

Atención visual: Una revisión sobre las redes atencionales del cerebro

José M^a Colmenero*, Andrés Catena** y Luis J. Fuentes***

* Universidad de Jaén

** Universidad de Granada

*** Universidad de Almería

Resumen: El concepto de atención ha variado enormemente a lo largo del tiempo, considerándose desde un mecanismo selector de información (filtro) hasta un conjunto limitado de recursos de procesamiento asignados a las distintas tareas. Sin embargo, durante los últimos años han surgido una serie de trabajos que han llevado a integrar muchos de los aspectos asociados tradicionalmente al término atención. Una de las características más importantes de la aproximación resultante de estos trabajos es considerar la atención como un conjunto de redes de áreas neurales que llevan a cabo operaciones específicas de procesamiento de información. Estas redes serían la red atencional anterior, relacionada especialmente con la detección/selección de objetivos, la red atencional posterior, implicada en la orientación atencional a objetos, posiciones espaciales y/o contenidos de memoria y la red atencional de vigilancia, responsable de nuestra disponibilidad para el procesamiento de la información.

Palabras clave: Atención, redes atencionales, procesamiento de información.

Title: Visual attention: A review about attentional networks of the brain.

Abstract: The concept of attention has vastly changed along last decades. Attention has been considered an information selective mechanism (a filter) as well as a pool of limited resources of processing that are assigned to different tasks. However, during last years there has been an integration of the many aspects traditionally related to attention. One of the most important characteristics in this integrative approach is the consideration of attention as a non-unitary system. This approach assumes that attention is a network of systems or neural areas that carry out the control of information processing. These nets are the anterior, the posterior and the vigilance. The anterior or executive network is related to the control of the detection and the selection of objectives and goals. The posterior system is involved in the orientation of attention to objects, to space locations, and/or to memory. The vigilance net is responsible for our readiness for the information processing.

Key words: Attention, attentional networks, information processing.

1. Introducción

A lo largo del tiempo la atención se ha asociado con muchos aspectos diferentes (selectividad, alerta, orientación, control, consciencia, etc.) y/o se ha enfatizado diferencialmente su relación con estos aspectos (Tudela, 1992). Así, la evolución del concepto de atención puede contemplarse como la acumulación de características o aspectos "atencionales". Por ejemplo, James (1890) enfatizó la función selectiva de la atención, consistente en controlar el acceso a la consciencia de sólo aquel estímulo que ha sido atendido. Esta idea se encuentra también con

mayor o menor claridad en autores del siglo XIX como Wundt, quien diferenció entre el foco y el campo de la consciencia, constituyendo el foco la información apercebida, esto es, la atendida. No es raro, por tanto, que cuando la atención retorna con fuerza a la Psicología tras el paréntesis conductista, durante los primeros años de la década de 1950, su función selectiva sea la que ocupe el interés de los investigadores (véase Broadbent, 1958). De esta forma, se propone que la atención es necesaria debido a que el procesamiento de información es realizado por un mecanismo de capacidad limitada (Allport, 1989). Este mecanismo se colapsaría si la información accediese simultáneamente. La atención funcionaría como un filtro que deja pasar sólo un elemento cada vez (Broadbent, 1958). De acuerdo con este planteamiento teórico, la atención tiene un claro carácter pasivo.

* **Dirección para correspondencia:** Jose M^a Colmenero. Dpto. de Psicología Paraje Las Lagunillas, s/n; Edificio D-2; 23071 Jaén (España).
E-mail: Jjimenez@ujaen.es

Asimismo, precisa que se establezca la ubicación del filtro en el sistema de procesamiento, la cual va a depender de la limitación que se asuma. Por ejemplo, si se supone que la limitación es central, el filtro actuaría tempranamente (Broadbent, 1958; véanse también Duncan, 1980; Kahneman, 1973; Neisser, 1967; Norman y Bobrow, 1975; Posner, 1978, 1982; Shiffrin y Schneider, 1977; Treisman, 1969 o Wickens, 1984). Por otra parte, si se asume que la limitación es periférica, el filtro puede ubicarse en un nivel tardío, una vez que se ha realizado el procesamiento completo del estímulo (Deutsch y Deutsch, 1963; Keele y Neill, 1978; Marcel, 1983; Posner, 1978; 1982 o Tipper, 1985).

Puesto que la importancia del aspecto selectivo descansa sobre la idea de limitación, parece lógico preguntarse si esa limitación es o no real, lo que nos lleva a preguntarnos acerca de otro aspecto, la capacidad atencional (Kahneman, 1973). Ahora la cuestión es ¿cuántas tareas podemos realizar simultáneamente? La respuesta es problemática, pues existen muchas situaciones en las que podemos realizar dos o más tareas conjuntamente a un nivel casi idéntico al mostrado cuando se realizan por separado (véase, por ejemplo, Hirst, Spelke, Reaves, Chaharack y Neisser, 1980). Sin embargo, interpretar este tipo de resultado no resulta fácil. A este respecto, Shiffrin y Schneider (1977) diferenciaron entre procesamiento automático y controlado. El procesamiento automático se caracteriza porque "no requiere control activo o atención por parte del sujeto" y "puede realizarse concurrentemente sin interferencia -sin limitaciones de capacidad". Por otro lado, el procesamiento controlado, o no automático, es de capacidad limitada, generalmente serial y sufre interferencia cuando tiene lugar concurrentemente. Sin embargo, esta dicotomía automático-controlado no explica adecuadamente los costes observados al realizar conjuntamente numerosas combinaciones de tareas, lo cual hizo que esta perspectiva se abandonase, al menos en términos prácticos. De cualquier forma, esta postura teórica fue importante porque hizo que el énfasis se cambiase a cuestiones como la preparación para la tarea o el con-

trol atencional, abordadas en los trabajos de Logan (1978), Posner (1978) y Shiffrin y Schneider (1977) entre otros, y que se comenzase a dejar de hablar de limitaciones en los sistemas de procesamiento de información.

La principal alternativa teórica a determinar los diferentes aspectos de la atención consiste en considerarla no como un sistema unitario, sino como un sistema complejo que actúa controlando el procesamiento en prácticamente todos los niveles, desde la entrada estimular hasta la salida motora. Las características de esta aproximación se ponen de manifiesto principalmente en el ámbito de la atención visual, el que más esfuerzo investigador ha recibido, aunque estas características se hacen extensibles al conjunto de la problemática atencional. Dentro de esta perspectiva nos centraremos aquí en los trabajos realizados y/o derivados de la postura teórica de M. I. Posner y sus colaboradores. Una de las características más relevantes de la aproximación de este autor es que los planteamientos establecidos sobre la función y la anatomía del mecanismo atencional están muy relacionados con los datos aportados por las distintas técnicas de examen cerebral (por ejemplo, la tomografía computerizada y el P.E.T.) y por los estudios de carácter neuropsicológico.

En este trabajo abordaremos en primer lugar los aspectos más importantes relativos a la naturaleza del mecanismo atencional según la perspectiva de Posner. Seguidamente, estableceremos las principales relaciones entre este mecanismo atencional y otros aspectos relevantes, como el desarrollo evolutivo o la psicopatología. Para terminar, expondremos una serie de puntualizaciones acerca de las implicaciones y relevancia de esta alternativa teórica pues, desde nuestro punto de vista, es una de las aproximaciones que mejor explica los diferentes aspectos asociados tradicionalmente a la atención.

2. El mecanismo atencional

La atención puede definirse como un mecanismo central de control del procesamiento de información, que actúa de acuerdo con los objetivos del organismo activando e inhibiendo procesos, y que puede orientarse hacia los sentidos, las estructuras de conocimiento en memoria y los sistemas de respuesta. Además, se admite la posibilidad de que este mecanismo muestre características estructurales diferentes cuando actúa sobre los sentidos, las estructuras de conocimiento en memoria o los sistemas de respuesta (Posner y Dehaene, 1994; Tudela, 1992). Antes de abordar con más detalle la naturaleza de este mecanismo es importante especificar una serie de aspectos.

La primera implicación importante de esta definición es que el sistema atencional es un sistema complejo, no unitario, cuyas partes se concretan anatómicamente en un conjunto de redes de áreas específicas. Los componentes de cada una de estas redes realizan una serie de operaciones concretas que están especificadas claramente (Posner, Petersen, Fox y Raichle, 1988). Otra implicación importante de la definición anterior es que el sistema atencional es distinto anatómicamente de las áreas que llevan a cabo el procesamiento pasivo de la información. Es decir, se distingue entre la fuente de la atención (las áreas anatómicas relacionadas específicamente con la atención) y aquellas áreas sobre las que influye, es decir, en las que tienen lugar los cálculos implicados en una tarea. La intervención atencional tiene una serie de efectos a diferentes niveles que, en general, consisten en organizar el procesamiento de la información. A nivel celular, estos efectos se reflejan en cambios de la actividad neuronal correspondiente al estímulo atendido con respecto al no atendido (véase, Colby, 1991 o Moran y Desimone, 1985). En la modalidad visual se han observado estos efectos en varias partes de la vía dorsal y la vía ventral (Ungerleider y Mishkin, 1982), aunque en ésta última parece necesario que exista competencia estimular (Desimone, Wessinger, Thomas y Schneider, 1990; Motter, 1993). Los efectos en la vía ventral se

observan en las áreas V2 y V4, y parecen consistir en un filtraje basado en la supresión de la respuesta neuronal a los distractores (véase Chelazzi, Miller, Duncan y Desimone, 1993) y en un aumento posterior de la respuesta neuronal correspondiente a la información relevante, aunque sólo en aquellas estructuras encargadas del procesamiento de la dimensión estimular pertinente para la tarea como, por ejemplo, el color (véase, Moran y Desimone, 1985). Por tanto, la atención parece poder acceder al área V4, posiblemente a través del núcleo pulvinar del tálamo, conectado anatómicamente tanto al sistema parietal como a V4 (Posner, 1996). En cualquier caso, parece indudable la existencia de una influencia arriba-abajo cuyo efecto es sesgar el procesamiento en beneficio del estímulo que ocupa la localización espacial atendida (Luck *et al.*, 1997).

De acuerdo con Posner, la atención se materializa en tres redes de áreas, las denominadas red posterior, anterior y de vigilancia. Aunque estas redes no son excluyentes mutuamente ni abarcan todos los aspectos de la atención, constituyen un buen punto de partida para revisar lo que se conoce actualmente acerca de los mecanismos atencionales del cerebro humano (Posner y Rothbart, 1991). La red atencional posterior, conectada anatómicamente con las otras dos redes atencionales, está formada por parte de la corteza parietal, por ciertas áreas talámicas (el núcleo pulvinar y núcleos reticulares) y partes de los colículos superiores del cerebro medio (Posner y Petersen, 1990). Aunque existen redes similares relacionadas con otras modalidades sensoriales (Posner, 1990), la mayor parte de los datos existentes hacen referencia a la atención visual.

Por su parte, la red atencional anterior está formada anatómicamente por áreas de la corteza prefrontal medial, incluyendo la parte anterior del giro cingular, los ganglios basales y el área motora suplementaria superior. Probablemente, los datos más importantes a favor de esta red atencional son los procedentes del estudio de la actividad cerebral durante la detección de estímulos objetivo. Las redes atencionales posterior y anterior están relacionadas anatómi-

camente, como muestran los estudios realizados con primates (Goldman-Rakic, 1988), y funcionalmente, como sugiere el hecho de que podamos dirigir la atención basándonos en estrategias o criterios cognitivos de alto nivel. No obstante, estas dos redes también pueden actuar de manera bastante independiente (véase Posner, Sandson, Dhawan y Shulman, 1989). En general, parece que el grado de independencia entre ambas redes está relacionado con la cantidad de actividad mental que hay que mantener activa para realizar la tarea primaria (Posner, 1988).

Por último, la red atencional de vigilancia está formada por las proyecciones norepinefrinérgicas a la corteza cerebral procedentes del locus coeruleus. Así, la actividad de esta red aumenta notablemente, sobre todo en el lóbulo frontal derecho, cuando se pide a los sujetos que mantengan el estado de alerta durante el período previo a su respuesta en una prueba de tiempo de reacción o cuando deben atender a alguna fuente de señales para detectar la aparición poco frecuente de un estímulo (véase Posner y Petersen, 1990 para una revisión de esta literatura).

2.1. La red atencional anterior

La porción anterior del giro cingular constituyente de la red atencional anterior está implicada en numerosas actividades que requieren la selección de objetivos entre estímulos competidores (Vogt, Finch y Olson, 1992). De aquí que se haya relacionado la función del cíngulo anterior con la experiencia de focalización en el objetivo y que esta red atencional también se conozca como red ejecutiva (Posner y Raichle, 1994). De acuerdo con Posner (1996), el término "ejecutivo" sugiere dos importantes funciones generales:

a) Un sistema ejecutivo es informado sobre los procesos que están teniendo lugar en la organización. Por tanto, el sistema relacionado con nuestra experiencia subjetiva de atención focalizada debería ser capaz de ejercer esta función con respecto a un subconjunto de la

información presente actualmente, ya sea sensorial o almacenada (memoria).

b) La segunda función de un ejecutivo es ejercer cierto control sobre el sistema. Varios estudios han mostrado que el cíngulo anterior está conectado anatómicamente tanto con el área parietal posterior como con las áreas anteriores que se activan durante las tareas que implican al lenguaje (véase, por ejemplo, Goldman-Rakic, 1988). De acuerdo con numerosos estudios, el mantenimiento activo de una representación de la información relevante parece depender de la actividad de ciertas áreas de la corteza prefrontal lateral (véase Funahashi, Chaffe, Goldman-Rakic, 1993; Jonides, Smith, Koeppe, Awh, Minoshima y Mintun 1993; Paulsen, Frith y Frackowiak, 1993 o Wilson, Scallidhe y Goldman-Rakic, 1993). Estos hallazgos son importantes porque la memoria de trabajo suele considerarse como una activación de eventos pasados y un sistema ejecutivo implicado en el mantenimiento y transformación de estas representaciones (Baddeley, 1990).

Posner y Rothbart (1991) han resumido los resultados que apoyan la función del giro cingular anterior en esta red atencional y su relación con la impresión fenomenológica de consciencia:

a) Los resultados de estudios con P.E.T. ponen de manifiesto que, en tareas de control semántico, la activación de la red anterior covaría directamente con el número de objetivos e inversamente con la práctica. Este resultado coincide con los de aquellos estudios cognitivos que sugieren la participación de la atención consciente en la detección de estímulos objetivo, especialmente con bajos niveles de práctica, y que muestran cómo el aumento de la práctica disminuye la impresión de esfuerzo y de atención sostenida, a la vez que dejan de estar presentes conscientemente los detalles relativos al modo de ejecutar la tarea (véase, por ejemplo, Fitts y Posner, 1967).

b) La red atencional anterior parece estar activa durante tareas que requieren detectar estímulos visuales que han de ser discriminados a partir de su color, forma, movimiento o signifi-

cado (Corbetta, Miezin, Dobmeyer, Shulman y Petersen, 1990).

c) La red atencional anterior se activa cuando se escuchan pasivamente palabras pero no cuando sólo se miran. Este hallazgo parece corresponderse con la experiencia subjetiva de que el sonido de las palabras parece irrumpir inevitablemente en nuestra consciencia cuando se presentan en un ambiente silencioso. La lectura no parece tener este carácter tan intrusivo, ya que para que una palabra escrita domine nuestra experiencia consciente es preciso que la atendamos.

d) La red atencional anterior está más activa durante los bloques conflictivos de la tarea de Stroop que durante los bloques no conflictivos (Pardo, Pardo, Janer y Raichle, 1990). Este dato es consistente con la idea de que el conflicto entre el nombre de la palabra y el color de la tinta producen un esfuerzo consciente notable para inhibir la pronunciación de la palabra escrita (Posner, 1978).

2.2. La red atencional de vigilancia

El mantenimiento del estado de alerta, estrechamente dependiente del sistema reticular ascendente (Donchin, 1984; Moruzzi y Magoun, 1947), es otro de los aspectos asociados al concepto de atención (Posner y Boies, 1971). Los psicólogos cognitivos han estudiado la dinámica del estado de alerta empleando tareas aburridas de larga duración en las que el sujeto debe detectar un estímulo que aparece esporádicamente o mediante tareas en las que se emplean señales de aviso (Parasuraman y Davies, 1984). En ambos tipos de tareas se ha visto que el estímulo objetivo se detecta más rápidamente cuando el estado de alerta del sujeto es elevado, aunque ello también hace que se produzcan más respuestas anticipatorias y mayor número de errores (Posner, 1978).

La red atencional de vigilancia parece tener una organización asimétrica, pues las lesiones del área frontal derecha afectan al mantenimiento del estado de alerta en mayor medida que las del lóbulo frontal izquierdo (Posner y Petersen, 1990). Asimismo, se ha hallado que el

flujo sanguíneo aumenta principalmente en el lóbulo frontal derecho y en el lóbulo parietal durante la atención sostenida (Pardo, Pardo, Janer y Raichle, 1990). La norepinefrina (NE) parece ser el neurotransmisor implicado más directamente en el mantenimiento del estado de alerta, puesto que cuando su acción se bloquea administrando clonidina o guanfacina, disminuye la capacidad del sujeto para mantener el estado de alerta (Witte, Gordon-Lickey y Marrocco, 1992). La vía de la NE parte del cerebro medio, pero parece que su distribución cortical se debe fundamentalmente al lóbulo frontal derecho (Posner y Petersen, 1990)¹.

Los resultados obtenidos por Whitehead (1991) también ponen de manifiesto la naturaleza asimétrica de los efectos del estado de alerta en personas normales y la relación de la red atencional de vigilancia con la red atencional posterior. Este autor pedía a sus sujetos experimentales que detectasen un estímulo objetivo precedido entre 3 y 30 segundos por una señal de aviso. Los resultados mostraron que con demoras señal-objetivo superiores a 12 seg., los sujetos detectaban el estímulo más rápidamente cuando se presentaba en el campo visual izquierdo. Sin embargo, cuando la demora del objetivo estaba en torno a 3 segundos, las respuestas de los sujetos eran más rápidas cuando el estímulo se presentaba en el campo visual derecho. Este autor consideró que esta interacción está relacionada con la capacidad de los sujetos para mantener el estado de alerta, pues esta interacción desaparecía cuando se presentaba junto al estímulo objetivo un estímulo auditivo no informativo que aumentaba la alerta fásica. De acuerdo con este autor, el mantenimiento del estado de alerta se debe a la activa-

¹ A primera vista, puede parecer extraño que una función tan básica y simple como el mantenimiento de la alerta esté lateralizada asimétricamente en el hemisferio derecho. Rothbart, Posner y Boylan (1990) mantienen que esta lateralización puede reflejar la estrecha implicación de la regularización cardíaca en el estado de alerta (citado en Posner y Rothbart, 1991). Por esta razón, el estado de la tasa cardíaca y de otras funciones dependientes del sistema nervioso autónomo suelen ser un índice del estado atencional.

ción del hemisferio derecho, la cual afecta a la red atencional posterior de este hemisferio a través de las inervaciones procedentes del locus coeruleus (véase también Posner, 1993). Esta idea es acorde con el hecho de que las principales entradas de NE del locus coeruleus son el área parietal, el núcleo pulvinar del tálamo y los colículos, es decir, las áreas que forman la red atencional posterior (Morrison y Foote, 1986).

Los estudios neuropsicológicos también apoyan la idea de que las redes atencionales posterior y de vigilancia interaccionan. Durante mucho tiempo se ha sabido que el neglect, un fallo para orientar la atención al campo visual contralateral al lado de la lesión, es más prevalente cuando se lesiona el hemisferio derecho que cuando el daño se produce en el hemisferio izquierdo. Asimismo, la anosognosia (una incapacidad del sujeto para percatarse de sus problemas para orientar la atención) es más frecuente cuando se lesiona el área parietal derecha que si la lesión se produce en el lóbulo parietal izquierdo. Por su parte, Posner, Inhoff, Friedrich y Cohen (1987) hallaron que cuando la señal informativa (que también actúa como una señal de alerta) se omite en algunos ensayos de la tarea de cambio atencional, tanto los sujetos normales como los pacientes con lesiones parietales responden más lentamente, sobre todo los pacientes con daños en el lóbulo parietal derecho (véase también Ladavas, del Pesce y Provinciali, 1989).

Los resultados de Clark, Geffen y Geffen (1989) también apoyan la relación entre las redes atencionales posterior y de vigilancia. Estos autores hallaron que la administración de clonidina para bloquear las vías de la NE elimina los costes que presentan los pacientes que sufren lesiones en el área parietal para orientar la atención a su lado intacto cuando el objetivo se presenta en el lado opuesto. Esta reducción de los costes constituye una desventaja adaptativa, pues los costes hallados en una tarea de cambio atencional indican el grado en que el sujeto restringe su atención al lugar del objetivo (en la vida cotidiana, este tipo de resultado se interpretaría como un grado anormal de distracción). En la misma línea, otras situaciones

en las que el nivel de NE es reducido, por ejemplo durante el sueño REM, también parecen traducirse en un funcionamiento anormal de la orientación atencional (véase Hobson, 1990). Estos dos resultados no están relacionados muy específicamente con la NE, pero muestran que cualquiera que sea el neurotransmisor implicado, opera de un modo concreto y bastante diferente al del sistema parietal al que modula.

La red atencional de vigilancia también está relacionada con la red atencional anterior. Cohen, Semple, Gross, Holcomb, Dowling y Nordahl (1988) hallaron un incremento notable de la actividad de un área situada en la parte medial-lateral de la corteza frontal derecha y un descenso de la activación del cíngulo anterior mientras los sujetos realizaban diversas tareas de vigilancia auditiva. Este hallazgo es bastante razonable, puesto que si el cíngulo anterior está relacionado con la detección de objetivos, es importante evitar que interfieran elementos estímulos externos cuando es necesario detectar correctamente una señal con baja probabilidad de aparición. Subjetivamente, esta situación se podría describir como tener la "mente despejada", es decir, se intenta evitar que cualquier estímulo o idea intrusiva perjudique la detección de una señal. Objetivamente, este estado de interrupción cognitiva incrementa la capacidad para retener información en la memoria a corto plazo (Reitman, 1971) y produce un importante efecto inhibitorio, no sólo de la actividad cortical, sino también de la actividad autonómica controlada por el sistema nervioso simpático (Kahneman, 1973).

2.3. La red atencional posterior

Esta red está relacionada con la orientación viso-espacial de la atención, por lo que también se le ha llamado red de orientación (Posner, 1996). El término orientación hace referencia al alineamiento manifiesto (de los órganos sensoriales) o encubierto (de la atención) con una fuente de información sensorial o con un contenido de la memoria (Posner, 1980). La orientación puede ser provocada por un estímulo

(exógena) o deberse a un plan interno de búsqueda generado por el individuo (endógena). La orientación es distinta de la detección, pues ésta tiene lugar sólo cuando el estímulo ha producido en el sistema nervioso un nivel de activación suficiente como para que el sujeto pueda informar de su presencia realizando alguna respuesta arbitraria. Por tanto, la detección implica consciencia del estímulo. Esta distinción es fundamental, pues algunas respuestas pueden estar disponibles antes de que el estímulo haya sido detectado (por ejemplo, los movimientos oculares sacádicos). Asimismo, se ha comprobado que ciertos sujetos con daño cerebral pueden orientar su atención hacia un objeto aunque no puedan detectarlo (Weiskrantz, Warrington, Sanders y Marshall, 1974).

Quizá la tarea más empleada para estudiar la orientación encubierta de la atención sea la tarea simple de detección de un único estímulo. Cada ensayo de la tarea simple comienza con la fijación del sujeto en un punto situado en el centro de la pantalla. Seguidamente, se ilumina una de las dos localizaciones señaladas a ambos lados del punto de fijación central (señal periférica). La señalización también puede consistir en una flecha presentada en el punto de fijación para indicar en qué posición es más probable que aparezca el objetivo (señal simbólica). Después de un intervalo de tiempo variable tras la señalización se presenta el estímulo objetivo, en la posición indicada (ensayo válido) o en la localización opuesta (ensayo inválido). En esta tarea se halla consistentemente una ventaja de la localización señalada (beneficios) sobre la localización no señalada (costes) dependiendo del tiempo de aparición de la señal informativa. Esta facilitación relativa se refleja en aspectos como la latencia de respuesta (Posner, 1980) o la probabilidad de detectar correctamente estímulos próximos al umbral (Bashinski y Bachrach, 1980), y se traduce en incrementos de la actividad eléctrica correspondiente a la localización señalada con respecto a la no señalada (Mangun, Hansen y Hillyard, 1986) (citado en Posner, 1988).

Aunque inicialmente se trató de explicar los resultados de la tarea simple sobre la base de la

Teoría de Detección de Señales, concretamente en términos de un criterio de decisión diferente para cada posición según su probabilidad de ser ocupada por el objetivo, hay una serie importante de resultados que este planteamiento no permite explicar. Entre éstos destacan, por ejemplo, las diferencias entre presentar la señal informativa bloqueada en lugar de presentarla en cada ensayo, la reducción de los costes y los beneficios con el aumento de la dificultad de la tarea, la facilitación para responder a estímulos que se presentan a medio camino entre el punto de fijación y el objetivo, los cambios en la eficacia para responder a un estímulo objetivo de un movimiento ocular incluso cuando es más probable que aquel se presente en el punto de fijación y la dificultad para dividir la atención entre dos posiciones espaciales no contiguas (Posner, Snyder y Davidson, 1980).

Posner (1988) ha explicado los resultados de la tarea simple del siguiente modo: cuando la atención es atraída por una señal próxima a la localización en que se presentará el objetivo (o es dirigida en respuesta a una señal central) intervienen tres operaciones. En primer lugar, la señal aumenta la alerta, porque ahora se espera la aparición del objetivo. Posner (1978) demostró que la alerta no es selectiva espacialmente y que actúa para potenciar todos los objetivos que siguen a la presentación de la señal. En segundo lugar, la señal inicia un movimiento de la atención visual a la localización señalada. Estos cambios de la atención no son totalmente automáticos en el sentido de no ser evitables (Posner, Cohen, Choate, Hockey y Maylor, 1984), pero ocurren con poco esfuerzo si el sujeto no hace nada por evitarlos (Jonides, 1981). En tercer lugar, la presentación de una señal periférica inicia dos formas de inhibición. La primera se denomina coste, y es la consecuencia de orientar la atención a la señal. Una vez que la atención se fija en la localización señalada, todas las restantes localizaciones quedarían inhibidas, por lo que si el objetivo apareciese en una de ellas se respondería peor que si no se hubiese producido la orientación, porque en esta situación es necesario retirar o desenganchar la atención de la localización señalada para poder

para poder moverla a la localización en que aparece el objetivo. Esta forma de inhibición es selectiva espacialmente en el sentido de que no está presente dentro del foco de la atención. La segunda forma de inhibición se denomina inhibición de retorno, la cual hace que la posibilidad de reorientar la atención a la localización señalada previamente se reduzca durante varios segundos con respecto a otras localizaciones espaciales comparables del campo visual (Maylor, 1985; Posner y Cohen, 1984).

A continuación abordaremos un conjunto de aspectos que nos permitirán comprender más adecuadamente la naturaleza de la orientación de la atención visual.

2.3.1. *Atención, movimientos oculares y modos de control atencional*

Parte de la literatura sobre la relación entre atención y movimientos oculares procede de estudios de registros celulares realizados con primates en estado de vigilia (Posner, Snyder y Davidson, 1980). Por ejemplo, Goldberg y Wurtz (1972) hallaron que la actividad de las células del colículo superior cuyo campo receptivo iba a ser objetivo de un movimiento ocular aumentaba antes de que los ojos comenzaran a moverse. Este incremento selectivo parecía estar relacionado intrínsecamente con los movimientos oculares. Sin embargo, existen datos a favor de la independencia relativa del movimiento atencional y el sacádico, por ejemplo, que se pueda mover la atención con los ojos fijos (Posner *et al.*, 1978), que el movimiento de la atención no afecte a la latencia de los movimientos oculares (Klein, 1979), que la atención se mueva rápidamente antes de que se muevan los ojos y que vuelva al punto de fijación original aunque la fovea se encuentre en la localización periférica del objetivo (Posner, 1980) o que la atención pueda moverse en dirección contraria a la de los ojos (Nissen, Posner y Snyder, 1978). No obstante, datos como la fuerte tendencia de la atención a moverse hacia el objetivo antes de que tenga lugar el movimiento ocular aunque la probabilidad de que la señal a detectar se presente en el punto de fija-

ción sea mayor que la probabilidad de que se presente en la periferia (Posner, 1980) indican que ambos sistemas están relacionados sutilmente.

De acuerdo con Posner (1980), la relación entre los movimientos de la atención y los movimientos oculares parece depender más de la presentación de un evento periférico importante que de la producción de un movimiento ocular hacia él. En otras palabras, si el evento periférico no es importante, los sujetos pueden evitar mover la atención (Posner, 1980). En definitiva, parece que la atención presenta una fuerte tendencia a cambiar a la posición objetivo de un movimiento sacádico antes de que los ojos dejen el punto de fijación. El cambio atencional tiene lugar dentro de los 50-100 mseg. siguientes a la presentación del estímulo objetivo del movimiento ocular, intervalo temporal próximo al del incremento selectivo de las células del colículo superior hallado por Goldberg y Wurtz (1972).

Más recientemente se han examinado las relaciones entre el cambio atencional encubierto y los movimientos sacádicos rápidos ("express saccades)", caracterizados por unas latencias muy cortas y estables. Fischer y Breitmeyer (1987) mantienen que estos sacádicos se observan si el sujeto no está atendiendo activamente antes de la realización de un movimiento ocular. Es decir, estos movimientos oculares no pueden producirse si el sujeto tiene la atención focalizada en el objetivo (Tudela, 1992). No obstante, Posner, Crippin, Cohen y Rafal (1986) hallaron que no es necesario retirar la atención de la señal para que se produzca un sacádico rápido.

Otro aspecto controvertido con respecto a la naturaleza del cambio atencional está relacionado con el tipo de señal empleada para informar de la posición del estímulo objetivo. Tudela (1992) ha resumido las diferencias principales entre los efectos producidos por ambos tipos de señal:

a) Cuando se pide al sujeto que realice una tarea concurrente con la de orientación atencional, el efecto de la señal sólo se ve afectado

cuando se presentan señales centrales pero no cuando se trata de señales periféricas.

b) Es mucho más difícil evitar un cambio atencional provocado por una señal periférica que uno debido a una señal central. En principio, ello podría deberse a la naturaleza automática de los cambios de la atención con señales periféricas (véase, por ejemplo, Jonides, 1981).

c) Las señales periféricas captan la atención del sujeto incluso cuando no son esperadas, lo cual no ocurre con las señales centrales, cuya efectividad depende de la expectativa que se tiene de su presencia.

d) En general, las señales periféricas son más efectivas que las centrales. Esta efectividad se pone de manifiesto en una mayor rapidez de la facilitación que producen, con asíntotas de 100 mseg. y, en general, en unos valores mayores tanto de beneficios como de costes.

Estos resultados se han interpretado de diversas formas. Por ejemplo, Posner (1980) diferenció entre control endógeno de la atención, relacionado con la presentación de señales centrales y dependiente de la iniciativa del sujeto, y control atencional exógeno, relacionado con la presentación de señales periféricas. Por su parte, Briand y Klein (1987) propusieron la existencia de dos mecanismos atencionales diferentes, de los cuales sólo el asociado a señales periféricas se encargaría de integrar las características estímulares simples presentes en una posición espacial determinada, en la línea de los planteamientos de Treisman (Treisman y Gelade, 1980). En definitiva, no resulta fácil determinar la naturaleza del control atencional, entre otras razones, porque parece que las señales periféricas no controlan la orientación de un modo completamente reflejo, sino que sólo atraerán los movimientos oculares y la atención del sujeto cuando son relevantes para éste.

2.3.2. *El mecanismo de la orientación atencional: Metáforas estructurales de la atención*

La metáfora de la atención como un "foco de luz" fue la primera aproximación explicativa de los resultados obtenidos en la tarea simple (Cave y Bichot, 1999). De acuerdo con esta

metáfora, la atención selecciona una localización del campo visual facilitando el procesamiento de cualquier estímulo situado dentro de esa región. Según Eriksen y Eriksen (1974), el área de la zona atendida tendría aproximadamente 1° de ángulo visual de diámetro, aunque Posner, Snyder y Davidson (1980) pensaban que el tamaño del foco atencional puede ser variable. Otra de las implicaciones de la metáfora del foco es que la atención no se puede dividir entre dos posiciones espaciales no contiguas, lo cual hace necesario que la atención pueda moverse entre localizaciones. La operación de movimiento atencional es muy importante porque, según esta metáfora, los beneficios obtenidos en la tarea simple se deben a la orientación anticipada de la atención a la posición en que aparece el objetivo y los costes a su reorientación desde la posición señalada inválidamente hasta aquella en que aparece el estímulo objetivo.

Sin embargo, uno de los problemas principales de la metáfora del foco está relacionado precisamente con la naturaleza del movimiento de la atención. Aunque en algunos de los primeros trabajos realizados sobre este aspecto se planteó que el movimiento atencional es de naturaleza analógica (Shulman, Remington y McLean, 1979) y tiene una velocidad constante (Tsal, 1983), resultados posteriores sugerían que el cambio atencional consiste en un movimiento balístico, es decir, con una velocidad proporcional a la distancia recorrida (Hughes y Zimba, 1985; LaBerge y Brown, 1986; Remington y Pierce, 1984).

Algunas de las críticas realizadas a la formulación original de la metáfora del foco atencional mantienen que su tamaño es variable (Eriksen y Yeh, 1985; Jonides, 1983), que existe una relación inversa entre su tamaño y su resolución, entendiendo ésta como el grado de facilitación del procesamiento (Eriksen y St. James, 1986) y que el área del foco atencional no está bien delimitada, es decir, que existiría un gradiente atencional (Eriksen y St. James, 1986). Asimismo, se ha cuestionado que la información espacial tenga un carácter especial para la orientación (Duncan, 1984), considerándose

que la atención actúa sobre los objetos y no sobre las localizaciones (Baylis y Driver, 1993; Driver y Baylis, 1989), por lo que los principios de agrupamiento perceptual serían muy relevantes para guiar la orientación atencional (Duncan y Humphreys, 1989; Yantis, 1992).

Las críticas planteadas a la metáfora del foco favorecieron el desarrollo de propuestas teóricas alternativas, entre las que destacan la metáfora del zoom y la metáfora del gradiente atencional. La metáfora del zoom (véase, por ejemplo, Eriksen y St. James, 1986; Eriksen y Yeh, 1985) considera que atender es un proceso continuo de concentración de recursos de procesamiento en una región espacial. De acuerdo con este planteamiento, el tamaño de la región atendida puede variar, pudiendo abarcar a todo el campo visual o a una región en torno a 1° de ángulo visual (atención focalizada). El cambio del tamaño del foco atencional influye en su capacidad de procesamiento (resolución del zoom), de manera que a menor tamaño, mayor concentración de recursos de procesamiento. El principal problema de este modelo es que es demasiado abierto, por lo que puede explicar a posteriori cualquier tipo de resultado. Asimismo, este modelo cae en la circularidad, pues infiere el tamaño del zoom de la magnitud de los efectos hallados y deduce la magnitud de los efectos a partir del tamaño del zoom.

Por su parte, los modelos de gradiente atencional, difíciles de diferenciar de los modelos que comparan la atención con un zoom que se mueve (Shulman, Wilson y Sheehy, 1985), consideran que la atención se distribuye por todo el campo visual. En estos modelos, no se habla de una localización espacial seleccionada, sino de que cada posición del campo visual recibe una cantidad de recursos de procesamiento de acuerdo con factores como la posición retinal, la distancia a la posición origen del gradiente, etc. (véase, por ejemplo, LaBerge y Brown, 1989).

2.3.3. *Inhibición de Retorno*

El efecto de inhibición de retorno consiste en un enlentecimiento de la capacidad para procesar un estímulo objetivo presentado en una localización atendida previamente, ya sea de manera manifiesta o encubierta. Así, una vez que los ojos se mueven de la localización del objetivo, es menos probable que se muevan hacia esa posición que hacia otra, por lo que los eventos que ocurran en la localización espacial atendida previamente son inhibidos (Posner, Choate, Rafal y Vaughn, 1985). Por tanto, la inhibición de las áreas espaciales atendidas recientemente favorece la exploración de otras localizaciones.

Los primeros estudios realizados sobre la inhibición de retorno se caracterizaron por emplear cambios luminosos periféricos para atraer la atención. Por ello, en trabajos como los realizados por Posner y Cohen (1984) se atribuyó la inhibición de retorno a factores sensoriales más que a atencionales. Sin embargo, cuando se emplearon campos visuales más complejos, Posner *et al.* (1985) comprobaron que los movimientos sacádicos generados endógenamente pueden producir inhibición de retorno a la posición señalada, lo cual sugiere que es necesario orientar la atención hacia la señal para hallar este efecto. Posteriormente, Rafal *et al.* (1989) observaron inhibición de retorno con señal central sólo cuando los sujetos la empleaban para preparar un movimiento ocular. Por ello, estos investigadores concluyeron que la condición necesaria y suficiente para obtener inhibición de retorno es la programación de un movimiento ocular hacia esa localización, lo cual sugiere que la inhibición de retorno está muy relacionada con el sistema que dirige los movimientos oculares.

Otros trabajos más recientes sugieren que, junto a la inhibición debida a factores espaciales y relacionada con el sistema oculomotor, la orientación atencional también afecta a los procesos de identificación/reconocimiento de los estímulos presentados en las localizaciones señaladas (véase Abrams y Dobkin, 1994 o Fuentes, Vivas y Humphreys, 1999), lo cual plantea

la posibilidad de que este efecto dependa de las coordenadas del objeto. Tipper, Driver y Weaber (1991) y Tipper, Weaber, Jerreat y Burak (1994) han hallado datos a favor de esta idea empleando presentaciones estímulares dinámicas. Por tanto, la inhibición de retorno puede basarse tanto en el espacio, en el caso de presentaciones estímulares estáticas, como en el objeto, cuando se trata de presentaciones dinámicas.

La investigación neuropsicológica también ha ayudado a especificar la naturaleza de la inhibición de retorno. Por ejemplo, se ha hallado que la alteración de los colículos superiores en la parálisis supranuclear progresiva anula este efecto, lo cual muestra su estrecha relación con la función colicular y los movimientos oculares, al menos cuando la orientación se basa en la localización espacial. Por su parte, las conexiones entre el colículo superior y la corteza estriada con el área MT, implicada en la codificación de la dirección y movimiento de un objeto, podrían estar relacionadas con la inhibición de retorno basada en el objeto (Vivas, Fuentes y Catena, 1997). La implicación colicular en la inhibición de retorno también está apoyada por datos sobre el desarrollo evolutivo. Así, como se veremos más adelante, la inhibición de retorno se desarrolla desde el momento del nacimiento, alcanzando niveles similares a los observados en adultos a los seis meses de edad. Este hallazgo, junto con el desarrollo posteriormente de la conducta de alternancia espontánea en la preferencia por objetos localizados en lugares diferentes (Vecera, Rothbart y Posner, 1991), sugiere la existencia de una tendencia general para evitar la repetición de programas motores realizados recientemente. En este sentido, Vivas *et al.* (1997) mantienen que la inhibición de retorno podría considerarse como un caso especial de esta tendencia, relacionada específicamente con los programas oculomotores (Vivas *et al.*, 1997).

2.3.4. Neuropsicología de la atención visual: Alteración selectiva de las operaciones elementales

Los datos neuropsicológicos constituyen uno de los apoyos más sólidos acerca de las tres operaciones atencionales elementales de la red atencional posterior, siendo cruciales también para poder especificar otras características de su naturaleza, como su asimetría anatómica, el marco de referencia sobre el que se basa o la escala espacial de su acción.

Posner y sus colaboradores han diferenciado tres grupos de pacientes que muestran persistente y sistemáticamente problemas específicos para orientar la atención. Las lesiones de estos pacientes originan el síndrome clínico del neglect (o hemineglect)². El problema característico de los pacientes afectados de lesiones parietales se observa en los ensayos inválidos en los que la atención es orientada al lado de la lesión pero el objetivo se presenta en el lado opuesto. En estas circunstancias, Posner, Cohen y Rafal (1982) han hallado que algunos pacientes muestran extinción (una incapacidad del paciente para informar de los estímulos contralaterales al lado de la lesión cuando se presentan simultáneamente estímulos en el campo ipsilesional) mientras que otros pacientes, aunque son conscientes de que se ha presentado el objetivo, tardan en responder entre dos y tres veces más que los sujetos normales. Este enlentecimiento también se ha observado en ambos campos visuales cuando el sujeto debe orientar la atención encubiertamente desde la señal hacia el objetivo en dirección opuesta a la del lado de la lesión (Ladavas, 1987; Posner *et al.*, 1987). Estos resultados sugieren que la lesión

² El neglect también puede deberse a la lesión unilateral de áreas del cerebro medio, el tálamo o corticales (de Renzi, 1982). Sin embargo, existen datos de tipo clínico a favor de que la causa más frecuente de neglect y extinción es la lesión del lóbulo parietal derecho. Asimismo, parece que los problemas atencionales debidos a la lesión de la corteza parietal son más acusados cuando el daño se localiza en la cisura temporoparietal y cuando se usan señales centrales que cuando se emplean señales periféricas (Rafal, 1996).

del lóbulo parietal altera la operación de retirada o desenganche atencional.

La parálisis supranuclear progresiva, debida a una lesión del cerebro medio que afecta al colículo superior y a áreas adyacentes también origina neglect. Los problemas que origina esta lesión están relacionados específicamente con la capacidad para mover los ojos voluntariamente, sobre todo en la dirección vertical y cuando se presentan señales periféricas (Rafal, Posner, Friedman, Inhoff y Bernstein, 1988). Posner *et al.* (1985) compararon sistemáticamente la capacidad de estos sujetos para cambiar la atención en la dirección vertical y en la dirección horizontal, hallando resultados diferentes a los observados en pacientes con lesión parietal. Concretamente, los sujetos con parálisis supranuclear progresiva tardaban mucho en responder, en parte debido a la amplia lesión reticular. No obstante, se observaba un claro efecto de la validez de la señal en la dirección horizontal. Sin embargo, en la dirección vertical, este efecto aparecía mucho más tarde (aproximadamente después de 0'5 segs. tras la aparición de la señal). Dado que el efecto de la validez de la señal se atribuye a un cambio de la atención al lugar señalado, la ejecución de los pacientes afectados de lesiones en el cerebro medio se ha relacionado con una alteración específica de la capacidad para mover la atención hacia el objetivo. Asimismo, se ha hallado que los pacientes afectados de parálisis supranuclear progresiva no muestran inhibición de retorno en la dirección vertical, lo cual concuerda con la teoría funcional que relaciona la inhibición de retorno con la tendencia de los ojos a dirigirse a localizaciones no atendidas.

Las lesiones talámicas que afectan al núcleo pulvinar producen un tipo diferente de neglect (Rafal y Posner, 1987). La característica principal de la lesión talámica consiste en un incremento notable del T.R. en los ensayos válidos que dirigen la atención al lado contrario de la lesión. Por ello, este déficit se ha atribuido a una alteración específica de la capacidad para fijar o enganchar la atención en el lado opuesto al de la lesión, lo cual es acorde con las propuestas teóricas que defienden la implicación

de las áreas talámicas en el control del foco atencional (Crick, 1984).

2.3.5. Atención y reconocimiento de patrones

Una parte de los resultados relativos al vínculo entre atención y reconocimiento obtenidos con sujetos normales están muy relacionados con la teoría atencional de integración de características de Treisman (1986). Según esta aproximación, es necesario focalizar la atención en una localización espacial para determinar si un elemento consiste o no en una determinada conjunción de características. Por ello, se pueden producir conjunciones ilusorias, es decir, la unión errónea de características procedentes de varias localizaciones espaciales si la atención no se focaliza adecuadamente (Treisman y Schmidt, 1982). No obstante, parece que la búsqueda atencional también puede estar basada en características distintas a la localización (véase Wolfe, Cave y Franzel, 1989). Los estudios realizados con P.E.T. (Corbetta, Miezin, Dobmeyer, Shulman y Petersen, 1991) sugieren que este tipo de búsqueda depende de la red atencional anterior, lo cual podría explicar por qué es posible realizar en paralelo diferentes operaciones atencionales.

El estudio de pacientes neuropsicológicos ha demostrado que las lesiones del lóbulo parietal alteran el reconocimiento de patrones. Por ejemplo, Friedrich, Walker y Posner (1985) presentaron a sus sujetos dos filas de letras, una encima de la otra, que en la mitad de los ensayos eran idénticas y en la mitad restante diferían en una sola letra, situada al principio de la fila, en el centro o en la parte final. Los autores hallaron que los pacientes con lesiones del lóbulo parietal derecho eran más lentos y cometían más errores para determinar si las dos filas eran iguales o no cuando la letra diferenciadora de ambas filas estaba al principio. Por su parte, los pacientes con lesiones del lóbulo parietal izquierdo eran más lentos y cometían más errores cuando la letra diferenciadora se encontraba en la parte final de la fila de letras.

Por otro lado, Sieroff y Posner (1987) hallaron que los pacientes que mostraban extinción

de palabras cortas presentadas simultáneamente a la derecha y a la izquierda no experimentaban extinción cuando se presentaba fovealmente una sola palabra, posiblemente porque en estas condiciones ésta accede automáticamente a sus representaciones visual, fonológica y semántica (LaBerge y Samuels, 1974; Marcel, 1983; Posner, 1978). Basándose en este hallazgo, Sieroff, Pollatsek y Posner (1988) evaluaron la percepción de filas de ocho letras cuando formaban y cuando no formaban palabras. Estos autores hallaron que los pacientes afectados por una lesión del lóbulo parietal derecho perdían las primeras letras de las filas sólo cuando no formaban palabras.

El estudio de pacientes con lesiones parietales también ha aportado información acerca del nivel de análisis de la información situada en el campo visual contralateral al de la lesión de un sujeto con neglect. Los estudios revisados por Rafal (1996) parecen demostrar que esta información llega a procesarse hasta un nivel semántico-categorial. Por ejemplo, Volpe, Ledoux y Gazzaniga (1979) hallaron que algunos pacientes con neglect podían decir si el objeto presente en el campo contralesional era igual o diferente al presentado en el campo ipsilesional aunque no sabían de qué objeto se trataba. Por su parte, Berti y Rizzolatti (1992) hallaron que los pacientes con neglect podían categorizar mejor los dibujos lineales presentados en su campo ipsilesional cuando se presentaba simultáneamente en el campo contralesional el mismo dibujo o un objeto diferente pero de la misma categoría que el estímulo presentado en el campo ipsilesional, lo cual indica que los objetos extinguidos son procesados hasta un nivel de representación categorial. McGlinchey-Berroth, Milberg, Verfaellie, Alexander y Kilduff (1993) han obtenido resultados similares empleando una tarea de decisión léxica. Estos autores hallaron que los estímulos "prime" presentados en el campo visual opuesto al de la lesión producían tanta facilitación semántica como los presentados en el campo visual ipsilateral al de la lesión a pesar de que los sujetos no eran capaces de identificarlos. De acuerdo con Rafal (1996), estos resultados sugieren que la

extinción se debe a una inhibición del acceso de la información a la consciencia.

2.3.6. Atención a objetos y a localizaciones: asimetría hemisférica

Teniendo en cuenta que las lesiones del lóbulo parietal perjudican la percepción de los estímulos situados en el campo contralateral, parece justificado considerar este déficit como un problema para atender a localizaciones espaciales. Sin embargo, se ha discutido si la orientación de la atención selectiva visual se basa en la localización espacial o en los objetos. De acuerdo con Rafal (1996), las investigaciones realizadas en el marco de la neuropsicología han jugado un papel crucial en la resolución de esta controversia, pues sugieren que existen mecanismos atencionales basados tanto en la localización como en los objetos y que sendos mecanismos tienen substratos neurales diferentes. No obstante, también existen datos contrarios a esta diferenciación (véase, por ejemplo, Farah, Brunn, Wong, Wallace y Carpenter, 1990).

Por ejemplo, Driver y Halligan (1991) pidieron a un paciente con hemineglect izquierdo que examinara dos formas sin sentido situadas una encima de otra y que determinara si ambas eran iguales o diferentes. Cuando las formas eran diferentes, podían distinguirse por una característica situada en el lado izquierdo o en el lado derecho. Como se esperaba, el paciente cometía más errores cuando la característica diferenciadora estaba en el lado izquierdo. En algunos ensayos, se rotaron las formas 45° en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario, con el objetivo de generar condiciones en las que la característica diferenciadora estuviese en el lado izquierdo del objeto pero proyectase en el campo visual derecho. Los resultados mostraron que los errores del paciente no dependían de la localización de la característica diferenciadora en el campo visual sino de su posición en el objeto (véase también Egly, Driver y Rafal, 1994 o Egly, Rafal, Driver y Starreveld, 1994).

En cualquier caso, los pacientes que manifiestan agnosia simultánea debida a la lesión bilateral del lóbulo parietal posterior o de la unión parietooccipital constituyen el apoyo más dramático a la idea de que la selección atencional puede basarse en los objetos. Este déficit es uno de los rasgos del síndrome de Bálint, caracterizado porque el paciente sólo puede ver un objeto en cada momento, independientemente de dónde se encuentre éste. Los pacientes con el síndrome de Bálint tienen grandes dificultades para comparar dos objetos o partes de un mismo objeto. Por ejemplo, Luria (1964) estudió el caso de un paciente que sólo podía ver uno de dos círculos adyacentes. Sin embargo, cuando los dos círculos estaban unidos por una línea, el paciente decía que veía un único objeto, unas pesas o unas gafas (véase, también Humphreys y Riddoch, 1993). No obstante, se ha comprobado que la información no atendida en el síndrome de Bálint puede ser procesada hasta un nivel semántico (véase Coslett y Saffran, 1991).

Los estudios neuropsicológicos también han sido útiles para especificar los substratos neurales que nos permiten atender a un objeto grande o a un objeto pequeño en una localización espacial determinada. Concretamente, el hemisferio derecho parece especializado en el procesamiento de elementos globales y el hemisferio izquierdo en el procesamiento de aspectos locales. Robertson, Lamb y Knight (1988) han hallado que cuando se les presentan letras grandes formadas por letras pequeñas, los pacientes afectados de una lesión parietal derecha se percatan de las letras pequeñas pero no del patrón global, mientras que los pacientes con una lesión del lóbulo parietal izquierdo se percatan de la configuración global pero no de los componentes locales.

2.3.7. *Desarrollo evolutivo de las operaciones de la red atencional posterior*

Numerosos resultados sugieren que la red de la orientación se desarrolla durante los primeros momentos de la vida, cuando maduran ciertas partes del sistema nervioso, aunque este

desarrollo también está sujeto a influencias sociales y culturales (Posner y Rothbart, 1994), sobre todo en el caso de la red atencional anterior (véase Luria, 1973 para una aproximación similar).

La exploración del desarrollo de la red atencional posterior durante los primeros años de la vida se ha basado en adaptaciones de las tareas modelo usadas con sujetos adultos. Para estudiar el desarrollo de la operación de retirada atencional, se presenta un estímulo atractivo en un monitor para que el niño fije sus ojos en él y después se le presenta un estímulo en uno de dos monitores situados a 30° a la derecha y a la izquierda del anterior. En esta disposición se evalúa la probabilidad y la latencia del niño para orientarse hacia el nuevo estímulo.

Durante los primeros meses de vida, la anatomía del sistema visual cambia de forma muy rápida. Aproximadamente al mes de edad, la vía que va desde los ganglios basales hasta el colículo superior ejerce un control inhibitorio sobre los movimientos oculares. Esta conexión es responsable de los largos períodos de fijación sostenida denominados "mirada obligatoria", la cual se caracteriza porque el niño se queda mirando fijamente a los estímulos, sobre todo a aquellos con alto contraste, pareciendo incapaz de retirar la mirada. El período de mirada obligatoria termina aproximadamente a los cuatro meses, lo cual se ha atribuido a varios factores, como el desarrollo de una vía desde los campos oculares frontales hasta el colículo superior o el incremento de la visión periférica, que puede hacer que los nuevos estímulos resulten más patentes para el niño. Por su parte, el estudio de niños con daño cerebral ha puesto de manifiesto que el metabolismo del lóbulo parietal a los cuatro meses tiene el mismo nivel que el observado en adultos (Chugani, Phelps y Mazzotta, 1987). Estos resultados parecen relacionados con la capacidad para retirar la atención de una posición espacial determinada. Así, Johnson, Posner y Rothbart (1991) hallaron que cuando se presentan dos estímulos simultáneamente, los niños de 2-3 meses se fijan en el estímulo nuevo del par en menos de la mitad de las ocasiones, mientras que los niños de 4

meses se fijan en casi todos los ensayos. En una línea similar, Johnson, Posner y Rothbart (1994) enseñaron a los niños a mover los ojos en dirección opuesta a la de una breve señal para detectar un objetivo visual. Después de este entrenamiento, se sorprendía al niño presentando el estímulo objetivo en una posición cercana a la de la señal. Los autores hallaron que inmediatamente después de la señal, los niños movían los ojos más rápidamente hacia el objetivo cuando se presentaba en la posición señalada que cuando aparecía en la posición entrenada (opuesta). Por tanto, este conjunto de resultados sugiere que los mecanismos implicados en retirar la atención se han desarrollado a los cuatro meses de edad.

La inhibición de retorno, asociada especialmente al funcionamiento de los colículos superiores, también parece desarrollarse durante los primeros meses de vida. Clohessy *et al.* (1991) hallaron que este sesgo aparecía con igual magnitud y persistencia temporal (2 segundos) en los niños de 6, 12 y 18 meses y en los adultos, pero no se encontró en niños de 3-4 meses de edad. Estos niños mostraban inhibición de retorno cuando el estímulo objetivo se presenta a 10° del punto de fijación. Este resultado también apoya la idea de que la condición necesaria y suficiente para observar inhibición de retorno es la programación de un movimiento ocular hacia esa localización, pues los niños de tres meses aún no son capaces de preparar un movimiento ocular hacia un estímulo objetivo situado a 30° del punto de fijación, lo cual explicaría porqué efectúan varios movimientos oculares y de la cabeza cuando han de desplazar la vista a esta distancia. En definitiva, pues, estos resultados sugieren que las operaciones del colículo de las cuales parece depender la inhibición de retorno no están desarrolladas definitivamente en el momento del nacimiento, sino que cambian sustancialmente entre los 3 y los 6 meses de edad.

Por su parte, Clohessy (1993) y Johnson *et al.* (1991) utilizaron tareas de secuencias típicas de aprendizaje implícito (véase, por ejemplo, Nissen y Bullemer, 1987) con niños de cuatro meses. En el monitor central se podían presen-

tar dos estímulos: uno indicaba que había que mirar a la derecha y otro que se debía dirigir la mirada hacia la izquierda. En esta situación, los niños miraban en la dirección del estímulo cada vez más rápidamente a lo largo de los ensayos, llegando incluso a anticiparse a la aparición del objetivo. Asimismo, se vio que este aprendizaje no se observaba antes de los cuatro meses y que no variaba en el período comprendido entre los 4 y los 10 meses.

Otros estudios han investigado el desarrollo de la operación de movimiento atencional. Enns y Cameron (1987) hallaron diferencias relacionadas con la edad en la capacidad de búsqueda visual. Sin embargo, el procedimiento seguido en su estudio no permite distinguir el desarrollo de los cambios encubiertos de la atención del de los movimientos oculares. Por su parte, Pearson y Lane (1990) evaluaron la capacidad de los niños de 8 y 11 años para orientar la atención a 2'8°, 5'5° u 8'2° de ángulo visual a la derecha o a la izquierda del punto de fijación central. Los autores hallaron que el T.R. para determinar la identidad de la letra objetivo se hacía asintótico en momentos diferentes para cada una de las localizaciones y que éste tiempo variaba en los distintos grupos de sujetos (véase, no obstante, Kaye y Ruskin, 1990). Resultados más recientes también sugieren que la rapidez para cambiar la atención aumenta con la edad. Johnson y Tucker (1996) han investigado sistemáticamente los efectos del intervalo temporal entre la señal informativa y el estímulo objetivo en la velocidad y dirección de la orientación en niños de 2, 4 y 6 meses. Estos autores hallaron efectos de facilitación con intervalos temporales entre la señal y el objetivo más cortos en los niños de seis meses que en los de cuatro, lo cual sugiere que la rapidez para cambiar la atención es mayor en los niños de seis meses que en los de cuatro (véase también Hood, 1993; Hood y Atkinson, 1991 y Johnson *et al.*, 1994).

2.3.8. Trastornos atencionales y psicopatología

Durante los últimos años se ha venido manteniendo que trastornos neurológicos y

psiquiátricos como el neglect, el síndrome de Balint, la depresión, la esquizofrenia, los problemas por déficit de atención, la ansiedad, el mutismo acinésico y el trastorno obsesivo-compulsivo están relacionados con una disfunción atencional. Por ello, según Posner *et al.* (1994), la aplicación sistemática de los conocimientos actuales sobre las redes atencionales al estudio de estas patologías podría ayudar a determinar su etiología y/o tratamiento.

En un estudio con P.E.T., Early *et al.* (1987) hallaron que los pacientes esquizofrénicos que nunca habían sido medicados presentaban una lesión en el hemisferio izquierdo, concretamente una disfunción de los ganglios basales que podría deberse a una alteración de la entrada de dopamina procedente del área tegmental ventral. Basándose en estos datos y en la creencia general de que en la esquizofrenia existe un desorden de la atención (Mirsky y Duncan, 1986), Posner, Early, Reiman, Pardo y Dhawan (1988) emplearon la tarea simple de orientación atencional con señal periférica para examinar las operaciones de la atención viso-espacial de los esquizofrénicos. Estos autores hallaron que las respuestas de los pacientes esquizofrénicos medicados y no medicados eran más lentas en los ensayos inválidos en los que el objetivo se presentaba en el campo visual izquierdo y en los ensayos en los que no se presentaba señal.

En principio, estos datos podrían atribuirse a una alteración del lóbulo parietal. Si ello fuese así, sería necesario postular adicionalmente problemas a nivel frontal para poder explicar los déficits de lenguaje que presentan estos sujetos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la corteza parietal posterior está conectada anatómicamente con las áreas frontales laterales y con los ganglios basales (Alexander, DeLong y Strick, 1986). Por ello, también es posible que los resultados hallados por Posner *et al.* (1988) se deban a una alteración de la red atencional anterior responsable tanto de los problemas en el procesamiento espacial como de las alteraciones del lenguaje. Existen varios resultados que apoyan esta idea. Por ejemplo, los pacientes esquizofrénicos que experimentan alucinaciones auditivas tienen mayor probabilidad de

mostrar déficits viso-espaciales que los pacientes que no las padecen. De manera similar, cuando deben ensombrecer un mensaje auditivo mientras responden a señales viso-espaciales, los sujetos normales experimentan dificultades similares a las que muestran los esquizofrénicos, lo cual concuerda con el hecho de que las alucinaciones auditivas parecen estar relacionadas con el habla generada internamente (Bick y Kinsbourne, 1987).

Desde hace tiempo se sabe que los esquizofrénicos tienen dificultad para seleccionar y mantener un estado preparatorio, lo cual altera severamente la ejecución de la tarea de clasificación de tarjetas de Winsconsin. Weinberger (1986) halló que el área prefrontal dorsolateral se activa cuando se realiza esta tarea. Asimismo, ciertos estudios realizados con primates han encontrado que la lesión de esta región cerebral altera severamente la habilidad para realizar tareas que implican un conflicto entre lo que se había venido recompensando y la información actual (Goldman-Rakic, 1987). Para estudiar la mediación de la atención en esta situación de conflicto, Posner *et al.* (1988) emplearon la tarea de la palabra-flecha, en la cual se presentan de manera aislada o simultáneamente una señal espacial (una flecha apuntando a la derecha o a la izquierda) y una señal lingüística (la palabra "derecha" o la palabra "izquierda"). Cuando ambas señales se presentaban simultáneamente, podían ser compatibles o incompatibles entre sí. En unos bloques de ensayos los sujetos debían atender a la señal espacial y en otros a la lingüística. Los resultados mostraban que los esquizofrénicos realizaban mejor la tarea cuando debían atender a las señales espaciales que cuando atendían a las de tipo lingüístico, especialmente cuando la lesión se localizaba en el hemisferio izquierdo. En esta misma línea, Sandson, Crossson, Posner, Barco, Velozo y Brobeck (1989) hallaron que los pacientes con lesiones del hemisferio derecho respondían bien a las palabras pero no a las señales espaciales, mientras que los pacientes con lesiones del hemisferio izquierdo respondían bien a las señales espaciales pero no a las palabras. Este tipo de resultados sugieren que los déficits

déficits atencionales de los pacientes esquizofrénicos están relacionados con la red atencional anterior.

De acuerdo con Posner y Rothbart (1991), los datos sobre esquizofrenia, mutismo acinésico y el trastorno por déficit de atención sugieren que las alteraciones del cíngulo anterior originan una pérdida del control consciente. El mutismo acinésico, consistente en una pérdida completa de la conducta espontánea en casi todos los dominios, aparece cuando se producen trastornos severos del giro cingular. Aunque muchos de los déficits de este síndrome llegan a restablecerse, suelen permanecer problemas relacionados con el control (Eslinger y Damasio, 1985). Sin embargo, resulta sorprendente que las cingulotomías anteriores bilaterales practicadas para paliar depresiones intratables no produzcan problemas severos en la capacidad cognitiva del sujeto. Según Janer y Pardo (1991), esta intervención quirúrgica sólo altera la capacidad del sujeto para realizar tareas de alto nivel como, por ejemplo, la tarea de Stroop o la tarea de generación de usos de palabras.

Por otra parte, cuando las lesiones del cíngulo anterior y del área motora suplementaria sólo son unilaterales puede observarse el síntoma de la mano alienada (Goldberg, 1981), caracterizado porque el paciente tiene la sensación de que no controla la mano contralateral al lado de la lesión, como si la mano no fuese suya. En cierto modo, este complejo síndrome está relacionado con el efecto que se observa cuando se producen alteraciones severas de la red atencional posterior, pues estos pacientes pueden negar que su mano o brazo contralateral sean los suyos (Bisiach, 1993). Sin embargo, los pacientes afectados de lesiones de la red atencional anterior sí consideran que los miembros son suyos, pero piensan que no tienen control sobre ellos. Estos datos apoyan la relación entre el área frontomedial y las impresiones de voluntad y control. Con todo, el hecho de que estos síntomas se recuperen con el paso del tiempo sugiere que han de estar implicadas otras áreas. Goldberg y Bloom (1991) mantienen que las áreas frontales medial y lateral están relacionadas con el control de los movimientos

voluntarios. Así, las lesiones que producen el síntoma de la mano alienada también causan trastornos del habla similares a los que caracterizan a la esquizofrenia y, de hecho, el síndrome de la mano alienada también puede ir acompañado de este trastorno mental.

Por último, los resultados de ciertos estudios han relacionado el trastorno por déficit de atención con un problema específico de la red atencional de vigilancia (Rothlind, Posner y Schaughency, 1991; Swanson, Posner, Potkin, Bonforte, Youpa, Cantwell y Crinella, 1991). Más concretamente, parece que la dificultad de estos niños para mantener la atención se debe a una alteración en el lóbulo frontal derecho que impide el desarrollo normal de un control inhibitorio sobre el cíngulo anterior.

3. Conclusiones

En el presente trabajo hemos conceptualizado la atención como un conjunto de varios subsistemas interconectados anatómicamente y funcionalmente. Estos subsistemas, de acuerdo con Posner, serían la red atencional anterior, localizada anatómicamente en áreas frontales del cerebro y relacionada fundamentalmente con la detección/selección de objetivos, la red atencional de vigilancia, responsable del mantenimiento de la disponibilidad del sujeto para responder y relacionada con la actividad norepinefrinérgica de las entradas al hemisferio derecho desde el tronco cerebral y, por último, la red posterior, vinculada con la orientación viso-espacial de la atención y constituida anatómicamente por áreas del tálamo, los colículos superiores y la corteza parietal posterior.

Como comentábamos al principio de este trabajo, consideramos que esta perspectiva puede dar cuenta satisfactoriamente de una importante cantidad de los aspectos vinculados a la atención durante mucho tiempo como, por ejemplo, la selección de información, la alerta, la orientación, el control y la consciencia. En nuestra opinión, esta aproximación permite considerar de manera conjunta varios de estos aspectos. Así, como hemos visto, la orientación

viso-espacial de la atención (aunque también la orientación a contenidos de memoria) está relacionada con la selección de información y el grado de consciencia de esta información. La relación entre estos aspectos está vinculada de forma especial con las redes atencionales posterior y anterior. En el primer caso, la orientación atencional ligada a la red posterior hace que una parte de la información reciba un procesamiento especial, el cual se manifiesta fenomenológicamente como un grado diferente de consciencia de la información para el sujeto. Tanto es así que cuando existen problemas para orientar la atención a una determinada zona del campo visual, la consciencia de la información situada en el mismo se ve alterada (neglect). En el caso de la relación entre selección y consciencia con la red atencional anterior, hemos puesto de manifiesto cómo la actividad de esta red depende de la cantidad de objetivos que el sujeto debe seleccionar y mantener activos para realizar una tarea. Asimismo, hemos indicado que existe una estrecha relación entre la actividad de esta red y la impresión de esfuerzo y consciencia. Por otra parte, además, la perspectiva de Posner en cuanto a los conceptos de selección, orientación y consciencia también solventa los problemas surgidos al tratar la cuestión de la limitación de capacidad. Claramente, desde esta postura se especifica que el problema de la capacidad se relaciona

con el mecanismo atencional y no con los sistemas de procesamiento de la información. Más concretamente, la capacidad atencional está asociada con el número limitado de objetivos que el sujeto puede mantener activos para realizar una tarea y, por tanto, con la actividad de la red atencional anterior. Además, la cuestión de la capacidad se relaciona directamente con el concepto de automatización y éste directamente con la noción de control. Así, la automatización se va a considerar como un cambio del modo de control de la acción, relacionado inicialmente con la intervención de la red atencional anterior, para vincularse posteriormente a la fuente estimular. Por último, la red atencional de vigilancia puede dar cuenta de la serie de aspectos asociados normalmente con el mantenimiento de la alerta, máxime cuando se demuestra la relación entre esta red atencional con las redes atencionales anterior y posterior.

En definitiva, pues, la perspectiva teórica de Posner permite dar cuenta adecuadamente de aspectos clásicos asociados a la atención. Asimismo, la noción de la atención como un sistema modular ha favorecido el desarrollo de nuevas aproximaciones a la investigación de estos aspectos atencionales, las cuales vienen aplicándose durante los últimos años a otros campos diferentes como, por ejemplo, el de la memoria.

4. Referencias

- Abrams, R. A. y Dobkin, R. S. (1994). Inhibition of return: Effects of attentional cuing on eyes movement latencies. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 467-477.
- Alexander, G. E., DeLong, M. R. y Strick, P. L. (1986). Parallel organization of functionally segregated circuits linking basal ganglia and cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 9, 357-381.
- Allport, A. (1989). Visual attention. En M. I. Posner (Ed.), *Foundations of Cognitive Science*, (pags. 631-682). Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Baddeley, A. (1990). *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Bashinski, H. S. y Bachrach, V. R. (1980). Enhancement of perceptual sensitivity as the result of selectively attending to spatial locations. *Perception and Psychophysics*, 28, 241-248.
- Baylis, G. y Driver, J. (1993). Visual attention and objects: Evidence for hierarchical coding of location. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19, 451-471.
- Berti, A. y Rizzolatti, G. (1992). Visual processing without awareness: Evidence from unilateral neglect. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4, 345-351.
- Bick, P. A. y Kinsbourne, M. (1987). Auditory hallucinations and subvocal speed in schizophrenic patients. *American Journal of Psychiatry*, 144, 222-225.
- Bisiach, E. (1993). Mental representation in unilateral neglect and related disorders: The Twentieth Bartlett Memorial Lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A, 435-462.

- Briand, K. A. y Klein, R. M. (1987). Is Posner's "beam" the same as Treisman's "glue"? On the relation between visual orienting and feature integration theory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 228-241.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and Communication*. New York: Pergamon Press.
- Cave, K. R., y Bichot, N. P. (1999). Visuo-spatial attention: Beyond a spotlight model. *Psychonomic Bulletin & Review*, 6, 204-233.
- Chelazzi, L., Miller, E. K., Duncan, J. y Desimone, R. (1993). A neural basis for visual search in inferior temporal cortex. *Nature*, 363, 345-347.
- Chugani, H. T., Phelps, M. E. y Mazziotta (1987). Positron emission tomography study of human brain functional development. *Annals of Neurology*, 22, 487-497.
- Clark, C. R., Geffen, G. M. y Geffen, L. B. (1989). Catecholamines and the covert orientation of attention in humans. *Neuropsychologia*, 27(2), 131-139.
- Clohessy, A. B. (1993). *Anticipatory eye movement learning in infants and adults using visual cues to predict event locations*. Tesis doctoral no publicada. Universidad de Oregon.
- Clohessy, A. B., Posner, M. I., Rothbart, M. K. y Vecera, S. P. (1991). The development of inhibition of return in early infancy. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3(4), 344-350.
- Cohen, R. M., Semple, W. E., Gross, M., Holcomb, H. J., Dowling, S. M. y Nordahl, T. E. (1988). Functional localization of sustained attention. *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioral Neurobiology*, 1, 3-20.
- Colby, C. L. (1991). The neuroanatomy and neurophysiology of attention. *Journal of Child Neurology*, 6, S90-S118.
- Corbetta, M., Miezin, F. M., Dobmeyer, S., Shulman, G. L. y Petersen, S. E. (1990). Selective attention modulates neural processing of shape, color and velocity in humans. *Science*, 248, 1556-1559.
- Corbetta, M., Miezin, F. M., Dobmeyer, S., Shulman, G. L. y Petersen, S. E. (1991). Selective and divided attention during visual discrimination of shape, color and speed: Functional anatomy by positron emission tomography. *Journal of Neuroscience*, 11, 2383-2402.
- Coslett, H. B. y Saffran, E. (1991). Simultanagnosia: To see but not two see. *Brain*, 113, 1523-1545.
- Crick, F. (1984). Function of the thalamic reticular complex: The search light hypothesis. *Proceedings of the National Academy*, 81, 4586-4590.
- DeRenzi, E. (1982). *Disorders of space exploration and cognition*. New York: Wiley.
- Desimone, R., Wessinger, M., Thomas, L. y Schneider, W. (1990). Attentional control of visual perception: cortical and subcortical mechanisms. Cold Spring Harbor Symposium. *Quantic Biology*, 55, 963-971.
- Deutsch, J. A. y Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.
- Donchin, E. (1984). Report of Panel III: Preparatory processes. En E. Donchin (Ed.), *Cognitive Psychophysiology* (pags. 179-219). 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 and Performance*, 15, 448-456.
- Driver, J. y Halligan, P. W. (1991). Can visual neglect operate in object-centered coordinates? An affirmative single case study. *Cognitive Neuropsychology*, 8, 47-94.
- Duncan, J. (1980). The locus of interference in the perception of simultaneous stimuli. *Psychological Review*, 87, 272-300.
- 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.
- Egely, R., Driver, J. y Rafal, R. (1994). Shifting visual attention between objects and locations: Evidence from normal and parietal lesion subjects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123, 161-172.
- Egely, R., Rafal, R., Driver, J. y Starreveld, Y. (1994). Hemispheric specialization for object-based attention in a split-brain patient. *Psychological Science*, 5, 380-383.
- Enns, J. T. y Cameron, S. (1987). Selective attention in young children: The relations between visual search, filtering and priming. *Journal of Experimental Child Psychology*, 44, 38-63.
- Eriksen, B. A. y Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a non-search task. *Perception and Psychophysics*, 16, 143-149.
- Eriksen, C. W. y St. James, J. D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception and Psychophysics*, 40, 225-240.
- Eriksen, C. W. y Yeh, Y. Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 583-597.
- Eslinger, P. J. y Damasio, A. R. (1985). Severe disturbance of higher cognition after bilateral frontal lobe ablation. *Neurology*, 35, 1731-1741.
- Farah, M. J., Brunn, J. L., Wong, A. B., Wallace, M. A. y Carpenter, P. A. (1990). Frames of reference for allocating attention to space: Evidence from the neglect syndrome. *Neuropsychologia*, 28, 335-347.
- Fischer, B. y Breitmeyer, B. (1987). Mechanisms of visual attention revealed by saccadic eye movements. *Neuropsychologia*, 25, 73-83.
- Fitts, P. M. y Posner, M. I. (1967). *Human Performance*. Belmont, California: Brooks/Cole.
- Friedrich, F. J., Walker, J. y Posner, M. I. (1985). Effects of parietal lesions on visual matching: Implications for reading errors. *Cognitive Neuropsychology*, 2, 253-264.
- Fuentes, L. J., Vivas, A. B. y Humphreys, G. W. (1999). Inhibitory mechanisms of attentional networks: spatial and semantic inhibitory processing. *Journal of Experimental Psychology: Human, Perception & Performance*, 25, 1114-1126.
- Funahashi, S., Chafee, M. V. y Goldman-Rakic, P. (1993). Prefrontal neuronal activity in rhesus monkeys performing a delayed anti-saccade task. *Nature*, 365, 342-345.

- Goldberg, G. (1981). Medial frontal cortex infarction and the alien hand sign. *Neurology*, *38*, 683-686.
- Goldberg, G. y Bloom, K. (1991). The alien hand sign. Localization, lateralization and recovery. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*.
- Goldberg, M. E. y Wurtz, R. H. (1972). Activity of superior colliculus in behaving monkeys II. Effect of attention on neuronal responses. *Journal of Neurophysiology*, *35*, 566-574.
- Goldman-Rakic, P. S. (1987). Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational analysis. En F. Plum y V. Mountcastle (Eds.), Higher cortical function. *American Physiological Society Handbook of Physiology*, *5*, 373-417.
- Goldman-Rakic, P. S. (1988). Topography of Cognition: Parallel distributed networks in primate association cortex. *Annual Review of Neuroscience*, *11*, 137-156
- Hirst, W., Spelke, E., Reaves, C., Chaharac, G. y Neisser, U. (1980). Dividing attention without alternation and automacity. *Journal of Experimental Psychology: General*, *109*, 98-117.
- Hobson, J. A. (1990). Sleep and dreaming. *Journal of Neuroscience*, *10*(2), 371-382.
- Hood, B. (1993). Inhibition of return produced by covert shifts of attention in 6-month old infants. *Infant Behavior and Development*, *16*, 245-254.
- Hood, B. y Atkinson, J. (1991). *Shifting covert attention in infants*. Poster presentado a The Society for Research in Child Development, Seattle, WA.
- Hughes, H. C. y Zimba, L. D. (1985). Spatial maps of directed visual attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *11*, 409-430.
- Humphreys, G. W. y Riddoch, M. J. (1993). Interactive attentional systems in unilateral visual neglect. En I. H. Robertson y J. C. Marshall (Eds.), *Unilateral neglect. Clinical and experimental studies*, (pags. 139-168). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- James, W. (1890). *Principles of Psychology*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Janer, K. W. y Pardo, J. V. (1991). Deficits in selective attention following bilateral anterior cingulotomy. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *3*, 231-241.
- Johnson, M. H. (1990). Cortical maturation and the development of visual attention in early infancy. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *2*, 81-95.
- Johnson, M. H., Posner, M. I. y Rothbart, M. K. (1991). Components of visual orienting in early infancy: contingency learning, anticipatory looking and disengaging. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *3*(4), 335-344.
- Johnson, M. H., Posner, M. I. y Rothbart, M. K. (1994). Facilitation of saccades toward a covertly attended location in early infancy. *Psychological Science*, *5*(2), 90-93.
- Johnson, M. H. y Tucker, L. A. (1996). The development and temporal dynamics of spatial orienting in infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, *63*, 171-188.
- Jonides, J. (1981). Voluntary versus automatic control over the mind's eye. En J. Long y A. Baddeley (Eds.), *Attention and Performance IX*, (pags. 87-207). 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., Smith, E. E., Koeppe, R. A., Awh, E. Minoshima, S. y Mintun, M. A. (1993). Spatial working memory in humans as revealed by P.E.T.. *Nature*, *363*, 623-635.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kaye, D. B. y Ruskin, E. M. (1990). The development of attentional control mechanisms. En J. T. Enns (Ed.), *The Development of Attention: Research and Theory*, (pags. 227-244). Elsevier Science Publishers B. V. (North-Holland).
- Keele, S. W. y Neill, W. T. (1978). Mechanisms of attention. En E. C. Carterette y M. P. Friedman (Eds.), *Handbook of Perception*. Vol 9. (pags. 3-47), New York: Academic Press.
- Klein, R. (1979). Does oculomotor readiness mediate cognitive control of visual attention? *Attention and Performance VII*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum and Associates.
- LaBerge, D. y Brown, V. (1986). Variations in size of the visual field in which targets are presented: An attentional range effect. *Perception & Psychophysics*, *40*, 188-200.
- LaBerge, D. y Brown, V. (1989). Theory of attentional operations in shape identification. *Psychological Review*, *96*, 101-124.
- LaBerge, D. y Samuels, J. (1974). Toward a theory of automatic word processing in reading. *Cognitive Psychology*, *6*, 293-323.
- Ladavas, E. (1987). Is hemispatial deficit produced by right parietal damage associated with retinal or cravitional coordinates?. *Brain*, *110*, 167-180.
- Ladavas, E., del Pesce, M. D. y Provinciali, L. (1989). Unilateral attention deficits and hemispheric asymmetries in the control of visual attention. *Neuropsychologia*, *27*, 353-366.
- Logan, G. D. (1978). Attention in character-classification tasks. Evidence for the automacity of component stages. *Journal of Experimental Psychology: General*, *107*, 32-63.
- Luck, S. J., Chelazzi, L., Hillyard, S. A., y Desimone, R. (1997). Neural mechanisms of spatial selective attention in areas V1, V2 and V4 of macaque visual cortex. *Neurophysiology*, *77*, 24-42.
- Luria, A. R. (1964). Disorders of "simultaneous perception" in a case of bilateral occipitoparietal brain injury. *Brain*, *82*, 437-449.
- Luria, A. R. (1973). *The Working Brain*. New York: Basic Books.
- Mangun, G. R., Hansen, J. C. y Hillyard, S. A. (1986). *The spatial orienting of attention: sensory facilitation or response bias?* (ONR Technical Report SDEPL 001).
- Marcel, A. J. (1983). Conscious and unconscious perception: An approach to the relations between phenomenal experience and perceptual processes. *Cognitive Psychology*, *15*, 238-300.

- 29 Maylor, E. A. (1985). Facilitatory and inhibitory components of orienting in visual space. En M. I. Posner y O. S. Marin (Eds.), *Attention and Performance XI. Mechanisms of attention*, (pags. 189-204). Hillsdale: Erlbaum.
- McGlinchey-Berroth, R., Milberg, W. R., Verfaellie, M., Alexander, M. y Kilduff, P.T. (1993). Semantic processing in the neglected visual field: Evidence from a lexical decision task. *Cognitive Neuropsychology*, 10, 79-108.
- Mirsky, A. F. y Duncan, C. C. (1986). Etiology and expression of schizophrenia: Neurobiological and psychosocial factors. *Annual Review of Psychology*, 37, 291-319.
- Moran, J. y Desimone, R. (1985). Selective attention gates visual processing in the extrastriate cortex. *Science*, 229, 782-784.
- Morrison, J. H. y Foote, S. L. (1986). Noradrenergic and serotonergic innervation of cortical, thalamic and tectal visual structures in Old and New World monkeys. *Journal of Comparative Neurology*, 243, 117-128.
- Moruzzi, G. y Magoun, H. W. (1947). Brain stem reticular formation and activation of the EEG. *EEG Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1, 455-473.
- Motter, B. C. (1993). Focal attention produces spatially selective processing in visual cortical areas V1, V2 and V4 in the presence of competing stimuli. *Journal of Neurophysiology*, 70, 909-919.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive Psychology*. New York: Appleton Century Crofts.
- Nissen, M. J. y Bullemer, P. H. (1987). Attentional requirements of learning: evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19, 1-32.
- Nissen, M. J., Posner, M. I. y Snyder, C. R. R. (1978). *Relationship between attention shifts and saccadic eye movements*. Trabajo presentado a the Psychonomic Society.
- Norman, D. A. y Bobrow, D. G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- Parasuraman, R. y Davies, D. R. (1984). *Varities of attention*. New York: Academic Press.
- Pardo, J. V., Pardo, P. J., Janer, K. W. y Raichle, M. E. (1990). The anterior cingulate cortex mediates processing selection in the stroop attentional conflict paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 87, 256-259.
- Paulesu, E., Frith, C. D. y Frackowiack, R. S. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 363, 342-345.
- Pearson, D. A. y Lane, D. M. (1990). Visual attention movements: A developmental study. *Child Development*, 61, 1779-1795.
- Posner, M. I. (1978). *Chronometrics explorations of mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M. I. (1988). Structures and functions of selective attention. En T. Boll y B. Bryant (Eds.), *Master Lectures in clinical neuropsychology and brain function: Research, measurement and practice*. (pags. 173-202). Washington, DC: American Psychological Association.
- Posner, M. I. (1990). Hierarchical distributed networks in the neuropsychology of selective attention. En A. Caramazza (Ed.), *Cognitive Neuropsychology and Neurolinguistics: Advances in Models of Cognitive Function and Impairment*, (pags. 187-210). New York. Plenum.
- Posner, M. I. (1993). Interactions of arousal and selection in the posterior attention network. En A. Baddeley y L. Weiskrantz (Eds.), *Attention, Selection, Awareness and Control. A tribute to Donald Broadbent*, (pags. 390-405). New York: Oxford University Press.
- Posner, M. I. (1996). Attention in Cognitive Neuroscience: An Overview. En M. S. Gazzaniga. (Ed.), *The Cognitive Neurosciences*. (pags. 615-624). London. MIT. Press.
- Posner, M. I. y Boies, S. J. (1971). Components of attention. *Psychological Review*, 78, 391-408.
- Posner, M. I., Choate, L. S., Rafal, R. D. y Vaughn, J. (1985). Inhibition of return: Neural mechanisms and function. *Cognitive Neuropsychology*, 2, 211-228.
- Posner, M. I. y Cohen, Y. (1984). Components of attention. En H. Bouma y D. Bowhuis (Eds.), *Attention and Performance X*, (pags. 55-66), Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, M. I., Cohen, Y., Choate, L., Hockey, R. y Maylor, E. (1984). Sustained concentration: Passive filtering or active orienting. En S. Kornblum y J. Requin (Eds.), *Preparatory states and processes*, (pags. 49-65). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Posner, M. I., Cohen, Y. y Rafal, R. D. (1982). Neural systems control over spatial orienting. *Philosophical Transactions Royal Society of London. Series B*, 2908, 187-198.
- Posner, M. I., Crippin, P. J., Cohen, A. y Rafal, R. (1986). *Speed of covert orienting of attention and express saccades*. Trabajo presentado a the Psychonomics Society.
- Posner, M. I. y Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends in Neuroscience*, 17(2), 75-79.
- Posner, M. I., Early, T. S., Reiman, C. M. Raichle, M. E. y Spitznagel, E. L. (1987). Left globus pallidus abnormality in never-medicated patients with schizophrenia. *Proceedings of the National Academy*, 84, 561-567.
- Posner, M. I., Early, T. S., Reiman, E., Pardo, P. J. y Dhawan, M. (1988). Asymmetries in hemispheric control of attention in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 45, 814-821.
- Posner, M. I., Inhoff, A. W., Friedrich, F. J. y Cohen, A. (1987). Isolating attentional systems: A cognitive-anatomical analysis. *Psychobiology*, 15, 107-121.
- Posner, M. I. y Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M. I., Petersen, S. E., Fox, P. T. y Raichle, M. E. (1988). Localization of cognitive operations in the human brain. *Science*, 240, 1627-1631.
- Posner, M. I. y Raichle, M. E. (1994). *Images of mind*. New York: Scientific American Library.
- Posner, M. I. y Rothbart, M. K. (1991). Attentional mechanisms and conscious experience. En D. Milner y M. Rugg (Eds.), *The Neuropsychology of Consciousness* (pags. 91-112). New York. Academic Press.

- Posner, M. I. y Rothbart, M. K. (1994). Attentional regulation: From mechanisms to culture. En P. Bertelson, P. Elen y G. D'Ydewalle (Eds.), *International Perspectives on Psychological Science* Vol. 1, (pags. 41-55). Leading Themes. L.E.A.: Hillsdale, NJ.
- Posner, M. I., Sandson, J., Dhawan, M. y Shulman, G. L. (1989). Is word recognition automatic? A cognitive anatomical approach. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1, 50-60.
- Posner, M. I., Snyder, C. R. R. y Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *Journal of Experimental Psychology: General*, 109, 160-174.
- Rafal, R. D. (1996). Visual attention: Converging operations from Neurology and Psychology. En A. F. Kramer, G. H. Coles y G. D. Logan (Eds.), *Converging operations in the study of visual selective attention*, (pags. 139-192). New York: American Psychological Association.
- Rafal, R. D., Calabresi, C. W., Brennan, C. W. y Sciolto, T. K. (1989). Saccade preparation inhibits reorienting to recently attended location, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 673-685.
- Rafal, R. D. y Posner, M. I. (1987). Deficits in visual spatial attention following thalamic lesions. *Proceedings of the National Academy*, 84, 7349-7353.
- Rafal, R. D., Posner, M. I., Friedman, J. H., Inhoff, A. W. y Bernstein, E. (1988). Orienting of visual attention in progressive supranuclear palsy. *Brain*, 111, 267-280.
- Reitman, J. (1971). Mechanisms of forgetting in short term memory. *Cognitive Psychology*, 2, 131-157.
- Remington, R. y Pierce, L. (1984). Moving attention: Evidence for time invariant shifts of visual selective attention. *Perception and Psychophysics*, 35, 393-399.
- Robertson, L. C., Lamb, M. R. y Knight, R. T. (1988). Effects of lesions of the temporal-parietal junction on perceptual and attentional processing in humans, *Journal of Neuroscience*, 8, 3757-3769.
- Rothbart, M. K., Posner, M. I. y Boylan, A. (1990). Regulatory mechanisms in infant development. En J. T. Enns. (Ed.), *The development of attention: Research and theory*, (pags. 47- 65). New York: Elsevier Science Publishers B. V. (North-Holland).
- Rothlind, J., Posner, M. I. y Schaughency, E. (1991). Lateralized control of eye movements in attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Cognitive Neuroscience*,
- Sandson, J., Grosson, B., Posner, M. I., Barco, P. P., Velozo, C. A. y Brobeck, T. C. (1989). Attentional imbalances following head injury. En J. M. Williams y C. J. Long (Eds.), *Cognitive Neuropsychology*. New York: Plenum.
- 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 and Performance*, 5, 522- 526.
- Shulman, G. L. Wilson, J. y Sheehy, J. B. (1985). Spatial determinants of the distribution of attention. *Perception & Psychophysics*, 37(1), 59-65.
- Sieroff, E., Pollatsek, A. y Posner, M. I. (1988). Recognition of visual letters strings following injury to the posterior visual spatial attention systems. *Cognitive Neuropsychology*, 5, 427-449.
- Sieroff, E. y Posner, M. I. (1987). Cueing spatial attention during processing of words and letters strings in normal subjects. *Cognitive Neuropsychology*, 5(4), 451-472.
- Swanson, J. M., Posner, M. I., Potkin, S., Bonforte, S. Youpa, D., Cantwell, D. y Crinella, F. (1991). Activating tasks for the study of visual-spatial attention in ADHD children: a cognitive anatomical approach. *Child Neurology*, 6, S119-S127.
- Tipper, S. P. (1985). The negative priming effect: Inhibitory effects of ignored primes. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37A, 571-590.
- Tipper, S. P., Driver, J. y Weaber, B. (1991). Short report: Object-centred inhibition of return of visual attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43A, 289-298.
- Tipper, S. P., Weaber, 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 and Performance*, 20, 478-499.
- Treisman, A. (1969). Strategies and models of selective attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Treisman, A. (1986). Features and objects in visual processing, *Scientific American*, 255(5), 114-125.
- Treisman, A. y Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Treisman, A. y Schmith, H. (1982). Illusory conjunctions in the perception of objects. *Cognitive Psychology*, 14, 107-141.
- Tsal, Y. (1983). Movements of attention across the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 523-530.
- Tudela, P. (1992). Atención. En J. L. Trespalacios y P. Tudela (Eds.), *Atención y Percepción*. (pags. 119-162). Madrid. Alhambra: Longman.
- Ungerleider, L. G. y Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. En D. J. Ingle, M. A. Goodale y R. J. W. Masnfield (Eds.), *Analysis of visual behavior*, (pags. 540-580). Cambridge, MA.: MIT Press.
- Vecera, S. P., Rothbart, M. K. y Posner, M. I. (1991). Development of spontaneous alternation in infancy. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3, 351-354.
- Vivas, A. B., Fuentes, L. J. y Catena, A. (1996). Mecanismos inhibitorios de la atención visual: La inhibición de retorno. *Revista de la Facultad de Humanidades de la Universidad de Jaén, Vols. IV y V*, 67-84.
- Vogt, B. A., Finch, D. M. y Olson, C. R. (1992). Overview: Functional heterogeneity in cingulate cortex: The anterior executive and posterior evaluative regions. *Cerebral Cortex*, 2(6), 435-443.
- Volpe, B. T., Ledoux, J. E. y Gazzaniga, M. S. (1979). Information processing in an "extinguished" visual field. *Nature*, 282, 722-724.

- Weinberger, D. R. (1986). The pathogenesis of schizophrenia. En H. A. Nasrallah y D. R. Weinberger (Eds), *The neurology of schizophrenia*, (pags. 397-407). New York: Elsevier.
- Weiskrantz, L., Warrington, E. K., Sanders, M. D. y Marshall, J. (1974). Visual capacity in the hemianopic field following a restricted occipital ablation. *Brain*, *97*, 709-728.
- Whitehead, R. (1991). Right hemisphere processing superiority during sustained visual attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *3*, 329-334.
- Wilson, F. A. W., Scaldie, S. P. O. y Goldman-Rakic, P. (1993). Dissociation of object and spatial processing domains in primate prefrontal cortex. *Science*, *260*, 1955-1958.
- Witte, E. A., Gordon-Lickey, M. E. y Marocco, R. T. (1992). Pharmacological depletion of catecholamines modifies covert orienting in rhesus monkeys. *Society Neuroscience Abstracts*, *18*, 537.
- Wolfe, J. K. M., Cave, K. R. y Franzel, S. L. (1989). Guided search: An alternative to the feature integration model for visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*, 419-433.
- Yantis, S. (1992). Multielement visual tracking: Attention and perceptual organization. *Cognitive Psychology*, *24*, 295-341.

(Artículo recibido: 5-12-2000, aceptado: 28-5-2001)

