró selección basada en la localización cuando la identificación es de dígitos entre letras. Cave y Pashler (1995) proponen que la interferencia entre las características que definen los dígitos y la letras no es lo suficientemente fuerte como para hacer necesaria la selección por localización. En conjunto, los resultados sugieren que la selección basada en la localización es utilizada por el sistema visual para mejorar el procesamiento e impedir la interferencia de los distractores, aunque admiten que existen otros mecanismos de selección distintos a la localización.

5.1.2.2 LA INHIBICIÓN DE RETORNO PARA LA LOCALIZACIÓN

La inhibición de retorno ha sido propuesta como fenómeno que demuestra la naturaleza espacial de la atención.

En las tareas de búsqueda visual en las que se presentan indicios de localización no informativos, o que se relacionan aleatoriamente con el objetivo, se muestra que cuando el indicio apunta al objetivo de la búsqueda y el intervalo entre indicio y objetivo es de 50 a 150 ms., se obtienen TRs muy reducidos, mientras que cuando se incrementa el intervalo por encima de los 150 ms. (entre 300 y 1500 ms.) los tiempos de reacción se alargan, siempre y cuando el objetivo aparezca en la posición indicada. A este fenómeno se le denomina inhibición de retorno.

En los experimentos de Posner y Cohen (1984), se presentó a los sujetos tres rectángulos: uno a la izquierda, otro en el centro y un tercero a la derecha. La prueba comenzaba con un indicio que consistía en el destello de uno de los rectángulos periféricos durante 150 ms. La tarea del sujeto consistía en detectar un pequeño punto luminoso que aparecía en el interior de uno de los tres rectángulos, en un intervalo tras la aparición del indicio que variaba entre 0 y 500 ms. El objetivo aparecía en el rectángulo central con probabilidad 0.6 y en cada rectángulo periférico con probabilidad 0.2 (el indicio sólo indicaba la localización correcta del objetivo en el 50% de los ensayos). Cuando el indicio precedía al objetivo en 100 ms. y el objetivo aparecía en uno de los dos rectángulos periféricos, los tiempos de reacción fueron menores cuando el indicio indicaba la localización correcta que cuando indicaban la localización opuesta. Esta facilitación inicial del indicio está en consonancia con la captura atencional mostrada por Yantis y Jonides (1984).

Sin embargo, para intervalos entre el indicio y el objetivo de 300 a 500 ms., se respondía con mayor lentitud a los objetivos situados en el rectángulo indicado que a los situados en la posición opuesta. Por tanto, la facilitación temprana de los indicios se sustituía por una subsecuente inhibición que duraba

en torno al segundo y medio. Este fenómeno recibió el nombre de inhibición de retorno, puesto que se atribuyó al retorno de la atención hacia la posición central, lo que era razonable ya que la probabilidad de aparición en la posición central era mucho mayor que en las periféricas.

Posner y Cohen (1984) encontraron que, tanto el efecto de facilitación como el de inhibición, se mantenían cuando el indicio, en vez de consistir en un destello o incremento puntual de la luminancia en un rectángulo, consistían en una disminución de la luminancia en el rectángulo periférico indicado. Este resultado excluye las explicaciones de que la facilitación es debida a la mejora del procesamiento sensorial subsecuente por incremento de luminancia.

Posner y Cohen (1984), replicando el experimento con un indicio central simbólico, en vez de periférico, encontraron que el efecto de facilitación aún se obtenía, mientras que el efecto inhibitorio desaparecía, sugiriendo que la orientación de la atención por sí misma no es suficiente para obtener la inhibición de retorno. En otras palabras, es necesario utilizar un indicio visual que pueda involuntariamente y automáticamente capturar la atención para obtener el efecto inhibitorio.

En suma, los estímulos visuales periféricos capturan la atención y como consecuencia inhiben el procesamiento de la información que posteriormente se situó en esa localización. La relación entre el efecto de facilitación y el de inhibición no está todavía firmemente establecido, pero bien podrían ser independientes, puesto que es posible encontrar facilitación en ausencia de inhibición.

Varias teorías han considerado el posible significado funcional de la inhibición de retorno. Posner y Cohen (1984) sugirieron que la inhibición de retorno tiende a maximizar el muestreo del entorno visual. En otras palabras, el efecto de inhibición reduciría la tendencia a muestrear la localización que acaba de ser muestreada. Esta idea ha sido probada en el contexto de la búsqueda visual. Klein (1988) realizó una tarea de búsqueda para un conjunto definido de estímulos objetivo, los cuales presumiblemente requerían búsqueda serial en la pantalla según la teoría de Treisman y Gelade (1980). En la mitad de los ensayos, después de responder al conjunto de objetivos (y entre 700 y 1.800 ms. después de la presentación del objetivo), un pequeño punto brillante se presentaba en la posición que el estímulo previamente había ocupado o en una posición distinta. Se pensó que si la inhibición de retorno opera en la búsqueda visual para incrementar la eficiencia del muestreo, los sujetos deberían tardar más en detectar el punto presentado en una posición previamente atendida que en una posición no ocupada en el ensayo previo. Los resultados confirmaron la predicción. Además, en la condición de búsqueda de características que presumiblemente no requiere procesamiento atencional, no se produjo inhibición

de retorno. Sin embargo, otro estudio realizado con un procedimiento similar fracasó al intentar replicar los resultados (Wolfe y Pokorny, 1990). Puesto que es difícil determinar qué puede haber causado la discrepancia, queda por aclarar si la inhibición de retorno juega un papel en las tareas de búsqueda en serie.

Mientras que todos los estudios mencionados tratan de la localización basada en la inhibición de retorno, Kwak y Egeth (1992) se interesaron en conocer si el efecto de inhibición se puede obtener en dominios estímulares distintos, tales como el color, la orientación, o la forma. Si la inhibición de retorno se encuentra únicamente en el dominio de la localización espacial, esto supondría evidencia a favor de que la localización posee un estatus privilegiado, en relación a los otros dominios estímulares. Por otra parte, si la inhibición de retorno también ocurre en otros dominios, se podría argumentar en contra de la especificidad de la localización espacial.

Para investigar la especificidad de la localización espacial Kwak y Egeth (1992) utilizaron un paradigma de respuesta continua (Maylor y Hockey, 1985) en el que los sujetos fueron instruidos para responder a todas las presentaciones de una serie. Se examinó si la inhibición de retorno también podía obtenerse en el dominio del color y en el de la orientación, es decir, si las respuestas a un estímulo del mismo color como el precedente podrían ser más lentas que las dadas a los estímulos de color diferente.

Kwak y Egeth (1992) presentaron en la pantalla de un ordenador los estímulos. El estímulo objetivo en los tres primeros experimentos fue un cuadrado de color sobre un fondo negro. En los dos primeros experimentos el objetivo aparecía a 3.8 grados del punto de fijación mientras que en el tercer experimento el objetivo apareció en el punto central de fijación. En el primer experimento tres características se combinaron factorialmente; cuatro colores (rojo, amarillo, verde y azul) en cuatro posiciones (arriba, abajo, a la derecha y a la izquierda del punto de fijación) y presentadas con distintos intervalos temporales (300, 400, 500 y 900 ms.). Las 64 configuraciones posibles se presentaron en cada bloque de ensayos. En el 25% de los ensayos se presentó el mismo color en coincidencia con el color que le había precedido y en el 75% el color presentado era distinto del precedente. El 25% de las veces el cuadrado aparecía en la misma posición que el que le precedía, el 50% en posiciones adyacentes, y el 25% en posiciones opuestas.

Los sujetos fueron instruidos para responder tan rápidamente como les fuese posible, apretando un botón cuando apareciese el cuadrado de color. Cada bloque de ensayos comenzaba con la presentación del punto de fijación (signo +), que permanecía en pantalla entre 1,5 y 2,5 segundos, hasta que aparecía la primera presentación. La primera presentación consistía en un cuadrado de color situado en una de las posibles localizaciones (cuatro en el

primer experimento, dos en el segundo y una en el tercero) que permanecía presente hasta la respuesta del sujeto. Tras un intervalo de tiempo que variaba entre 300 y 1400 ms. aparecía la segunda presentación y así hasta el final de la serie. Los resultados de estos tres experimentos muestran que no se da inhibición de retorno para el color, ya que los TRs fueron independientes de si el color presentado era igual o no al precedente.

En otros dos experimentos Kwak y Egeth (1992) mostraron que tampoco se daba la inhibición para la orientación, por lo que concluyeron que la inhibición de retorno era específica para la localización.

5.1.2.3 PROCESAMIENTO INICIAL DE LA LOCALIZACIÓN

Para conocer cuál es la importancia de la localización de los estímulos para el procesamiento de la estimulación visual Rock, Linnett y Grant (1992) propusieron un nuevo paradigma distractor que denominaron "percepción sin atención" que puede clasificarse como un paradigma de distracción atencional.

El paradigma de Rock et al. (1992) está diseñado para analizar qué clase de elementos se procesan cuando la atención está focalizada en una localización distinta a la del elemento objetivo. Por elemento entienden una región interconectada de luminancia uniforme (una región de un color, o de una misma textura, etc.) tal como un punto, una mancha, una línea de contorno, o incluso un gran área que corresponda con esta definición.

El paradigma distractor se ha utilizado para investigar la percepción sin atención. Este paradigma consiste en desviar la atención del estímulo utilizando otra tarea. Así, la percepción que el sujeto logre del estímulo, se acepta que ha sido procesada sin atención. Sin embargo, en el paradigma básico, los sujetos saben que el estímulo será presentado, ya que la tarea dual se explica antes de empezar, de esta forma, los sujetos pueden asignar alguna atención al estímulo. Rock et al. (1992) no informaron de la segunda tarea a los sujetos, para poner a prueba más directamente la "no atención". Utilizaron una tarea que requería atención y, simultáneamente, presentaron un estímulo de prueba, no esperado por los sujetos, que denominaron prueba crítica de no atención, para así poder conocer cuál es el grado de procesamiento de un elemento del que no hay expectativa. De este modo, los sujetos no tenían conocimiento o expectativa de que el estímulo iba a aparecer. La tarea utilizada para focalizar la atención consistió en un juicio sobre la longitud de dos líneas que se cruzaban. En la prueba crítica aparecía el estímulo de prueba junto a las líneas entrecruzadas, y posteriormente se preguntaba a los sujetos sobre el estímulo presentado en la prueba crítica (ver Figura 5.4).

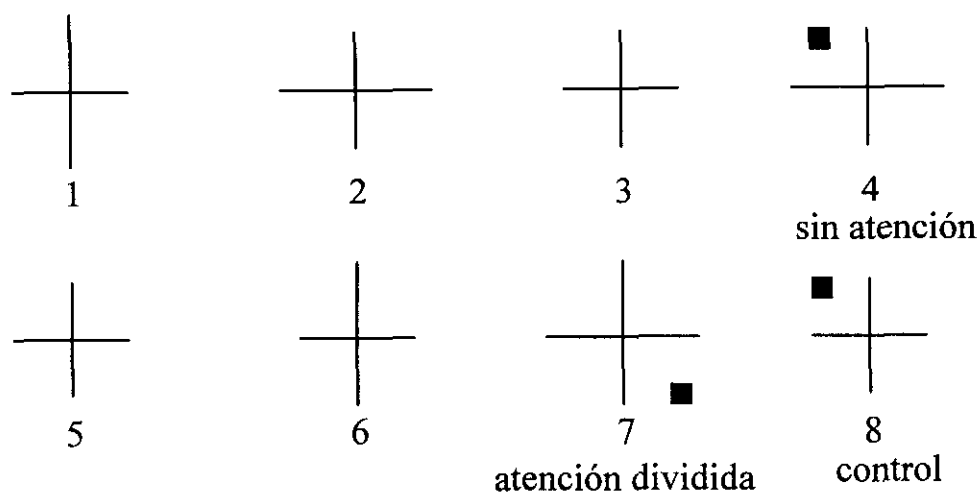


Figura 5.4 Secuencia de ocho posibles configuraciones de los estímulos utilizados en el trabajo de Rock et al. (1992).

Este paradigma sólo permite una prueba crítica, ya que una vez que aparece el elemento nuevo, se pregunta al sujeto por su localización. En los siguientes ensayos, el sujeto espera la aparición del estímulo adicional, por lo que se asume que el sujeto está en un estado de atención dividida. Por último, la tercera aparición del estímulo adicional se utiliza de control, puesto que el sujeto ya sabe que la tarea relevante es el procesamiento del estímulo adicional.

Las líneas entrecruzadas se situaron en el centro de la pantalla en color negro sobre un fondo de color blanco. La tarea distractora consistía en juzgar la longitud de las líneas para lo que en cada ensayo, estas líneas se seleccionaron aleatoriamente entre cuatro posibles longitudes: 3.6 cm, 4.4 cm, 5.2 cm y 6 cm. El ancho de las líneas fue de 0.1 cm. La luminancia del fondo blanco fue de 72.0 cd/m², y la luminancia de las líneas negras fue de 3.6 cd/m². Los elementos de color utilizados como estímulo adicional fueron rojos, azules o negros. La luminancia del rojo fue de 17.0 cd/m² y la luminancia del azul de 10.5 cd/m². Cada presentación permanecía en pantalla durante 200 ms.

En el primer experimento reseñado en este trabajo, se presentó un estímulo adicional de color negro en uno de los cuatro cuadrantes de la pantalla. los resultados mostraron que la tarea inicial (distractora) fue realizada correctamente por el 83% de los sujetos, lo que indica que los sujetos se encontraban en un estado focalizado. En la condición "sin atención" el 75% de los sujetos informaron haber visto el estímulo de prueba y además todos ellos dieron la correcta localización. El 25% dijo no haber visto nada, a pesar de ello se les forzó a elegir un cuadrante, elección que resultó fallida. En la condición de

“atención dividida” el 92% de los sujetos informó de la existencia y localización del estímulo de prueba. En la condición de “control” todos los sujetos informaron de la existencia y localización correcta del estímulo adicional. Este primer experimento muestra que los sujetos fueron incapaces de informar de un estímulo “onset” cuando se desconocía su localización.

En el segundo experimento de Rock et al. (1992) se modificó la tarea apareciendo varios estímulos adicionales en color negro y en distintos cuadrantes a la vez. El propósito de este segundo experimento era investigar si es posible detectar simultáneamente estímulos que aparecían con una gran separación espacial. Los resultados fueron que el 72% de los sujetos realizó correctamente la tarea inicial (en la condición “sin atención”). En la tarea inicial el 69% de los sujetos informaron haber visto los estímulos de prueba y sólo uno de ellos (1/9) no acertó en su localización. En atención dividida el 78% informó del estímulo y acertó su localización. En la condición de control acertaron el 100%. Este segundo experimento muestra nuevamente que la localización es fundamental para la percepción. Además muestra que es posible realizar un procesamiento espacial en paralelo de estimulaciones básicas “onset” cuando se están en un estado no atento, en consonancia con la teoría de integración de características (Treisman y Gelade, 1980).

En el tercer experimento, los autores presentaron múltiples elementos en uno de los cuatro cuadrantes, para estudiar el efecto del agrupamiento en un estado no atento. En la tarea inicial el 78% de las respuestas fueron correctas. En el primer ensayo casi todos los sujetos informaron de la existencia de estímulos adicionales, pero sólo un 33% acertó el número exacto (el acierto por azar sería el 16.7%). En atención dividida el 83% acertó el número exacto. En este experimento se comprobó que, al incrementar la saliencia de los “onset”, la localización fue casi perfecta (97%), lo que hizo que una categoría compleja como el número de elementos pudiese ser procesada en el primer ensayo por una tercera parte de los sujetos.

En un cuarto y último experimento (Rock et al. 1992) se investigó el procesamiento conjunto de forma y color. El elemento adicional consistió en una forma geométrica (rectángulo, triángulo o cruz) en uno de los tres colores posibles (negro, rojo y azul). Los sujetos en la tarea inicial pudieron percibir localización y color con gran exactitud, mientras que fueron incapaces de informar acerca de la forma del estímulo objetivo. Este resultado está también en consonancia con el modelo de Treisman y Gelade (1980), que exige mayores demandas de procesamiento para la conjunción.

Los resultados de Rock et al. (1992) muestran que la localización sirve de base para la selección atencional, ya que la percepción de los estímulos siempre estuvo unida al conocimiento de su localización.

5.2 ASIGNACIÓN A LOS OBJETOS.

La atención visual se ha conceptualizado como si fuera un "foco" o un "zoom" con una propiedades específicas definidas (tiene una extensión mensurable, se desplaza a cierta velocidad, etc.), lo que se debe a que el espacio es intrínseco al procesamiento visual, al ser el medio en el que opera la visión. No obstante, hay ocasiones en que se atiende, no a una región particular del espacio, sino al objeto que ocupa esta región. Por ejemplo, cuando un elemento del espacio se desplaza, se atiende al elemento como un todo, aunque las partes que lo forman estén en constante cambio. El movimiento común fue uno de los atributos propuestos por la Gestalt para la organización perceptiva. De hecho, parece posible atender al conjunto de estímulos en movimiento, incluso cuando estos elementos atraviesen sobre múltiples elementos estacionarios, de la misma manera que es posible percibir una abeja desplazándose de flor en flor. La atención se dirige, frecuentemente a grupos de elementos en movimiento, incluso cuando algunos de estos elementos no están próximos o, al menos, tan próximos como los elementos estáticos.

Los modelos de selección atencional basados en el objeto, difieren de los modelos espaciales en el énfasis que ponen en la importancia relativa de los distintos indicios de agrupamiento. Así, mientras que los modelos espaciales sugieren que la proximidad es el indicio primario para el agrupamiento de los estímulos en el campo visual, los modelos basados en el objeto mantienen que la proximidad carece de un estatus especial y es un indicio más que puede ser utilizado para conformar el campo visual.

Neisser (1967) propuso un modelo atencional en dos etapas, según el cual, el campo visual se segmentaría inicialmente de forma preatentiva en unidades figurales separadas u objetos, en función de las propiedades de la Gestalt, tales como la continuidad, proximidad, color y movimiento. En una segunda etapa, la atención focalizada entraría en acción para analizar con más detalle las unidades figurales específicas (versiones más recientes las proponen, Duncan, 1984; Duncan y Humphreys, 1989; Kramer y Jacobson, 1991; Prinzmetal, 1981).

La evidencia en la que se han apoyado los modelos de objeto, o modelos basados en el agrupamiento, provienen de estudios en los que se mantenía constante la proximidad entre los estímulos, mientras se variaban otros indicios de agrupamiento.

Duncan (1984) investigó si la identificación de dos atributos era más fácil cuando estos dos atributos pertenecen a un único objeto o cuando pertenecen a objetos diferentes, manteniendo constante la proximidad. La proximidad espacial entre los atributos del objeto y entre objetos se controló superponiendo los dos

objetos en la presentación. Los resultados indicaron que, en general, la identificación de dos atributos en un objeto simple se realizaba con más acierto que la identificación de un atributo en dos objetos diferentes.

Muchos estudios han mostrado que los procesos atencionales pueden estar influenciados por indicios tales como el contorno, el color, la forma, la orientación y la frecuencia espacial (Banks, Bodinger y Illige, 1974; Banks y Prinzmetal, 1976; Barber y Folkard, 1972; Beck y Ambler, 1973; Bundesen y Pedersen, 1983; Davis, Kramer y Graham, 1983; Humphreys, 1981; LaBerge y Browstein, 1974; Pomerantz y Pristach, 1989; Prinzmetal, 1981; Von Wright, 1968, 1970).

Recientemente se han publicado varios trabajos que ponen de relieve la importancia de los objetos novedosos "new object file" en la captura atencional (Yantis y Hillstrom, 1994; Hillstrom y Yantis, 1994), trabajos que ya revisamos en el tercer capítulo de esta tesis en el apartado 3.1.3.

A continuación comentaremos distintos trabajos que comparan la importancia relativa de los indicios de proximidad con otros indicios de agrupamiento como el movimiento, el color, la similaridad, etc. Estos trabajos tienen en común el utilizar la competición de respuesta para medir el efecto relativo de los distintos indicios.

5.2.1 PROXIMIDAD FRENTE A MOVIMIENTO.

El trabajo de Driver y Baylis (1989) muestra que el agrupamiento inducido por movimiento común puede ser más importante que el inducido por proximidad. Los autores instruyeron a los sujetos para que respondieran a un objetivo localizado en la posición central, e ignorasen los distractores situados a ambos lados del objetivo (paradigma similar al de "flanker" de Eriksen y Eriksen, 1974). Los distractores próximos podían ser compatibles, incompatibles o neutros, respecto a la respuesta que demandaba el objetivo. Los distractores próximos permanecieron durante todo el ensayo estáticos, mientras que el objetivo se movía en la misma dirección y a la misma velocidad que los distractores lejanos. La hipótesis espacial de la proximidad establece que la localización es el principal atributo para la selección atencional, por lo que cabe esperar que los distractores cercanos tuvieran mayores efectos, tanto de facilitación como de interferencia, que los estímulos alejados.

Sin embargo, los TRs fueron mayores y los porcentajes de error fueron más elevados, cuando los distractores lejanos fueron incompatibles con la respuesta del objetivo, lo que está en consonancia con los modelos basados en el objeto. El movimiento fue utilizado como indicio de agrupamiento, y esta es la

razón de que los distractores lejanos, en movimiento, afectasen en mayor medida que los cercanos.

Estos resultados, que muestran selección atencional basada en el objeto, se añaden a los de otros estudios que también ponen de manifiesto agrupamiento para indicios distintos a la proximidad (Duncan, 1984; Harms y Bundesen, 1983; Humphreys, 1981; Kramer y Jacobson, 1991; Kramer, Wickens, y Donchin, 1985; Lappin, 1967; Treisman et al., 1983; Yntema, 1963). No obstante, en la investigación de Driver y Baylis (1989) se mantuvo constante la proximidad, mientras que variaban otros indicios de agrupamiento. Así, el agrupamiento producido por el movimiento, ocurrió ignorando el agrupamiento por proximidad. El hecho de que los sujetos en la tarea de Driver y Baylis tuvieran tiempo ilimitado para centrar su atención en la localización del objetivo, antes de que empezara cada intento, sugiere que el movimiento común, en vez de la localización resultó ser el mecanismo de selección.

5.2.2 PROXIMIDAD FRENTE A SIMILARIDAD Y CIERRE

Kramer y Jacobson (1991) realizaron un estudio que permite comparar la importancia relativa del indicio de proximidad frente a la de indicios de agrupamiento como la similaridad y el cierre.

Cuando la distancia entre los elementos presentados es grande, coinciden la predicciones de los modelos basados en el espacio con los basados en el objeto, por esta razón Kramer y Jacobson (1991) mantuvieron constante la proximidad entre los elementos presentados modificando el aspecto de la presentación mediante otros factores de agrupamiento. Utilizaron el paradigma de "flanker", que permite analizar el efecto de competición de respuesta para distintas configuraciones visuales en una tarea de atención focalizada (Eriksen y Eriksen, 1974). La tarea del sujeto consistía en decidir a cuál de dos categorías de respuesta pertenecía la línea objetivo (línea punteada o línea discontinua), situada siempre en la posición central. A derecha e izquierda de la línea objetivo se presentaban dos líneas "distractoras" que podían ser: (a) compatibles (cuando objetivo y distractores pertenecían a la misma categoría de respuesta), o (b) incompatibles (cuando objetivo y distractores pertenecían a distinta categoría de respuesta) con el objetivo. La presentación visual se completaba con dos líneas continuas que delimitan la presentación visual a derecha e izquierda, y que iban a permitir realizar la manipulación de objeto. Las cinco líneas presentadas eran de la misma longitud, y la separación interlineal era la misma para cada ensayo (ver Figura 5.5).

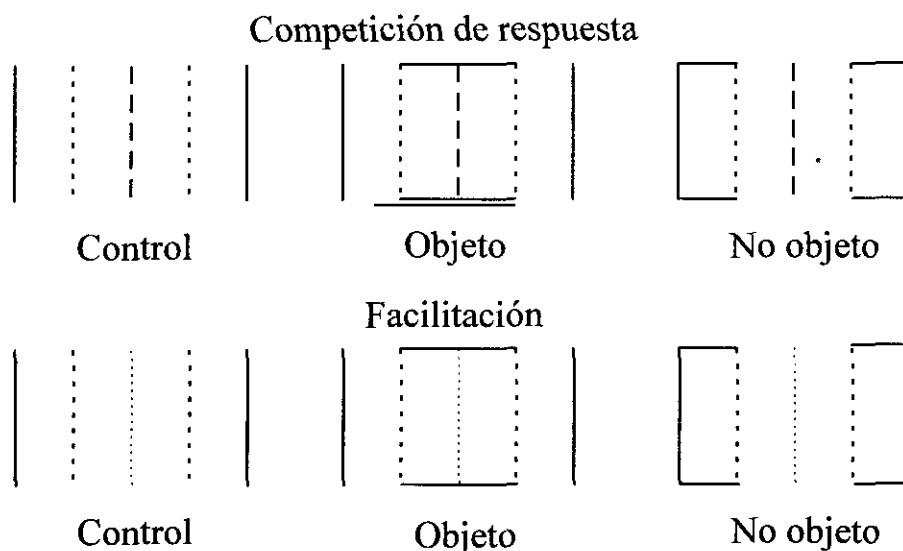


Figura 5.5 Manipulación de objeto y no objeto utilizando el indicio de cierre para competición de respuesta y facilitación (Kramer y Jacobson, 1991).

Kramer y Jacobson (1991) utilizaron dos manipulaciones de objeto: similaridad por color y cierre. Consideraron que el objetivo y los distractores formaban parte del mismo objeto cuando estos compartían el mismo color (rojo o verde) y/o la figura estaba cerrada. La condición de "no objeto" se lograba disgregando la línea objetivo de los distractores, al hacer que los distractores formasen junto con las líneas laterales objetos, mediante la similaridad por color y/o cierre. La condición de objeto y "no objeto" se compararon con la condición de control, en la que los estímulos no estaban agrupados ni por color ni por cierre.

Según las predicciones de los modelos de objeto, el coste asociado a la respuesta incompatible de los distractores (competición) decrecerá cuando estos estímulos y el objetivo se localicen en objetos diferentes, sobre todo si lo comparamos con la condición en la que el objetivo y los distractores se incluyen en el mismo objeto. Mientras que, para los modelos basados en el espacio, todos los factores que no se relacionen con la proximidad no tendrán efecto mensurable alguno, en cuanto a competición de respuesta, ya que este efecto depende únicamente de la separación entre el objetivo y los distractores. Para investigar el efecto de la proximidad se utilizaron dos separaciones entre las líneas, $1/4$ de grado y un grado de ángulo visual.

Kramer y Jacobson (1991) examinaron el agrupamiento por cerramiento y similaridad, utilizando como ya hemos indicado anteriormente el contorno y el color. Inicialmente compararon el efecto combinado de estos dos indicios de

agrupamiento mientras que en dos experimentos posteriores se estudio su efecto por separado, obteniendo los mismos resultados:

Los resultados pusieron de manifiesto un efecto principal de la competición de respuesta (Eriksen y Eriksen, 1974). Un efecto principal de la distancia, siendo menores los TRs a un grado de separación que a 1/4 de grado, en consonancia con los modelos espaciales. Lo más interesante de este trabajo es el efecto encontrado para el factor objeto: el efecto de competición fue mayor cuando los distractores y el objetivo compartieron el mismo objeto, en una situación intermedia se encontraba la condición de control, y la competición fue mínima cuando distractores y objetivo eran parte de distintos objetos. Esto fue muy claro en la distancia cercana (0,25 grados) aunque no en la lejana, en la que no hubo diferencias significativas.

Respecto al efecto de la facilitación (cuando la categoría de la respuesta al objetivo coincidía con la de los distractores), mencionar que la facilitación fue mayor cuando objetivo y distractores compartieron el mismo objeto que cuando no lo compartieron.

Por lo tanto, cuando el objetivo y los distractores se encuentran muy próximos (1/4 de grado) aspectos estructurales como el color y/o el contorno producen efectos substanciales en la habilidad de los sujetos para enfocar la atención. El modelo de objeto explicaría estos efectos, mientras que los modelos espaciales pueden explicar mejor los resultados obtenidos a mayor distancia de separación entre objetivo y distractores.

5.2.3 PROXIMIDAD FRENTE A AGRUPAMIENTO POR COLOR Y CONTINUACIÓN

El trabajo de Baylis y Driver (1992) también aporta evidencia experimental que muestra la importancia del agrupamiento por color y continuación en la selección atencional. Realizaron ocho experimentos en los que analizaron la competición de respuesta que se produce cuando el elemento objetivo y los distractores comparten color o forman parte de la misma figura. Al igual que Kramer y Jacobson (1991) ponen a prueba la importancia relativa de estos indicios de agrupamiento frente al indicio de proximidad.

Realizaron ocho experimentos. Los cuatro primeros fueron para poner a prueba el agrupamiento por color frente a la proximidad, mientras que en los otros cuatro pusieron a prueba el agrupamiento por continuación de la figura frente a la proximidad de los estímulos.

En el primer experimento, investigaron la competición de respuesta de los elementos que comparten color con el objetivo, frente a los elementos próximos de distinto color al objetivo. Los elementos de la presentación visual fueron letras. La tarea del sujeto consistía en identificar la categoría de respuesta a la que pertenecía la letra objetivo situada en el centro de una configuración en forma de X. Esta presentación tiene la ventaja de que los cuatro distractores, al situarse en los extremos de la "X" son equidistantes del objetivo. Dos de los distractores, situados en una diagonal, aparecían en uno de los dos colores utilizados (rojo o verde), compartiendo color con el objetivo. Los otros dos distractores que aparecían en la otra diagonal eran del otro color.

Mediante este paradigma se puede comparar el efecto del color frente al efecto de la proximidad, puesto que, si como afirman las teorías espaciales la competición de respuesta sólo depende de la proximidad entre distractor y objetivo, los distractores de respuesta incompatible deberían producir la misma interferencia, independientemente de la diagonal que ocupen. Mientras que para los modelos de objeto, como el color juega un papel análogo a la proximidad, los distractores agrupados con el objetivo por su color deberían producir mayor interferencia. Los resultados mostraron que la competición de respuesta fue mayor para los distractores que compartían color con el objetivo.

En el segundo experimento de Baylis y Driver (1992) se utilizó una presentación similar a la de Driver y Baylis (1989) utilizando cinco elementos. Los estímulos se presentaban en una fila. El estímulo central era el objetivo y compartía color con los dos elementos más alejados. Así, se puso a prueba si creaba más competición de respuesta la proximidad o el agrupamiento por color. Se encontró que los distractores lejanos que compartían color con el objetivo, podían producir mayor competición de respuesta que los distractores cercanos de distinto color.

En el tercer y cuarto experimento, se utilizaron estímulos del mismo color, comprobándose que los estímulos cercanos produjeron mayor competición de respuesta al no haber otro indicio de agrupamiento disponible.

En los cuatro experimentos adicionales en los que se investigó el agrupamiento mediante continuación de la figura. Así, en el experimento quinto se debía identificar la categoría de respuesta a la que pertenecía la letra central situada en el punto de fijación. Este objetivo aparecía rodeado por cuatro letras distractoras, una arriba, una abajo, una a la derecha y otra a la izquierda. Estas cinco letras fueron presentadas rellenando los huecos a izquierda y derecha con guiones, para que se agruparan en filas, en vez de en columnas, por el principio de continuación de la figura. Se encontró mayor competición de respuesta para los distractores situados en la fila del objetivo. Posteriormente se repitió el experimento para las columnas, mostrándose que los distractores incongruentes

situados en la horizontal producían mayor interferencia que los verticales, aunque estos últimos estuviesen más cercanos al objetivo y fuesen equivalentes en el factor de continuación. Esto sugiere que hay una tendencia a chequear las letras horizontalmente más que verticalmente. Los autores especularon que esto se debía a los hábitos de lectura. De todas formas, en el último experimento, cambiando la configuración estimular se encontró que la competición de respuesta también era importante para los elementos verticales.

En resumen, los resultados muestran que la competición de respuesta no está únicamente condicionada por la distancia al objetivo, ya que cuando se mantiene constante la distancia, los distractores que comparten el color del objetivo producen mayor interferencia que los que no lo comparten, y el efecto del color puede ser suficientemente fuerte como para anular el efecto de la proximidad bajo ciertas circunstancias. También se encontró que distractores agrupados con el objetivo por continuación producen más competición de respuesta que aquellos situados a igual distancia pero que no están agrupados con el objetivo por continuación.

Estos resultados sugieren que la atención visual se asigna en función de los indicios de agrupamiento, de acuerdo con los principios de la Gestalt, cuestionándose que la atención visual se dirija únicamente en base a la información sobre la localización o proximidad, incluso en tareas de atención focalizada, en las que se conoce la localización del objetivo con antelación a su aparición.

5.2.4 INHIBICIÓN DE RETORNO PARA OBJETO Y COLOR

La inhibición de retorno parece ser un fenómeno propio de los atributos espaciales de los estímulos (ver apartado 5.1.2.2). Sin embargo, si esta inhibición fuese la consecuencia de un mecanismo que mejora el muestreo de la nueva información, cabría esperar que tal fenómeno se produjera también con atributos no espaciales de los estímulos como el color.

Recientemente, diversas investigaciones han mostrado que la inhibición de retorno ocurre para los objetos, en vez de para la localización del objeto atendido (Abrams y Dobkin, 1994; Tipper, Driver y Weaver, 1991; Tipper et al., 1994). Es decir, se da una inhibición, que se traduce en un tiempo de procesamiento superior, cuando debe dirigirse la atención a un objeto previamente atendido, aunque este objeto cambie de posición. Tal inhibición basada en el objeto requiere que los mecanismos causantes de la inhibición distingan los objetos previamente atendidos de los demás del ambiente (Tipper et al., 1991; Tipper et al., 1994). Es necesario que se segregue o seleccione un

objeto, lo cual tiene que realizarse a partir de los distintos indicios de agrupamiento como, por ejemplo, el color.

Tal como se señaló, Kwak y Egeth (1992) investigaron el fenómeno de inhibición de retorno para los atributos espaciales (localización) y no espaciales (color y orientación) de los estímulos, llegando a la conclusión de que sólo se daba inhibición para los atributos espaciales, lo que demostraba el procesamiento diferencial de la localización, frente a los demás atributos del estímulo. Esta conclusión es consistente con un gran número de otras formulaciones revisadas en el presente trabajo (apartado 5.1.2) que también han asumido un estatus especial para la localización.

Para Law, Pratt y Abrams (1995) hay razones para pensar que Kwak y Egeth (1992) no pusieron a prueba suficientemente la inhibición basada en el color. Kwak y Egeth utilizaron el paradigma de respuesta continua en el que los estímulos de un ensayo servían como indicio del próximo ensayo, paradigma que ha sido utilizado para probar la inhibición basada en la localización (Maylor y Hockey, 1985; 1987). No obstante, aunque el paradigma de respuesta continua puede ser suficiente para probar la inhibición basada en el espacio, puede no ser apropiado para mostrar otros tipos de inhibición.

Para que aparezca la inhibición de retorno es necesario: (a) dirigir la atención a un valor de una dimensión específica del estímulo (una localización o un color), y (b) trasladar la atención de este valor particular. Sólo después de que la atención haya sido dirigida y trasladada, existirá la posibilidad de la inhibición de retorno. En los experimentos sobre inhibición de retorno para el color de Kwak y Egeth (1992), se cumplía el primer requisito pero no el segundo (trasladar la atención) para el estímulo de color, ya que éste no es un atributo espacial y no hay porqué pensar que con este tipo de estimulación la atención se va a trasladar hacia el punto de fijación.

Law, Pratt y Abrams (1995) investigaron la inhibición de retorno para el color introduciendo una modificación en el paradigma de respuesta continua que asegura que la atención se traslade. Si la inhibición basada en el color ocurre para los estímulos del mismo color, las respuestas deben ser más lentas cuando los estímulos son del mismo color (ambos rojo) que cuando difieren (rojo y azul). Por ello utilizaron como estímulos cuadrados de color (rojo y azul) que se presentaban secuencialmente, introduciendo entre los distintos colores un cuadrado de color neutral (magenta). Los resultados del primer experimento reseñado en este trabajo, mostraron claramente la existencia de inhibición de retorno basada en el color. En un segundo experimento reprodujeron el paradigma de respuesta continua, pero sin incluir el cuadrado de color neutro entre los distintos estímulos presentados, comprobando que en este caso

desaparecía la inhibición de retorno, al no producirse el traslado de la atención que exige el fenómeno de inhibición de retorno.

La conclusión más importante del trabajo de Law, Pratt y Abrams (1995) es que la localización espacial, a pesar de ser un atributo fundamental en la asignación atencional, no es un atributo especial, ni el único atributo capaz de mostrar fenómenos tales como la inhibición de retorno.

5.3 RESUMEN

En este capítulo se ha revisado la literatura más relevante sobre el modo en que opera la selección atencional.

La mayoría de los autores que trabajan en atención selectiva consideran que la atención se asigna al espacio. Inicialmente se propuso que la atención operaba como un foco, todo elemento que estuviera dentro del foco recibiría un fuerte procesamiento, mientras que los elementos fuera del foco no serían procesados en absoluto. Otra característica del foco es su indivisibilidad, el foco atencional puede desplazarse, pero no dividirse. Posteriormente, la evidencia experimental mostró que el procesamiento, más que un todo o nada, era un procesamiento gradual y que no se realizaba con igual eficacia en todas las direcciones; es decir, se propuso la existencia de asimetrías. El modelo más reciente y fructífero es el denominado "zoom-lens". Este modelo explica la mayor parte de la evidencia experimental, considerando que la atención puede restringirse a una pequeña zona o ampliarse extraordinariamente, según sea la estimulación y las demandas de la tarea, pero el poder de resolución disminuirá a medida que se amplíe el área atendida.

La evidencia experimental en cuanto a la asignación espacial proviene de las investigaciones de atención focalizada que se realizan utilizando indicios de localización, y de los estudios que muestran selección por localización, aunque la localización sea irrelevante para la tarea. Existen fenómenos como la inhibición de retorno que, aunque aparezcan en cierta medida para algún otro atributo como el color, parecen ser más propios de la localización, lo que sugiere un procesamiento diferencial para este atributo. Además, no parece posible percibir un objeto si no ha sido previamente localizado.

Existe otra línea de investigación iniciada con la Gestalt y que defiende que la asignación de los recursos atencionales se hace a los objetos. Esta línea considera que la localización o indicios de proximidad no son más que uno de los indicios posibles que puede utilizar el sujeto para realizar la asignación atencional. Otros indicios importantes serían el movimiento, la similaridad, el cierre, etc. Existen datos que apoyan que el movimiento, el color y la

ASIGNACIÓN DE LOS RECURSOS ATENCIONALES

continuación de la figura, en determinadas condiciones, pueden ser más importantes que la proximidad, en la selección de la atención.

El capítulo sexto se dedica a presentar la experimentación y los resultados obtenidos para este trabajo de tesis en que se investigan distintos puntos de los expuestos a lo largo de los anteriores capítulos. Los aspectos concretos que se analizan con respecto a la asignación atencional son: la existencia de asimetrías atencionales, la disminución del poder resolutivo a medida que se incrementa la complejidad de la tarea y la importancia relativa de distintos indicios de agrupamiento, analizando si la proximidad, en una tarea compleja de búsqueda visual, es más importante para la selección visual que otros atributos del estímulo como el color o el cierre.

Capítulo 6

ANÁLISIS EXPERIMENTAL

El capítulo sexto de la tesis se dedica a realizar un análisis experimental de la problemática expuesta en anteriores capítulos.

Pensamos que distintos fenómenos que se evidencian en los trabajos sobre atención visual pueden explicarse de forma sencilla recurriendo a la evidencia experimental proveniente de la neurofisiología y la psicofísica. Por esta razón, en el capítulo primero de esta tesis expusimos la evidencia neurofisiológica que muestra como uno de los principales hallazgos la especialización modular del cerebro en el procesamiento de la estimulación visual y la especialización fisiológica y funcional de las distintas vías que transmiten esta estimulación al cortex visual. En este primer capítulo también estudiamos el funcionamiento de las distintas células que conforman la retina, explicando la fisiología y el funcionamiento de los fotorreceptores en conexión con la evidencia psicofísica. Realizamos un experimento preliminar en el que mostramos ciertas características y limitaciones del sistema visual humano que pueden ayudarnos a comprender el fenómeno atencional de la saliencia perceptiva.

En los capítulos siguientes, se han expuesto los modelos atencionales que, desde distintos acercamientos, intentan explicar el procesamiento de la información visual incorporando la evidencia psicológica y los incipientes hallazgos procedentes de la neurofisiología.

En el segundo capítulo abordamos la problemática de si existen distintos tipos de procesamiento (en serie y en paralelo) y en su caso a qué materiales

visuales se aplican, en otras palabras, qué estímulos pueden ser procesados de modo preatentivo y cuáles no, exigiendo mayores recursos de procesamiento. Se expuso la evolución que se ha operado desde la teoría de integración de características (Treisman y Gelade, 1980) que establecía claramente el tipo de procesamiento en función del material visual presentado, hasta las posturas más extremas que consideran que toda la información visual es susceptible de análisis en paralelo (Van der Heijden, 1992). Aunque difícilmente podremos dar una respuesta definitiva a una cuestión tan espinosa, parece que la división clara que estableció Treisman y Gelade (1980) del material destinado al procesamiento preatentivo y al atento se ha ido difuminando, cobrando fuerza posturas que defienden el procesamiento gradual de los estímulos (Todd y Kramer, 1994). Esta será una de las cuestiones sobre la que más tarde volveremos, reflexionando sobre el tipo de procesamiento que requiere la tarea propuesta en el experimento que se explica en este capítulo.

En el tercer capítulo presentamos la evidencia experimental sobre captura atencional de algunas características o atributos del estímulo, como los cambios repentinos de luminancia o los estímulos muy salientes. Vimos que el fenómeno de la captura inevitable de la atención del sujeto se ha relacionado con la existencia de una vía especializada en informar inmediatamente de los cambios repentinos del ambiente, por su gran importancia adaptativa, esta sería la vía magnocelular. Recientemente se ha cuestionado esta visión acusándola de simplista, proponiendo que no es el cambio de luminancia o el movimiento lo que provoca la captura atencional sino la predisposición del sujeto (Folk, Remington y Johnston, 1992) o la creación del "object file" (Yantis y Hillstrom, 1994; Hillstrom y Yantis, 1994). Discutiremos esta problemática y añadiremos mayor evidencia experimental, analizando la interferencia que produce un estímulo irrelevante para la tarea, en condiciones desfavorables (fuera de la región de interés, aparición previsible, etc.).

En el cuarto capítulo, se trató la cuestión de la atención selectiva y el efecto de la carga perceptiva sobre el procesamiento atencional. La atención selectiva se refiere a un proceso de enfoque atencional privilegiado a una determinada región del espacio y que conlleva la exclusión en el procesamiento de los elementos situados fuera de esta zona. Esta explicación es coherente con nuestra experiencia subjetiva y también con los conocimientos fisiológicos, ya que cuando deseamos percibir un objeto con el máximo detalle lo centramos en la fovea que es la zona de la retina de máxima densidad en fotorreceptores. Sin embargo, la noción de atención selectiva rápidamente produjo un gran debate entre los defensores de la selección temprana, quienes apoyándose en la teoría de filtro de Broadbent (1958), consideraban que debido a las limitaciones en capacidad del procesador central, el sistema para poder percibir los objetos necesita restringir el campo perceptivo, mientras que por otra parte los defensores de la selección tardía basándose en los cientos de miles de millones

de neuronas ocupadas en el procesamiento visual descartaban toda limitación sensorial como afirma van der Heijden (1992). Los distintos paradigmas (atención focalizada y atención dividida) utilizados por los teóricos han mostrado ambos tipos de selección. Lavie (1995) reconduce la problemática entre los defensores del procesamiento temprano y tardío hacia un problema de carga perceptiva: el sistema opera hasta sus límites en capacidad, de modo que la única forma de obtener un enfoque atencional óptimo (restringido a una pequeña zona del campo visual) es mediante presentaciones que supongan una alta carga perceptiva. No obstante van der Heijden (1995) sigue manteniendo que todo el procesamiento se realiza en paralelo, negando las limitaciones en capacidad. Para tratar esta cuestión analizamos la incidencia de distintas modalidades experimentales que representan distintos niveles de carga, desde una modalidad básica que únicamente contempla la estimulación relevante, hasta modalidades más complejas en las que aparecen objetos definidos por bordes y colores.

En el capítulo quinto abordamos otra importante polémica que se ha desatado entre los teóricos de la atención muy relacionada con las asunciones que se hacen en selección temprana y tardía, trata de los aspectos y el modo en que se asignan los recursos atencionales. Hay múltiples investigaciones que en consonancia con el hecho de que el espacio es el medio en el que opera la atención visual, proponen que la localización es consustancial al procesamiento de los objetos, de forma que no es posible percibir un elemento si antes no se ha localizado. Se han planteado distintos modelos que explican cómo opera la atención visual, desde el modelo de foco muy próximo a la definición inicial de atención selectiva, hasta modelos más complejos como el de "zoom-lens" que sugiere una relación inversa entre la amplitud del espacio de procesamiento y el poder de resolución. Dentro de los modelos espaciales, también hay que destacar los hallazgos que muestran la existencia de asimetrías dentro del campo atencional.

En el otro lado de la polémica, tenemos a los teóricos que aunque aceptan la importancia que tienen en el procesamiento visual el espacio, la proximidad y los indicios de localización, piensan que este es un indicio más de agrupamiento como lo son el movimiento, el color, la buena forma, etc. Estos teóricos continúan la línea iniciada por la Gestalt y proponen que el sistema asigna sus recursos atencionales a los objetos. El objeto sería la unidad de procesamiento y no las características estimulares y, puesto que los distintos elementos de un objeto suelen estar próximos entre sí, es natural que los indicios espaciales sean frecuentemente referenciados, sobre todo en experimentos en los que no existen otros indicios de agrupamiento perceptivo.

Para intentar arrojar luz sobre el debate de la asignación de los recursos atencionales entre los teóricos que defienden la asignación espacial y los

teóricos que defienden la asignación a objetos, presentamos una tarea que exigía la comparación entre la orientación de elementos aislados (líneas) pero que se situaban a una misma distancia del elemento de referencia, además introducimos elementos u objetos en la presentación visual, con el fin de estudiar si producen una distribución diferencial de la atención.

6.1 PROBLEMÁTICA INVESTIGADA

1. Procesamiento en paralelo o en serie: A partir de la tarea que propusimos, a los sujetos, en nuestro experimento, la cual exigía la detección de cambios en la velocidad angular en tres líneas periféricas, analizamos los factores que determinaban la realización de la tarea y reflexionamos sobre si esta se realizó en serie o en paralelo, intentando esclarecer el significado de estos términos.

2. Carga perceptiva y procesamiento: ¿La carga perceptiva determina el tipo y naturaleza de procesamiento?. En nuestro experimento, modificamos el nivel de carga perceptiva, en una tarea de atención visual, para comprobar si existe una relación directa entre la carga perceptiva y la interferencia de los distractores.

3. Captura atencional del distractor: ¿Un elemento novedoso que aparece repentinamente en la presentación visual captura automática e inevitablemente la atención visual?. Pusimos a prueba la capacidad de interrumpir el procesamiento en una tarea visual que exige el procesamiento continuo de un elemento novedoso ("object file") que aparecía repentinamente en una posición previamente vacía provocando en esa localización un incremento de luminancia ("abrupt onset"). Evaluamos la interferencia que provocaba un elemento de estas características en una tarea de atención visual en condiciones desfavorables: cuando no es informativo para la tarea, localizándose fuera de la región en la que están los estímulos relevantes para la tarea y siendo previsible su aparición (aparece cada medio segundo).

4. Asignación de los recursos atencionales: ¿La asignación de los recursos atencionales es de naturaleza espacial o está determinada por los objetos presentes en el campo visual?: Para decidir entre los defensores de una y otra postura: (a) investigamos la posible existencia de asimetrías, (b) analizaremos la eficacia predictiva del modelo espacial más fructífero, el "Zoom-lens" y (3) evaluamos la importancia relativa de los distintos indicios de agrupamiento.

6.2 EXPERIMENTO CENTRAL

Investigamos de qué manera distintos estímulos pueden servir de base para la selección de la atención y cómo se conforma el campo atencional en función de la complejidad de la presentación. Para ello, utilizamos distintas configuraciones estímulares desde presentaciones simples en las que sólo aparecen elementos estímulares relevantes, hasta estimulaciones complejas en las que se incluyen elementos irrelevantes y áreas de distinto color con aparición repentina de estímulos distractores.

La presentación visual básica presentada en la pantalla de un computador consistió en cuatro líneas que giraban en sentido contrario al de las agujas del reloj. La tarea de los sujetos consistía en detectar un incremento en la velocidad de giro en una de las tres líneas periféricas, respecto a la línea central que durante todo el experimento giró a velocidad constante. Se manipuló la complejidad de la presentación incluyéndose otros elementos como la aparición de distintos colores dentro del área barrida por las líneas al girar, y la delimitación con circunferencias de dichas áreas. Por último, pequeños elementos circulares, irrelevantes para la tarea, aparecían y desaparecían repentinamente fuera de las áreas de interés.

6.2.1 MATERIALES Y MÉTODO

6.2.1.1 SUJETOS

48 estudiantes de la Universidad Complutense de Madrid, con visión normal o corregida, y sin problemas en la visión del color. La edad de los sujetos estaba comprendida entre los 19 y 25 años. La participación de los sujetos fue voluntaria.

6.2.1.2 APARATOS

La presentación de los estímulos visuales se realizó en la pantalla de un microcomputador compatible IBM 486/66, conectado a un monitor de color de 14 pulgadas con tarjeta super VGA de alta resolución. El sujeto daba la respuesta mediante el teclado del computador, quedando registradas para su posterior análisis, los aciertos, tiempos de reacción, y las falsas alarmas cometidas por el sujeto durante la tarea.

6.2.1.3 ESTÍMULOS

Sobre la pantalla del computador se presentaban cuatro líneas en movimiento, girando inicialmente a la misma velocidad: tres periféricas y una central que servía de referencia al mantener constante su velocidad de giro

ANÁLISIS EXPERIMENTAL

durante todo el experimento. Aleatoriamente una de las tres líneas periféricas duplicaba, durante un tiempo máximo de cuatro segundos, su velocidad de giro.

Las cuatro líneas giraban en sentido opuesto a las agujas de un reloj con una velocidad inicial de 1,67 r.p.m. (una vuelta y $\frac{2}{3}$ cada minuto). La línea central de referencia siempre giraba a la velocidad inicial, mientras que en cada ensayo, para una línea periférica se produce un incremento repentino en la velocidad de giro, pasando instantáneamente de 1,67 r.p.m. a 3.33 r.p.m. La velocidad 3.33 r.p.m., de la línea periférica, se mantenía hasta que el sujeto emitiese la respuesta o hasta un límite máximo de 4 segundos, instante en el que nuevamente la línea periférica volvía a girar a 1.67 r.p.m. Para evitar confusiones, los ensayos se espaciaron en más de cuatro segundos.

La longitud de la línea guía central era de 1,7 cm ($2,1^\circ$ de ángulo visual) y la de las periféricas de 3,4 cm ($4,3^\circ$ de ángulo visual). La localización de los centros de giro de cada una de las líneas sobre el monitor de 24 cm. X 18 cm. fue la que se presenta en la Figura 6.1.

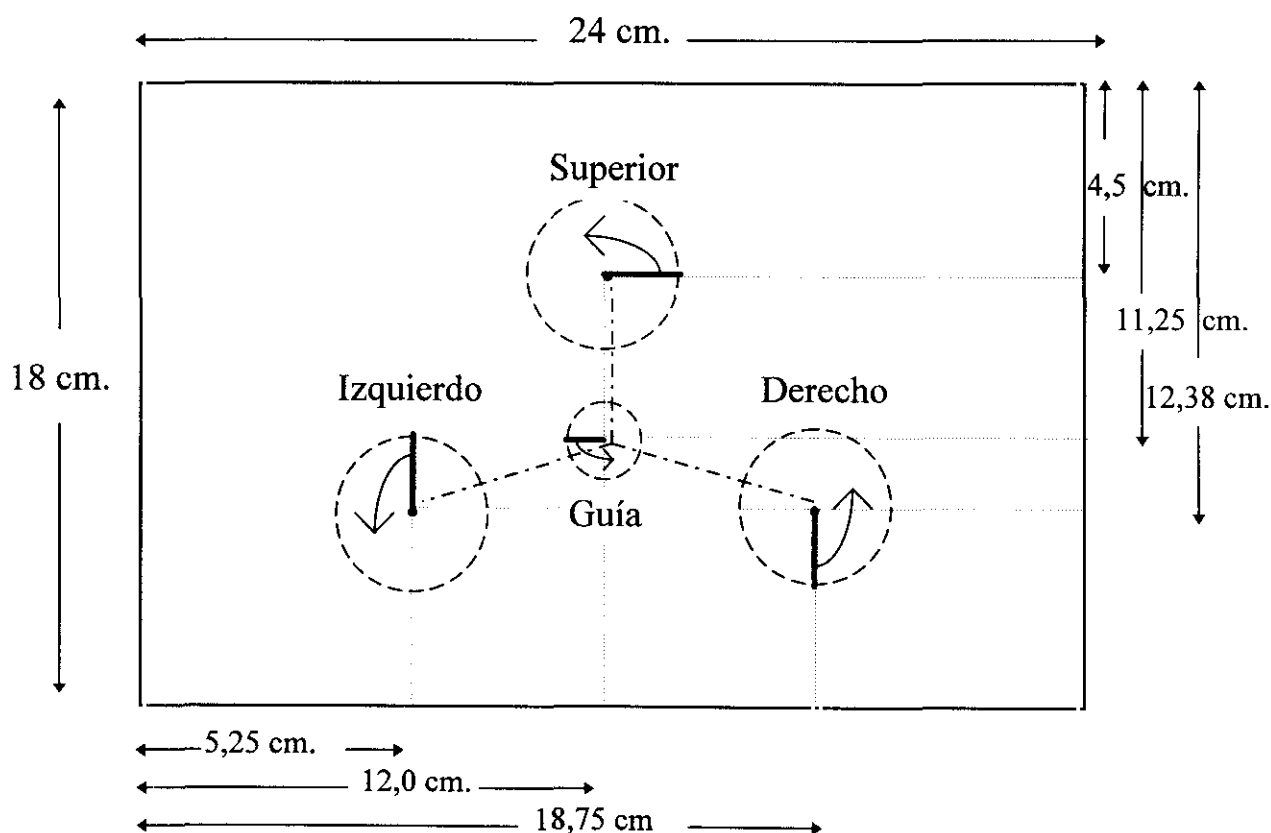


Figura 6.1 Posiciones relativas de las cuatro líneas que conforman la estimulación relevante que giran barriendo áreas circulares. El centro de la circunferencia guía equidista de los tres centros periféricos (6,8 cm.).

ANÁLISIS EXPERIMENTAL

Las líneas que constituyeron los estímulos que los sujetos tenían que monitorizar, se presentaron en una pantalla de ordenador sobre un fondo de color negro o bien barriendo áreas coloreadas, según las modalidades A, B, C y D que se describen a continuación (ver Figura 6.2):

A) Cuatro líneas de color blanco de luminancia 38 cd/m^2 giraban sobre un fondo de color negro de luminancia $0,2 \text{ cd/m}^2$.

B) Cuatro líneas de color blanco (luminancia 38 cd/m^2) encerradas en circunferencias de color blanco (luminancia 38 cd/m^2) giraban sobre el fondo de color negro de la pantalla del ordenador.

C) Cuatro líneas de color blanco (luminancia 38 cd/m^2) barrían áreas circulares que se presentaban en los colores azul (Ega número 1) con luminancia 4 cd/m^2 , rojo (Ega número 4) con luminancia 7 cd/m^2 y magenta (Ega número 5) con luminancia 11 cd/m^2 . La línea central de referencia barría un área circular gris oscuro (Ega número 56) con luminancia 15 cd/m^2 .

D) Cuatro líneas de color blanco encerradas en circunferencias del mismo color blanco (luminancia 38 cd/m^2) barren áreas circulares que se presentaban en los colores azul (Ega número 1) con luminancia 4 cd/m^2 , rojo (Ega número 4) con luminancia 7 cd/m^2 y magenta (Ega número 5) con luminancia 11 cd/m^2 . La línea central de referencia barría un área circular gris oscuro (Ega número 56) con luminancia 15 cd/m^2 .

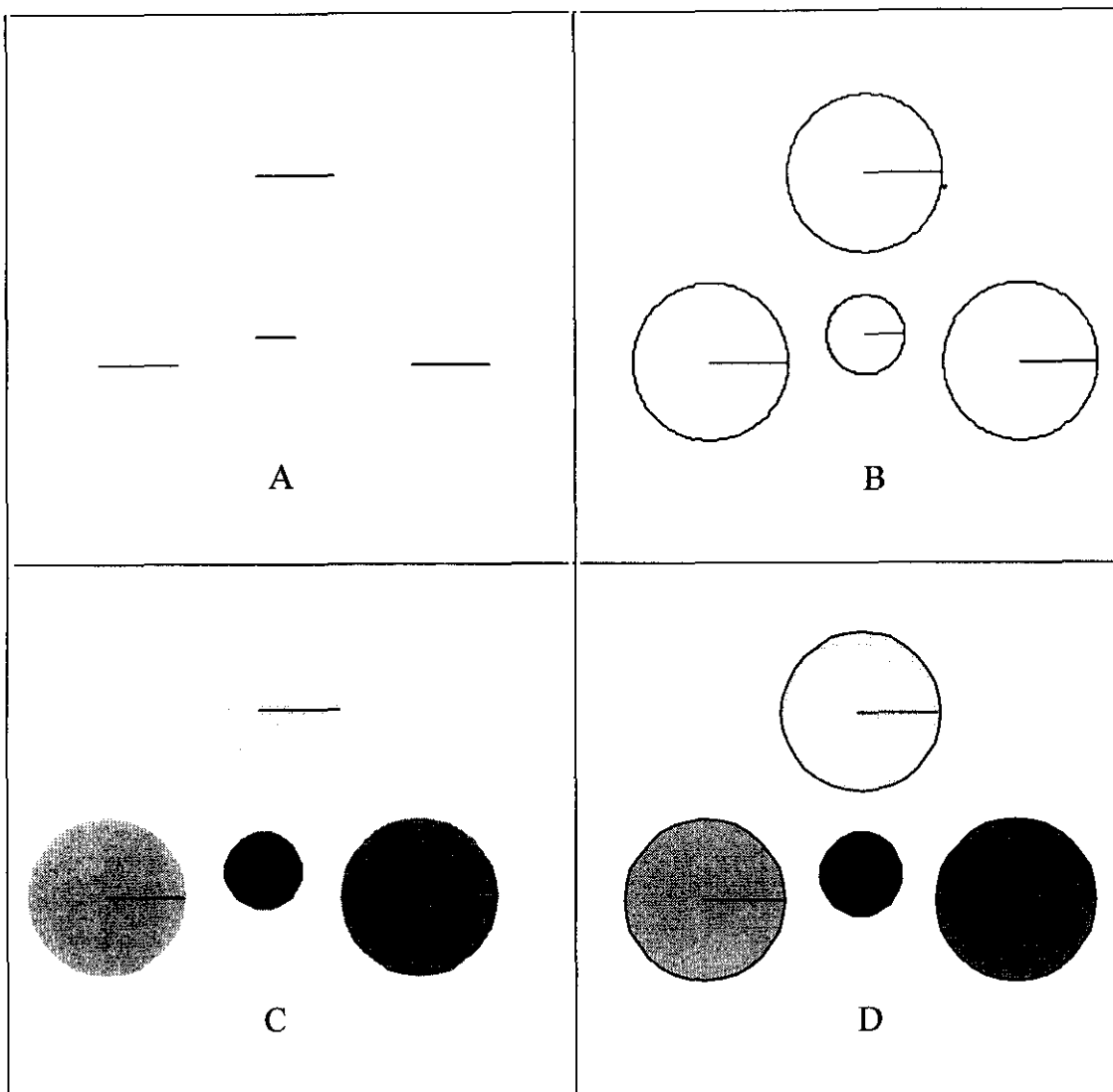


Figura 6.2 Configuraciones utilizadas: A) Cuatro líneas (configuración básica), B) Cuatro líneas encerradas en el círculo que barren al girar, C) Cuatro líneas sobre fondos de distinto color y D) Cuatro líneas sobre fondos de distinto color y encerradas en el círculo que barren al girar.

A las cuatro modalidades de presentación de los estímulos anteriormente descritas hay que añadir otras cuatro A', B', C' y D' que coincidían con cada una de las mencionadas con un elemento adicional, la presencia del "onset" o distractor: en la pantalla del computador, en una localización periférica alejada de las áreas barridas por las cuatro líneas al girar, aparecía un pequeño círculo de tamaño variable, desde un punto, hasta un centímetro de diámetro. La localización del distractor, en posiciones extremadamente periféricas, era aleatoria pero siempre aparecía en una nueva localización cada medio segundo

("onset"), y permanecía en esa localización durante el medio segundo que precedía al nuevo "onset" (Ver Figura 6.3).

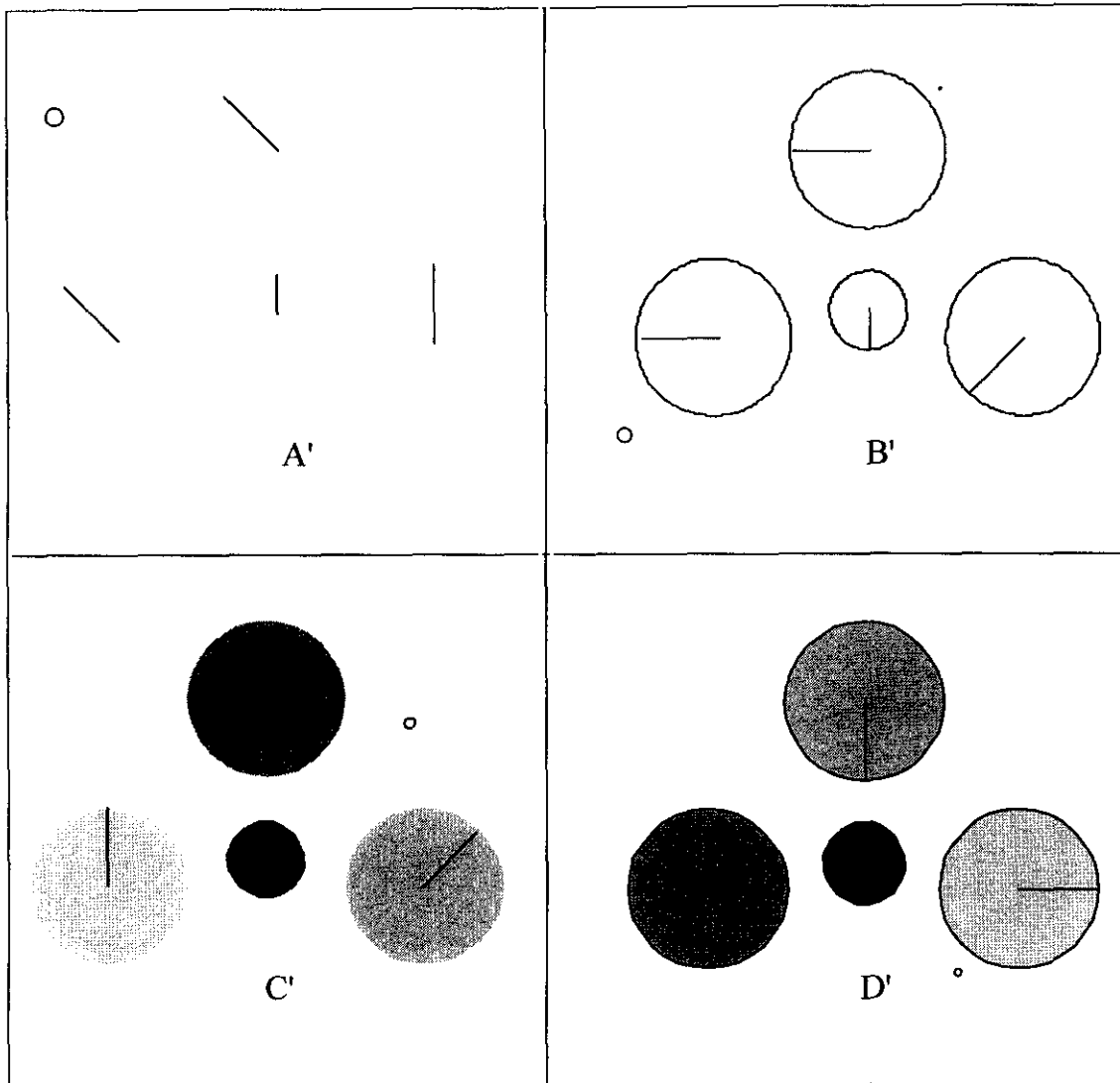


Figura 6.3 Ejemplos de presentaciones visuales de las cuatro configuraciones con distractor (onset).

6.2.1.4 PROCEDIMIENTO Y DISEÑO

Las sesiones experimentales se llevaron a cabo en el interior de una cámara insonorizada. Los sujetos se situaron a 45 cm. de la pantalla del computador en el que se presentaron los estímulos. Los sujetos respondían a la estimulación mediante el teclado del ordenador, registrándose las respuestas para su posterior análisis.

La tarea del sujeto experimental consistía en detectar el incremento en la velocidad de giro que se producía aleatoriamente en alguna de las tres líneas periféricas, en comparación con la línea central o guía, bajo cada una de las modalidades de presentación A, B, C, D, A', B', C' y D' anteriormente mencionadas.

Cuando el sujeto detectaba un incremento de velocidad, en alguna de las tres líneas periféricas, debía pulsar en el teclado del computador el cursor correspondiente a la localización de la línea periférica que había incrementado su velocidad. Por ejemplo, si el incremento se producía en la línea situada a su derecha, debía pulsar el cursor que señala hacia la derecha con una flecha (→). Del mismo modo debía proceder si el incremento de velocidad lo detectaba arriba o a la izquierda, pulsando respectivamente los cursores con flechas hacia arriba (↑) o a la izquierda (←). Para que los sujetos no perdieran tiempo en la localización de los cursores, utilizaron la mano derecha situando el dedo medio sobre el cursor (↑), el dedo índice sobre el cursor (←) y el dedo anular sobre el cursor (→).

El diseño utilizado fue el de medidas repetidas en dos sesiones experimentales. En una sesión los sujetos pasaban por las cuatro modalidades sin distractor, y en la otra sesión por las otras cuatro modalidades con distractor. La mitad de los sujetos pasó primero por las modalidades "sin distractor" y en la segunda sesión por las modalidades "con distractor" y la otra mitad de los sujetos pasó primero por las modalidades "con distractor" y en la segunda sesión por las modalidades "sin distractor".

Para asegurarse de que los sujetos habían entendido bien las instrucciones practicaron la tarea durante cinco minutos en una condición similar a la modalidad D. Tras los cinco minutos de práctica, comenzaba el experimento propiamente dicho. Los sujetos trabajaban ininterrumpidamente pasando por las cuatro modalidades de presentación correspondientes a la sesión. Se advirtió a los sujetos que cada dos minutos y medio, aproximadamente, cambiaría súbitamente la presentación y que esto ocurriría en tres ocasiones, ya que había cuatro modalidades o formas de presentación (cuatro con distractor y cuatro sin distractor). En las cuatro formas de presentación, las líneas comenzaban a girar partiendo de la posición de 0°, o sea, las cuatro líneas se posicionaban horizontalmente y hacia la derecha (ver Figura 6.2). El número de ensayos (incremento de velocidad en una línea periférica) para cada una de las ocho formas de presentación fue de 15: cinco con cada línea periférica. Los ensayos se sucedían en intervalos variables de cinco a 15 segundos, determinados por el bloque de lanzamiento de estímulos (ver Tabla 6.1): se utilizaron cuatro bloques de lanzamiento de estímulos, de forma que todos los sujetos pasaron secuencialmente por los cuatro bloques, del primero al cuarto, en cada una de

ANÁLISIS EXPERIMENTAL

las dos sesiones experimentales realizadas (una con distractores y la otra sin distractores). Para confeccionar los bloques se utilizaron tablas de números aleatorios.

Ensayo	L.	Bloque 1	L.	Bloque 2	L.	Bloque 3	L.	Bloque 4
0		850		1238		1242		970
1	3	1030	2	1212	1	1438	1	1337
2	2	1115	1	992	2	1428	3	705
3	1	1357	3	1083	2	975	2	713
4	1	1055	1	1488	3	617	2	815
5	3	547	3	773	1	513	3	875
6	2	1412	3	548	3	1355	2	1405
7	3	1260	2	633	3	1437	1	1365
8	1	1178	1	1063	2	1415	3	952
9	1	618	1	615	3	518	1	518
10	3	1500	2	1302	1	1412	3	1213
11	1	1478	3	665	1	820	2	1488
12	2	530	2	1247	3	502	2	722
13	3	1422	1	1157	2	1180	1	1325
14	2	937	2	1440	1	1100	1	1325
15	2	1240	3	775	2	1410	3	1443

Tabla 6.1 Bloques de lanzamiento de estímulos por los que pasaron los sujetos secuencialmente (un bloque para cada modalidad de presentación). Se indica el tiempo entre ensayos (en décimas de segundo), y la línea periférica (L.) que incrementaba su velocidad de giro en cada ensayo: (1) línea situada en la parte superior central, (2) línea situada en la parte inferior izquierda, y (3) línea situada en la parte inferior derecha.

Una vez lanzado el estímulo (ensayo), los sujetos disponían de cuatro segundos para responder, presionando el cursor correspondiente, con lo que la línea disparada volvía a la velocidad de giro inicial (1,67 R.P.M.). Si a los cuatro segundos el sujeto no había presionado el cursor adecuado, se computaba un error y la línea "disparada" volvía a la velocidad inicial de giro.

Todos los sujetos realizaron las dos sesiones experimentales con un periodo de descanso de 10 minutos. Para cada una de las sesiones se contrabalanceó el orden de presentación de las cuatro modalidades (A, B, C y D) dando lugar a 24 secuencias posibles de presentación de las cuatro modalidades. Cada secuencia se pasó a un sujeto que tras el periodo de descanso, repitió la secuencia para las cuatro modalidades con distractor (A', B',

ANÁLISIS EXPERIMENTAL

C', D'). Otros 24 sujetos realizaron en la primera sesión las modalidades con distractor y en la segunda sin distractor (ver Tabla 6.2).

SUJETO	SECUENCIA	SUJETO	SECUENCIA	COLOR
1	DCBA -- D' C' B' A'	25	D' C' B' A' --- DCBA	Y
2	DCAB -- D' C' A' B'	26	D' C' A' B' --- DCAB	V
3	DBCA -- D' B' C' A'	27	D' B' C' A' --- DBCA	Z
4	DACB -- D' A' C' B'	28	D' A' C' B' --- DACB	U
5	DABC -- D' A' B' C'	29	D' A' B' C' --- DABC	X
6	DBAC -- D' B' A' C'	30	D' B' A' C' --- DBAC	W
7	CDBA -- C' D' B' A'	31	C' D' B' A' --- CDBA	V
8	CDAB -- C' D' A' B'	32	C' D' A' B' --- CDAB	X
9	BDCA -- B' D' C' A'	33	B' D' C' A' --- BDCA	U
10	ADCB -- A' D' C' B'	34	A' D' C' B' --- ADCB	Z
11	ADBC -- A' D' B' C'	35	A' D' B' C' --- ADBC	W
12	BDAC -- B' D' A' C'	36	B' D' A' C' --- BDAC	Y
13	CBDA -- C' B' D' A'	37	C' B' D' A' --- CBDA	W
14	CADB -- C' A' D' B'	38	C' A' D' B' --- CADB	Z
15	BCDA -- B' C' D' A'	39	B' C' D' A' --- BCDA	V
16	ACDB -- A' C' D' B'	40	A' C' D' B' --- ACDB	Y
17	ABDC -- A' B' D' C'	41	A' B' D' C' --- ABDC	U
18	BADC -- B' A' D' C'	42	B' A' D' C' --- BADC	X
19	CBAD -- C' B' A' D'	43	C' B' A' D' --- CBAD	Z
20	CABD -- C' A' B' D'	44	C' A' B' D' --- CABD	U
21	BCAD -- B' C' A' D'	45	B' C' A' D' --- BCAD	X
22	ACBD -- A' C' B' D'	46	A' C' B' D' --- ACBD	W
23	ABCD -- A' B' C' D'	47	A' B' C' D' --- ABCD	Y
24	BACD -- B' A' C' D'	48	B' A' C' D' --- BACD	V

Tabla 6.2 Secuencias de presentación de estímulos en las dos sesiones experimentales (con y sin distractor) para los 48 sujetos. La columna color indica la configuración de color para las modalidades C, D, C' y D' que se detallan en la Tabla 6.3. La configuración de color se hizo corresponder con el orden dentro de cada secuencia: el sujeto 1 y el 25 tienen la configuración de color Y, el sujeto 2 y 26 tienen la configuración de color V, y así sucesivamente.

Las modalidades de color C, D, C' y D' exigen la presencia de distintos colores de fondo para las áreas barridas por las líneas al girar. Como los tres colores utilizados (azul, rojo y magenta) pueden situarse en tres posiciones distintas que se corresponden con las localizaciones de las líneas periféricas, se tienen seis posibles configuraciones de color (ver Tabla 6.3) que se distribuyeron

aleatoriamente para las 24 primeras secuencias, haciéndose corresponder con las otras 24 secuencias en las que se invertía la aparición de la condición distractora (ver Tabla 6.2).

CONFIGURACIÓN DE COLOR	ÁREA SUPERIOR	ÁREA IZQUIERDA	ÁREA DERECHA
U	AZUL	ROJO	MAGENTA
V	AZUL	MAGENTA	ROJO
W	ROJO	AZUL	MAGENTA
X	ROJO	MAGENTA	AZUL
Y	MAGENTA	ROJO	AZUL
Z	MAGENTA	AZUL	ROJO

Tabla 6.3 Configuraciones de color para las modalidades C, D, C', D'. Se indica para cada configuración: el color en que aparece el área barrida por la línea superior, la línea inferior izquierda y la línea inferior derecha. El área barrida por la línea guía, en todas las modalidades de color, fue de color gris oscuro.

6.2.2 RESULTADOS

Se realizaron análisis de varianza múltiple para ver el efecto que tuvieron sobre los tiempos de reacción (TRs), sobre los aciertos y las falsas alarmas (FAs) los siguientes factores:

- Posición de la línea periférica (arriba, izquierda, derecha).
- Color del área barrida por la línea periférica al girar (azul, rojo y magenta).
- Distractor (presencia/ausencia).
- Modalidad de presentación (A-A' , B-B' , C-C' , D-D').

En primer lugar se realizaron los análisis de todos los datos para estudiar el efecto de la posición, distractor y modalidad de presentación, y posteriormente se realizaron los análisis con el 50 % de los datos para estudiar el efecto del color en las modalidades C-C' y D-D'.

A) ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA POSICIÓN, LA MODALIDAD DE PRESENTACIÓN Y LA PRESENCIA DEL DISTRACTOR SOBRE LAS MEDIDAS EN TRs, ACIERTOS Y FAS.

a1) Efectos principales sobre la medida de TRs.

- La posición tuvo efecto estadísticamente significativo sobre los TRs [$F(2,94)=21.29$; $p<.001$] obteniéndose los tiempos de reacción mayores en la posición izquierda (ver Figura 6.4).

- El distractor tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre los TRs [$F(1,47)=6.82$; $p<.012$] (ver Figura 6.5).

- Entre las cuatro modalidades de presentación no se encontraron diferencias estadísticamente significativas sobre los tiempos de reacción TRs [$F(3,141)=1.01$; n.s.].

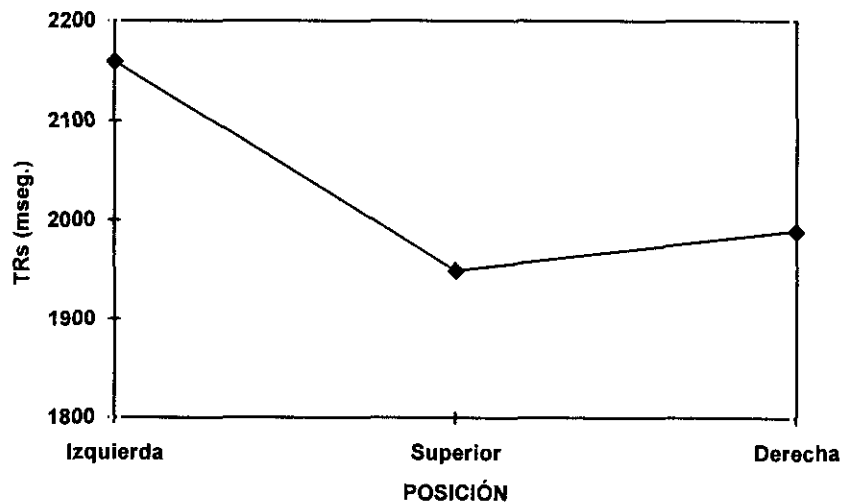


Figura 6.4 Tiempos de reacción medios para las tres líneas periféricas.

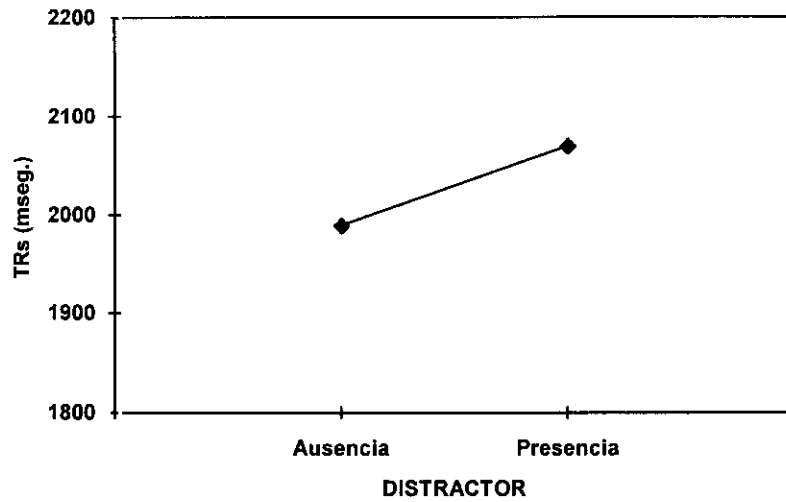


Figura 6.5 Tiempos de reacción medios para las modalidades sin distractor (A, B, C, D) y para las modalidades con distractor (A', B', C', D').

a2) Efectos principales sobre la medida de los Aciertos.

- El factor posición tuvo una incidencia estadísticamente significativa sobre los aciertos [$F(2,94)=13.17$; $p<.001$]. En la línea situada en la posición superior se registró el mayor número de aciertos (ver Figura 6.6).

- El número de aciertos fue inferior (estadísticamente significativo) en presencia del distractor [$F(1,47)=4.68$; $p<.036$] (ver Figura 6.7).

- La modalidad de presentación no afectó de forma estadísticamente significativa al número de aciertos [$F(3,141)=0.42$, n.s.].

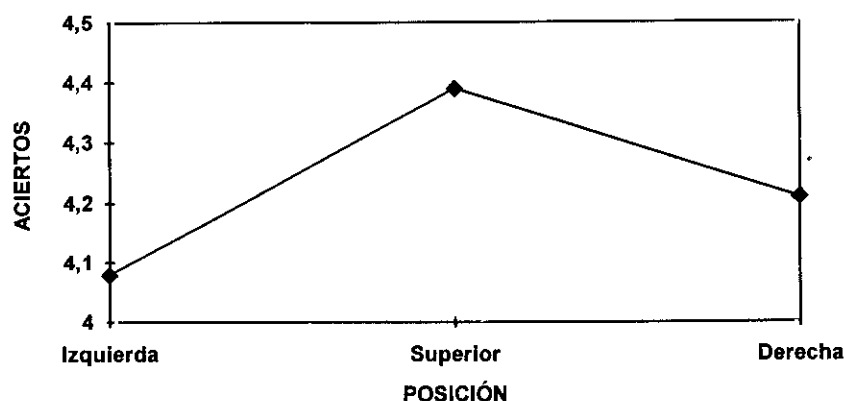


Figura 6.6 Promedio de aciertos para las tres líneas periféricas.

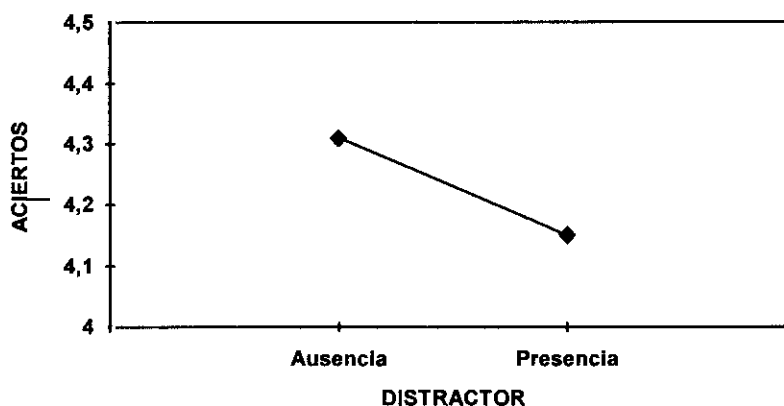


Figura 6.7 Promedio de aciertos para las modalidades sin distractor (A, B, C, D) y para las modalidades con distractor (A', B', C', D').

a3) Efectos principales sobre las Falsas Alarmas (FAs).

- No se encontró efecto estadísticamente significativo de la posición sobre el número de FAs [$F(2,94)=1.33$; n.s.].

- Tampoco se encontró efecto estadísticamente significativo sobre las FAs en presencia del distractor [$F(1,47)=0.43$; n.s.].

- No obstante, la modalidad de presentación afectó de forma estadísticamente significativa a las FAs [$F(3,141)=4.44$; $p<.005$]. Bajo la configuración estimular más simple, de sólo líneas (modalidades A y A'), es en la que se registra un número significativamente menor de FAs, en relación con las otras tres configuraciones estímulares que dan valores similares en el número de FAs (ver Figura 6.8).

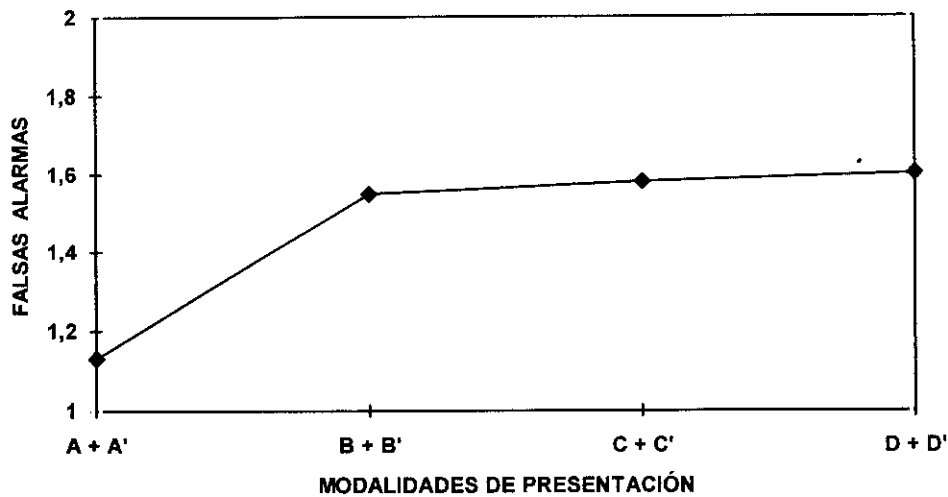


Figura 6.8 Promedio de Falsas alarmas para las distintas modalidades. Bajo la configuración estímular más simple, que agrupa las modalidades A (sin distractor) y A' (con distractor), provoca el menor número de falsas alarmas.

a4) Interacciones.

- La única interacción que fue estadísticamente significativa fue la interacción distractor x posición para la medida de los aciertos [$F(2,94)=3.45$; $p<.036$]. Mostrándose que en la posición izquierda el número de aciertos es significativamente menor al presentarse el distractor (ver Figura 6.9).

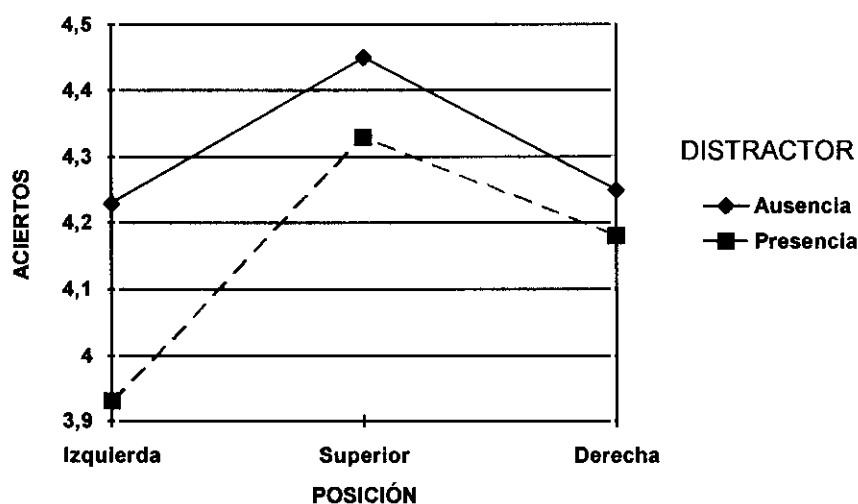


Figura 6.9 Interacción distractor x posición en la medida promediada de los aciertos.

En resumen, los factores principales posición y distractor tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre las medidas en tiempos de reacción y en aciertos, mientras que el factor modalidad de presentación tuvo una incidencia estadísticamente significativa sobre la medida en falsas alarmas. La única interacción estadísticamente significativa fue la de distractor x posición en la medida de los aciertos.

B) ANÁLISIS DEL EFECTO DEL COLOR (AZUL, ROJO Y MAGENTA), LA MODALIDAD DE PRESENTACIÓN (C-C' Y D-D') Y LA PRESENCIA DEL DISTRACTOR SOBRE LAS MEDIDAS EN TRS, ACIERTOS Y FAS.

b1) Efectos principales sobre los TRs.

- El efecto del color resultó ser estadísticamente significativo en la medida de los TRs [$F(2,94)=3.75$; $p<.027$]. En la Figura 6.10 se observa que bajo color azul la respuesta es más rápida que bajo los otros dos colores.

- La presencia del elemento distractor tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre la medida en TRs. [$F(1,47)=3.06$; $p<.087$]. (Ver Figura 6.11).

- La modalidad de presentación no tuvo incidencia estadísticamente significativa sobre los TRs [$F(1,47)=0.04$; n.s.].

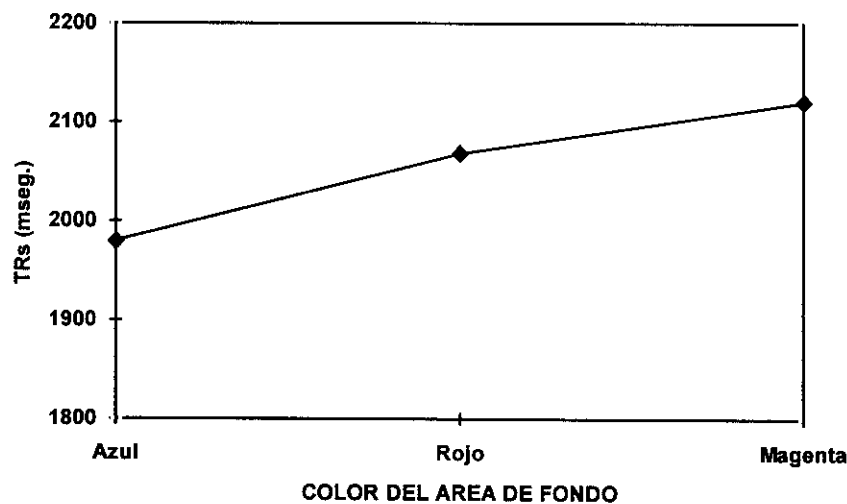


Figura 6.10 Tiempos de reacción medios para los tres áreas de color que barren las líneas al girar.

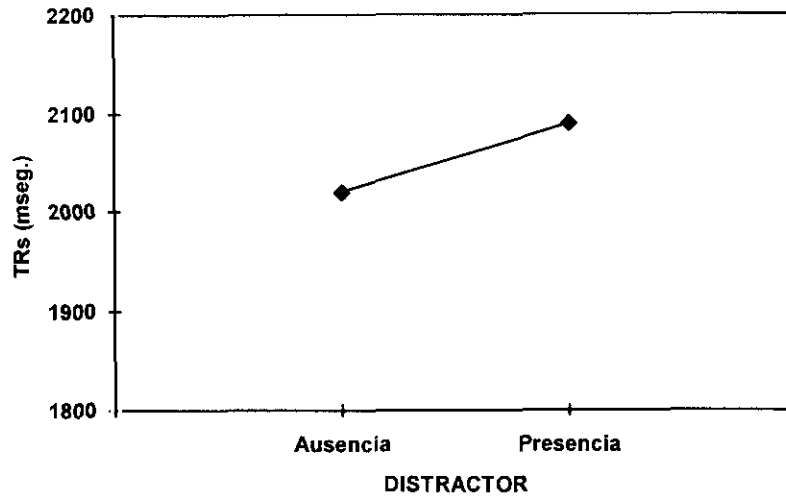


Figura 6.11 Tiempos de reacción medios para las modalidades "de color" sin distractor (C y D) y para las modalidades "de color" con distractor (C' Y D').

b2) Efectos principales sobre los Aciertos

- El color no tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre el número de aciertos [$F(2,94)=2.24$; $p<.113$].
- El elemento distractor tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre el número de Aciertos [$F(1,47)=6.30$; $p<.016$]. (Ver Figura 6.12)
- La modalidad de presentación no tuvo efecto estadísticamente significativo sobre el número de aciertos [$F(1,47)=0.25$; n.s.].

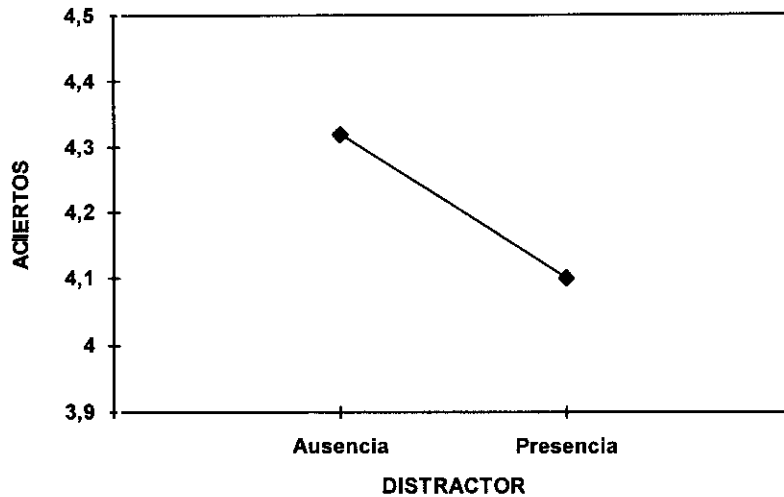


Figura 6.12 Promedio de aciertos para las modalidades "de color".

b3) Efecto sobre las FAs.

- No se encontró efecto estadísticamente significativo del color sobre la medida en FAs [$F(2,94)=0.81$; n.s.].
- Tampoco afectó de forma estadísticamente significativa el distractor sobre la medida en FAs [$F(1,47)=0.78$; n.s.].
- Tampoco la modalidad presentación tuvo efecto estadísticamente significativo sobre las FAs [$F(1,47)=0.04$; n.s.].

Por lo tanto, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las falsas alarmas entre las dos modalidades de color (C-C' y D-D').

B4) Interacciones

- La única interacción que tuvo efecto estadísticamente significativo fue la de distractor x color sobre la medida en falsas alarmas [$F(2,94)=3.33$, $p<.040$].

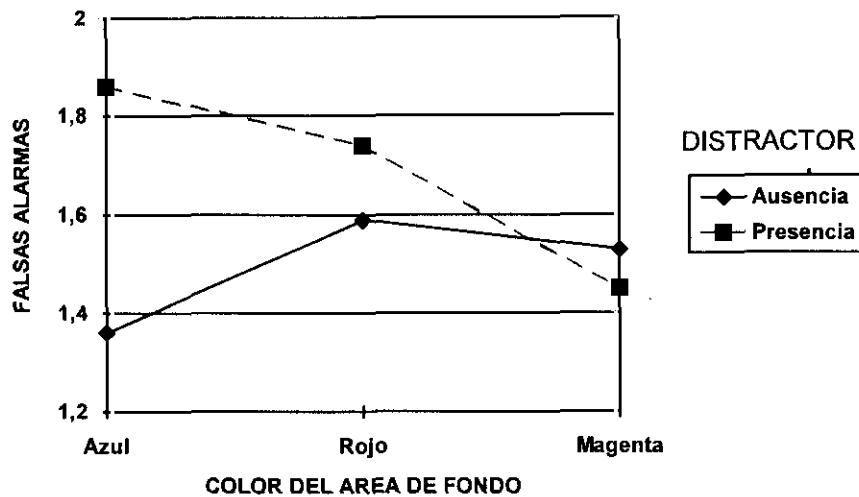


Figura 6.13 Interacción distractor x color en la medida promediada de falsas alarmas.

En resumen, la presencia del distractor con las modalidades de color, al igual que en el análisis realizado contemplando las cuatro modalidades, tiene un efecto estadísticamente significativo sobre los TRs y los aciertos. Las dos modalidades de presentación con color no difieren de forma estadísticamente significativa entre sí en las distintas medidas realizadas y, el aspecto más reseñable es el efecto principal estadísticamente significativo del fondo de color sobre los Tiempos de reacción.

6.3 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Con el fin de clarificar lo más posible la exposición de este apartado, dividiremos la discusión en las distintas cuestiones planteadas en el apartado 6.1.

6.3.1 PROCESAMIENTO EN PARALELO O EN SERIE

Para Treisman y Gelade (1980) el proceso atencional consta de dos fases sucesivas de procesamiento, la primera es una fase preatentiva de procesamiento en paralelo para las características básicas a la que le sigue la fase atenta en la que los objetos son chequeados elemento a elemento. Para Van der Heijden (1992) el sistema visual solo opera en paralelo, procesando a la vez todos los estímulos que sean presentados visualmente, el procesamiento en serie, simplemente no existiría, y las evidencias experimentales que sugieren

este tipo de procesamiento se obtienen bajo condiciones precarias de funcionamiento.

¿Como se realizó la tarea propuesta en nuestro experimento?. Para contestar a esta cuestión analicemos las distintas posibilidades:

a) ¿La tarea se realizó mediante procesamiento en serie?

La tarea propuesta en el experimento comentado en este capítulo, exige monitorizar la orientación de cuatro líneas. Aunque la orientación es una de las característica básica del estímulo citadas por Treisman y Gelade y por tanto podría procesarse en paralelo, en nuestro experimento no se pedía la simple detección de una orientación concreta, sino la identificación de la orientación que cambiaba (giraba) en mayor medida, ya que se trabajó con un estímulo relativo. La tarea, por tanto, entraña el seguimiento y comparación entre, al menos, dos líneas con igual o diferente orientación inicial y cuya orientación va cambiando en el tiempo, de manera que se trata de una estimulación emergente, es decir, la señal va cobrando fuerza a medida que transcurre el tiempo.

La tarea propuesta, al exigir comparaciones espaciales y temporales sucesivas entre distintas orientaciones, según la TIC, no podría realizarse su procesamiento en paralelo, ya que la tarea no consiste en la detección de una característica básica del estímulo, de hecho, el estímulo se define por la conjunción "orientación - tiempo", exigiendo comparar en dos momentos temporales la orientación entre, al menos, dos líneas.

Si efectivamente, el procesamiento se hubiera realizado mediante chequeo en serie, éste podría haber sido aleatorio, centrarse en ciertas zonas, o bien seguir distintos patrones de búsqueda:

1) Si el chequeo hubiera sido aleatorio, cabría esperar que los tiempos de reacción fuesen similares para las tres líneas periféricas bajo las distintas configuraciones. No fue el caso, ya que se encontraron diferencias para la posición y el color en la medida de los tiempos de reacción.

2) Si el chequeo se hubiera centrado en áreas concretas, esto daría lugar a zonas desatendidas. Tampoco parece que el resultado corresponda a este caso, puesto que aunque el área izquierda recibió menor procesamiento, no se puede decir que fuera desatendida, ya que, en promedio, la diferencia en aciertos entre la posición izquierda y la derecha no fue estadísticamente significativa.

3) El chequeo pudo seguir distintos patrones de búsqueda en serie, como por ejemplo el basado en los hábitos de lectura que va de arriba a abajo y de

izquierda a derecha. En todo caso, un patrón de búsqueda en serie daría lugar a sesgos y podría explicar que en función de la tarea, el sujeto atendiera más a unos elementos que a otros o que aparecieran asimetrías atencionales en función de la tarea (posición superior) y las configuraciones presentadas (mayor procesamiento para las áreas de color azul).

Puesto que la tarea propuesta exige la detección de pequeños cambios, es posible que una vez seleccionada el área donde pudo producirse un ensayo, esta sea delimitada y sea analizada mediante refijaciones de gran poder resolutivo o análisis en serie que permitan comparar y discernir pequeñas diferencias, sobre este punto volveremos en el cuarto epígrafe en que se analizan las asimetrías encontradas.

b) ¿La tarea se realizó mediante procesamiento en paralelo?

Por otra parte, se puede argumentar que el procesamiento en paralelo sería el más eficiente para decidir sobre la sincronía, en movimiento, de los cuatro elementos presentados. El que la tarea exija la contribución de la memoria en el sentido de comparar la presentación actual con la presentación precedente, extendería más allá del ámbito puramente perceptivo el concepto de procesamiento "en paralelo". Parece más razonable defender un procesamiento en paralelo que en serie para la ejecución de la tarea propuesta, ya que sólo el procesamiento "en paralelo" permitiría guardar (en memoria) en cada instante temporal la configuración completa en un tiempo aceptable, de manera que fuese posible comparar, evaluando la discrepancia, entre las configuración memorizada y la presente.

La tarea propuesta supuso una velocidad de rotación "lenta" con baja probabilidad de aparición del estímulo y baja saliencia (pequeña diferencia en velocidad entre la línea guía y la línea que se dispara), lo que provocó unos tiempos de reacción "elevados" que, en promedio, superaron los dos segundos, pero analicemos más profundamente los aspectos que definen la tarea:

Cada línea recorría inicialmente 600 grados por minuto lo que significa que cada 100 ms. las líneas girando a velocidad inicial (velocidad normal) saltan un grado y, cuando hay ensayo, la línea "objetivo" salta dos grados cada 100 ms. Por lo tanto, el sistema visual del sujeto debe evaluar en 100 ms. toda la presentación visual, debiendo distinguir una diferencia de un grado de circunferencia, a una distancia de 45 cm., lo que viene a ser una diferencia apenas perceptible. De hecho, en media, se precisaron unos 20 grados de circunferencia para que fuese emitida la respuesta. El movimiento sí fue perceptible, pero el cambio diferencial fue apenas perceptible, se trabajó con una señal "muy débil" que exige la discriminación de un grado de circunferencia.

Podríamos preguntarnos qué habría pasado si la velocidad de giro hubiera sido más rápida o el salto de la línea, cuando se produce el ensayo, hubiera sido mayor de un grado. En estos casos estaríamos ante una estimulación más saliente, lo que se vería reflejado en una importante reducción en los tiempos de reacción. De hecho, si el salto en grados de circunferencia es lo suficientemente grande, las comparaciones temporales sucesivas entre presentaciones hemos comprobado que son tan diferentes que el estímulo sobresaldría "pop-out" detectándose de forma inmediata, obteniéndose tiempos de reacción, en promedio, dentro del rango de tiempos admitido como procesamiento en paralelo. Otro aspecto importante que comentaremos a continuación es la probabilidad de aparición del estímulo que también fue baja (15 veces cada tres minutos) con lo que el sujeto adoptó una estrategia conservadora de no respuesta.

Resumiendo, estamos ante una tarea en la que el estímulo objetivo es de tipo "emergente": se va acumulando evidencia, hasta que se supera un cierto umbral para la decisión, de forma análoga a la reflexión que realizan Pins y Bonnet (1996) sobre el procesamiento de la luminancia. Pensamos que hay dos mecanismos de los que dependerían los tiempos de reacción: 1) Probabilidad de aparición del estímulo y 2) saliencia perceptiva.

1)- Probabilidad de aparición del estímulo: Cuando la probabilidad es baja se adopta una estrategia conservadora de "no respuesta". Mientras que con probabilidades altas, se adoptan estrategias de respuesta "inmediata" ante cualquier cambio estimular.

2)- Saliencia perceptiva: Si el estímulo es claramente perceptible los tiempos de reacción siguen patrones paralelos (Teoría de Integración de Características reformulada por Treisman y Sato, 1990).

Para documentar la incidencia de estos dos mecanismos, un sujeto experto en la tarea (el autor de la tesis), realizó bajo la condición experimental B del experimento central comentado anteriormente en este capítulo, cuatro sesiones experimentales, combinado dos condiciones de alta y baja probabilidad de aparición del estímulo con dos condiciones de alta y baja saliencia. También se redujo la velocidad de rotación de los 600 grados por minuto a 360. Como se puede apreciar en la Tabla 6.4, en la condición de baja probabilidad de aparición del estímulo y saliencia mínima la dificultad en la identificación de la línea objetivo es muy alta llegando casi a los cuatro segundos de media en TRs. No obstante, al incrementar la probabilidad de aparición del estímulo y, sobre todo, al incrementar la saliencia se produce una drástica reducción en los tiempos de reacción, alcanzándose bajo la condición óptima de alta saliencia y alta probabilidad un tiempo promedio de medio segundo para los tiempos de

reacción, tiempo que puede considerarse dentro del rango del procesamiento preatentivo.

	SALIENCIA ALTA (10 GRADOS)	SALIENCIA BAJA (1 GRADO)
PROB. ALTA: 24 Ensayos/min.	533 ms.	1250 ms.
PROB. BAJA: 4-5 Ensayos/min.	683 ms.	3867 ms.

Tabla 6.4 El tiempo de reacción medio depende de la saliencia del estímulo (grados que salta la línea objetivo) y de la probabilidad de aparición del estímulo objetivo.

Es posible entender el problema del procesamiento en serie o en paralelo no como un problema de complejidad del material que ha de procesarse (característica o conjunción) sino como un problema perceptivo de acumulación de evidencia (saliencia) y de predisposición. El sistema visual realizaría cálculos hasta alcanzar un cierto nivel de certeza que variará según la probabilidad de respuesta (coste de error). Ante una estimulación emergente poco saliente y con baja probabilidad de aparición del estímulo, es razonable que el sujeto adopte un criterio conservador de "no respuesta", lo que de por sí supondrá un coste, en tiempo, cuando decida cambiar el criterio. El que los TRs de nuestro experimento se sitúen en torno a los dos segundos, es comprensible, si además añadimos al criterio conservador que la estimulación es poco saliente, en el sentido de ser necesario mucha acumulación de evidencia para que haya certeza de la existencia del estímulo.

En resumen, no parece existir una línea de separación clara entre el procesamiento en paralelo y el procesamiento en serie. Más bien, nuestros resultados indican que una misma tarea, si se modifican ciertos parámetros como la discriminabilidad o la probabilidad de aparición del estímulo, se puede realizar con gran eficiencia, obteniéndose tiempos de reacción acordes con el procesamiento en paralelo.

El sistema visual humano debe realizar una serie de tareas de cómputo y adoptar estrategias óptimas de procesamiento: los tiempos de reacción dependen de los criterios de respuesta, más o menos conservadores, adoptados por el sujeto y de las características de la estimulación como la saliencia del estímulo o, como veremos en el siguiente epígrafe, la carga perceptiva.

Por lo tanto, aunque lo más razonable es que el procesamiento se realice en paralelo, puesto que un sistema formado por millones de fotorreceptores y por redes neuronales inmensas debe ser capaz de procesar toda la información ambiental en paralelo, cuando se trata de analizar una diferencia apenas perceptible o distinguir un elemento de sus vecinos, siendo sus vecinos prácticamente idénticos a éste, es razonable suponer que se reproduzca el modelo de procesamiento en serie, ya que el sistema visual probablemente analice una y otra vez la presentación hasta alcanzar el grado de certeza necesario, y que estas operaciones entrañen distintas estrategias comparativas en las que están implicados distintos procesos de activación y de inhibición: procesos de inhibición como seleccionar una pequeña área mediante la inhibición del resto (produciendo un efecto similar a un zoom), procesos de análisis a distinto nivel resolutivo como por ejemplo sugiere la disposición de las células amacritas en la retina, y procesos de activación como la elección de los elementos que comparten una característica distintiva.

En estas condiciones la discusión entre procesamiento en paralelo o en serie se convierte en un callejón sin salida, puesto que no hay forma de decidir entre un tipo de procesamiento y otro a partir de los datos experimentales: Se puede defender que todo el procesamiento se realiza en paralelo y la evidencia experimental en contra se obtiene en condiciones experimentales "precarias" tanto como que en condiciones de "sobrecarga" en las que no es posible el procesamiento en paralelo.

6.3.2 CARGA PERCEPTIVA Y PROCESAMIENTO

¿La carga perceptiva determina el tipo de procesamiento: paralelo o secuencial?. En el experimento anteriormente descrito se puede observar que se ha modificado la carga perceptiva (con cuatro condiciones de carga) con el propósito de comprobar si la interferencia de los distractores depende de la carga perceptiva.

Los TRs en las diferentes modalidades experimentales no fueron significativamente diferentes. No obstante, las falsas alarmas, sí fueron menores para la modalidad más simple como se aprecia en la Figura 6.8. Además, la presencia del distractor resultó tener un efecto estadísticamente significativo sobre el número de aciertos y sobre los Tiempos de Reacción (ver Figuras 6.5 y 6.7).

Para mayor abundancia en el conocimiento de lo ocurrido, en la Tabla 6.5 y en la Figura 6.14 se presenta la detectabilidad para las distintas modalidades con y sin distractor.

Mod.	FAs	Prob.	Z	Aciert.	Prob.	Z	d'	β
D	1,51	0,3014	-0,52	4,32	0,8639	1,10	1,62	0,62
C	1,41	0,2819	-0,58	4,33	0,8653	1,10	1,68	0,64
B	1,51	0,3014	-0,52	4,26	0,8528	1,05	1,57	0,65
A	1,13	0,2264	-0,75	4,33	0,8667	1,11	1,86	0,71
D'	1,60	0,3194	-0,47	4,07	0,8139	0,89	1,36	0,75
C'	1,64	0,3278	-0,43	4,13	0,8264	0,94	1,37	0,70
B'	1,52	0,3042	-0,51	4,28	0,8569	1,07	1,58	0,64
A'	1,17	0,2347	-0,72	4,10	0,8194	0,91	1,63	0,85
D y D'	1,55	0,3104	-0,50	4,19	0,8389	0,99	1,49	0,69
C y C'	1,52	0,3049	-0,51	4,23	0,8458	1,03	1,54	0,67
B y B'	1,51	0,3028	-0,52	4,27	0,8549	1,06	1,58	0,65
A y A'	1,15	0,2306	-0,74	4,22	0,8431	1,01	1,75	0,78

Tabla 6.5 Detectabilidad (d'), criterio de respuesta (β), promedio en Falsas Alarmas (FAs) y promedio en Aciertos para las 8 modalidades. Los mismos datos se dan en las cuatro últimas filas agrupados por tipo de configuración estimular.

Los datos de la Tabla 6.5 muestran que el criterio de respuesta se hace más conservador o menos arriesgado al aparecer el distractor, se reduce la detectabilidad en todas las modalidades, excepto en la modalidad B (respecto a B') que mantiene el nivel de aciertos y falsas alarmas (luego esta condición parece estar exenta del efecto de los distractores), quizá por delimitar el área de interés. No obstante la delimitación del área de interés no impidió el efecto del distractor para las configuraciones de color, quizá por superarse el nivel de carga máxima para la no interferencia. (Véase Figura 6.14)

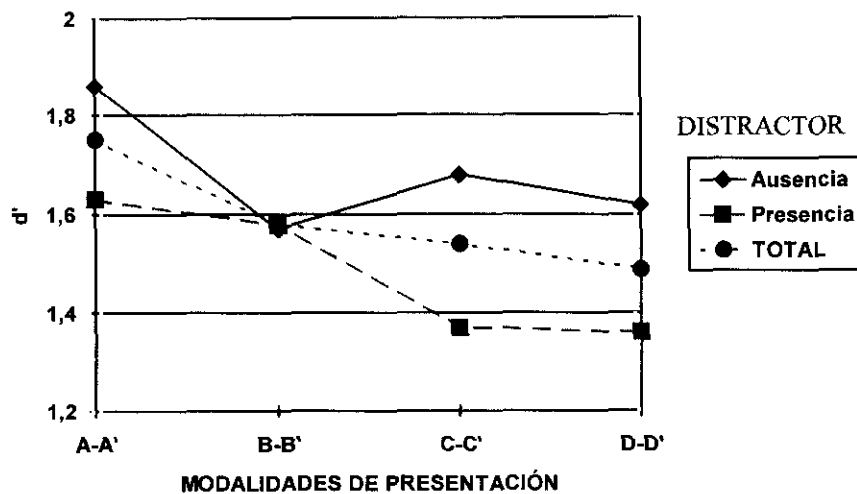


Figura 6.14 Detectabilidad para las distintas modalidades: En línea continua aparece la detectabilidad de las cuatro modalidades sin distractor (ausencia) y en línea discontinua la detectabilidad de las cuatro modalidades con distractor (presencia). En línea punteada aparece la detectabilidad media para las 8 modalidades agrupadas en los 4 tipos de configuración estimular (TOTAL).

El que los tiempos de reacción sean similares para las distintas modalidades experimentales sugiere que no se producen cambios de estrategia al afrontar la tarea bajo las distintas modalidades. Lo que cambia es la detectabilidad. Al incluir nuevos elementos el procesamiento se hace más difícil, en el sentido de que la estimulación es menos detectable. Se aprecia que la inclusión del distractor produce una pérdida de detectabilidad que afecta a todas las modalidades, a excepción de la modalidad B. Esto puede interpretarse en el sentido de que la modalidad A es más vulnerable al distractor por no estar delimitados los bordes en los que puede suceder el cambio de estimulación y que las condiciones C y D, al ser de por sí menos detectables, la inclusión del distractor supone una pérdida que podría deberse al desbordamiento del canal de capacidad limitada.

En todo caso, se confirma el efecto de la estimulación irrelevante en la carga de procesamiento. El elemento distractor lleva a un incremento en los tiempos de reacción y reducción de aciertos. Para las distintas modalidades supone una pérdida en detectabilidad a medida que se incrementa el número de elementos que requieren procesamiento perceptivo (la modalidad B no es vulnerable al distractor, pero es una modalidad menos detectable que la A, así el beneficio de la delimitación también supone un coste en detectabilidad).

Una evidencia adicional del efecto de la carga perceptiva lo tenemos en la interacción distractor x color en la medida de las falsas alarmas (ver Figura 6.13). Aparece un efecto, en principio, paradójico bajo el color azul para las falsas alarmas, ya que bajo interferencia del distractor, se disparan las falsas alarmas para la línea sobre fondo de color azul. Parece como si el beneficio que supone un área más discriminable se volviera en contra al generarse una interrupción perceptiva, mientras que, con un color que hace menos discriminable la estimulación relevante (color magenta) no tuviera efecto la disrupción del distractor. Este resultado puede conectarse con la relación entre carga perceptiva y capacidad de interferencia de los distractores, ya que, según Lavie (1995) en condición de baja carga debería interferir el distractor irrelevante, mientras que no lo haría bajo la condición de alta carga (con fondo de color magenta). Este fenómeno se debería a la exigencia de un mayor procesamiento bajo el área magenta que bajo el área azul, debido al menor contraste entre el estímulo y el fondo de color para el color magenta, cuestión que comprobamos en el experimento preliminar realizado y comentado en el primer capítulo de esta tesis que sugería una computación mayor según se disminuían los niveles de contraste.

6.3.3 CAPTURA ATENCIONAL DEL DISTRACTOR

¿Un "new object file" que además aparece de forma repentina con cambio de luminancia ("abrupt onset") capturaré automática e inevitablemente la atención visual?. Hemos evaluado la interferencia que provoca un elemento de estas características en una tarea de atención visual en condiciones desfavorables: cuando no es informativo para la tarea, localizándose fuera de la región en la que se sitúan los estímulos relevantes para la tarea y siendo su aparición previsible al aparecer con una cadencia determinada (aparece cada medio segundo). Nuestro objetivo era analizar si la interrupción o interferencia "bottom-up" que provoca el "onset" irrelevante puede ser eliminada por el conocimiento "top-down" que posee el sujeto de la estimulación.

En las Figuras 6.5, 6.7, 6.9, 6.11, 6.12 y 6.13 se observa que el sujeto no puede ignorar la presencia del distractor y que éste tuvo un efecto principal estadísticamente significativo en las tres medidas realizadas (TRs, aciertos y falsas alarmas).

Otra cuestión es si se obtuvo algún beneficio o no de la interrupción que causa el distractor en el proceso atencional cuando el "onset" opera como indicio válido. Es decir, si se saca alguna ventaja en el procesamiento cuando, por azar, el distractor cae en las proximidades de la línea que ha incrementado su velocidad, ya que teóricamente el "onset" provoca una interrupción temporal capturando la atención en el punto donde aparece el distractor (ver Tabla 6.6).

Línea Periférica	Corta d.<200 Pixel	Media 200<d.<300	Larga d.>300 Pixel	Total Aciertos
Superior	24,25 %	33,33 %	42,42 %	870
Izquierda	33,00 %	28,13 %	38,87 %	800
Derecha	19,18 %	22,13 %	58,69 %	845

Tabla 6.6 Porcentaje de aciertos para cada línea periférica cuando el distractor se situó a corta (menos de 200 pixel), media (entre 200 y 300 pixel) y larga (más de 300 pixel) distancia del círculo que barría cada línea al girar.

En estos resultados se observa que hubo un coste negativo del onset: cuando se situó a larga distancia el sujeto fue capaz de evaluar mejor la diferencia en velocidades entre las líneas, mientras que cuando se situó a corta distancia interfirió claramente con la evaluación de la velocidad relativa de las líneas. Estos resultados están en línea con la tesis de Theeuwes (1992) sobre la independencia del control "top-down" y el carácter imperativo y obligatorio de los estímulos que aparecen y desaparecen repentinamente. A pesar de que los sujetos sabían la característica a buscar, que los "abrupt onset" no eran relevantes para la tarea, y que aparecían generalmente más allá de un grado de ángulo visual propuesto por Eriksen y Hoffman (1973) como límite de la interferencia del ruido, los "abrupt onset" interfirieron en la tarea y los sujetos no pudieron orientar la atención selectivamente a los estímulos relevantes o inhibir la estimulación procedente de los estímulos irrelevantes que aparecían a intervalos regulares de medio segundo.

6.3.4 ASIGNACIÓN DE LOS RECURSOS ATENCIONALES

Hemos investigado los aspectos expuestos en el capítulo quinto de esta tesis sobre asignación atencional, estudiando la posible existencia de asimetrías atencionales, la disminución del poder resolutivo a medida que se incrementa la complejidad de la tarea, y la importancia relativa de los distintos indicios de agrupamiento. También se estudió si la proximidad, en una tarea compleja de búsqueda visual, es más importante para la selección visual que otros atributos del estímulo como el color o el cierre, de manera que podamos dar respuesta a las distintas cuestiones planteadas:

A) Hemos encontrado asimetrías atencionales en función de la discriminabilidad del estímulo y de su localización:

1) Las Figuras 6.4 y 6.6 muestran el efecto de la posición en el procesamiento, comprobándose que la posición izquierda fue la que recibió un

menor procesamiento. La Figura 6.9 aclara que la zona izquierda del campo visual al incrementarse las demandas de procesamiento (con la aparición del distractor) es la zona más perjudicada, disminuyendo su detectabilidad.

El que la posición superior sea la más favorecida puede explicarse por ser la que cuenta con mayores posibilidades de referenciar su movimiento diferencial. Ya que el centro del círculo que barre la línea superior al girar era el que se situaba más próximo a los otros puntos centrales: a 6,75 cm del guía y a 10,38 cm tanto del izquierdo como del derecho, mientras que los puntos centrales de las líneas inferiores se situaron entre sí a 13,50 cm. y a 6,84 del guía. Estas diferencias pudieron favorecer a la detectabilidad de la línea superior al haber una menor distancia entre las líneas que se han de comparar.

Pero, ¿por qué la línea izquierda fue la que peor se detectó?. No hay razones perceptivas. La única explicación plausible es la lateralidad, en el sentido de que la mayoría de los sujetos eran diestros. Para poner a prueba esta hipótesis se realizó un experimento adicional en el que intervinieron 57 sujetos, cinco de ellos zurdos, bajo la modalidad experimental D, obteniéndose los resultados en detectabilidad que se presentan en las Tablas 6.7 y 6.8.

Línea	FAs	Prob.	Z	Aciert.	Prob.	Z	d'	β
Sup.	1,20	0,24	- 0,68	4,00	0,82	0,82	1,49	0,90
Izq.	1,60	0,32	- 0,44	2,80	0,56	0,14	0,59	1,09
Der.	2,00	0,40	- 0,24	2,80	0,56	0,14	0,38	1,01

Tabla 6.7 Detectabilidad y criterio decisional para cinco sujetos zurdos bajo la modalidad experimental D.

Se puede apreciar que para los sujetos zurdos, la detectabilidad es muy alta para la línea superior, mientras que es similar para las líneas derecha e izquierda, aunque ligeramente inferior para la derecha. Estos datos contrastan con los de otros 52 sujetos diestros en los que volvió a repetirse el patrón de resultados obtenido en el experimento anterior con 48 sujetos.

Línea	FAs	Prob.	Z	Aciert.	Prob.	Z	d'	β
Sup.	1,50	0,30	- 0,50	3,67	0,74	0,60	1,10	0,94
Izq.	1,56	0,31	- 0,47	3,10	0,62	0,29	0,75	1,07
Der.	1,90	0,38	- 0,29	3,85	0,77	0,71	0,99	0,81

Tabla 6.8 Detectabilidad y criterio decisional para 52 sujetos diestros bajo la modalidad experimental D.

Nuestros resultados, indicando asimetría atencionales según la posición podemos relacionarlos con los obtenidos por otros autores. LaBerge y Brown (1983, 1986, 1989) encontraron que cuando el estímulo se presentaba en la posición central los tiempos de reacción eran más rápidos y se iban incrementando según nos alejásemos de la posición central dando como resultado curvas en forma de V. Estas curvas tenían una asimetría entre las pendientes de los dos brazos en las curvas que era favorable al lado derecho. Downing y Pinker (1985) encontraron una asimetría izquierda-derecha en costo atencional en una tarea de detección de luminancia: el coste del campo visual izquierdo era mayor que el coste del campo visual derecho. Kröse y Julesz (1989) mostraron que la probabilidad de detectar el elemento objetivo de la búsqueda visual cuando se presentaba en el eje horizontal era mucho mayor que cuando se presenta en el vertical, siendo además extremos del continuo.

2) En cuanto al color, en la Figura 6.10 se observa que los tiempos de reacción más cortos se obtienen bajo fondo azul, seguido por el fondo rojo y por último bajo fondo magenta. Es decir, cuanto mayor es el contraste entre la línea blanca y el fondo de color, menor es el tiempo de reacción. Recordemos que en el experimento preliminar realizado y que se explica en el capítulo primero de esta tesis, ya comprobamos que las diferencias en contraste se traducían en diferencias en tiempo de procesamiento, o sea, que la intensidad de la señal guardaba relación con el tiempo que requieren los fotorreceptores para su procesamiento.

B) La relación que establece el modelo "zoom-lens" entre poder resolutivo y complejidad de la tarea se muestra en las Figuras 6.8 y 6.14, donde se comprueba que la discriminabilidad de las configuraciones disminuye al incrementarse el número de elementos presentados. En la Figura 6.9 también se aprecia que la reducción del área atendida afecta en mayor medida a la zona izquierda, cuando aparece un elemento que provoca una interrupción atencional.

Analizando la complejidad de la presentación se comprueba que en la presentación más simple, en la que sólo aparecen las líneas (modalidades A y A'), es en la que se producía un menor número de falsas alarmas, es decir, la presentación con menor número de elementos irrelevantes es la que provoca menor interferencia. Nuestros resultados apoyan el modelo de Pan y Eriksen (1993) al plantear que la pérdida de poder resolutivo como efecto de la ampliación se debía al incremento de la interferencia del ruido producido por los estímulos irrelevantes. El modelo "zoom-lens" puede encontrar apoyo fisiológico en las distintas distribuciones que adoptan los distintos tipos de células amacritas en la retina como se expuso en el capítulo primero de la tesis

Los resultados citados también son interpretables en función de la teoría de detección de señales (como hicimos en el epígrafe "b" de esta discusión) en

línea con el estudio realizado por Palmer et al.(1993) mostrando que la atención afecta a los procesos de decisión, en vez de limitarse a la percepción de los estímulos individuales. Aplicando la teoría de detección de señales, comprobamos que al incrementar el ruido, la detectabilidad de la señal era menor y se produce un incremento en falsas alarmas en las condiciones B y B', C y C', y D y D' frente a la condición A y A' (ver Tabla 6.5).

Entre los modelos espaciales, ¿cuál explicaría mejor nuestros resultados?. Consideremos hasta que punto los modelos "Zoom-lens" (Eriksen y Hoffman, 1973; Pan y Eriksen, 1993) y "Gradients" (LaBerge y Brown, 1989) se ajustan a nuestros resultados. El modelo de "Gradients" explica la interferencia de los "abrupt onsets" sobre la tarea relevante, ya que la interferencia estaría en función de la distancia al objetivo, disminuyendo su influencia gradualmente con la distancia. El modelo "Zoom-lens", al contemplar límites más concretos de la ventana atencional, no explicaría bien la interferencia de los abrupt onset lejanos, aunque explicaría la mayoría de los fenómenos observados como la imposibilidad de orientar la atención a elementos u objetos aislados, la reducción del campo perceptivo en función de la interferencia, las distintas configuraciones del campo perceptivo en función de los estímulos y las demandas de la tarea. Un modelo que explicaría la mayoría de los resultados encontrados sería una especie de "Zoom-lens" con las siguientes características: (a) Los límites del campo atencional fuesen difusos, (b) el campo atencional estuviese orientado hacia la derecha recibiendo un mayor procesamiento la parte superior e inferior derecha que la parte inferior izquierda, (c) que la reducción del campo perceptivo, en el caso de exigirse mayores demandas de procesamiento, viniese precisamente de esta zona izquierda, y (d) que el campo visual fuese selectivo en función del color de las distintas zonas.

C) La discusión teórica entre los defensores de la teorías espaciales y las teorías de objeto se centra experimentalmente en el estudio de cuales son los indicios que utiliza el sujeto para la detección o identificación del estímulo objetivo. Ya hemos comentado las asimetrías producidas por la disposición estimular (tarea) y la detectabilidad de las distintas zonas (zonas de distinto color). Estas asimetrías por si solas indicarían que no es únicamente la proximidad la que determina la asignación atencional. Pero además hemos constatado un incremento en la interferencia al añadir elementos irrelevantes que delimitan el área barrida por cada línea al girar. Esta manipulación se hizo con el propósito de disgregar las cuatro áreas provocando enfoques diferenciales sucesivos y de esta manera evitar que la presentación fuera atendida como a un "todo". Efectivamente, como se esperaba, la disgregación del "todo" produjo un incremento de la interferencia, lo que se comprueba en la disminución de detectabilidad que se observa en la Tabla 6.5 y en la Figura 6.14 que en la condición experimental B curiosamente, si bien fue menos detectable que la

condición A, la disgregación produjo una protección contra los distractores "onset".

Por otra parte, y en defensa de la postura que plantea la asignación atencional a los objetos, podemos decir que los tiempos de reacción en el experimento central, comentado en este capítulo, tendieron a aumentar a medida que se incrementaba la discrepancia entre las orientaciones de las líneas. Se obtuvo una correlación lineal de 0.33 entre los tiempos de reacción de los 48 sujetos que realizaron el experimento y la dispersión media de las orientaciones de las cuatro líneas.

En definitiva, otros indicios distintos a la proximidad parecen tener una gran importancia en la asignación de la atención, por lo que abogamos por una teoría que reconozca ambos tipos de asignación: espacial, pero orientada a objetos. Puesto que, si bien parece que cuanto mayor es el área atendida menor es el poder resolutivo, no sería razonable la propuesta de que la atención se asignase a elementos o características aisladas carentes de significado, al menos en entornos familiares.

CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados más relevantes de esta tesis nos llevan a enunciar las siguientes conclusiones, en relación con los puntos fundamentales tratados:

A) *Procesamiento preatentivo.* El sistema visual procesa en paralelo toda la información presentada en el campo visual. Factores como la probabilidad de aparición del estímulo o la saliencia perceptiva, incrementan gradualmente los tiempos de reacción hasta alcanzar patrones de procesamiento en serie. El sistema visual humano se puede modelar como un chivato que "avisa" cuando se alcanza un cierto nivel de certeza, que se obtiene por acumulación de evidencia y está modulado por un criterio decisional, sirviéndose de la información que continuamente proviene del procesamiento en paralelo del sistema visual.

B) *La carga perceptiva* produce un efecto de acumulación o interferencia en el procesamiento que exige la tarea, puesto que el distractor irrelevante supuso un incremento estadísticamente significativo en los tiempos de reacción y una reducción en el número de aciertos. La estimulación estática irrelevante produce una pérdida en detectabilidad a medida que se incrementa el número de elementos presentados.

C) *Captura atencional del distractor.* La atención no puede ser selectiva hasta el punto de ignorar la estimulación irrelevante "saliente". Quedando de manifiesto el mayor peso específico del procesamiento provocado por la estimulación (bottom-up") sobre el procesamiento voluntario dirigido a un objetivo ("top-down").

D) *Asignación de los recursos atencionales.* Se puede llegar a un compromiso entre los dos modelos de asignación atencional, espaciales y orientados a objetos. Si bien, el espacio es el medio en que opera la visión, hemos encontrado asimetrías atencionales en función de la posición que ocupan los estímulos y el color del área en que aparecen estos estímulos que muestran el efecto que tiene sobre la distribución atencional distintos indicios de objeto.

HACIA UN MODELO INTEGRADOR

El objetivo último de este trabajo es colaborar en la elaboración de un marco teórico que de cuenta de las evidencias experimentales procedentes de las distintas disciplinas científicas que estudian el procesamiento de los estímulos visuales como la fisiología, la psicofísica y la psicología de manera que se pueda enunciar una teoría comprensiva que explique la abundante evidencia experimental acumulada.

Recientemente, se ha propuesto un modelo integrador que intenta explicar como opera el foco atencional sin restringirlo a una mera asignación espacial, además de intentar explicar la separación funcional entre la etapa preatentiva y atenta del proceso atencional. El modelo de Tsal, Meiran y Lamy (1995) propone que la principal función de la atención focalizada es incrementar la resolución de los estímulos visuales. El término "resolución" se utiliza metafóricamente; no se refiere exclusivamente a la resolución espacial asociada con la localización de las características, sino también, más en abstracto, a la resolución entre otras dimensiones asociadas con la discriminación fina entre colores, orientaciones, formas y otras. El mecanismo se concibe de manera que pueda resolver el contraste entre la inabordable diversidad de ambientes visuales y las limitaciones impuestas por el sistema de procesamiento de la información. La solución consistiría en un sistema que fuera capaz de algún tipo de análisis de bajo nivel, realizado en paralelo sobre todo el campo visual, seguido por la operación de un mecanismo que realice análisis de alto nivel sobre regiones específicas del campo. Para ser efectivo, el análisis de bajo nivel debería ser suficientemente informativo para que el mecanismo de alto nivel pueda dirigirse a las regiones importantes del campo. Este análisis estaría mediado por procesos "bottom-up" pero además debería ser sensible a los cambios constantes de las demandas de procesamiento "top-down".

El modelo de Tsal, Meiran y Lamy (1995) propone un sistema equipado con una amplísima cantidad de pequeñas unidades internas o detectores, de manera que se cubran las distintas dimensiones del estímulo, lo que permitiría una representación tosca del ambiente visual. La discriminación fina de los estímulos visuales se lograría por integración de las salidas de las unidades adyacentes y la computación de sus activaciones relativas. Se propone que la computación para una codificación precisa requiere atención que puede ser llevada a cabo únicamente en una pequeña región del campo visual. Así, para un objeto inatendido se desconocerían las coordenadas exactas de localización, forma y color, aunque toscamente se conozca su posición, forma y color. Cuando la atención se dirige a una región del campo visual, se realiza una computación más compleja de la misma salida producida por los detectores en una localización específica.

Este modelo supone una generalización del modelo "zoom-lens", al considerar que la resolución no sólo se entiende en términos espaciales, mantiene la separación clásica entre etapa preatentiva y atenta, aunque dota a la etapa preatentiva de la capacidad para realizar análisis preliminares de mayor potencia para todo el material estimular y, por tanto, de la capacidad de dar respuestas a estimulaciones que no exijan de gran "resolución". La atención sólo aparece cuando se exige mayor resolución, y operaría enfocando la "lente" sobre una región concreta donde los elementos incluidos aquí serían amplificados, aunque no aclara como se produce esta amplificación de la señal.

Nuestros resultados no indican que exista un salto entre el material que se procesa en paralelo y el material que se procesa en serie. Más bien parece que el tiempo de procesamiento se incrementa gradualmente al disminuir la detectabilidad y la probabilidad de aparición del estímulo. Al no aparecer un salto, no hay razón para suponer que existan dos modos de procesamiento, sino como mucho distintas estrategias. Si ante las estimulaciones complejas cotidianas las personas tuvieran que realizar un chequeo elemento a elemento para identificar los distintos elementos de la escena, por muy rápido que fuera este chequeo no serían posibles muchas de las conductas cotidianas o no sería posible entender por ejemplo una escena de acción en el cine, ya que el cambio entre fotogramas se produce a gran velocidad. Por lo tanto consideramos que el modo habitual de funcionamiento no puede ser otro que el modo de procesamiento en paralelo como defiende van der Heijden (1992; 1995), aunque admitimos que cuando la discriminación entre elementos muy similares es de gran dificultad deben utilizarse estrategias que reduzcan el campo atencional y permitan una mejor discriminación y comparación, de manera análoga a la que sugiere el modelo "zoom-lens".

Cuando el sistema visual es incapaz de discriminar entre elementos muy similares, enfocaría la zona ocupada por la estimulación relevante, atenuando la señal procedente de las regiones circundantes de manera que la información procedente del área de interés pueda ser procesada y sea posible la comparación entre los elementos incluidos en este área. No obstante, la atenuación no es completa (no es exactamente una inhibición) y como muestran nuestros resultados cuando aparece un distractor "onset", este se procesa interfiriendo en la tarea de comparación. Además, nuestros resultados indican que el grado de atenuación parece estar en función de la distancia.

Otro factor que facilita la selección de pequeños áreas es la carga perceptiva, parece ser que en condiciones de alta carga perceptiva el sistema puede reducir más selectivamente el tamaño del área atendida, despreciando con mayor eficacia el material irrelevante. Sin embargo, no pensamos que esto se deba a un problema de capacidad, sino a una estrategia de descarte de

CONCLUSIONES GENERALES: HACIA UN MODELO INTEGRADOR

elementos que comparten áreas de similar luminancia, es decir, si el sistema puede atender selectivamente a un área mediante "inhibición" de las áreas circundantes, en principio, es más fácil realizar la inhibición cuando existen muchos elementos que cuando existen pocos ya que cuando existen muchos elementos los espacios inter-elementos se reducen y se forman áreas interconectadas u objetos.

Otra característica del área atendida es que su forma depende de la tarea y que no tiene porqué ser un área uniforme de procesamiento. En nuestro experimento mostramos como la diferente detectabilidad del estímulo se traduce en tiempos diferentes de procesamiento (experimento preliminar) lo que provocará asimetrías atencionales.

Por último, sobre el debate entre asignación de los recursos atencionales a objetos o al espacio hemos comentado que, si bien la selección de un pequeña área es un fenómeno espacial, no se contradice con la postura de que los estímulos que quedan fuera o en el interior del área seleccionada se conformen formando objetos. Hemos argumentado que el descarte en bloque en condiciones de alta carga podría facilitarse por la formación de "objetos" y que dentro del área se generasen asimetrías en función del color. Además no podemos ignorar la importancia de los indicios de agrupamiento como tuvo en nuestro experimento "la simetría" en la selección del área que debía compararse.

En resumen, el modelo de Tsal, Meiran y Lamy (1995) puede tomarse como punto de partida para la elaboración de un modelo integrador, siempre y cuando se incluyan los aspectos reseñados: (a) el procesamiento se realiza habitualmente en paralelo, (b) ante estímulos de gran similaridad se puede reducir el área atendida atenuando la señal procedente de las regiones circundantes, (c) un elemento saliente o llamativo desbarata la estrategia de atenuación debiendo ser procesado, aunque el efecto dependerá de la distancia, (d) la selección de un área concreta es un fenómeno espacial pero en el que está implicado el procesamiento de los objetos, tanto en la selección como en el procesamiento posterior.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrams, R.A. y Dobkin, R.S. (1994). Inhibition of return: Effects of attentional cuing on eye movement latencies. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **20**, 467-477.
- Allport, D.A. (1977). On knowing the meaning of words we are unable to report: The effects of visual masking. En S. Dornic (Ed.), *Attention and performance VI* (pp. 505-533). Hillsdale, Nj: Erlbaum.
- Allport, D.A., Tipper, S.P. y Chmiel, N. (1985). Perceptual integration and post-categorical filtering. En M.I. Posner y O.S.M. Marin (Eds.), *Attention and performance XI* (pp. 107-132). Hillsdale, Nj: Erlbaum.
- Andersen, G.J. (1990). Focused attention in three-dimensional space. *Perception & Psychophysics*, **47**, 112-120.
- Atkinson, R.C., Holmgren, J.E. y Juola, J.F. (1969). Processing time as influenced by the number of elements in a multielement display. *Perception & Psychophysics*, **6**, 321-326.
- Bacon, W.F. y Egeth, H.E. (1994). Overriding Stimulus-driven attentional capture. *Perception & Psychophysics*, **55**, 485-496.
- Banks, W.P., Bodinger, D. y Illige, M. (1974). Visual detection accuracy and target-noise proximity. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **2**, 411-414.
- Banks, W.P. y Prinzmetal, W. (1976). Configurational effects in visual information processing. *Perception & Psychophysics*, **19**, 361-367.
- Barber, P. y Folkard, S. (1972). Reaction time under stimulus uncertainty with response certainty. *Journal of Experimental Psychology*, **93**, 138-142.
- Bashinski, H.S. y Bacharach, V.R. (1980). Enhancement of perceptual sensitivity as the result of selectively attending to spatial locations. *Perception & Psychophysics*, **28**, 241-248.
- Baylis, G.C. y Driver, J. (1992). Visual parsing and response competition: The effect of grouping factors. *Perception & Psychophysics*, **51**, 145-162.
- Beck, J. y Ambler, B. (1973). The effects of concentrated and distributed attention on peripheral acuity. *Perception & Psychophysics*, **14**, 225-230.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bergen, J. y Julesz, B. (1983). Rapid discrimination of visual patterns. *I.E.E.E. Transactions on Systems, Man & Cybernetics*, **SMC-13**, 857-863.
- Bravo, M.J. y Nakayama, K. (1992). The role of attention in different visual-search task. *Perception & Psychophysics*, **51**, 465-472.
- Broadbent, D.E. (1958). *Perception and communication*. London: Pergamon Press.
- Broadbent, D.E. (1971). *Decision and stress*. New York: Academic Press.
- Broadbent, D.E. (1977). Colour, localization, and perceptual selection. En G. Oléron (Ed.) *Psychologie expérimentale et comparée: Hommage à Paul Fraise* (pp. 95-98). Paris: Presses Universitaires de France.
- Broadbent, D.E. (1982). Task combination and the selective intake of information. *Acta Psychologica*, **50**, 253-290.
- Bundesen, C. (1987). Visual attention. Race models for selection from multielement displays. *Psychological Research*, **49**, 113-121.
- Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological Review*, **97**, 523-547.
- Bundesen, J.R. y Pedersen, I.F. (1983). Color segregation in visual search. *Perception & Psychophysics*, **33**, 487-493.
- Cave, K.R. y Kosslyn, S.M. (1989). Varieties of size-specific visual selection. *Journal of Experimental Psychology: General*, **118**, 148-164.
- Cave, K.R. y Pashler H. (1995). Visual selection mediated by location: Selecting successive visual objects. *Perception & Psychophysics*, **57**, 421-432.
- Cave, K.R. y Wolfe, J.M. (1990). Modeling the role of parallel processing in visual search. *Cognitive Psychology*, **22**, 225-271.
- Coles, M., Gratton, G., Bashore, T.R., Eriksen, C.W. y Donchin, E. (1985). A Psychophysiological investigation of the continuous flow model of human information processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **11**, 529-533.
- Colegate, R.L., Hoffman, J.E. y Eriksen, C.W. (1973). Selective encoding from multielement visual displays. *Perception & Psychophysics*, **14**, 217-224.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dark, V.J., Johnston, W.A., Myles-Worsley, M. y Farah, M.J. (1985). Levels of selection and capacity limits. *Journal of Experimental Psychology: General*, **114**, 472-497.
- Davis, E.T., Kramer, P. y Graham, N. (1983). Uncertainty about spatial frequency, spatial position, or contrast of visual patterns. *Perception & Psychophysics*, **33**, 20-28.
- Deutsch, J.A. y Deutsch, D. (1963). Attention: some Theoretical considerations. *Psychological Review*, **70**, 80-90.
- Deutsch, J.A. y Deutsch, D. (1967). Comments on "selective attention: Perception or response?" *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **19**, 362-363.
- Downing, C.J. (1988). Expectancy and visual-spatial attention: Effects on perceptual quality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **14**, 188-202.
- Downing, C.J. y Pinker, S. (1985). The spatial structure of visual attention. En M.I. Posner y O.S.M. Marin (Eds.), *Attention and performance XI* (pp. 171-187). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Driver, J. y Baylis, G.C. (1989). Movement and visual attention: The spotlight metaphor breaks down. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **15**, 448-456.
- Duncan, J. (1980). The locus of interference in the perception of simultaneous stimuli. *Psychological Review*, **87**, 272-300.
- Duncan, J. (1981). Directing attention in the visual field. *Perception & Psychophysics*, **30**, 90-93.
- Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, **113**, 501-517.
- Duncan, J. y Humphreys, G.W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, **96**, 433-458.
- Egeth, H.E. (1977). Attention and preattention. *The Psychology of Learning and Motivation*, **11**, 277-320.
- Engel, F.L. (1971). Visual conspicuity, directed attention, and retinal locus. *Vision Research*, **11**, 563-576.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Enroth-Cugell, C. y Robson, J.G. (1966). The contrast sensitivity of retinal ganglion cells of the cat. *Journal Physiology*, **187**, 517-552.
- 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. y Colegate, R.L. (1970). Selective attention and serial processing in briefly presented visual displays. *Perception & Psychophysics*, **10**, 321-326.
- Eriksen, C.W., Coles, M.G.H., Morris, L.R. y O'hara, W.P. (1985). An electromyographic examination of response competition. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **23**, 165-168.
- Eriksen, C.W. y Collins. J.F. (1969). Temporal course of selective attention. *Journal of Experimental Psychology*, **80**, 254-261.
- Eriksen, C.W. y Hoffman, J.E. (1972). Temporal and spatial characteristics of selective encoding from multielement displays. *Perception & Psychophysics*, **12**, 201-204.
- 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 Hoffman, J.E. (1974). Selective attention: Noise suppression or signal enhancement? *Bulletin of the Psychonomic Society*, **4**, 587-589.
- Eriksen, C.W. y Murphy T.D. (1987). Movement of attentional focus across the visual field: A critical look at the evidence. *Perception & Psychophysics*, **42**, 299-305.
- Eriksen, C.W. y Rohrbaugh, J.W. (1970). Some factors determining efficiency of selective attention. *American Journal of Psychology*, **83**, 330-342.
- Eriksen, C.W. y Schultz, D.W. (1979). Information processing in visual search: A continuous flow conception and experimental results. *Perception & Psychophysics*, **25**, 249-263.
- Eriksen, C.W. y Spencer, T. (1969). Rate of information processing in visual perception: Some results and methodological considerations. *Journal of Experimental Psychology: Monographs*, **79**, 1-16.
- 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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Eriksen, C.W. y Yeh, Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **11**, 583-597.
- Estes, W.K. y Wessel, D.L. (1966). Reaction time in relation to display size and correctness of response in forced-choice visual signal detection. *Perception & Psychophysics*, **1**, 369-373.
- Flowers, J.H. y Wilcox, N. (1982). The effect of flanking context on visual classification: The joint contribution of interactions at different processing levels. *Perception & Psychophysics*, **32**, 581-591.
- Folk, C.L. y Egeth, H.E. (1989). Does the identification of simple features require serial processing? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **15**, 97-110.
- Folk, C.L., Remington, R.W. y Johnston, J.C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **18**, 1034-1044.
- Friedman-Hill S. y Wolfe J.M. (1995). Second-order parallel Processing: Visual Search for the Odd Item in a Subset. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **21**, 531-551.
- Fryklund, J. (1975). Effect of cued-set spatial arrangement and target-background similarity in the partial-report paradigm. *Perception & Psychophysics*, **17**, 375-386.
- Gatti, S.V. y Egeth, H.E. (1978). Failure of spatial selectivity in vision. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **11**, 181-184.
- Hagenaar, R. y Van der Heijden, A.H.C (1986). Target-noise separation in visual selective attention. *Acta Psychologica*, **62**, 161-176.
- Handy, T.C., Kingstone, A. y Mangun, G.R. (1996). Spatial distribution of visual attention: Perceptual sensitivity and response latency. *Perception & Psychophysics*, **58**, 613-627.
- Harms, L. y Bundesen, C. (1983). Color segregation and selective attention in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, **33**, 11-19.
- Heinze, H.J., Luck, S.J., Münte F.T., Gös, A. y Hillyard S.A. (1994). Attention to adjacent and separate positions in space: An electrophysiological analysis. *Perception & Psychophysics*, **56**, 42-52.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hillstrom, A.P. y Yantis, S. (1994). Visual motion and attentional capture. *Perception & Psychophysics*, **55**, 399-411.
- Hoffman, J.E. (1978). Search through a sequentially presented visual display. *Perception & Psychophysics*, **23**, 1-11.
- Hoffman, J.E. (1979). A two-stage model of visual search. *Perception & Psychophysics*, **25**, 319-327.
- Hoffman, J.E. y Nelson, B. (1981). Spatial selectivity in visual search. *Perception & Psychophysics*, **30**, 283-290.
- Hoffman, J.E., Nelson, B. y Houck, M.R. (1983). The role of attentional resources in automatic detection. *Cognitive Psychology*, **15**, 379-410.
- Humphreys, G.W. (1981). Flexibility of attention between stimulus dimensions. *Perception & Psychophysics*, **30**, 291-392.
- Humphreys, G.W. y Bruce, V. (1989). *Visual cognition: Computational, experimental and neuropsychological perspectives*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- James W. (1890/1950). *The principles of psychology*. Dover Publications, Inc.
- Johnston, W.A. y Dark, V.J. (1982). In defense of intraperceptual theories of attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **8**, 407-421.
- Johnston, W.A. y Dark, V.J. (1986). Selective attention. *Annual Review of Psychology*, **37**, 43-75.
- Johnston, W.A. y Heinz, S.P. (1978). Flexibility and capacity demands of attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, **107**, 420-435.
- Jonides, J. (1981). Voluntary vs. automatic control over the mind's eye's movement. En J. Long y A. Baddeley (Eds.), *Attention and performance IX* (pp. 307-322). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Jonides, J. (1983). Further toward a model of the mind's eye's movement. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **21**, 247-250.
- Jonides J. y Yantis, S. (1988). Uniqueness of abrupt visual onset in capturing attention. *Perception & Psychophysics*, **43**, 346-354.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Julesz, B. (1986). Texton gradients: the texton theory revisited. *Biological Cybernetics*, **54**, 245-251.
- Kahneman, D. y Chajczyk, D. (1983). Tests of the automaticity of reading: Dilution of Stroop effects by color-irrelevant stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **9**, 497-509.
- Kahneman, D. y Henik, A. (1977). Effects of visual grouping on immediate recall and selective attention. En S. Dornic (Ed.), *Attention and performance VI* (pp. 307-322). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kahneman, D. y Henik, A. (1981). Perceptual organization and attention. En M. Kubovy y J.R. Pomerantz (Eds.), *Perceptual organization* (pp. 181-211), Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kahneman, D. y Treisman, A. (1984). Changing views of attention and automaticity. En R. Parasuraman y D.R. Davies (Eds.), *Varieties of attention* (pp. 29-61). New York: Academic Press.
- Kahneman, D., Treisman, A. y Gibbs, B.J. (1992). The reviewing of object files: Object-specific integration of information. *Cognitive Psychology*, **24**, 175-219.
- Kanwisher, N. y Driver, J. (1992). Objects, attributes, and visual attention: Which, what and where. *Current Directions in Psychological Science*, **1**, 26-31.
- Keele, S.W. (1973). *Attention and human performance*. Pacific Palisades, CA: Goodyear.
- Keren, G., O'hara, W.P. y Skelton, J. (1977). Levels of noise processing and attention control. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **3**, 653-664.
- Kinchla, R.A. (1974). Detecting target elements in multielement arrays: A confusability model. *Perception & Psychophysics*, **15**, 149-158.
- Klein, G.S. (1964). Semantic power measured through the interference of words with color-naming. *American Journal of Psychology*, **57**, 576-588.
- Klein, R. (1988). Inhibitory tagging system facilitates visual search. *Nature*, **334**, 430-431.
- Koch, C. y Ullman, S. (1985). Shifts in selective visual attention: Towards the underlying neural circuitry. *Human Neurobiology*, **4**, 219-227.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Kramer, A.F. y Jacobson, A. (1991). Perceptual organization and focused attention: The role of objects and proximity in visual processing. *Perception & Psychophysics*, **50**, 267-284.
- Kramer, A.F., Wickens, C.D. y Donchin, E. (1985). Processing of stimulus properties: Evidence for dual-task integrality. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **11**, 393-408.
- Kröse, B.J.A. (1987). Local structure analyzers as determinants of preattentive pattern discrimination. *Biological Cybernetics*, **55**, 289-298.
- Kröse, B.J.A. y Julesz B. (1989). The control and speed of shifts of attention. *Vision Research*, **11**, 1607-1619.
- Kwak, H.W. y Egeth, H.E. (1992). Consequences of allocating attention to locations and to other attributes. *Perception & Psychophysics*, **51**, 455-464.
- LaBerge, D. (1983). Spatial extent of attention to letters in words. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **9**, 371-379.
- LaBerge, D. y Brown, V. (1986). Variations in size of the visual field in which targets are presented: An attentional range effect. *Perception & Psychophysics*, **49**, 473-480.
- LaBerge, D. y Brown, V. (1989) Theory of attentional operations in shape identification. *Psychological Review*, **96**, 101-124.
- LaBerge, D. y Browstein, L.S. (1974). Control of visual processing by color coding. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **2**, 417-418.
- Lambert, A., Spencer, E. y Mohindra, N. (1987). Automaticity and the capture of attention by a peripheral display change. *Current Psychological Research & Reviews*, **6**, 136-147.
- Lappin, J.S. (1967). Attention in the identification of stimuli in complex displays. *Journal of Experimental Psychology*, **75**, 321-328.
- Larsen, A. y Bundesen, C. (1978). Size scaling in visual pattern recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **4**, 1-20.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for Selective Attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **21**, 451-468.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Lavie, N. y Tsal, Y. (1994). Perceptual load as a major determinant of the locus of selection in visual attention. *Perception & Psychophysics*, **56**, 183-197.
- Law, M.B., Pratt, J. y Abrams, R.A. (1995). Color-based inhibition of return. *Perception & Psychophysics*, **57**, 402-408.
- Livingstone, M. y Hubel, D. (1988). Segregation of form, color, movement and depth: anatomy, physiology, and perception. *Science*, **240**, 740-749.
- Lowe, D.G. (1985). Further investigations of inhibitory mechanisms in attention. *Memory & Cognition*, **13**, 74-80.
- Masland, R.H. (1987). Arquitectura funcional de la retina. *Investigación y Ciencia*, **125**, 56-67.
- Maylor, E.A. y Hockey, R. (1985). Inhibitory components of externally controlled covert orienting in visual space. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **11**, 777-787.
- Maylor, E.A. y Hockey, R. (1987). Effects of repetition on the facilitatory and inhibitory components of orienting in visual space. *Neuropsychologia*, **25**, 41-54.
- Miller, J. (1982). Divided attention: evidence for coactivation with redundant signals. *Cognitive Psychology*, **14**, 247-279.
- Miller, J. (1987). Priming is not necessary for selective attention failures: Semantic effects of unattended, unprimed letters. *Perception & Psychophysics*, **41**, 419-434.
- Miller, J. (1991). The flanker compatibility effect as a function of visual angle, attentional focus, visual transients, and perceptual load: A search for boundary conditions. *Perception & Psychophysics*, **49**, 270-288.
- Müller, H.J. y Rabbit, P.M.A. (1989). Reflexive and voluntary orienting of visual attention: Time course of activation and resistance to interruption. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **15**, 315-330.
- Murphy, T.D. y Eriksen, C.W. (1987). Temporal changes in the distribution of attention in the visual field in response to precues. *Perception & Psychophysics*, **42**, 576-586.
- Nakayama, K. y Silverman, G.H. (1986). Serial and parallel processing of visual feature conjunctions. *Nature*, **320**, 264-265.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Navon, D. (1977). Forest before tress: the precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, **9**, 353-383.
- Navon, D. (1981). The forest revisited: more on global precedence. *Psychological Research*, **43**, 1-32.
- Navon, D. (1990). Does attention serve to integrate features? *Psychological Review*, **97**, 453-459.
- Neely, J.H. (1977). Semantic priming and retrieval from lexical memory: Role of inhibitionless spreading activation and limited-capacity attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, **106**, 226-254.
- Neill, W.T. (1977). Inhibitory and facilitatory processes in selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **3**, 444-450.
- Neill, W.T. y Westberry, R.L. (1987). Selective attention and the suppression of cognitive noise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, **13**, 327-334.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Neumann, O. (1984). Automatic processing: A review of recent findings and a plea for an old theory. En W. Prinz y A.F. Sanders (Eds.) *Cognition and motor processes* (pp. 255-290), *Attention and Performance XI* (pp. 205-219). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Nissen, M.J. (1985). Accessing features and objects: is location special?. En M.I. Posner y D.S. Marin (Eds.) *Attention and Performance XI* (pp. 205-219). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Norman, D.A. (1968). Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, **75**, 522-536.
- Palmer, J., Ames, C.T. y Lindsey, D.T. (1993). Measuring the Effect of Attention on Simple Visual Search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **19**, 108-130.
- 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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Paquet, L. y Lortie, C. (1990). Evidence for early selection: Precuing target location reduces interference from same-category distractors. *Perception & Psychophysics*, **48**, 382-388.
- Pashler, H. (1984). Evidence against late selection: Stimulus quality effects in previewed displays. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **10**, 429-448.
- Pashler, H. y Badgio, P.C. (1985). Visual attention and stimulus identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **11**, 105-121.
- Payne, W.H. (1967). Visual reaction times on a circle about the fovea. *Science*, New York, **155**, 481-482.
- Perry, V.H. y Cowey, A. (1985). The ganglion cell and cone distribution in the monkey retina: Implications for central magnification factors. *Vision Research*, **25**, 1795-1810.
- Pins, D. y Bonnet, C. (1996). On the relation between stimulus intensity and processing time: Piéron's law and choice reaction time. *Perception and Psychophysics*, **58**, 390-400.
- Piéron, H. (1914). Recherches sur les lois de variation des temps de latence sensorielle en fonction des intensités excitatrices. *L'Année Psychologique*, **20**, 17-91.
- Piéron, H. (1920). Nouvelles recherches sur l'analyse du temps de latence sensorielle en fonction des intensités excitatrices. *L'Année Psychologique*, **20**, 17-91.
- Piéron, H. (1952). *The sensations*. New Haven. Ct: Yale University Press.
- Podgorny, R. y Shepard, R.N. (1983). Distribution of visual attention over space. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **9**, 380-393.
- Poggio, T. y Koch, (1987). Sinapsis que computan el movimiento. *Investigación y Ciencia*, **130**, 28-39.
- Pomerantz, J.R. y Pristach, E.A. (1989). Emergent features, attention, and perceptual glue in visual form perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **4**, 639-649.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Posner, M.I. (1978). *Chronometric Explorations of mind*. Oxford University Press.
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **32**, 3-26.
- Posner, M.I. (1982). Cumulative development of attention theory. *American Psychologist*, **37**, 168-179.
- Posner, M. y Cohen, Y. (1984). Components of visual orientating. En H. Bouma y D.G. Bouwhuis (Eds.), *Attention and Performance X* (pp. 531-556). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, M.I., Nissen, M.J. y Ogden, W.C. (1978). Attended and unattended processing modes: The role of set for spatial locations. En H.L. Pick y E.J. Saltzman (Eds.), *Modes of perceiving and processing information* (pp. 137-157). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, M.I. y Snyder, C.R.R. (1975). Facilitation and inhibition in the processing signals. En P.M.A. Rabbit y S. Dornic (Eds.), *Attention and performance V* (pp. 663-682). London: Academic Press.
- Posner, M.I. Snyder, C.R.R. y Davidson, B.J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology*, **2**, 160-174.
- Prinzmetal, W. (1981). Principles of feature integration in visual perception. *Perception & Psychophysics*, **30**, 330-340.
- Prinzmetal, W. y Banks, W.P. (1983). Perceptual capacity limits in visual detection and search. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **21**, 263-266.
- Remington, R. y Pierce, L. (1984). Moving attention: Evidence for time-invariant shifts of visual selective attention. *Perception & Psychophysics*, **35**, 393-399.
- Rock, I., Linnett, C.M. y Grant P (1992). Perception without attention: Results of a new method. *Cognitive Psychology*, **24**, 502-534.
- Sagi, D. y Julesz, B. (1985). Fast noninitial shifts of attention. *Spatial Vision*, **1**, 141-149.
- Schanapf, J.L. y Baylor, D.A. (1987). How photoreceptor cells respond to light. *Scientific American*, **256**, 40-47.
- Shiffrin, R.M. y Gardner, G.T. (1972). Visual processing capacity and attentional control. *Journal of Experimental Psychology*, **93**, 72-82.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Shiffrin, R.M. y Geisler, W.S. (1973). Visual recognition in a theory of information processing. En R. Solso (Ed.), *The Loyola Symposium: Contemporary issues in cognitive psychology*. Washington, DC: Halsted Press.
- 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.
- Shulman, G.L., Remington, R.W. y McLean, J.P. (1979). Moving attention through visual space. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **5**, 522-526.
- Snyder, C.R.R. (1972). Selection, inspection, and naming in visual search. *Journal of Experimental Psychology*, **92**, 428-431.
- Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs: General and Applied*, **74**, 1-29.
- Theeuwes, J. (1991). Cross-dimensional perceptual selectivity. *Perception & Psychophysics*, **50**, 184-189.
- Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception & Psychophysics*, **51**, 599-606.
- Theeuwes, J. (1994). Stimulus-driven capture and attentional set: Selective Search for Color and Visual Abrupt Onsets. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **20**, 799-806.
- Theeuwes, J. (1995). Abrupt luminance change pops out; abrupt color change does not. *Perception & Psychophysics*, **57**, 637-644.
- Tipper, S.P. (1985). The negative priming effect: inhibitory Priming by ignored objects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **37A**, 571-590.
- Tipper, S.P. y Cranston, M. (1985). Selective attention and priming: Inhibitory and facilitatory effects of ignored primes. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **37A**, 591-611.
- Tipper, S.P., MacQueen, G.M. y Brehaut, J.C. (1988). Negative priming between response modalities: Evidence for the central locus of inhibition in selective attention. *Perception & Psychophysics*, **43**, 45-52.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Tipper, S., Driver, J. y Weaver, B. (1991). Object-centred inhibition of return of visual attention. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **43A**, 289-298.
- Tipper, S., Weaver, B., Jerreat, L.M. y Burak, A.L.(1994). Object-based and environment-based inhibition of return of visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **20**, 478-499.
- Todd, J.T. y Van Gelder, P. (1979). Implications of a sustained-transient dichotomy for the measurement of human performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **5**, 625-638.
- Todd, S. y Kramer A.F.(1994). Attentional misguidance in visual search. *Perception & Psychophysics*, **56**, 198-210.
- Treisman, A.M. (1964a). Verbal cues, language, and meaning in selective attention. *American Journal of Psychology*, **77**, 206-219.
- Treisman, A.M. (1964b). The effect of irrelevant material on the efficiency of selective listening. *American Journal of Psychology*, **77**, 533-546.
- Treisman, A.M. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological Review*, **76**, 282-299.
- Treisman, A.M. (1995). Modularity and attention: is the binding problem real?. En C. Bundesen y H. Shibuya (Eds.), *Visual selective attention* (pp. 303-311). Hove/Hillsdale: Erlbaum.
- Treisman, A.M. y Geffen, G. (1967). Selective attention: perception or response?. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **19**, 1-17.
- Treisman, A.M. y Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, **12**, 97-136.
- Treisman, A.M. y Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, **95**, 15-48.
- Treisman, A.M., Kahneman, D. y Burkell, J. (1983). Perceptual objects and the cost of filtering. *Perception & Psychophysics*, **33**, 527-532.
- Treisman, A.M. y Sato, S. (1990). Conjunction search revisited. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **16**, 495-478.
- Tsal, Y. (1983a). On interpreting the effects of location preknowledge: A critique of Duncan. *Perception & Psychophysics*, **34**, 297-298.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Tsal, Y. (1983b). Movement of attention across the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **9**, 523-530.
- Tsal, Y. y Lavie, N. (1988). Attending to color and shape: the special role of location in selective visual processing. *Perception & Psychophysics*, **44**, 15-21.
- Tsal, Y. y Lavie, N. (1993). Location dominance in attending to color and shape. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **19**, 131-139.
- Tsal, Y., Meiran, N. y Lamy, D. (1995). Towards a resolution theory of visual attention. En C. Bundesen y H. Shibuya (Eds.), *Visual selective attention* (pp. 313-330). Hove/Hillsdale: Erlbaum.
- Ullman, S. (1984). Visual routines. *Cognition*, **18**, 97-159.
- Van der Heijden, A.H.C. (1992). *Selective attention in vision*. London/New York: Routledge.
- Van der Heijden, A.H.C. (1995). Modularity and attention. En C. Bundesen y H. Shibuya (Eds.), *Visual selective attention* (pp. 269-302). Hove/Hillsdale: Erlbaum.
- Van der Heijden, A.H.C., Heij, W. y Boer, J.P.A. (1983). Parallel processing of redundant targets in simple visual search tasks. *Psychological Research*, **45**, 235-254.
- Van der Heijden, A.H.C., Schreuder, R. y Wolters, G. (1985). Enhancing single-item recognition accuracy by cueing spatial locations in vision. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **37A**, 427-434.
- Van der Heijden, A.H.C., Wolters, G. y Enkeling, M. (1988). The effects of advance location cueing on latencies in a single-letter recognition task. *Psychological Research*, **50**, 94-102.
- Von Wright, J.M. (1968). Selection in visual immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **20**, 62-68.
- Von Wright, J.M. (1970). On selection in visual immediate memory. *Acta Psychologica*, **33**, 280-292.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Walraven, J., Enroth-Cugell, C., Hood, D.C., Macleod D.I.A. y Schnaph, J.L.(1990). The control of visual sensitivity. En L. Spillmann y J.S. Werner (Eds.). *Visual perception. The neurophysiological foundations* (pp. 53-101). London: Academic Press.
- Wolfe, M.W., Cave, K.R. y Franzel, S.L. (1989). Guided search: An alternative to the feature integration model of visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **15**, 419-433.
- Wolfe, J.M. y Pokorny, C.W. (1990). Inhibitory tagging in visual search: A failure to replicate. *Perception & Psychophysics*, **48**, 352-362.
- Yantis, S. y Hillstrom, A.P.(1994). Stimulus-Driven attention Capture: Evidence From Equiluminant Visual Objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & 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 & Performance*, **16**, 135-149.
- Yantis, S. y Jones, E. (1991). Mechanisms of attentional selection: Temporally modulated priority tags. *Perception & Psychophysics*, **50**, 166-178.
- Yantis, S. y Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective visual attention: Evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & 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 & Performance*, **16**, 601-621.
- Yntema, D.B. (1963). Keeping track of several things at once. *Human Factors*, **5**, 7-17.
- Zeki, S. (1978). Functional specialization in the visual cortex of the rhesus monkey. *Nature*, **274**, 423-428.
- Zeki, S. (1992). The visual image in mind and brain. *Scientific American*, **267**, 42-50.
- Zeki, S. (1995). *Una visión del cerebro*. Ariel.
- Zeki, S. y Shipp, S. (1988). The functional logic of cortical connections. *Nature*, **335**, 311-317.