

VNiVERSiDAD DE SALAMANCA

FACULTAD de PSICOLOGÍA

Departamento de Psicología Básica, Psicobiología

y

Metodología de las Ciencias del Comportamiento



TESIS DOCTORAL

Búsqueda visual y procesamiento de la información perceptiva
en la demencia tipo Alzheimer

Nuno Miguel Rosa Valente Colaço

Salamanca, 2009

Maria Victoria Perea Bartolomé, Dra. en Medicina y Cirugía, especialista en Neurología, Profesora Titular de Universidad, Área de Psicobiología. Departamento de Psicología Básica, Psicobiología y Metodología de las Ciencias del Comportamiento. Facultad de Psicología. Universidad de Salamanca.

Valentina Ladera Fernández, Dra. en Psicología, Profesora Titular de Universidad, Área de Psicobiología. Departamento de Psicología Básica, Psicobiología y Metodología de las Ciencias del Comportamiento. Facultad de Psicología. Universidad de Salamanca.

CERTIFICAN:

Que el presente trabajo, realizado bajo nuestra dirección por D. NUNO MIGUEL ROSA VALENTE COLAÇO, Licenciado en Psicología y alumno del Programa de Doctorado “Neuropsicología Clínica”, titulado: *Búsqueda visual y procesamiento de la información perceptiva en la demencia tipo Alzheimer*, reúne los requisitos necesarios para optar al GRADO DE DOCTOR por la Universidad de Salamanca.

Y para que conste firmamos la presente en Salamanca a dos de septiembre de dos mil nueve

Fdo: Maria Victoria Perea Bartolomé

Fdo.: Valentina Ladera Fernández

Agradecimientos y Reconocimientos

Este largo camino ha nacido porque he heredado de mis padres una necesidad constante de soñar y de descubrir. No existen palabras que puedan expresar mi agradecimiento. Soy porque ellos me han soñado y amado. Soy porque me han creado...

El reconocimiento a la Universidad de Salamanca y a la *Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias*, por el impresionante modelo europeo de formación e investigación.

Agradezco con toda la sinceridad y admiración el tiempo, paciencia y acompañamiento de la Prof. Dra. Maria Victoria Perea Bartolomé y de la Prof. Dra. Valentina Ladera Fernández que con mucha dedicación me han ayudado por el camino de la Neuropsicología. Un viaje inolvidable.

A la Prof. Dra. Lúcia Pais y al Prof. Dr. António Diniz, que siempre han creído en mí y en mis capacidades para llegar aquí, después de un café y de un *chi*²

A la Prof. Isaura Lourenço, que con amistad, me ha empujado hacia esta meta, y con cariño ha guiado mis pasos, y con toda la sabiduría me aconseja siempre en los mejores y peores momentos, incluso en tierras lejanas de África.

Al Prof. Paulo Sargento dos Santos, por la amistad y por su extraordinaria mirada científica sobre el mundo que a lo largo de los años me ha incentivado siempre a saber más y mejor en y por la Psicología.

A la *Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias*, y a sus alumnos. Sin su constante apoyo nada sería posible. Gracias a todos por ayudarme a crecer todos los días.

A las personas de la “Associação dos Doentes de Alzheimer”, “Casa Possidônio Silva”, “Casa Alexandrina Bartolomeu” y “Associação Inválidos do Comercio” por el grande apoyo y contribución. Su entusiasmo me ayudó a seguir adelante.

Finalmente, no puedo terminar sin hablar de mis pilares: A mis hermanos, cuñadas y sobrinos que siempre han respetado los caminos que escogí a lo largo de la vida, y que, con amor incondicional, me han apoyado en mis ausencias y eternos días de estudio.

A mis amigos, que continúan comprendiendo mi larga ausencia en este camino por el color, pero que nunca me han dejado huir, manteniéndome siempre presente. En especial, D^a. Maria Lída y D^a. Luisa Folhadela, por sus atentas y siempre presentes oraciones.

Pai... porque estás siempre.

Mãe...porque amas siempre.

A ti, que eres el color, el aire y la vida todos los días.

ÍNDICE

ÍNDICE	Pág.
Resumen	15
Introducción	19
1. NEUROFISIOLOGÍA DEL PROCESAMIENTO VISUAL	27
2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN PERCEPTIVA	55
2.1. Procesamiento de la percepción del color	62
2.2. Procesamiento de la percepción de la forma	70
2.3. Procesamiento de la percepción de la orientación espacial	74
2.4. Procesamiento de la percepción de la textura	76
2.5. Procesamiento de la percepción del movimiento	82
3. DEMENCIA TIPO ALZHEIMER. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN PERCEPTIVA	91
3.1. Demencia tipo Alzheimer	93
3.2. Características clínicas neuropsicológicas	96
3.3. Criterios diagnosticos	99
3.4. Procesamiento de la información perceptiva en la DTA	103
4. OBJETIVOS Y HIPÓTESIS	113
4.1. Objetivos	115
4.2. Hipótesis	116
5. METODOLOGÍA	119
5.1. Diseño	121
5.2. Participantes	121
5.3. Material	126
<i>5.3.1. Mini-Mental State Examination</i>	126

5.3.2. <i>Short Test of Mental Status</i>	126
5.3.3. <i>Inventario Neuropsiquiatrico</i>	126
5.3.4. <i>Test de Ishihara</i>	127
5.3.5. <i>Escala de Depresión Geriátrica</i>	127
5.3.6. <i>Escala de Evaluación de Demencia</i>	127
5.3.7. <i>Índice de Barthel de Actividades Básicas de la Vida Diaria</i>	128
5.3.8. <i>Escala de Lawton y Brody de las Actividades Instrumentales de la Vida Diaria</i>	128
5.3.9. <i>Escala Clínica de Demencia</i>	129
5.3.10. <i>Escenarios digitales de Treisman</i>	129
5.4. Procedimiento	135
5.5. Análisis estadísticos	139
6. RESULTADOS	141
6.1. Resultados de la valoración cognitiva, conductual y funcional	143
6.2. Resultados de los tiempos de reacción medios para el color, forma, orientación espacial, textura y movimiento	153
6.2.1. <i>Color</i>	153
6.2.2. <i>Forma</i>	155
6.2.3. <i>Orientación espacial</i>	156
6.2.4. <i>Textura</i>	157
6.2.5. <i>Movimiento</i>	159
6.3. Análisis multivariado de medidas repetidas	160
6.3.1. <i>Color</i>	161
6.3.2. <i>Forma</i>	166

<i>6.3.3. Orientación espacial</i>	171
<i>6.3.4. Textura</i>	176
<i>6.3.5. Movimiento</i>	182
7. DISCUSIÓN	189
8. CONCLUSIONES	213
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	223

ÍNDICE DE TABLAS	Pág.
Tabla 1. Principales hallazgos neuropsicológicos en la DTA	98
Tabla 2. Valores Descriptivos: Edad y años	123
Tabla 3. Tipo de Medicación en los pacientes con DTA	125
Tabla 4. Datos descriptivos del MMSE	143
Tabla 5. Datos descriptivos del <i>Short Test of Mental Status</i>	144
Tabla 6. Datos descriptivos de la Escala de Evaluación de Demencia	146
Tabla 7. Datos descriptivos del Inventario Neuropsiquiátrico – frecuencia	147
Tabla 8. Datos descriptivos del Inventario Neuropsiquiátrico – gravedad	148
Tabla 9. Datos descriptivos del Cuestionario de Historia Clínica en la Demencia – funcionamiento diario	149
Tabla 10. Datos descriptivos del Índice de Barthel de Actividades Básicas de la Vida Diaria	150
Tabla 11. Datos descriptivos del Cuestionario de Historia Clínica en la Demencia – expresión verbal	151
Tabla 12. Datos descriptivos del Cuestionario de Historia Clínica en la Demencia – memoria	152
Tabla 13. Datos descriptivos de la Escala Clínica de Demencia	153
Tabla 14. Valores descriptivos de los tiempos de reacción (TR) para “color amarillo”	154
Tabla 15. Valores descriptivos de los TR para “color azul”	154
Tabla 16. Valores descriptivos de los TR para “forma círculo”	155
Tabla 17. Valores descriptivos de los TR para “forma cuadrado”	156

Tabla 18. Valores descriptivos de los TR para “orientación invertida”	156
Tabla 19. Valores descriptivos de los TR para “orientación normal”	157
Tabla 20. Valores descriptivos de los TR para “con textura”	158
Tabla 21. Valores descriptivos de los TR para “sin textura”	158
Tabla 22. Valores descriptivos de los TR para “con movimiento”	159
Tabla 23. Valores descriptivos de los TR para “sin movimiento”	160
Tabla 24. Análisis multivariado con medidas repetidas para “color”	161
Tabla 25. Análisis multivariado con medidas repetidas para “forma”	166
Tabla 26. Análisis multivariado con medidas repetidas para “orientación espacial”	171
Tabla 27. Análisis multivariado con medidas repetidas para “textura”	177
Tabla 28. Análisis multivariado con medidas repetidas para “movimiento”	182

ÍNDICE DE GRÁFICAS	Pág.
Gráfica 1. TR para “número de elementos” y “color amarillo”	161
Gráfica 2. TR para “número de elementos” y “color azul”	162
Gráfica 3. TR para “número de elementos” y “color” en sujetos normales	163
Gráfica 4. TR para “número de elementos” y “color” en sujetos con DTA leve	163
Gráfica 5. TR para “número de elementos” y “color” en sujetos con DTA moderada	164
Gráfica 6. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos normales	165
Gráfica 7. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA leve	165
Gráfica 8. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA moderada	165
Gráfica 9. TR para “número de elementos” y “forma círculo”	167
Gráfica 10. TR para “número de elementos” y “forma cuadrado”	167
Gráfica 11. TR para “número de elementos” y “forma” en sujetos normales	168
Gráfica 12. TR para “número de elementos” y “forma” en sujetos con DTA leve	168
Gráfica 13. TR para “número de elementos” y “forma” en sujetos con DTA moderada	169
Gráfica 14. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos normales	170
Gráfica 15. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA leve	170

Gráfica 16. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA moderada	170
Gráfica 17. TR para “número de elementos” y “orientación normal”	172
Gráfica 18. TR para “número de elementos” y “orientación invertida”	172
Gráfica 19. TR para “número de elementos” y “orientación” en sujetos normales	173
Gráfica 20. TR para “número de elementos” y “orientación” en sujetos con DTA leve	174
Gráfica 21. TR para “número de elementos” y “orientación” en sujetos con DTA moderada	174
Gráfica 22. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos normales	175
Gráfica 23. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA leve	175
Gráfica 24. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA moderada	176
Gráfica 25. TR para “número de elementos” y “con textura”	177
Gráfica 26. TR para “número de elementos” y “sin textura”	178
Gráfica 27. TR para “número de elementos” y “textura” en sujetos normales	179
Gráfica 28. TR para “número de elementos” y “textura” en sujetos con DTA leve	179
Gráfica 29. TR para “número de elementos” y “textura” en sujetos con DTA moderada	179
Gráfica 30. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos normales	180

Gráfica 31. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA leve	181
Gráfica 32. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA moderada	181
Gráfica 33. TR para “número de elementos” y “con movimiento”	183
Gráfica 34. TR para “número de elementos” y “sin movimiento”	183
Gráfica 35. TR para “número de elementos” y “movimiento” en sujetos normales	184
Gráfica 36. TR para “número de elementos” y “movimiento” en sujetos con DTA leve	184
Gráfica 37. TR para “número de elementos” y “movimiento” en sujetos con DTA moderada	185
Gráfica 38. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos normales	186
Gráfica 39. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA leve	186
Gráfica 40. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA moderada	186

ÍNDICE DE FIGURAS	Pág.
Figura 1. Ejemplo de los escenarios digitales para el color Amarillo	130
Figura 2. Ejemplo de los escenarios digitales para el color azul	131
Figura 3. Ejemplo de los escenarios digitales para la forma cuadrado	131
Figura 4. Ejemplo de los escenarios digitales para la forma círculo	131
Figura 5. Ejemplo de los escenarios digitales para la orientación correcta	132
Figura 6. Ejemplo de los escenarios digitales para la orientación espacial	
Invertida	132
Figura 7. Ejemplo de los escenarios digitales para la presencia de textura	132
Figura 8. Ejemplo de los escenarios digitales para la ausencia de textura	133
Figura 9. Ejemplo de los escenarios digitales para la presencia de movimiento	133
Figura 10. Ejemplo de los escenarios digitales para la ausencia de movimiento	133

RESUMEN

Resumen

Al nivel periférico el procesamiento de las características básicas de los estímulos visuales color, forma, orientación espacial, textura y movimiento son procesados modularmente, en paralelo y automáticamente. La demencia tipo Alzheimer (DTA) afecta diferencialmente el procesamiento atencional, con efectos en el procesamiento de la información visual. El objetivo de este trabajo es estudiar si en la búsqueda visual de cinco características básicas de los objetos visuales (color, forma, orientación espacial, textura y movimiento), los tiempos de reacción están significativamente alterados en los estadios iniciales de esta enfermedad, cuando son comparados con los de los sujetos sanos. Han colaborado voluntariamente 30 adultos normales sin deterioro cognitivo ($M=70,27$; edades: 63-76), 30 adultos con diagnóstico de DTA leve ($M= 68,77$; edades; 63-75) y 30 adultos con diagnóstico de DTA moderada ($M= 70,50$; edades; 67-73). Los resultados, en general, confirman que la DTA agrava los efectos del envejecimiento normal sobre la velocidad del procesamiento de la información perceptiva de una cualquiera característica básica. En todas las tareas de búsqueda visual de los sujetos con DTA leve y con DTA moderada, el número de elementos presentes en los escenarios visuales y la ausencia del objetivo en los escenarios visuales con numerosos elementos han activando la atención concentrada que exige un procesamiento serial de la información perceptiva. Se sugiere que en estas situaciones la DTA afecta la búsqueda visual de las características básicas en nivel pre-atencional. Cuando las estrategias ascendentes de nivel pre-atencional están sobrecargadas y se muestran ineficaces, la DTA afecta el acceso a las representaciones semánticas en la activación eficaz de los mecanismos descendentes que permiten la discriminación física de las dimensiones de los estímulos visuales. Se piensa que esto se debe a la pérdida de la comunicación entre las áreas jerárquicas precoces y posteriores, debido a la desconexión

entre las áreas corticocorticales y las áreas corticales de asociación, por lo que el procesamiento de la información visual no mantiene una vía directa de comunicación hacia las áreas visuales de orden superior.

INTRODUCCIÓN

Introducción

La teoría de la integración de multi-estadios en el cerebro visual (*Theory of Multistage Integration in the Visual Brain*) (Bartels, & Zeki, 1998, 2005; Moutoussis, & Zeki, 1997; 1997a; 2000, 2002; Zeki, 1993, 2001, 2002, 2005, 2005a, Zeki, & Bartels, 1988, 1998; Zeki, Hulme, Roulston, & Atiyah, 2008) propone que a nivel precoz del análisis de la información visual, los estímulos provenientes del mecanismo ocular son procesados paralelamente en multi-estadios y por diferentes sistemas modulares. La especialización de cada uno de estos sistemas es una característica de la percepción de la realidad visual debida a la especialización del agrupamiento de neuronas que se responsabiliza de su procesamiento. Se ha propuesto (Zeki, 1993, 2001; 2005a) que existen dos sistemas estratificados: 1 - el sistema parvocelular que procesa la información visual estática y permite la percepción de los detalles, como la forma, el color y el brillo de los objetos (Zeki & Bartels, 1998; Zeki et al, 2008) y procesando “el qué” de los estímulos visuales (Ungerleider, & Mishkin, 1982; Zeki, 1992, 2001); 2 - el sistema magnocelular que procesa el movimiento, permitiendo la percepción estereoscópica y la percepción en profundidad en función de la luz, dando cuenta de la representación de las localizaciones de los objetos y procesando “el donde” de los estímulos visuales (Ungerleider, & Mishkin, 1982; Zeki, 1993, 2001). Las características básicas de los estímulos visuales color, forma, orientación espacial, textura y movimiento son procesados modularmente en paralelo y en automático, utilizando vías independientes que son anatómica y funcionalmente identificables (Albright, 1992; Arsenault, Wilkinson, & Kingdom, 1999; Bartels, & Zeki, 2005; Moutoussis, & Zeki, 1997; 1997a; 2000, 2002; Zeki, 2001, 2002, 2005; Zeki et al., 1991, 2008).

Al nivel funcional, la teoría de integración de características (*Feature Integration Theory*) (Treisman, & Gelade, 1980) en el paradigma de la búsqueda visual (Treisman, 1985, 1993, 2006; Wolfe, 1998, 2001) considera que el sistema perceptivo procesa en paralelo y en automático la información del sistema visual. A nivel pre-atencional y sin la participación del sistema atencional, la búsqueda visual de una característica básica de los objetos visuales (búsqueda visual en “*diyunción*”) (Treisman, 1985, 1993, 2006; Wolfe, 1998, 2001) no se es afectada por el número de características del conjunto presentado al sujeto (Treisman, 1991, 1992a, 1992b, 1998, 2006) ni por la presencia o ausencia de elementos de la misma característica básica buscada (Huang, Treisman, & Pashler, 2007; Treisman, & Souther, 1985). Este sistema de capacidad ilimitada (Treisman, 2006) permite detectar automáticamente una característica básica sin recurrir a la atención, en un tiempo de reacción (TR) muy objetivamente determinado, siendo una señal de buen funcionamiento de las vías paralelas de procesamiento modular de la información perceptiva (Treisman, 1985, 1991, 1993, 1998, 1999; Treisman, Vieira, & Hayes, 1992; Wolfe, 1992, 1998, 2001). Así, la búsqueda visual es una función cognitiva de una gran relevancia ecológica (Rosler et al., 2005; Wolfe, 1998, 2001), que permite al ser humano señalar y identificar automáticamente a nivel pre-atencional una característica de los objetos presente en su campo visual. Las tareas de búsqueda visual pueden revelarse como un de los caminos de acceso privilegiado al estudio de la velocidad del procesamiento de la información perceptiva. Esto permite una evaluación cuantitativa de la eficacia de las funciones neurológicas que están detrás de los mecanismos del sistema pre-atencional evaluando la sincronía neurológica necesaria para una identificación eficaz de los objetos (Bichot, Rossi, & Desimone, 2005).

En el envejecimiento normal si las tareas de búsqueda visual son abruptamente afectadas mas allá del esperado (Davis, Fujawa, & Shikano, 2002), es porque existe un efecto diferencial en el procesamiento de esa característica básica (Perry, & Hodges, 1999). La alteración permite detectar cualquier condición que produzca un daño a lo largo de un área significativa del campo visual o a nivel de los sustratos anatómicos subyacentes del sistema visual por lo que las tareas de búsqueda visual se pueden utilizar como indicador de deterioro cognitivo (Loughman, Davidson, & Flitcroft, 2007) y han sido ampliamente utilizadas en diferentes poblaciones clínicas (Foster, Behrmann, & Stuss, 1999).

En la demencia tipo Alzheimer (DTA) la velocidad del procesamiento de la información perceptiva esta lentificada desde los primeros estadios de la enfermedad (Doyle, Sahu, & Hong, 2002; Perry, & Hodges, 1999; Perry, Watson, & Hodges, 2000; Rosler, et al., 2005), afectando a la eficacia del análisis visual. Se considera que el TR es un indicador sensible a las variaciones de la atención y, por lo tanto, tiene un papel importante en el diagnóstico y monitorización del avance de esta enfermedad (Baddeley, Baddeley, Bucks, & Wilcock, 2001).

Los datos disponibles (Foldi et al., 2005) señalan que los pacientes con DTA necesitan más tiempo para discriminar físicamente el medio ambiente ya que carecen de estrategias de búsqueda visual y no utilizan la información descendente, por deterioro o incapacidad para evocar las representaciones semánticas (Glosser, Friedman, Grunau, Lee, & Grossman, 1989), focalizándose en estrategias ascendentes (Fernandez, Kavacic, & Duffy, 2007).

Si la búsqueda visual de una característica básica no permite que esta “resalte a la vista” (*pop out*), la detección exigirá una búsqueda visual serial (Treisman, 1985, 1993, 2006; Treisman, & Gelade, 1980; Wolfe, 1998, 2001) focalizando la atención en

cada una de las partes de la imagen, aumentando significativamente el TR (Loughman et al., 2007). No se han encontrado estudios recientes sobre el efecto del deterioro cognitivo de la DTA en el sistema atencional (Foster et al., 1999), y no es claro cual el efecto del deterioro cognitivo resultante de esta enfermedad en la velocidad del procesamiento funcional pre-atencional de la información proveniente de los diferentes sistemas modulares del análisis visual de cada una de las características básicas (Baddeley, Baddeley, Bucks, & Wilcock, 2001; Foster et al., 1999).

Con estos datos, la Neuropsicología Clínica podrá encontrar en los TR del procesamiento pre-atencional de la información perceptiva, evaluados a través de tareas de búsqueda visual, un marcador cognitivo fiable para utilizar en el diagnóstico precoz de la DTA (Foster et al., 1999). Será posible, entonces, intervenir precozmente frente al aumento de riesgo de accidentes que son provocados por los déficit del funcionamiento atencional en la DTA (Parasuraman, & Haxby, 1993). Es importante el estudio del efecto del deterioro cognitivo que existe en la DTA en la velocidad de la búsqueda visual en “*diyunción*” de las características básicas con la finalidad de conocer el grado de deterioro y en que nivel se encuentra la capacidad de procesamiento de la información perceptiva en esta enfermedad. Así se podrá evaluar el nivel y grado de degradación del sistema perceptivo pre-atencional y la capacidad del sujeto para adaptarse automáticamente a su alrededor y integrarse de manera adecuada en su vida cotidiana.

En este trabajo pretendemos estudiar la velocidad del procesamiento de la información perceptiva en la DTA. Estudiaremos el TR en tareas de búsqueda visual de cinco características básicas y modulares de la percepción - color, forma, orientación espacial, textura y movimiento - en sujetos sanos y en sujetos con DTA leve y con DTA

moderada. Analizaremos también la diferencia del TR de sujetos con DTA leve y DTA moderada en tareas de búsqueda visual de las características básicas anteriores.

Para cumplir el objetivo de este trabajo lo hemos estructurado en los siguientes apartados:

1. **Neurofisiología del procesamiento visual**, se describe la anatomía y funcionamiento del sistema visual.
2. **Procesamiento de la percepción visual**, se presenta el funcionamiento del procesamiento perceptivo, a nivel funcional, de cinco características básicas de los objetos visuales.
3. **Demencia tipo alzheimer. Procesamiento de la información perceptiva** donde, por un lado, se define la enfermedad, y por otro, se revisan los datos de las investigaciones sobre la percepción y la DTA.
4. **Objetivos y Hipótesis** planteados en este trabajo.
5. **Metodología** que incluye el diseño, los participantes, el material, el procedimiento y justificación del tipo de análisis estadístico realizado.
6. **Resultados**, se presentan los resultados obtenidos.
7. **Discusión**, se lleva a cabo un análisis y discusión de los resultados obtenidos en este trabajo, comparandoles con otras investigaciones científicas realizadas en este campo.
8. **Conclusiones**.
9. **Referencias bibliográficas**.

1. NEUROFISIOLOGÍA
DEL
PROCESAMIENTO VISUAL

1. Neurofisiología del procesamiento visual

El ojo humano es el órgano especializado en captar luz y procesar los primeros estadios del procesamiento de la información visual (Bear, Connors, & Paradiso, 2002; Cohen, 1992; Kolb, 2003; Martin, 1998). Esta compuesto por: la pupila, que permite que la luz entre en el ojo y alcance la retina; el iris, músculo circular que controla el tamaño de la pupila; la córnea, superficie externa transparente y vítrea del ojo que recubre la pupila y el iris; el humor acuoso, líquido que nutre la cornea; los músculos extraoculares, que mueven el globo ocular en la orbita ósea del cráneo; el nervio óptico, que transporta axones desde la retina hasta la base de cerebro (Bear, et al., 2002; Burr, & Ross, 2004; Chubb, Olzak, & Derrington, 2001; Dowling, 1998; Kolb, 2003; Martin, 1998).

Oftalmológicamente, el ojo está constituido por: la fovea, hendidura donde se enfocan los estímulos visuales y donde los estímulos son recibidos de forma óptica; la macula, parte central de la retina, necesaria para la visión central; la retina, que es el lugar donde se proyecta la luz y donde se encuentran los fotorreceptores (Kolb, 2003).

Morfológicamente, el ojo está compuesto por tres membranas que, de exterior a interior, son: la túnica fibrosa (externa, resistente, y donde se insertan los músculos extrínsecos); la túnica vascular o úvea (media, pigmentada y vascular, incluye el iris, el cuerpo ciliar y la coroides); la túnica nerviosa (más interna, y corresponde a la retina, y cubre la superficie interna de la cara posterior del ojo) (Bear et al., 2002; Burr, & Ross, 2004; Chubb et al., 2001; Dowling, 1998; Kolb, 2003; Martin, 1998).

La retina se compone macroscópicamente por:

1 - La capa externa: epitelio pigmentado, que es cúbico, con núcleo ovalado, con gránulos de melanina en su citoplasma, con micro vellosidades que albergan la porción externa de los conos y bastones con la ayuda de una matriz de glicosaminoglicano. Es la lámina que suministra nutrición a la retina nerviosa, protege los fotorreceptores retinianos de niveles de luz potencialmente dañinos y mantiene la anatomía de los receptores por fagocitosis. Sus funciones son la nutrición, absorción de los rayos luminosos erráticos y fagocitosos de los segmentos internos que se van liberando de los fotorreceptores.

2 - La retina neural: es responsable de la recepción luminosa y de la elaboración del estímulo. Esta anclada a nivel de la papila (unión de fibras nerviosas retinianas) y a nivel de la ora serrata (Bear et al., 2002; Burr, & Ross, 2004; Dowling, 1998; Kolb, 2003).

Microscópicamente, la retina posee diez capas: 1 - epitelio pigmentario; 2 - capa de conos y bastones (segmentos internos y externos de los fotorreceptores); 3 - capa limitante externa (zona apical de las células de Muller); 4 - capa nuclear externa (cuerpos y núcleos de conos y bastones); 5 - capa plexiforme externa (zona de sinapsis entre fotorreceptores y células bipolares, y contienen células horizontales); 6 - capa nuclear interna (formada por los núcleos de las células bipolares, horizontales, amacrinas y de Müller); 7 - capa plexiforme interna (capa multisináptica, formada por las conexiones entre células bipolares, ganglionares y amacrinas, y células interplexiformes, encargadas de la unidireccionalidad del impulso entre la capa plexiforme externa y la capa interna); 8 - capa de células ganglionares (los núcleos); 9 - capa de fibras nerviosas (axones de las células ganglionares que formarán el nervio

óptico); 10 - capa limitante interna (límite basal de las células de Muller) (Chubb et al., 2001; Cohen, 1992; Wandell, 1995).

La retina contiene dos tipos de fotorreceptores, los bastones y los conos, siendo las únicas células sensibles a la luz, y la captan y la transforman por reacciones químicas en impulsos eléctricos (Kolb, 2003).

Los bastones son células alargadas perpendiculares a la retina y tienen un segmento externo, un segmento interno, una región nuclear y una región sináptica (Dowling, 1998; Martin, 1998; Wandell, 1995). Se encuentran distribuidos por toda la retina más o menos homogéneamente. Están especializados en percibir la luz tenue y no pueden mediar señales de luz brillante ni detectar colores. Se saturan muy rápido a la luminosidad por poseer mayor número de discos y fotopigmento, por lo que son especialmente útiles para la visión nocturna (Bear et al., 2002; Burr, & Ross, 2004).

Los conos son otro tipo de fotorreceptores existentes en la retina y tienen los mismos componentes morfológicos. Funcionan de manera similar a los bastones, pero producen mayor agudeza visual. Se encuentran sobre todo en el centro de la retina, en la zona de la mácula, con pocos en la parte periférica (Kolb, Nelson, & Marinai, 1981). Cada cono está conectado a una sola célula y transmite información a una sola neurona, lo que hace que la información recibida sea muy precisa (Dowling, 1998; Martin, 1998). Están preparados para la visión diurna, o fotópica, y son especializados en recibir luz brillante y el color.

Ambos fotorreceptores se forman por un segmento interno, donde se alojan los organelos, mientras que el cuerpo contiene al núcleo. Poseen también una prolongación interna que puede ser en esférula (bastones) o pedicelo (conos) (Bear et al., 2002).

Tienen también un segmento externo encargado de la transducción de los fotones. El segmento externo de los bastones se forma por pliegues de la membrana celular, que forman discos continuos de forma apilada. Aquí se ubica la opsina y las moléculas de rodopsina, que tienen un rol fundamental en la transducción de la señal. En los conos, estos discos no son continuos, pero están envueltos por la membrana plasmática.

El segmento interno de los bastones y de los conos se divide en una parte elipsoide (con mitocondrias y RER) y en otra mioide (con los demás organelos) (Burr, & Ross, 2004; Chubb et al., 2001; Kolb, 2003).

Los fotones de luz tienen que pasar por toda la retina para excitar sus pigmentos y ser retenidos a su vez por el pigmento de los fotorreceptores. Esto impide que se reflejen y no estimulen nuevamente a los fotorreceptores (Dowling, 1998; Wandell, 1995). Si no fuera así, la luz podría rebotar en proteínas u otras estructuras y volver a estimularlos, y como resultado daría una visión borrosa de los objetos (Kolb, 2003; Martin, 1998).

El principio de la fototransducción es el mismo en todos los fotorreceptores. La diferencia radica en el tipo de proteína que estas células presentan, lo que les permite sintonizar el pigmento con una cierta longitud de onda de luz. El bastón y el cono tienen en su estructura una serie de membranas que están desprendidas de la membrana plasmática. Forman una serie de saquitos y en cada uno de estos está incluida la rodopsina, que es la proteína que es capaz de unir el pigmento que corresponde al retinal (11-cis retinal, derivado de la vitamina A), y que está ligada a una cascada de transducción en la cual interviene la proteína G (cascada de la proteína G, transducina). La rodopsina tiene un amino terminal, el extremo carboxilo terminal, y en uno de los dominios transmembrana se localizan los aminoácidos a los cuales se une el

retinal. Este posee un *loop* el cual tiene un rol importante en el proceso de activación de la proteína G.

Las opsinas, a su vez, tienen las mismas estructuras generales, variando únicamente en la secuencia aminoacídica a la cual se une el retinal. Algo importante de destacar es que esta variación permite establecer diferentes tipos de enlace entre este retinal y la opsina, siendo estos enlaces los encargados de otorgar distinta "sintonía" de longitudes de onda al retinal (Bear et al., 2002; Burr, & Ross, 2004; Chubb et al., 2001; Cohen, 1992).

El retinal es hidrofóbico (debido a doble enlaces y al CH₃ que le entregan cargas nulas) y por lo tanto tiene cierta facilidad en atravesar las membranas (Kolb, 2003). Así puede unirse a la sección correspondiente de la rodopsina (Dowling, 1998). Lo que sucede en el momento de llegar la luz es que se produce una isomerización del 11-cis retinal el cual cambia el todo-transretinal. Esta isomerización requiere energía la cual es aportada por la luz. Ahora, esta isomerización del retinal causa un cambio conformacional en la proteína (rodopsina) que le permite relacionarse con la subunidad alfa de la transducina (proteína G hetero-trimérica). El todo-transretinal, a través de enzimas y transportadores, se suelta de la rodopsina y al hacerlo es llevado al epitelio pigmentado donde es transformado nuevamente en 11-cis retinal y devuelto al bastón (función del epitelio pigmentado) (Chubb et al., 2001; Chubb, & Yellott, 2000). Siguiendo la fototransducción, la rodopsina activada cambia a su estado final llamado metarrodopsina II (con todo-transretinal). Esta se une a la transducina la cual posee distintas funciones en sus hetero dímeros (Burr, & Ross, 2004; Wandell, 1995).

Con luz sostenida existe una hiperpolarización rápida que posteriormente se recupera (adaptación a la luz) (Bear et al., 2002; Burr, & Ross, 2004; Chubb et al.,

2001; Cohen, 1992). El calcio que también está activando a una enzima llamada recoverina, va a activar a la rodopsina quinasa la cual fosforila a la rodopsina y hace que se separe de la transducina (Kolb, 2003; Martin, 1998). Esta activación es muy breve y sobre un solo fotón, ya que si no fuera así se percibiría un efecto constante en la transmisión de la información (Bear et al., 2002; Burr, & Ross, 2004; Chubb et al., 2001; Cohen, 1992).

La cascada genera una hiperpolarización en el fotorreceptor mediante la disminución de una corriente de sodio por cierre de un canal regulado por GMPc (Kolb, 2003). Esta hiperpolarización produce, a su vez, una disminución de la liberación del neurotransmisor desde los fotorreceptores hacia las neuronas bipolares. Con esto se logra que en la oscuridad haya menos ruido y que sea un sistema sensible que pueda fácilmente adaptarse.

Cada bastón y cono tiene la capacidad de unirse con dos células bipolares, ambas distintas debido a los receptores que poseen. Unas son estimuladoras (*on*) con receptores ionotrópicos y que continúan con la polaridad del fotorreceptor. Las otras tienen metabotrópicos que las convierte en inhibitorias (*off*) y que no continúan con la polaridad del fotorreceptor (D’Zmura, & Lennie, 1986; Wandell, 1995). La comunicación entre los fotorreceptores y las células bipolares excitatorias se hace a través del glutamato, el cual causa una despolarización constante en estas últimas (debido al receptor ionotrópico). Cuando se hiperpolariza, el fotorreceptor deja de internar calcio y no se suelta el neurotransmisor, lo que causa la hiperpolarización en la célula bipolar. En el caso de las células inhibitorias es lo contrario, pese a que también la comunicación se realiza a través del glutamato, el efecto de este sobre el receptor metabotrópico es distinto puesto que este abre canales de potasio con lo cual logra la

hiperpolarización, o sea que en la oscuridad se encuentran. Así y cuando llega la luz deja de secretarse glutamato y estas células bipolares inhibitorias se despolarizan (D'Zmura, & Lennie, 1986; Kolb, 2003; Wandell, 1995).

Las propiedades de cada célula retiniana dependen del procesamiento de la información que pasa a través de las neuronas entre el fotorreceptor y la célula retiniana en cuestión (Kolb, 2003). El procesamiento simple de activación de la información de los conos y de los bastones, es llevado a cabo por células de segunda orden (Malach et al., 1995). Estas células son de tres tipos: horizontales, bipolares y amacrinas (Kolb et al., 1981; Wandell, 1995).

Las células horizontales constan de un soma y sus dendritas asociadas, y un axón que es paralelo al plano de la retina hacia fotorreceptores cercanos y distantes. Tienen campos receptivos circulares simples y emiten señales inhibitorias. Tienen también la capacidad de acentuar el borde de un campo receptor por medio de la inhibición de los fotorreceptores circundantes.

Las células bipolares, que pueden ser de conos (más en la retina central) y de bastones (más en la periferia retiniana), tienen un campo receptivo antagónico entre el centro y la periferia, que permite la comparación de la actividad de cada región del campo visual con aquellas más próximas. Pueden ser de dos tipos: las "on" (despolarizantes y que responden a un estímulo luminoso en el centro del campo receptivo) y las "off" (hiperpolarizantes y tienen una respuesta contraria en el centro). Las células bipolares pueden conservar la señal cuando las respuestas eléctricas del fotorreceptor y la célula bipolar son las mismas (hiperpolarización lleva a hiperpolarización, y despolarización lleva a despolarización) o inversoras de señal, cuando la respuesta eléctrica se invierte (hiperpolarización lleva a despolarización y viceversa).

Finalmente, las células amacrinas, que tienen un soma pequeño, carecen de axón evidente y con pocas dendritas y muy ramificadas. Señalan positivamente los cambios de las alteraciones en la receptividad de luz. Sus neurotransmisores permiten recorrer grandes distancias recogiendo datos y modificando la información proveniente de las células bipolares (Kolb et al., 1981; Malach et al., 1995; Wandell, 1995).

Un estímulo que ha sido percibido incide sobre un área circunscrita en la superficie receptora. Esta corresponde al campo receptivo determinado por las prolongaciones dendríticas de un receptor o por una neurona sensorial primaria (Freeman, Ohzawa, & Wlaker, 2001; Walker, Ohzawa, & Freedman, 2000). El tamaño del campo es importante para determinar el nivel de resolución que alcanza la superficie receptora del sistema visual. Por ejemplo un menor tamaño del campo receptivo permite una mayor resolución, en este caso, mayor agudeza visual (Freeman et al., 2001).

En el sistema visual la superficie receptora corresponde a la retina. Si se estimula un determinado punto sobre ella y se produce una respuesta de una neurona aferente, entonces ese punto está dentro de un campo receptivo (Dowling, 1998; Kolb, 2003). Este campo, al igual que en todos los sistemas sensoriales, posee una localización definida ocupando una posición exacta en el mundo visual (Freeman et al., 2001). Los campos receptivos del sistema visual son más o menos circulares y antagónicos (Kolb, 2003). Esto último se debe a que en las primeras etapas del procesamiento de la información visual, los campos tienen una organización centro-periferia concéntrica. Los estímulos que caen sobre la periferia del campo producen una respuesta contraria a la respuesta del centro al ser estimulado (Walker et al., 2000). Las propiedades de cada campo receptivo dependen del procesamiento de la información que pasa entre los fotorreceptores y las otras células de la vía visual.

Las primeras neuronas que poseen esta conformación son las células bipolares (Kolb et al., 1981; Malach et al., 1995). Según su respuesta funcional las células bipolares de centro "*on*" o "*despolarizantes*" se despolarizan como respuesta un estímulo luminoso en el centro del campo. Por otra parte, las células bipolares de centro "*off*" o "*hiperpolarizantes*" responden contrariamente ante una estimulación de su centro. Cabe recordar que los fotorreceptores tiene una despolarización tónica en la oscuridad y se hiperpolarizan al ser estimulados por los fotones. Esta hiperpolarización reduce la liberación tónica del glutamato hacia el espacio presináptico. Este hecho origina que una célula bipolar de centro "*on*" que sinapta salga de su estado hiperpolarizado (producido por receptores del glutamato inhibitorios) y se despolarice (Kolb et al, 1981).

Estas células bipolares contribuyen a formar una vía directa para la información visual. Además, son las encargadas de detectar los bordes de los campos receptivos junto con las células horizontales (Malach et al., 1995; Wandell, 1995). Estas sinaptan glutamatérgicamente con los fotorreceptores cercanos o lejanos mediando las aferencias antagónicas de la periferia del campo receptivo (Kolb, 2003). Los axones de estas células se disponen paralelos a la retina y forman contacto gabaérgicos inhibitorios con las fotorreceptores adyacentes al campo, estableciendo la periferia y acentuando los bordes. Al igual que las células bipolares (Kolb et al., 1981), las células ganglionares tienen campos receptivos del tipo centro periferia, siendo este campo receptivo el área de la retina que una célula ganglionar controla y proyecta hacia los centros superiores (Wandell, 1995).

Los campos receptivos de centro "*on*" y de centro "*off*" de las células bipolares están en proporciones muy similares constituyendo, de este modo, dos vías paralelas de

la información visual (Bear et al., 2002; Burr, & Ross, 2004; Chubb, & Yellott, 2000; Chubb et al., 2001; Cohen, 1992). Estas vías también son directas ya que una célula bipolar de tipo "on" u "off" hace sinapsis con una célula ganglionar del mismo tipo. Aunque las respuestas de las células ganglionares dependen de las aferencias directas de las células bipolares, también están moduladas por las células amacrinas (Kolb, 2003). Estas median las aferencias de las células bipolares en la periferia del campo de la célula ganglionar, tienen actividad gabaérgica (-) y de acetilcolina (+), o de glicina (-) y neuropéptido (+), funcionando parecido a las células horizontales (Chubb et al., 2001).

Los campos receptivos de las células bipolares responden mejor a estímulos que caen en todo el centro, o bien, en toda la periferia. La menor respuesta se produce ante una estimulación difusa que active tanto el centro como la periferia (Freeman et al., 2001; Walker et al., 2000). Por lo tanto estos campos receptivos informan mejor cuando la intensidad de luz y el centro son muy distintas (Kolb, 2003). Las células ganglionares informan mejor sobre el contraste de la entrada visual más que de la intensidad absoluta, y detectan la información útil de la escena visual. Además, las células de centro "on" que presentan una tasa de respuesta baja ante una iluminación baja, responden con descargas rápidas frente a un aumento de la iluminación en el centro (Levitt, & Lund, 1997). Para una disminución rápida en la iluminación existen las células ganglionares de centro "off" (Burr, & Ross, 2004; DeMonasterio, & Gouras, 1975; Garway-Heath, Caprioli, Fitzke, & Hitchings, 2000; Li, 2000; Merigan, & Eskin, 1986; Schofield, & Georgeson, 1999).

Estas características de contraste y cambios rápidos en la iluminación son captadas en los campos receptivos de las células ganglionares de gran tamaño y que se ubican fundamentalmente en la retina periférica (Burr, & Ross, 2004; Garway-Heath et

al., 2000; Li, 2000; Merigan, & Eskin, 1986). Reciben aferencias de los bastones a través de sus células bipolares y conforman campos grandes debido al fenómeno de convergencia que resulta de la relación entre fotorreceptores y células ganglionares (Burr, & Ross, 2004; Curcio, & Allen, 1990).

Por otro lado, existe otro tipo de células ganglionares, las células bi-estratificadas, que conectan principalmente a las células bipolares de los conos ubicados en la retina central. Controlan campos receptivos pequeños debido a sus árboles dendríticos reducidos (Freeman et al., 2001). Responden a estímulos de color, es decir, son selectivas de longitud de onda en forma centro-periferia. Mientras el centro responde a un color, la periferia responde sobretodo al color opuesto (Walker et al., 2000). Además, por el tamaño reducido de sus campos permite la capacidad para distinguir los detalles del campo visual y definir la forma de los objetos (Garway-Heath et al., 2000; Li, 2000; Merigan, & Eskin, 1986).

Las señales activan, posteriormente, las células ganglionares, que son células nerviosas de tercera orden, con canales de sodio que permiten los potenciales de acción para el transporte de la información de la retina (Burr, & Ross, 2004; DeMonasterio, & Gouras, 1975; Garway-Heath et al., 2000; Li, 2000; Merigan, & Eskin, 1986). Son las únicas células retinianas que se proyectan desde el ojo hacia la corteza visual primaria (Burr, & Ross, 2004). Tienen los somas en la lámina ganglionar y los axones convergiendo hacia la papila óptica (Li, 2000). Constituyen el nervio óptico y se agrupan según el tamaño y según el papel fisiológico. Así, existen tres principales grupos de estas células:

(1) Las células parvo (P) (Burr, & Ross, 2004), más frecuentes en la fovea, tienen campos receptivos centro-periferia y reciben señales de las células bipolares. Con

tamaño celular y axonal pequeño, implican una velocidad de conductividad menor y un campo dendrítico de una dimensión constante a todas las excentricidades respecto a la fovea. Son sensibles a la información espacial y a los colores.

(2) Las células magno (M) (Silveria, & Perry, 1991), son mayores y más frecuentes en la periferia de la retina y reciben las señales de las células amacrinas. Tienen campos receptivos grandes, que se superponen, y axones anchos. El mayor campo dendrítico aumenta con la excentricidad retiniana y su densidad es menor hacia la periferia, y la forma dispersa de este campo permite recibir información convergente de áreas de la retina mucho más amplias que las abarcadas por las células parvo. Son sensibles a la información temporal y al movimiento.

(3) Un tercer tipo de células, las células conio (K) Hendry, & Claid-Reid, 2000), ha sido recientemente descubierto, aunque se siga discutiendo al respecto y su función no ha sido completamente demostrado (Casagrande, Yazar, Jones, & Ding, 2007; Hendry, & Claide-Reid, 2000; Lachica, & Casagrande, 1992, 1993). Son células ganglionares bi-estratificadas, no M y no P, con cuerpos celulares pequeños y escasas dendritas (Dacey, & Lee, 1994). Reciben información de células bipolares difusas y tienen campos receptivos grandes - con centros “*on-off*” - respuesta lenta y axones de conducción también lenta, y son muy sensibles a la información cromática.

Otros autores defienden que la retina contiene células ganglionares que deben ser clasificadas fisiológicamente en función del área de proyección, tamaño y función (Martin, 1998). Las células ganglionares retinales Y reaccionan a la presentación visual de objetos grandes y en movimiento, y participan en el análisis de formas simples (Demb, Zaghoul, & Sterling, 2001). Las células ganglionares retinales X responden mejor a objetos pequeños y están relacionadas con el análisis detallado de los escenarios visuales (Kaplan, & Shapley, 1982). Las células ganglionares retinales Y se proyectan

hacia la lámina magnocelular, mientras las células ganglionares retinales X se proyectan hacia la lámina parvocelular (Kaplan, & Shapley, 1982; Martin, 1998)¹. También en este punto de vista, se describe un tercer tipo de células, las células W, que no son ni Y ni X, y son células que se proyectan hacia las zonas intermedias de las láminas magno y parvo del cuerpo geniculado lateral (CGL), y responden al color de los objetos. Estas vías de información se proyectan, a su vez, hacia la corteza visual primaria².

Las células de la retina, mielanizadas en el disco óptico, por detrás del ojo, que se juntan a los axones de las células ganglionares convergen en la papila óptica, perforan la corioide y la esclerótica, formando el nervio óptico (Burr, & Ross, 2004; Solomon, Withe, & Martin, 1990; White, Wilder, Goodchild, Stefton, & Martin, 1998). Este va desde la parte posterior del ojo hasta el quiasma óptico, donde se reúne con el otro nervio óptico. Se bifurcan las cintillas ópticas para seguir su trayecto caudal. En el quiasma, las fibras que vienen de la hemiretina nasal se cruzan para entrar en la cintilla óptica contralateral, mientras que las fibras de la mitad temporal siguen por el mismo lado y entran en la cintilla ipsilateral, por lo que se produce una decusación parcial (Solomon et al., 1990; White et al., 1998). Este cruce parcial hace que a partir del quiasma se unifique la información del campo visual del contrario en la cintilla óptica que, por su vez, termina en el CGL, donde las neuronas postsinápticas transmiten la información a la corteza visual (el área V1, o área 17 de Broadman) (Burr, & Ross, 2004; Solomon et al., 1990; White et al., 1998). El CGL es el lugar principal de

¹ En las conexiones entre las áreas visuales existe una conexión de una área de nivel bajo hacia un área elevada, donde las señales serán combinadas. Pero también existe una proyección de retroalimentación, hacia tras, desde el nivel más elevado, de integración, hacia el nivel más precoz, modulando los *input* excitatorios y supresores de este nivel (Hupe et al., 1998; van Essen, 1990). Así, no solo se obtienen las transformaciones de simples representaciones de las áreas visuales posteriores en representaciones complejas de las áreas visuales anteriores, también existen las conexiones anteriores para posteriores que procesan la percepción de contornos complejos (Kastner et al., 2000; Wolfe, 1998).

² Algunas de las células Y se proyectan hacia el colículo superior. Como el CGL, esta estructura también tiene muchas láminas celulares que reciben señales de la retina, y su función principal es la de orientar la cabeza y los ojos hacia el estímulo visual, así como controlar el movimiento rápido de los ojos (Martin, 1998).

terminación de la información de las aferencias sinápticas procedentes de las células ganglionares retinales.

La información recibida no se altera significativamente gracias a la conservación de la organización circular, concéntrica y antagónica (CCA) de los campos receptivos. Cada neurona geniculada recibe información de unas pocas células ganglionares y, además, cada una puede ser "*on*" u "*off*" (Freeman et al., 2001; Walker et al., 2000). Así, se mantiene la separación de las vías paralelas, constituyéndose una vía magnocelular, una vía parvocelular y una vía coniocelular.

El CGL tiene seis láminas celulares (Burr, & Ross, 2004; Solomon et al., 1990; White et al., 1998) separadas por axones y dendritas, donde cada lámina recibe las proyecciones de la cintilla óptica. La hemiretina nasal contralateral se proyecta hacia las láminas 1 (magno), 4 y 6 (parvo), mientras la hemiretina temporal ipsilateral se proyecta hacia las láminas 2 (magno), 3 y 5 (parvo). Las láminas 1 y 2 (las más ventrales) constituyen la porción magnocelular (de células largas) y reciben las proyecciones de las células magno de la retina (Rossi, Desimone, & Ungerleider, 2001; Schofield, & Georgeson, 2000; Schiller, Logothetis, & Charles, 1991; VanEssen, 1990; Wassle, 1999; Wenderoth, Watson, Egan, Tochon, & O'Keef, 1999). Las láminas 3 y 6 (las más dorsales) constituyen la porción parvocelular (de células pequeñas) y reciben las proyecciones de las células parvo de la retina (Rossi et al., 2001; Schiller, Logothetis, & Charles, 1990; Schofield, & Georgeson, 1999, 2000; VanEssen, 1990; Wassle, 1999; Wenderoth et al., 1999). Las células conio terminan en células pequeñas esparcidas en las láminas principales, y se supone que deben proyectarse a las zonas intermedias de las láminas magno y parvo, correspondiendo al sistema coniocelular (Casagrande et al., 2007; Hendry, & Claid-Reid, 2000).

Las conexiones en el CGL se establecen de manera que en cada lámina existe una representación detallada “punto a punto” de la información recogida en la retina, y las seis láminas tienen una misma orientación, por lo que al largo de un segmento perpendicular a la superficie del CGL, los campos receptivos de las células de cada lámina son idénticos (Burr, & Ross, 2004; Solomon et al., 1990; White et al., 1998).

La transmisión de los señales de información de las células ganglionares es recibida por las células de relevo del CGL y enviada por sus axones, como en un haz de fibras mielínicas – las radiaciones ópticas - hacia la corteza visual primaria ipsolateral. Esta vía geniculoestriada, tiene dos haces: uno originado en la porción dorsomedial del CGL que hace sinapsis en la cuña; otro originado en la parte ventrolateral del CGL que hace sinapsis en la circunvolución lingual. Estas fibras geniculoestriadas, con origen en las regiones centrales, transportan la información desde la mácula manteniendo las tres vías independientes, la vía parvocelular, la vía magnocelular y la vía coniocelular (Casagrande et al., 2007; Hendry, & Claide-Reid, 2000; Schiller et al., 1991).

La descripción del tercer estrato, el coniocelular (Casagrande et al., 2007; ffytche, & Howard, 1999; Hendry, & Claide-Reid, 2000), ha llevado a una reformulación de la discusión de estas vías (Gegenfurtner, & Kiper, 2003). Se considera, actualmente, que en el sistema parvocelular las células bipolares *midget* (o pequeñas), responden a contrastes bajos, poseen sensibilidades espectrales específicas y reciben información de axones ópticos más lentos que los pertenecientes al sistema magnocelular (Martin et al., 1997). La mayoría tiene respuestas selectivas al color, comparando las diferencias entre la información de los conos. Wiesel y Hubel (1966) han descrito tres tipos: Tipo I con campos receptivos centro-periferia con diferentes sensibilidades espectrales; Tipo II, sin campos receptivos, pero con simples campos

centrales que reciben señales de conos antagonistas; Tipo III con organización centro-periferia pero sin selectividad al color. En el sistema parvocelular las células dan respuestas lentas y tónicas, por lo que este sistema parece procesar la agudeza visual (Martin et al., 1997). También procesan la detección y discriminación del color, la discriminación del contraste estático, la detección del contraste a frecuencias temporales bajas, el movimiento lento para contrastes altos, la resolución espacial para frecuencias espaciales altas, la resolución temporal lenta para contrastes altos y la textura (Sutter, & Hwang, 1999). Las neuronas de este estrato se proyectan para el estrato IVc β e estrato IV y VI, suministrándola a los estratos ínter bandas y a los estratos estrechos ricos en CO (*thin CO rich band*) (Gegenfurtner, & Kiper, 2003).

El sistema magnocelular es un estrato con células bipolares difusas, “ciegas” al color, con campos receptivos centro-periferia, semejantes al tipo III del sistema parvocelular (Merigan, Byrne, & Maunsell, 1991; Silveria, & Perry, 1991). Existe, aquí, un otro tipo de células – tipo IV – exclusivas al sistema, que recibe señales de banda ancha de conos en el centro del campo receptivo, mientras que la periferia es tónica y supresora, y recibe señales de conos de longitud de onda larga. Las células son muy sensibles al contraste de la luminosidad (frecuencias temporales altas), a la información del movimiento rápido y lento, al contraste bajo, al contraste escotópico, a las resoluciones espaciales bajas y a las resoluciones temporales rápidas (Shipp, & Zeki, 1995; Zeki, & SIP, 1988). Las neuronas de este estrato se proyectan hacia el lámina IV α y lámina VI (Gegenfurtner, & Kiper, 2003) del área V2 por las vías finas ricas en CO (*thick CO rich band*) (Hubel, & Livingstone, 1985), permitiendo respuestas paralelas rápidas (Merigan et al., 1991; Silveria, & Perry, 1991).

El sistema coniocelular (Casagrande et al., 2007; ffytche, & Howard, 1999; Hendry, & Claide-Reid, 2000) está constituido por células ganglionares bi-estratificadas

(Dacey, & Lee, 1994) que también reciben información de células bipolares difusas, creando información de cromaticidad oponente. Estas células ganglionares bi-estratificadas se proyectan hacia estratos finos y intercalados del CGL adyacente a los estratos parvocelulares (Hendry, & Claide-Reid, 2000), terminando en las ampollas ricas en citocroma oxidase (CO-) en los estratos II y III, así como en el estrato I, por estratos finos ricos en CO (Ding, & Casagrande, 1997; Gegenfurtner, & Kiper, 2003).

En este sentido, y de acuerdo con las investigaciones más recientes, los canales anatómicamente discretos de los estratos magnocelulares, parvocelulares y coniocelulares terminan en diferentes estratos de la corteza visual primaria (Callaway, 1998; Casagrande et al., 2007; Hendry, & Claide-Reid, 2000) y tienen una contrapartida funcional, donde el movimiento y la profundidad es procesado en los estratos finos de la banda, y el color en los estratos estrechos (Gegenfurtner, & Kiper, 2003).

La corteza visual primaria (V1) – también llamada de corteza estriada y que corresponde al área 17 de Broadman – esta localizada en el polo occipital del cerebro, ocupando los labios superior e inferior a la cisura calcarina por su parte medial, a su vez delimitada por la cisura parietooccipital, y se encuentra irrigada por la arteria calcarina (Clark, & Hillyard, 1996; Gandhi, Heeger, & Boyton, 1999; Gilbert, Ito, Kapadia, & Westheimer, 2000; Grill-Spector, Kushnir, Edelman, & Itzchak, 1998; Martinez et al., 1999; Sceniak, Hawken, Shapley, 2001). Las diferentes láminas de la V1 poseen dos tipos básicos de neuronas. Grandes y bien ramificadas (piramidales) y pequeñas (estrelladas), y ambas cumplen distintas funciones (Gilbert et al., 2000; Grill-Spector et al., 1998; Sceniak et al., 2001). También pueden ser clasificadas de acuerdo con su campo receptivo: las simples poseen un campo receptivo con una dirección y grado de inclinación específicos y lineales, por lo que responden mejor a estímulos que se corresponden con su campo receptivo propio; las complejas poseen un campo receptivo

más permisivo y responden mejor al movimiento, y generalmente reciben innervación desde las células simples (Clark, & Hillyard, 1996; Martinez et al., 1987; Sceniak et al., 2001).

El área V1 tiene la principal función de analizar la imagen que llega de la retina, obteniendo las características estructurales de las informaciones visuales para posterior procesamiento (Zeki, 2005). Así, la parte superior del surco recibe la información de la parte inferior de los hemicampos contralaterales. Su labio inferior, la circunvolución lingual, recibe la información de la parte superior de los hemicampos. Las regiones más cercanas al polo occipital reciben la parte central del campo visual (Sceniak et al., 2001).

En el área V1, los axones provenientes del CGL tienen dos caminos ramificados (Gilbert et al., 2000):

1 - Ramificaciones hacia la lámina IV, con ramificaciones, a su vez, para la lámina IVc, en el cual las células son, todavía, monoculares con regiones de dominancia ocular, siendo intercaladas las áreas que reciben señales que vienen de la retina derecha y de la retina izquierda. A su vez, esta vía es ramificada en dos láminas. La lámina IV α y la lámina IVc β (Conway, Hubel, & Livingstone, 2002).

a) La lámina IV α , que recibe la información de los axones de las células del sistema magnocelular, es formado por células simples monoculares que tienen campos receptivos más largos y sus regiones excitatorias y inhibitorias son muy bien definidas, y donde la organización retinotópica se mantiene en dos mapeos sobrepuestos. Esta lámina de células se proyecta hacia la lámina IVb, en el cual las células simples son biculares y con campos receptivos selectivos al movimiento.

b) La lámina IVc β , que recibe información de los axones de las células del sistema parvocelular, también es formado por células simples monoculares, y se proyecta hacia las láminas II y III, en el cual existen células complejas y ampollas con regiones de excitación y inhibición esparcidas por sus campos receptivos, y selectivas al movimiento. Parece que el sistema coniocelular (Casagrande et al., 2007; ffytche, & Howard, 1999; Hendry, & Claide-Reid, 2000), se proyecta directamente a la lámina III, conectándose a las ampollas que también reciben la información del sistema parvo. Estas ampollas son conjuntos de células en forma de pilar que cruzan las láminas II y III, y V y VI, con campos receptivos circulares y con elevada selectividad al color.

2 - En el área V1 los axones provenientes del CGL crean un segundo camino determinado por las ramificaciones hacia las láminas II y III, que, a su vez, tienen ligaciones a la lámina V (Gilbert et al., 2000). Las neuronas de la lámina V se conectan con las neuronas de la lámina VI – que se proyectan de vuelta hacia el CGL. Las neuronas de cada lámina se van a proyectar hacia diferentes partes de la corteza.

a) Los axones de las neuronas del lámina II y III hacia el lóbulo temporal mediano - área 18 de Broadmann (función visual superior).

b) Los axones de las neuronas del lámina IV se proyectan hacia el colículo superior. Desde el lámina VI, y utilizando las áreas visuales estriadas, la información diverge hacia un nivel más elevado en los lóbulos parietales, y a un nivel mas bajo hacia la porción ventral del lóbulo temporal (Felleman, & VanEssen, 1991) interconectándose.

En el área V1, apenas existe una sintonización simple que es realizada por células simples que tienen campos receptivos rectilíneos con zonas concretas de excitación y inhibición (Martin et al., 1997; Martinez et al., 1999; Sceniak et al., 2001).

Es para estos campos que convergen los campos receptivos CCA formando líneas estacionarias, por lo que son llamados campos lineales estacionarios. Las células simples responden a una barra de luz con una orientación correspondiente a la orientación del campo receptivo, por lo que la respuesta será mayor mientras más coincidencia haya entre el eje del objeto y el eje del campo. Estos campos, donde convergen las células corticales simples, no tienen zonas definidas de excitación o inhibición. Responden a orientaciones específicas del estímulo, pero su ubicación precisa en el espacio no es crítica. Estos campos receptores se construyen con la unión de los campos independientes de varias células simples con una misma orientación (Clark, & Hillyard, 1996; Gandhi et al., 1999; Gilbert et al., 2000; Grill-Spector et al., 1998; Martinez et al., 1999; Sceniak et al., 2001).

Posteriormente toda la información es organizada y analizada en columnas de iso-orientación ipsilateral y contralateral, para pasar luego a la corteza visual periestriada (Graham, 1989, 1991, 1992; Graham, & Sutter, 2000; Graham, Sutter, & Venkatesan, 1993). Estas características permiten la organización de los axones de las radiaciones ópticas en diferentes columnas corticales, que sintonizan el tipo de información visual recibida, y que se extienden perpendicularmente desde la superficie de la piamadre hasta la sustancia blanca (Bartels, & Zeki, 1998; Conway et al., 2002). Las columnas son unidades anatómicas y funcionales autónomas ya que sus neuronas tienen propiedades funcionales, respuestas y campos receptivos periféricos similares. A pesar de las células en la V1 no presentan campos receptivos circulares, responden a líneas de la misma orientación y se organizan formando un agrupamiento de columnas – las columnas de orientación – correspondiendo a un mismo punto del campo visual, y que se sitúan de forma adyacente unas al lado de las otras (Graham, 1989, 1991, 1992; Graham, & Sutter, 2000; Graham et al., 1993). Existen, así, columnas para responder a

todas las posibles orientaciones, por lo que, para responder a un mismo punto del campo visual, las columnas forman una serie de unidades (módulos) de procesamiento (Graham, & Wolfson, 2001; Graham, Beck, & Sutter, 1992) para cada punto del campo visual. Esta estructura se repite muchas veces para cubrir el espacio visual (Graham, & Sutter, 2000; Graham et al., 1993). Cada una de estas columnas se va interconectando con otras semejantes, constituyendo un entramado muy complejo que ayuda a recibir y ordenar, aparte de dilucidar, toda la información visual que llega a la corteza visual primaria, lugar desde el cual será enviada hacia otros centros superiores encargados de otras funciones. Sus conexiones con las áreas visuales secundarias corresponden a modelos de jerarquía y de paralelismo entre sus distintos componentes (Graham, & Sutter, 2000).

En la detección precoz de los objetos visuales, las neuronas de la V1 disparan de manera no especializada siendo que la información apenas es codificada por el contraste de las características básicas con el campo visual (Hubel, & Livingstone, 1985). La codificación especializada es de la responsabilidad del área visual V2, que esta compuesta por una zona dorsal y otra ventral, en los dos hemisferios, permitiendo un mapeo completo del escenario visual (Motter, 1993; Zhou, & Baker, 1996). Las neuronas en esta área son especializadas en las propiedades simples de los estímulos visuales, como la orientación, la frecuencia espacial y el color (Ungerleider, & Mishkin, 1982), o en propiedades más complejas, como la orientación de contornos ilusorios (Qiu, & VonderHeydt, 2005). Esto, porque esta área recibe fuertes conexiones del área V1 y envía también fuertes conexiones hacia las áreas V3, V4 y V5 (Motter, 1993; Zeki, 2005, 2005^a; Zhou, & Baker, 1993, 1996).

El área V3, a su vez se supone que recibe conexiones del área V2 y del área V1, proyectándose hacia la corteza parietal posterior, pero con conexiones muy fuertes con la corteza temporal inferior (Motter, 1993; Toottel et al., 1997). VanEssen, Newsome, Maunsell y Bixby (1986) defienden que existe un área V3 dorsal, y un área V3 ventral con sub-divisiones funcionales.

El área V4, en la corteza visual extraestriada, recibe información del área V2 y envía conexiones hacia la corteza inferotemporal posterior, pero también hacia el área V5 (Motter, 1993; Toottel, & Hadjikani, 2001; Zeki, & Bartels, 1999). Se supone que esta vía es especializada en el procesamiento del color y en el reconocimiento de la forma de los objetos (Zeki, McKeefry, Bartels, & Franckowiak, 1998).

Finalmente, el área V5, o TM (temporal medial) en la corteza visual extraestriada, recibe información de las áreas V1, V2 y V3 dorsal, y se cree que es la vía responsable por el procesamiento del movimiento (Zeki, 2001, 2002).

La mayoría de los axones del área V1 llega al área V2, que tiene una gran región de contacto con el área V1. En el área V2, la segregación de las vías visuales es más explícita, dividiéndose en largas y finas, creando regiones entre las vías. Las vías largas reciben conexiones del estrato IVb del área V1 y participan en el proceso de percepción y de análisis del movimiento (Chubb et al., 2001; Zeki, 2005). Las vías finas reciben los axones de los estratos II y III del área V1 procesando la información color, y transmitiéndola hacia el área V4. Las regiones intermediarias en el área V2 también transmiten información hacia el área V4, y están conectadas a los estratos II y II del área V1, y reciben los axones de las células inter-ampollas de estos estratos procesando la información relativa a la forma (Fu et al., 2005; Kikuchi, & Fukushima, 1996; Lennie, 1998; Livingstone, & Hubel, 1984; Moutoussis, & Zeki, 2002; Zeki, & Moutoussis, 1997).

La teoría de la integración de multi-estadios en el cerebro visual (*Theory of Multistage Integration in the Visual Brain*³) (Bartels, & Zeki, 1998, 2005; Zeki, 1993; 2005; 2005a) es, actualmente, uno de los mejores ejemplos de la contribución de la imagiología para el desarrollo del conocimiento acerca del funcionamiento básico del cerebro. Esta teoría propone que al nivel precoz del análisis, los estímulos provenientes del mecanismo ocular son procesados en paralelo y en multi-estadios, por diferentes sistemas modulares.

La especialización de cada uno de estos sistemas en una característica de la realidad visual se debe al agrupamiento de neuronas que se responsabiliza de su procesamiento. En estudios con primates, Zeki (1993; 2005, 2005a) defiende que el área V1 tiene dos vías paralelas de procesamiento de información, con columnas retinotópicas de diferentes funciones visuales específicas en cada una de ellas. Un nivel – la vía ventral - se proyecta desde el área V1 hacia el área V2, después al área V3, incluyendo el área V3a, posteriormente hacia el área V4 y, finalmente, hacia el lóbulo temporal inferior. Este sistema, que corresponde a la vía parvocelular y coniocelular, está compuesto por neuronas especializadas en las principales modalidades visuales estáticas (color, forma, textura, orientación y profundidad), y procesa en paralelo “el

³ En esta investigación, y de acuerdo con la teoría desarrollada por Zeki (2001), se opta por un abordaje modular del funcionamiento cerebral, tanto al nivel de implementación (Marr, 1982) como al nivel funcional (Treisman & Gelade, 1980). Todavía, no podemos ignorar la oposición clásica entre esta posición teórica y el abordaje conexionista (vd. e.g., McClelland & Rumelhart, 1986; Minsky 1985; 1990). Esta última, que tiene sus fundamentos en la ley de Hebb (1964) y en la teoría del campo cortical, defiende que apenas las propiedades extrínsecas de la red neuronal, o sea, las propiedades analizables del procesamiento perceptivo, podrán constituir objeto de teorización, ya que las restantes no están empíricamente disponibles (Minsky, 1985). De acuerdo con este punto de vista, la mente funciona a partir de redes neuronales homogéneas y se supone que el significado de la información está en el tipo de conexiones entre esta información y todas las otras cosas conocidas. Cuantas más conexiones, más esa información tendrá significado para el sistema (Minsky, 1990). Pero para que esa información sea utilizada, el cerebro debe tener esquemas de gestión que pueden operar diferentes representaciones en procesamiento paralelo, o sea, automáticamente. Así, cuando determinada estrategia falla o entra en colapso, existe la posibilidad de pasar para otra estrategia con operaciones análogas, permitiendo la continuidad en la utilización de la información (Minsky, 1985). Todavía, los estudios conexionistas no han encontrado datos que justifiquen la partitura de las características funcionales (Leventhal et al., 1995; Levitt et al., 1994; Peterhans & VonderHeydt, 1993; Gegenfurtner, & Kiper, 2003).

qué” de los estímulos visuales (Casagrande et al., 2007; Hendry, & Claide-Reid, 2000; Ungerleider, & Mishkin, 1982; Zeki, 2001, 2005).

Otro sistema – la vía dorsal - se proyecta desde el área V1 hacia el área V2, después hacia el área V3 y posteriormente hacia el área V5 y, finalmente, hacia al lóbulo parietal inferior. Este sistema corresponde a la vía magnocelular y esta compuesto por neuronas especializadas en la representación de las localizaciones, en el movimiento, en la percepción de la profundidad en función de la luz, por lo que procesa en paralelo “el donde” de los estímulos visuales (Ungerleider, & Mishkin, 1982; Zeki, 2001, 2005). Zeki (1993) confirma la existencia de los sistemas estratificados, ahora anatómicamente identificados, después de las investigaciones con monos llevadas a cabo por Conway y colaboradores (2002).

Zeki (2005) defiende que la corteza visual primaria distingue los objetos de los escenarios visuales comparando las pequeñas diferencias entre las señales invariantes resultantes de la reacción y procesamiento específico de las neuronas delante de los diferentes estímulos visuales (Self, & Zeki, 2005). Zeki (1993, 2001), a este propósito, sugiere que después del análisis visual precoz por el sistema visual, el sistema perceptivo, en un segundo momento, también procesa la información en paralelo, autónoma y asincrónicamente a través del subsistema especializado en esta característica visual, reflejando, así, la modularidad de la corteza visual primaria (Behrmann, & Kimchi, 2003; Conway et al., 2002; Zeki, 2001, 2005, 2005a; Zeki, & Bartels, 1999).

Se puede suponer que diferentes percepciones resultan de la actividad de diferentes sistemas, las cuales no necesitan de integración a nivel de la visión precoz (Chubb et al., 2001; Desimone, & Duncan, 1995; DeValois, & DeValois, 1988; Felleman, & VanEssen, 1991; ffytche, & Howard, 1999; Fu, Greenwood, &

Parasuraman, 2005; Lennie, 1998; Moutoussis, & Zeki, 2002; Zeki, 2005) para crear la percepción de una característica específica de un objeto (Self, & Zeki, 2005; Zeki, & Bartels, 1998; Behrmann, & Kimchi, 2003). Gegenfurtner y Kyper (2003) consideran que es de gran interés estudiar el procesamiento de la información en la corteza visual primaria y como este procesamiento se relaciona con el sistema perceptivo, para saber como cada señal modular del sistema visual es tratado cuando comparado con otras características visuales. Zeki y Bartels (1998) llegan a sugerir que los sistemas de procesamiento visual de la visión precoz sean también sistemas perceptivos y que su actuación es totalmente autónoma en relación a todos otros sistemas cerebrales, llamándoles “sistemas de procesamiento perceptivo”. A pesar de esta aproximación, los autores mantienen la diferenciación entre procesamiento visual (al nivel de la visión precoz) y procesamiento perceptivo (al nivel de la conciencia visual). Esta continuidad teórica se encuentra en las perspectivas funcionalistas (Treisman, & Gelade, 1980), que también consideran que la percepción de la información visual es un mecanismo modular precoz que procesa automáticamente la información perceptiva en un nivel pre-atencional. Solamente la integración (*binding together*) de la información por el sistema atencional (Behrmann, & Kimchi, 2003; Braun, & Sagi, 1980; Chubb et al., 2001; Desimone, & Duncan, 1995; DeValois, & DeValois, 1988, 1997; Eriksen, & Yeh, 1985; Felleman, & VanEssen, 1991; ffytche, & Howard, 1999; Fu et al., 2005; Lennie, 1998; Moutoussis, & Zeki, 2002; Zeki, 2005) posteriormente proporciona el imagen global del mundo.

**2. PROCESAMIENTO
DE LA
INFORMACIÓN PERCEPTIVA**

2. Procesamiento de la información perceptiva

Desde un punto de vista modular (Fodor, 1983; 2001) la mente es un sistema compuesto por módulos (órganos mentales especializados y compactados) que tienen la función de procesar información de gran relevancia para la especie. El módulo es un procesador especializado que debe cumplir diferentes criterios: los sistemas de entrada son específicos de dominio; el funcionamiento de los sistemas de entrada es obligatorio; las representaciones mentales que los sistemas de entrada computan es limitado; los sistemas de entrada son rápidos; los sistemas de entrada se hallan informativamente encapsulados. Se defiende que los módulos tienen una arquitectura funcional única y que es igual en todos los seres humanos no dejando espacio al simbolismo y menos a la interconectividad (Fodor, 1983).

Sheppard (1964) defendió que la percepción es una función de las dimensiones básicas y físicamente distintas de las características de los estímulos visuales (forma, color, movimiento, textura) llamándolas dimensiones unitarias, ó, de acuerdo con Garner y Felfoldy (1970), dimensiones integrales. Existen dimensiones analizables (Sheppard, 1964) y separables (Garner, & Felfoldy, 1970) que tienen códigos perceptivos diferentes, y que pueden ser decompuestos y compartidos por diversas dimensiones unitarias (las dimensiones configurables) (Gardner, 1985; Gibson, 1950, 1979). Desde estos puntos de vista, la percepción de las características visuales se procesa de manera independiente y de acuerdo con la actividad generada en las áreas visuales funcionalmente segregadas en la corteza cerebral (Morland et al., 1999).

Continuando con la hipótesis modular del funcionamiento mental, la teoría de integración de características (*Feature Integration Theory*; FIT⁴) (Treisman, 1985, 1993; Treisman, & Gelade, 1980) propone que el sistema perceptivo, al igual que el sistema visual (Zeki, & Bartels, 1998) procesa modularmente algunas características de los objetos visuales. Cada módulo es especializado en una única característica de los objetos visuales que la procesa en paralelo, de manera ascendente (*bottom-up*), y automáticamente a un nivel pre-atencional por sistemas separados y de capacidad ilimitada y sin necesidad de la utilización de la atención (Wolfe, 1998; Treisman; 1986, 1992a; 1999). Posteriormente son seleccionadas y conjugadas por la atención concentrada que las integra (*binding together*) (Treisman, 1999), para que formen los objetos perceptivos, permitiendo, así, una rápida acción del ser humano sobre el mundo (Huang, Treisman, & Pashler, 2007; Treisman, 2006).

Treisman y Gelade (1980) proponen dos etapas fundamentales para describir el procesamiento perceptivo y la síntesis del objeto percibido. En una primera etapa, el sistema pre-atencional lleva a cabo un análisis simple y rápido de las imágenes visuales utilizando la prioridad de las diferencias entre las características activas en un determinado momento (Joseph, Chun, & Nakayama, 1997; Treisman, 2006; Treisman, & Gelade, 1980). Detecta automáticamente una característica particular que “resalta a la vista” (*pop out*) (Loughman et al., 2007) de entre los muchos elementos presentes (Cormack, Gray, & Trouvée, 2004) dejando esta señal brevemente en el registro sensorial. Si es una característica “interesante” (*attended*) se activa el filtro de atenuación (*buffer*) (Kahneman, Treisman, & Burkel, 1983)⁵ que mantiene la fuerza de

⁴ Para una revisión cf. Quinlan (2003).

⁵ Se considera, como en Shallice (1992), que la propuesta del filtro de atenuación de Treisman y colaboradores (1983) es una abordaje conjunta de la propuesta de la selección precoz de las características básicas, como el modelo del filtro de atención de Broadbent (in Shallice, 1992), y de las propuestas de selección tardía, como los modelos Deutsch y Deutsch (1963) o de Norman y Shallice (in Shallice, 1992),

la señal y disminuye la fuerza de los demás. Este proceso va activar en paralelo el sistema modular especializado en el procesamiento exclusivo de esta información perceptiva por lo que se la considera una característica básica de los objetos visuales (Treisman, 2006; Treisman, & Gelade, 1980).

Después de este filtraje, la señal no atenuada pasa por un canal de capacidad limitada para llegar a un instrumento de detección de patrones – diccionario de objetos de unidades lingüísticas - sintonizado a la importancia, relevancia y contexto de los estímulos. El diccionario de objetos es activado cuando la señal del estímulo cambia el patrón sintonizado y lo analiza perceptivamente (Huang, Treisman, & Pashler, 2007; Treisman, Kahneman, & Burkell, 1983). Treisman (2006) considera las siguientes características del diccionario de objetos:

- 1 – Es una unidad perceptiva a través de la cual el escenario es analizado.
- 2- Permite la representación de objetos nuevos para los cuales no hay representaciones.
- 3 – Permite la representación de diversos objetos idénticos.
- 4 – Funciona como facilitador de la integración.
- 5 – Permite la integración de estadios sucesivos de un objeto a lo largo del tiempo, actualizando sus representaciones cuando el objeto cambia o se mueve.
- 6 – Permite la unión entre la visión precoz, los mecanismos descendentes y la experiencia conciente.

En una segunda etapa, la atención espacial - con capacidad limitada – es focalizada y lleva a cabo un movimiento ocular a través de las localizaciones espaciales, seleccionando las características que están asociadas a esa localización, excluyendo otras características y otras localizaciones de otros objetos (Huang, Treisman, &

una vez que congrega el “donde” (*where*) y “el qué” (*what*) en el procesamiento de las características básicas de los objetos perceptivos, que no impide la transmisión de la información sino que solo la atenúa.

Pashler, 2007; Treisman, 2006; Treisman, & Gelade, 1980). La atención espacial integra (*binding together*) (Treisman, 1999) y combina las características básicas detectadas anteriormente dejando al cerebro la información “donde” - selección - y el “qué” - expectativa - permitiendo el reconocimiento de objetos y la creación de un todo con significado en una determinada localización (Treisman, 1994, 2006) para que en cualquier momento su activación represente al mundo visual (Evans, & Treisman, 2005; Treisman, 1991, 1996).

En este sentido, el sistema perceptivo forma dos tipos de mapas:

(1) Mapas modulares de características básicas que permiten, a su vez, dos tipos de información: a) la presencia de una característica básica en cualquier localización del campo de observación; b) información espacial implícita sobre esa característica. Estos mapas no dicen nada sobre donde está localizada la característica ni sobre que elementos la integra. Dentro de cada uno de estos mapas modulares, cada elemento que integra la característica básica es filtrado en múltiples categorías, pero las relaciones dentro de las dimensiones de un mapa modular ocurren sin posibilidad de selectividad, encapsuladamente y de difícil acceso a la investigación (Fodor, 2001; Theeuwes, 1991).

(2) Mapas de localizaciones que codifican donde están localizadas las características pero no dicen nada sobre las diferentes características (Treisman, & Gormican, 1988).

Para obtener esta información ("donde" y "el qué") el sistema perceptivo utiliza la búsqueda visual (Gordon, 1989; Treisman, 1985, 1993, 2006; Wolfe, 1998, 2001) para detectar las características básicas activas entre otras características de los objetos presentes en el espacio visual. El tiempo de reacción (TR) cambia de acuerdo con el tipo y número de características presentes en el conjunto, y en función de la presencia o

ausencia de la característica buscada. Treisman (1986) plantea tres tipos de búsqueda visual.

1 - En “*diyunción*”, la más simple, el objetivo es definido por una única característica que “resalta a la vista” (*pop out*), demostrando que el procesamiento de la información perceptiva es pre-atencional no exigiendo la focalización de la atención (Treisman, & DeSchepper, 1994; Treisman, & Gormican, 1988; Wolfe, 1998). Este tipo de procesamiento indica que la búsqueda visual ha detectado una característica básica que es procesada automáticamente y en paralelo por un sistema modular especializado y específico de dominio (Fodor, 2001; Treisman, 2006; Zeki et al., 1998) con un TR de 200 a 250ms (Treisman, & Gelade, 1980; Treisman, & Paterson, 1984).

2 - En “*conjunción*”, el objetivo es definido por dos o más características básicas, por lo que la búsqueda visual exige la atención focalizada para cubrir todo el campo visual hasta encontrar el objetivo, eliminando uno a uno los distractores (Treisman, & Gelade, 1980). El procesamiento de la información es serial aumentando el TR (Braun, & Jules, 1998; Schneider, & Shiffrin, 1977).

3 - En “*conjunciones ilusorias*”, hay una integración incorrecta de las características en un único objeto perceptivo, pero que están originalmente separadas. En un nivel pre-atencional las características son combinadas al azar creando conjunciones ilusorias que son procesadas en paralelo (Treisman, & Schmidt, 1982).

Treisman y Gormican (1988) han utilizado las asimetrías funcionales en la búsqueda visual para obtener información a cerca de la manera como el sistema nervioso codifica las dimensiones constituyen las características básicas (Treisman, 1991; Treisman, & Kanwisher, 1998). En tareas de búsqueda visual, es más fácil detectar la presencia que la ausencia de un objetivo definido por una dimensión entre distractores definidos por otra dimensión de la misma característica básica. Esta

interferencia diferencial se debe al hecho de que la presencia de esa dimensión es señalada positivamente (Treisman, & Souther, 1985), mientras que para detectar su ausencia el sistema visual tiene que analizar todo el escenario visual y confirmar que el objetivo no está presente (Treisman, 2006; Treisman, & Gelade, 1980). Si el TR se mantiene por debajo de los 250 *ms* significa que a pesar de una dimensión irrelevante pueda afectar la búsqueda visual de una dimensión relevante, las dos dimensiones son procesadas en paralelo por el mismo sistema modular especializado en la característica básica a que pertenecen esas dimensiones (Theeuwes, 1991).

A pesar de no estar claramente definido cual es el número de módulos, si existe consenso de que el color, la forma, la orientación espacial, la textura y el movimiento son características básicas de la percepción de los objetos visuales y son procesadas en paralelo en un nivel pre-atencional por diferentes sistemas modulares encapsulados específicos de dominio e informativamente encapsulados (Fodor, 2001; Treisman, 1991, 1992a, 1992b, 2006; Wolfe, 1998; Wolfe, Cave, & Frankel, 1989).

2.1. Procesamiento de la percepción del color

El color resulta de la reacción del sistema visual a las longitudes de ondas del espectro electromagnético reflejadas de los objetos iluminados (Blake, & Shapley, 1990; Byrne, 1997; DeValois, DeValois, 1997; Hurvich, 1981; Mollon, 2003; Sekuler, & Blake, 1990; Zeki, 2001). Las longitudes de ondas de los rayos luminosos son casi infinitas pero la luz visible que es procesada por el sistema visual humano está limitada a un rango de frecuencias de radiación electromagnética con longitudes de onda entre los 360 nm y los 660 nm..

La teoría tricromática creada por Helmholtz y Maxwell en 1856, enriquecida después por la teoría de los colores oponentes de Edwald Hering (1834-1918),

propone que tres tipos de receptores reaccionan antagonisticamente a tres diferentes longitudes de onda, es decir, reaccionan excitatoriamente a un color e inhiben la reacción al color opuesto (Blake, & Shapley, 1990; Byrne, 1997; Mollon, 2003; Nathans, Thomas, & Hogness, 1986; Sekuler, & Blake, 1990). Estos receptores crean pares color-oponente rojo/verde, azul/amarillo o negro/blanco, y el cerebro se encarga de comparar las diferencias entre las señales resultantes del procesamiento de los receptores de uno de los canales de color-oponente con las señales resultantes de los receptores de los otros canales color-oponente (Blake, & Shapley, 1990; Byrne, 1997; Mollon, 2003; Sekuler, & Blake, 1990; Sekuler, Kline, & Dismukes, 1982).

Con el avance de las técnicas de imagen ha sido posible comprobar estos presupuestos, sosteniéndolos empíricamente, y demostrando definitivamente que el color es un acto visual modularmente mecánico (Mollon, 2003). La información de las longitudes de onda del espacio espectral es transmitida por la retina y procesada en la corteza visual primaria por agrupamientos de neuronas altamente especializadas (Conway et al., 2002; Lueck et al., 1989; Xiao, Wang, & Felleman, 2003; Zeki et al., 2008).

Los fotones de luz tienen que pasar por toda la retina para excitar los pigmentos existentes en los fotorreceptores y ahí ser retenidos por el pigmento (Dowling, 1998; Wandell, 1995). Sus opsinas tienen las mismas estructuras generales, variando únicamente en la secuencia aminoacídica a la cual se añade el retinal. Esta variación permite establecer diferentes tipos de enlace entre este retinal y la opsina, siendo estos enlaces los encargados de otorgar distinta "sintonía" de longitudes de onda a la retina (Bear et al., 2002; Burr, & Ross, 2004; Chubb et al., 2001; Cohen, 1992). Los fotones

de luz de determinada frecuencia son absorbidos por los conos y por los bastones⁶ existentes en la retina. Los conos están preparados para la visión diurna o fotópica y son especializados en recibir luz brillante y color, por lo que los fotones de las diferentes longitudes de onda activan diferentes secuencias de aminoácidos de la componente opsina de la molécula de rodopsina. La luz activa el isómero retinal 11-cis de la opsina de los conos, que a su vez activa otra proteína, la transducina, y posteriormente la fosfodiesterase. Esta última libera un nucleótido cíclico que se dirige a la membrana del cono y despolariza iones, ampliando las señales de luz (Gouras, & Zrenner, 1981). Los conos tienen una despolarización tónica en la oscuridad y se hiperpolarizan al ser estimulados por los fotones. Esta hiperpolarización reduce la liberación tónica del glutamato hacia el espacio presináptico. Este hecho origina que una célula bipolar de centro "on" salga de su estado hiperpolarizado (producido por receptores del glutamato inhibitorios) y se despolarice (Kolb et al, 1981). Por otro lado, existe otro tipo de células ganglionares, las células bi-estratificadas, que conectan principalmente a las células bipolares de los conos ubicados en la retina central. Controlan campos receptivos pequeños (Freeman et al., 2001) y responden a estímulos de color, es decir, son selectivas a la longitud de onda en forma centro-periferia. Mientras el centro responde a un color, la periferia responde sobretodo al color opuesto (Walker et al., 2000).

Tres tipos de conos reaccionan a rango de longitudes de onda, con su máximo de eficiencia en tres frecuencias espectrales específicas (conos S - azul – 420nm; conos M - verde – 530 nm; conos L - rojo – 560 nm) (Sekuler, & Blake, 1990). Cada tipo de cono reacciona a un tipo de longitud de onda con un neurotransmisor excitatorio, y a su antagonista con un neurotransmisor inhibitorio, convirtiendo, por una fototransducción

⁶ Los bastones son más sensibles a la luz y se activan solamente en los cambios de luminosidad (ffytche & Howard, 1999; Sekuler & Blake, 1990), por lo que no pueden mediar señales de luz brillante ni detectar colores.

compleja, esta información en una señal eléctrica. Estas tres señales, resultantes de la reacción de los tres tipos de conos crean tres pares color-oponente que son procesados respectivamente por tres canales especializados en ese tipo de información (Blake, & Shapley, 1990; Sekuler, & Blake, 1990).

El rango de longitudes de onda a que reaccionan los tres tipos de conos (azul – de 360 nm a 550 nm; verde – de 400 nm a 650 nm; rojo –de 400 nm a 700 nm) crean zonas que se superponen, por lo que la visión de los colores depende del tipo y de cuantos conos son activados por determinada frecuencia espectral y de la eficiencia de absorción y procesamiento de los fotones de cada tipo de cono (ffytche, & Howard, 1999; Sekuler, & Blake, 1990). La codificación de las señales por estas zonas de superponencia se realiza por un análisis de sus diferencias aumentando su eficacia a pesar de la pérdida de información (Gegenfurtner, & Kiper, 2003).

El axón del cono es contactado individualmente y en exclusivo (*one-to-one*) por una célula bipolar pequeña (*midget*) y mantiene esa exclusividad en el contacto y transmisión de la información hacia la célula ganglionar, creando una línea privada paralela que permite hacer llegar la información cromática directamente a la corteza visual primaria (Gegenfurtner, & Kiper, 2003) ⁷. Una lámina de células bipolares pequeñas (*midget*) compara las diferencias entre la información de los conos L y M (responsable por el procesamiento de las diferencias verde/rojo), y otra lámina las diferencias entre la señal de los conos S y la combinación de los conos L y M (responsable por el procesamiento de las diferencias azul/amarillo). Se considera que

⁷ Filogenéticamente, los primates han evolucionado de una absorción con conos L y S ancestrales (dicromático) (Okano et al., 1992; Chiu et al., 1994; Hisatomi et al., 1994) para una absorción L, M y S (tricromática), donde los conos M resultan de una mutación genética de la opsina de los conos L en rodopsina (Jacobs, 1996; Mollon & Jordan, 1988; Nathans, Thomas & Hogness, 1996; Neitz & Neitz, 1995). Esta tricromaticidad ha resultado en una ventaja adaptativa debido a una elevada densidad de conos (Jacobs, 1996) y baja convergencia hacia células ganglionares (Mollon & Jordan, 1988; Wassle & Boycott, 1991; Wassle et al., 1994) que ha creado una línea directa de acceso de la información cromática hacia la corteza visual primaria. (Shatz, 1996; Wassle, 1999) y consecuentemente al aumento de la agudeza visual al medio ambiente (Osorio & Vorobyev, 1996).

esta información que resulta de esta última comparación ocurre en el estrato coniocelular (ffytche, & Howard, 1999) que analiza y trasmite la información de los conos S providenciando esa información a las células ganglionares bi-estratificadas (Dacey, & Lee, 1994) que a su vez también reciben información de células bipolares difusas, creando información de cromaticidad oponente S+(L+M). Se discute actualmente si es el estrato coniocelular el responsable del procesamiento de algunas frecuencias espectrales o si comparte algunas funciones con el estrato parvocelular (Casagrande et al., 2007; ffytche, & Howard, 1999; Hendry, & Claide-Reid, 2000).

En el CGL las láminas 3 y 6 (las más dorsales) de células ganglionares constituyen la porción parvocelular (de células pequeñas) reciben las proyecciones de las células bipolares pequeñas (*midget*) (Rossi et al., 2001; Schiller et al., 1991; Schofield, & Georgeson, 2000; VanEssen, 1990; Wassle, 1999; Wenderoth et al., 1999). Las células ganglionares bi-estratificadas terminan en células pequeñas esparcidas en las láminas principales, y se supone que deben proyectar a las zonas intermedias de las láminas magnocelular y parvocelular, correspondiendo al sistema coniocelular (Casagrande et al., 2007; Hendry, & Claide-Reid, 2000).

Las células ganglionares del CGL, en el tálamo, mantienen la independencia de los canales reticulo-geniculares (Derrington, & Badcock, 1985; DeValois, & DeValois, 1975; Krauskopf et al., 1982; Lee et al., 1998) conseguida por inhibición lateral entre las células ganglionares (ffytche, & Howard, 1999; Kersten, 1987), garantizando una vía directa y funcionalmente “privada” de procesamiento de la información del color hacia la corteza visual primaria (Gegenfurtner, & Kiper, 2003).

En la corteza visual primaria (V1) la información sigue por la vía ventral, que se proyecta desde el área V1 hacia el área V2, después al área V3, incluyendo el V3a, posteriormente hacia el área V4 y finalmente hacia el lóbulo temporal inferior. Aquí es

donde es llevada a cabo la síntesis de las señales de todas las longitudes de onda (Hadjikhani, Liu, Dale, Cavanagh, & Tootel, 1998; Zeki 2006). Esta vía que corresponde al sistema parvocelular y coniocelular, está compuesta por neuronas especializadas en el procesamiento paralelo del color (Casagrande et al., 2007; Hendry, & Claide-Reid, 2000; Ungerleider, & Mishkin, 1982; Zeki, 2001, 2005).

Se puede confirmar, finalmente, la teoría de los colores oponentes, y demostrar que la visión del color está determinada por la naturaleza del sistema nervioso y no por un esquema aprendido (Damasio, Yamada, Damasio, Corbett, & McKee, 1980; Lumsden, & Wilson, 1983; Nathans et al., 1986; Schiller, Logothetis, & Charles, 1990). Las nuevas técnicas de imagen también han facilitado la convergencia de los resultados de los abordajes funcionalistas y de los datos de la Neurología a cerca del procesamiento modular del color en el sistema visual. Se ha tornado posible desarrollar instrumentos psicofísicos que garanticen la correspondencia de la visión del color con los mecanismos perceptivos (Conway et al., 2002; ffytche, & Howard, 1999; Wolfe, 1998).

Los canales color-oponente pueden enmascarar limitaciones importantes en tareas básicas de detección y discriminación del color. Sin embargo investigaciones realizadas con una evaluación precisa y combinada del análisis genético de los fotopigmentos de los conos demuestran que en sujetos humanos normales, las variaciones fisiológicas no tienen un efecto significativo en la percepción, sugiriendo que la percepción del color se procesa en una etapa posterior a la información emitida por la corteza visual primaria (ffytche, & Howard, 1999).

Se considera fundamental integrar las contribuciones de los modelos a cerca del funcionamiento de la percepción, que vienen de la psicofísica moderna, para que sea

posible profundar el conocimiento del papel de las neuronas en la mediación de la percepción del color (VanEssen, 1990; Zeki, 2001).

El color es procesado automáticamente por un módulo independiente y antes del procesamiento de cualquiera de las otras características básicas (Cohen, 1997; Mordkoff, & Yantis, 1993; Nagy, & Sanchez, 1990; Theeuwes, 1991; Wolfe, Chun, & Friedman-Hill, 1995)⁸. Este módulo que detecta en la etapa pre-atencional la información perceptiva del color tiene una capacidad ilimitada (Theeuwes, 1991) y no está afectado por el número de elementos presentes en los escenarios visuales (Treisman, & Gelade, 1980). La codificación del color no implica la intención del observador (Theeuwes, 1991) y es independiente del control descendente de la percepción, ya que su automatismo no se ve afectado cuando aumenta la cantidad de información en el sistema visual (Treisman, 1992a; Treisman 1992b; Treisman, & Gormican, 1988). Al cumplir con estos parámetros, el color está considerado una característica básica de los objetos (Treisman, & Gelade, 1980; Treisman, & Souther, 1985; Theeuwes, 1991; Theeuwes, 1995).

La percepción detecta en una etapa pre-atencional esta característica básica del campo visual, generando actividad global y positiva que es registrada separadamente en un módulo independiente y unitario, demostrando que las diferentes características físicas del color (matiz, brillo, saturación) están funcionalmente juntas siendo procesadas como una única dimensión (Treisman, 1992b). Todos los colores son procesados en un único momento y de manera a distinguir el color de otras

⁸ También los datos que vienen de la neurofisiología sugieren que los diferentes sistemas de procesamiento, delante de las características de los objetos, no terminan sus tareas autónomas en simultaneo, necesitando de diferentes cantidades de tiempo de acuerdo con las características que están a procesar; por ejemplo, el color es más rápidamente procesado que el movimiento (Bartels & Zeki, 1998). Pero Heidjden, Kurvink, DeLange y Leeuw (1996) consideran que todas las características básicas de los objetos son modulares y de igual importancia, no siendo posible diferentes niveles que definan diferencialmente la rapidez de su procesamiento.

características de los elementos presentes en los escenarios visuales (Treisman, & Gormican, 1988).

En la búsqueda visual los trazos de color que están activos y que sobresalen en ese momento “resaltan a la vista”, son detectados y codificados por comparación al color prototípico (Chiazzari, 1988; Rosch, 1975; Harman, 2001; Treisman, & Souther, 1985; Treisman, 1999). Los colores prototípicos - el amarillo, el rojo, el verde y el azul (Treisman, & Gormican, 1988; Wolfe, 1998) - constituyen la línea de base (*base line*) (Treisman, & Gelade, 1980) de esta característica básica. Como se ha visto, en la tareas de búsqueda visual es más fácil detectar la presencia que la ausencia de un objetivo definido por una dimensión del color entre distractores definidos por otra dimensión del color. Por ejemplo, las experiencias de Treisman y Gormican (1988) han demostrado que un objetivo naranja entre distractores rojo (dos dimensiones de la característica básica color) es más fácil de detectar que un objetivo rojo entre distractores naranjas. Esto porque la detección del naranja se debe a la señalización de la presencia de amarillo (color prototípico), mientras la detección de rojo es señalado como la ausencia de amarillo.

Existen resultados que están en oposición a la hipótesis del funcionamiento modular de la percepción del color (Christ, 1975; Luder, & Barber, 1984) y que demuestran que a pesar de que el procesamiento pueda acontecer por canales neuronales especializados en las características básicas, su integración es en red (Lennie, 1984, 1999). Desde este punto de vista se considera que el procesamiento de las señales de color ocurre precozmente en las vías visuales por las mismas poblaciones de células que analizan otras características visuales (Hawken, & Gegenfurtner, 1999).

Ante la ausencia de datos que apoyen la tesis del conexionismo en el procesamiento del color, la mayoría de los autores defiende que el color es una

característica básica modular que es procesado de forma automática en un nivel pre-atencional y de manera ascendente (Treisman, 1991), sin la posibilidad de selectividad y de segmentación de sus dimensiones, es decir, informativamente encapsulado (Fodor, 2001; Theeuwes, 1991; Treisman, 2006; Wolfe, 1998).

2.2. Procesamiento de la percepción de la forma

La percepción de la forma se fundamenta en la información recogida precozmente en el sistema visual por los micro movimientos del ojo que reaccionan al contorno del objeto y que posibilitan la formación una imagen sobre la forma del objeto en la retina. La estructura de la retina también garantiza la distinción figura-fondo, por concentrar en la fóvea los fotorreceptores en relación a la periferia y por al enfocar un objeto o figura ésta se recibir en la parte central (los objetos circundantes caen en la periferia y se distinguen borrosamente) (Kolb, 2003; Martin, 1998).

En la retina, las células bipolares, por el tamaño reducido de sus campos, tienen la capacidad de reaccionar a los detalles del campo visual que permiten definir la forma de los objetos (Garway-Heath et al., 2000; Li, 2000; Merigan, & Eskin, 1986). Esta información de las células bipolares llega a las células ganglionares parvocelulares. Su tamaño celular y axonal pequeño, implican una menor velocidad de conductividad aportando sensibilidad a la información espacial y a los umbrales (Tse, 2002). La información de las formas no uniformes es filtrada en la retina por no contener información útil (Garway-Heath et al., 2000; Li, 2000; Merigan, & Eskin, 1986).

Se sabe (Oram, & Perret, 1996) que en los primates las células ganglionares responden a la luz que no es homogénea debido al campo receptivo circular que tiene características oponentes centro-periferia. Si la iluminación es proyectada en el centro

del campo receptivo de la célula provoca su excitación y, al mismo tiempo, la inhibición de la periferia del campo receptivo de esa misma célula. Por otras palabras, los campos receptivos de las células ganglionares no responden a la luz en general y si al contraste de la luz que se proyecta sobre su centro o sobre su periferia (Garway-Heath et al., 2000; Li, 2000; Merigan, & Eskin, 1986; Merigan et al., 1991). Esta reacción al contraste de luz entre la forma y el fondo uniforme (Cohen, 1997; Mordkoff, & Yantis, 1993; Theeuwes, 1991, 1992; Tse, 2002) permite la codificación de la profundidad y de la tridimensionalidad (Cutting, & Millard, 1984; VonderHeydt, & Peterhans, 1989) independientemente de las otras características presentes en los objetos (Braun, & Julesz, 1998; Tse, & Hughes, 2004).

Utilizando la vía parvocelular, la información de las células ganglionares del CGL asciende, intacta, dorsalmente hacia el área V1 (Self, & Zeki, 2005; Zeki, 2006), donde la presentación topográfica de las células mantiene el orden de la información captada por la retina. Las células que en la retina se encuentran en el centro se proyectan hacia las células que están en el centro en el área V1. Por otro lado, las células de la periferia se proyectan hacia la periferia en el área V1 (Lamme, 1995; Qiu, & VonderHeydt, 2005). A pesar de las células del área V1 no presentan campos receptivos circulares, responden a líneas de la misma orientación organizándose en agrupamiento de columnas – las columnas de orientación – en función de un mismo punto del campo visual, y que se sitúan de forma adyacente unas al lado de las otras (Graham, & Sutter, 2000; Graham et al., 1993). Existen columnas para responder a todas las posibilidades de orientación de las líneas, originando diferentes unidades (módulos) de análisis para cada punto del campo visual. Esta información es modificada de acuerdo con: a) las características de orientación de las líneas; b) los cambios abruptos de los bordes; c) las escalas espaciales. (Braun, & Julesz, 1998; Graham, & Sutter, 2000; Mendola, Dale,

Fischl, Liu, & Tootel, 1999; Sillito, Grieve, Jones, Cudeiro, & Davis, 1995; Tse, & Hughes, 2004).

La versión modificada de la información es enviada hacia el área V2, donde las células atienden a la estructura global de la información, respondiendo a la forma como entidad más total. Posteriormente, en el área V4, la información llega a otras células⁹ que responden específicamente a cada una de todas las formas geométricas. Es en la corteza temporal inferior que las neuronas agrupan información de etapas anteriores enviando esa información hacia el complejo occipital lateral (Malach et al., 1995; Self, & Zeki, 2005; VonderHeydt, & Peterhans, 1989). Este complejo está descrito por Grill-Spector y colaboradores (1998) como un área localizada dorsalmente al área V3a. Para que la integración de la información ocurra es necesario el buen funcionamiento de la población neuronal de la parte anterior del área polisensorial temporal superior – aunque no sea un punto de vista consensual (cf. Buracas, & Albright, 1996; Grill-Spector et al., 1998; Kourtzi, Boulthoff, Erb, & Grodd, 2002; Malonek, Tootell, & Grinvald, 1994; Oram, & Perret, 1996).

Al nivel funcional, la comprensión de la percepción de la forma es considerada la más compleja de todas las características básicas (Wolfe, 1998). Las dimensiones que componen el sistema modular que procesa la forma no son consensuales ni fáciles de definir (Blanco, 2000; Tse, & Hughes, 2004) ya que detectar la forma de los objetos incluye detectar las relaciones espaciales entre las características existentes en los escenarios visuales (Braun, & Julesz, 1998; Cohen, 1997; Duncan, & Humphreys, 1989; Mordkoff, & Yantis, 1993; Murray, Olshausen, & Woods, 2003; Theeuwes, 1991). Mach (1836-1916) defendió que los contornos, definidos por los cambios repentinos de la luminosidad, tienen un papel fundamental en la delimitación de la forma.

⁹ Estas células responden también a los contornos ilusorios.

La dimensión de profundidad no existe en las imágenes planas, por lo que la estructura formal de los objetos presentados es considerada continua. En estas situaciones la percepción de la forma apenas es posible cuando son detectadas las líneas que limitan el objeto y en condiciones de cambios abruptos de luminosidad (VonderHeydt, & Peterhans, 1989). Esto permite que en la búsqueda visual de la forma, un objetivo definido por sus umbrales “resalte a la vista” y sea fácilmente señalado positivamente (Treisman, & Gelade 1980, Wolfe, 2001) y contribuirá a la integración atencional posterior (Treisman, 2006). Las variaciones abruptas en los umbrales de las formas excitan o inhiben la codificación de las unidades de información, mejorando el tiempo de respuesta perceptiva en las tareas de búsqueda visual (Blanco, 2000; Duncan, 1989; Duncan, & Humphreys, 1989; Rivest, & Cavanagh, 1996; Treisman, 1985, 1993, 2006; Tse, & Hughes, 2004; Wolfe, 1998, 2001) de manera que los tiempos de reacción demuestran un procesamiento automático y a nivel pre-atencional de la percepción de la forma (Treisman, & DeSchepper, 1994).

Treisman y Gormican (1988) consideran que las asimetrías funcionales (Wolfe, 2001) encontradas en la búsqueda visual de líneas que delimitan la forma de los objetos demuestran que esta característica es procesada en paralelo y en automático en una etapa pre-atencional del procesamiento perceptivo.

El final de las líneas (*line termination*) de la forma de los objetos visuales, en contraste luminoso con el fondo uniforme, es procesado de forma automática en un nivel pre-atencional y de manera ascendente sin la posibilidad de selectividad y de segmentación de sus dimensiones, es decir, informativamente encapsulado (Fodor, 2001; Theeuwes, 1991, 1992; Treisman, 2006; Wolfe, 1998). Estas características del procesamiento perceptivo de la forma permiten definirla como una característica básica

del procesamiento perceptivo (Duncan, & Humphreys, 1989; Julesz, 1984; LaBerge, & Broen, 1989; Meigen, Lagreeze, & Bach, 1994; Tse, & Hughes, 2004).

Posteriormente la percepción de la forma contribuye al agrupamiento gestaltico que permite la identificación y integración de las imágenes visuales (Cohen, 1997; Mordkoff, & Yantis, 1993; Treisman, 1985, 2006; Treisman, & Gelade, 1980; Treisman, & Gormican, 1988; Treisman, & De Schepper, 1994).

2.3. Procesamiento de la percepción de la orientación espacial

La orientación espacial se define como la capacidad para relacionar la posición, dirección y movimiento de los objetos en el espacio (Lewis, Kingdom, Ellemberg, & Maurer, 2007). La mayor parte de la literatura a cerca de la percepción visual de la orientación espacial es sobre el efecto de rotación de líneas en objetos simples (Luo, Crandall, Singhal, Boutell; & Gray, 2003).

Al nivel neurofisiológico la información a cerca de la orientación espacial de los objetos visuales es procesada originalmente como una dimensión estructural de la forma, a través de las mismas vías del sistema visual que hemos presentado en el apartado anterior. Solamente en el área V1 las células sensibles a la orientación se tornan funcionalmente independientes debido a su distribución preferencial entre los bulbos que se proyectan hacia el área V2 (Zeki, 1995). Vogels y Orban (1987) han descubierto que en el área V2 existe un agrupamiento de células es sensible a la orientación de las líneas y otro a la orientación espacial y a los contornos anómalos de las líneas. Este ultimo grupo procesa paralelamente la señal por la vía ventral desde el área extraestriada V2 hacia el área V4, donde las células mantienen su sintonización a este tipo de información (Corbetta, Miezin, Shulman, & Petersen, 1993; Corbetta, Shulman, Miezin, & Petersen, 1995; Leventhal, Thompson, Liu, & Aula, 1995)

enviándola hacia la corteza temporal postero inferior (TEO) (Zeki, 2006). Es generalmente aceptado que esta vía paralela del sistema visual permite que la orientación espacial de los objetos sea procesada después de su color, pero antes del movimiento (Moutoussis, & Zeki, 1997a).

Al nivel funcional las investigaciones también presentan resultados que demuestran que la percepción de la orientación espacial es anterior al reconocimiento del objeto (Jolicoeur, 1985). Se considera que el procesamiento de esta información perceptiva es llevada a cabo por un módulo con dos canales independientes: un canal que está sintonizado a la verticalidad y un otro que está sintonizado a la horizontalidad (Foster, & Ward, 1991).

Por otro lado Wolfe, Freedman-Hill, Stewart y O'Connell (1992) proponen un modelo de cuatro canales: “*steep*” (arriba), “*shallow*” (abajo), izquierda y derecha. Los autores consideran que la búsqueda visual es eficaz cuando dos de las cuatro condiciones se mantengan. En estas condiciones, el procesamiento perceptivo de la orientación ocurre en nivel pre-atencional y en paralelo, y de acuerdo con la naturaleza de la orientación (Bravo, & Blake, 1990). Pero hay que tener en cuenta la relación entre orientaciones, ya que la estructura del campo visual va a modular la eficacia de la búsqueda visual (Dakin, Williams, & Hess, 1999; Meigen, Lagreze, & Bach, 1994), donde la relación entre objetivo y distractores, y entre los propios distractores va a determinar el tiempo de reacción. El objetivo “resalta a la vista” cuando tiene la mejor orientación en contraste con los distractores que existen en los escenarios visuales. Es posible que la búsqueda visual también sea eficaz cuando la orientación espacial del objetivo es de una única categoría (Kastner, Northdurf, & Pigarev, 1999; Wolfe et al., 1992). A pesar de ser posible discriminar líneas que tienen una diferencia de 1 o 2 grados de orientación, es necesario que tengan 15° para producir una búsqueda visual en

un nivel pre-atencional (Bilsky, & Wolfe, 1998; Dakin, & Mareschal, 2000; Wolfe, 1998).

El procesamiento perceptivo de las cuatro dimensiones de la orientación espacial por un único sistema modular ha sido estudiada en asimetrías funcionales (Cavanagh, Arguin, & Treisman, 1990; Treisman, & Souther, 1985) y los resultados permiten afirmar que es una característica básica de los objetos visuales (Luck, & Vogel, 1997; Luo et al., 2003). La orientación espacial de las líneas que delimitan los objetos visuales es procesada de forma automática en un nivel pre-atencional y de manera ascendente sin la posibilidad de selectividad y de segmentación de sus dimensiones, es decir, informativamente encapsulado (Fodor, 2001; Treisman, 2006; Wolfe, 1998).

2.4. Procesamiento de la percepción de la textura

La textura es una característica básica de los objetos visuales que resulta de la información de las superficies no homogéneas en los escenarios visuales, y que depende de la posición de los observadores y de las condiciones de luminosidad (Brodatz, 1966; Casales, 2001; Gurnsey, & Fleet, 2001; Jules, 1981, 1984; Julesz, Gilbert, & Victor, 1978; Julesz, Gilbert, Schepp, & Frisch, 1973; Richards, & Polit, 1974; Victor, 1994; Yellott, 1993; Zhu, Wu, & Mumford, 1998).

La textura en un escenario sirve para identificar el material de la superficie (apariencia de la textura) (Caelli, 1985; Durgin, 2001; Nothdurft, Gallant, & VanEssen, 1999, 2000). Cuando dos objetos (o partes de un único objeto) se encuentran, se crea un umbral para el cambio de textura. La segregación de textura es la capacidad de identificarlos y localizarlos aisladamente o en conjunto con otras propiedades de la superficie (Bergen, & Landy, 1991; Caelli, 1985; Callaghan, 1990; Chubb, Econopouly, & Landy, 1994; Dana, vanGinneken, Nayar, & Koenderink, 1999; Durgin, 2001;

Graham, et al., 1992; Landy, & Bergen, 1991; Motoyoshi, 1999; Motoyoshi, & Nishida, 2001; Nothdurft, 1985; Pappas, Gorea, Free, & Conway, 1999; Sutter, & Graham, 1995; Wolfe, 1992; Wolfe et al., 1995; Yeshurun, & Carrasco, 2000). Por otro lado, la geometría de la perspectiva de un objeto con textura resulta en una distorsión en el imagen retinal permitiendo inferir propiedades de las características tridimensionales de los objetos y de su forma (textura *shape-form*) (Caelli, 1985; Motoyoshi, 1999; Motoyoshi, & Nishida, 2001; Nothdurft, 1985; Northdurft et al., 1999, 2000; Pappas et al., 1999; Sutter, & Graham, 1995).

La definición de textura mantiene actualmente una ubicuidad que constituye un problema para la comprensión del procesamiento precoz de esta información por el sistema visual (Buckley, Frisby, & Blake, 1996; Motoyoshi, & Nishida, 2001; Rao, & Lohse, 1996). Neurofisiológicamente la imagen retiniana de textura resulta de las variaciones de reflejo, de color o de orientación tridimensional en una superficie (Graham, & Wolfson, 2001; Kastner, deWeerd, & Ungerleider, 2000; Kastner, Northdurft, & Pigarev, 1997; Kingdom, Hayes, & Field, 2001; Landy, & Graham, 2004; Seiffert, Somers, Dale, & Tootell, 2003). Estas variaciones pueden ser regulares (textiles, paredes) (Beason-Held et al., 1998; Bovik, Clark, & Geisler, 1990; Kastner et al., 2000), al azar (suelo), o en el medio (granos de madera) (Arsenault et al., 1999; Beason-Held et al., 1998; Bovik et al., 1990; Knierim, & VanEssen, 1992; Landy, & Kojima, 2001; Landy, & Graham., 2004).

Estudios con animales (Kastner et al., 1997; Knierim, & VanEssen, 1991; Nothdurft et al., 1999) han demostrado que las neuronas de la V1 se activan fuertemente a elementos complejos, como la textura. Los estudios con monos han identificado reacciones neuronales en la V1 para la detección de la textura que siguen los patrones de la detección de una figura definida por contornos de textura (Kastner et al., 2000;

Lamme, 1995; Zipser, Lamme, & Schiller, 1996). Registro de la reacción de células simples en monos sugiere que el proceso neuronal de contornos complejos es iniciado precozmente en la corteza visual primaria con células de campos receptivos amplios, a pesar de existir una participación importante de las capacidades de orden superior (Kastner et al., 2000).

En los humanos la presentación de líneas de textura y de objetos con texturas uniformes ha conseguido activaciones en las áreas occipitotemporales ventrales (Beason-Held et al., 1998). En este sentido, la evocación de texturas uniformes de línea (*line textures*) (Kastner et al, 2000, 1997) con y sin contornos activan ambas las áreas V1, V2, V4, TEO (corteza temporal posteroinferior) y V3a, mientras las texturas con patrones segregados activan las área V4 y TEO. Los resultados de estos autores sugieren que el procesamiento visual de la textura, siendo una característica compleja de los objetos implica más de un área cortical. Esta información compleja es extraída debido a los largos campos receptivos de las neuronas de orden superior de estas áreas, modulando las respuestas de áreas más bajas a través de respuestas de retorno (Kingdom, et al., 2001; Knierim, & VanEssen, 1992; Seiffert et al., 2003).

En el área V1 y en el área V2, las células que reaccionan a los cambios de luminosidad también lo hacen a los cambios definidos por la textura (Nothdurft et al., 2000), modulando la respuesta que llega del CGL (Adelson, & Bergen, 1991; Kastner et al., 2000) resultante de la estimulación visual fuera de los campos receptivos clásicos (Freeman et al., 2001; Landy, & Graham, 2004; Rossi et al., 2001; Sceniak, Hawken, & Shapley, 2001; Walker et al., 2000). Otros autores sugieren que esta interacción lateral es generalmente supresora y tienen un papel fundamental en el “resaltar a la vista” de los estímulos con textura (Kastner et al., 1997, 1999; Nothdurft et al., 1999).

Beason-Held y colaboradores (1998) evaluaron las respuestas locales a texturas acromáticas (continuas y discontinuas). La estimulación de texturas aleatorias aumentó la intensidad de la señal primariamente en la corteza estriada, con un pequeño involucramiento del *cuneus* y giro mediano occipital, lingual y fusiforme. Las texturas correlacionadas también activaron estas áreas, pero con una mayor amplitud, y con una activación adicional temporal mediana. Los autores suponen que esta condición aumenta el recurso de otras poblaciones neuronales dentro de las regiones estriadas y extraestriadas de las regiones temporales para permitir procesar texturas con características visualmente destacadas.

Desde un punto de vista funcional se considera que existe un espectro continuo entre los patrones de textura y los patrones geométricos (Aloimonos, 1988; Blake, Buelhoff, & Sheinberg, 1993; Li, & Zaidi, 2000). Sin embargo las investigaciones estudian la textura a partir de diferentes puntos de vista como son la segmentación, la clasificación o la síntesis, pero no consiguen una definición definitiva y ampliamente aceptada de la representación perceptiva de la textura (Harvey, & Gervais, 1978; Landy, & Kojima, 2001; Li, & Zaidi, 2000; Wolfson, & Landy, 1995, 1998, 1999).

Las investigaciones focalizadas en la segregación de textura (Caelli, & Jules, 1978; Caelli, Jules, & Gilbert, 1978; He, & Nakayama, 1994; Kingdom, & Keeble, 1996, 1999; Knill, 1998a, 1988b, 1988c; Landy, & Kojima, 2001; Victor, 1988; Wolfe et al., 1995; Wolfson, & Landy, 1998, 1999) intentan saber como esta característica de los objetos es representada en el sistema perceptivo y cuales son los mecanismos subyacentes a su diferenciación de las otras características. Dos teorías intentan explicar este fenómeno: La teoría *texton* de Julesz (1984) y la teoría del análisis de la frecuencia espacial global de Beck (1982).

La primera teoría defiende que la unidad básica de la percepción de la textura es el *texton*, que es determinado por dos dimensiones: los bulbos alargados (*alongated bolbs*) y los términos de las líneas (*line endings* o *terminators*) (Landy, & Graham, 2004). La segregación de la textura es llevada a cabo por campos receptivos corticales simples o complejos (Hubel, & Livingstone, 1985), que analizan las diferencia entre las características de densidad de dos *textons*, ignorando las relaciones espaciales con *textons* adyacentes (Casalles, 2001).

La segunda teoría, la teoría del análisis de la frecuencia espacial global (Beck, 1982) defiende que las diferencias entre las densidades de primera orden son independientes de la organización de los bulbos, y no son suficientes para segregar la diversidad de texturas existentes en los escenarios visuales (Landy, & Graham, 2004). En estas situaciones es necesario un análisis global de las relaciones espaciales para representar las diferentes texturas. En este sentido, los autores defienden que la textura no puede ser definida matemáticamente por un píxel, ya que hay que tener en cuenta que en el sistema visual humano no existe este tipo de procesamiento (Landy, & Kojima, 2001; Kandy, & Graham, 2004).

Las diferentes propuestas que han surgido de estas dos posiciones han desarrollado distintas tareas experimentales (Li, & Zaidi, 2000; Malik, & Perona, 1990; Portilla, & Simoncelli, 2000):

1 – El abordaje geométrico considera que las imágenes están compuestas por dimensiones de textura primitiva que son detectadas por el sistema visual y posteriormente procesadas.

2 – El abordaje basado en modelos considera que la textura resulta de un modelo matemático definido por los parámetros del modelo.

3 – El abordaje de filtraje considera que la textura es procesada en el sistema visual por un conjunto de filtros espaciales lineales, con la forma de células corticales simples, sin linearidad “punto-a-punto” y filtraje espacial lineal posterior. La señal es transformada de manera no lineal para que sea posible la definición de los contornos de textura del objeto visual y su posición en el espacio (Chubb, & Landy, 1991; Sutter, Beck, & Graham, 1989). El modelo convierte el análisis de las diferencias entre los umbrales de textura en un análisis de las diferencias de magnitud de las respuestas (Malik, & Perona, 1990; Malik, & Rosenholtz, 1997; Rosenholtz, & Malik, 1997).

Es en este último modelo que se han encontrado semejanzas entre los resultados del abordaje de filtraje para la segregación de textura y los resultados de los paradigmas que utilizan las tareas de búsqueda visual (Landy, & Graham, 2004; Treisman, 1985, 1993, 2006; Wolfe, 1998, 2001). Se sugiere que el “resaltar a la vista” de un objetivo con textura entre distractores sin textura en una tarea de búsqueda visual (Chubb et al., 2001) resulta de la activación de los mecanismos de segregación de la textura (Beck, 1972, 1973; Olson, & Attneave 1970) demostrando que la textura es procesada por un mecanismo perceptivo modular y independiente (Rubenstein, & Sagi, 1990).

A este propósito Sutter y Graham (1995) han encontrado resultados que permiten afirmar que la segregación de textura es procesada en paralelo en un nivel pre-atencional. En tareas de búsqueda visual de pares fijos de elementos de textura, existen a menudo asimetrías (Graham, & Sutter, 1998; Lin, & Wilson, 1996; Wolfe, 2001), aunque dependa del elemento que define el objetivo y el distractor (Beck 1973; Gurnsey, & Browse, 1989). También es importante la manera como se colocan los elementos de textura (al azar o siguiendo un patrón) para que las propiedades lleven un agrupamiento perceptivo de los elementos de textura (Beck, 1982). Treisman (2006) partiendo de la teoría de integración de características (Treisman, & Gelade, 1980)

también considera que el procesamiento paralelo de la textura está determinado por las discontinuidades espaciales entre los grupos de estímulos que difieren entre si por características perceptivamente separables.

Se puede afirmar que en la percepción de la textura, la información que resulta de la segregación de textura es procesada de forma automática en un nivel pre-atencional y de manera ascendente sin la posibilidad de selectividad y de segmentación de sus dimensiones, es decir, informativamente encapsulado (Fodor, 2001; Treisman, 2006; Wolfe, 1998).

2.5. Procesamiento de la percepción del movimiento

El procesamiento del movimiento puede ser inducido por diferentes características físicas de los objetos, sobre todo cuando la experiencia de movimiento es muy semejante. Se mantiene actualmente la discusión sobre si son activados diferentes circuitos neuronales en función de las características de los objetos en movimiento, o si es un mismo circuito que procesa exclusivamente el movimiento como un fenómeno independiente de las otras características de los objetos (Seiffert et al., 2003). Hawken y Gegenfurtner (1999) consideran que la percepción del movimiento es definida exclusivamente por el contraste cromático entre los estímulos. Por otro lado, Zeki (1991) y Ramachandran y Gregory (1978) han descubierto neuronas selectivas al movimiento que permite probar que la organización cortical procesa el movimiento por vías anatómica y funcionalmente separadas. Tanto Zeki (1991) como Livingstone y Hubel (1987, 1988) tienen en la formulación de la segregación del procesamiento del movimiento uno de sus más importantes postulados.

En la retina, las células que son sensibles al movimiento son las células magno (M) (Morland et al., 2000; Silveira, & Perry, 1991). Son células más frecuentes en la

periferia de la retina y reciben las señales de las células amacrinas. Tienen campos receptivos grandes, que se superponen, y axones anchos. El mayor campo dendrítico aumenta la excentricidad retiniana y la forma dispersa de este campo permite recibir información convergente de áreas de la retina mucho más amplias. Desde aquí estas células envían la información por sus proyecciones hacia las láminas 1 y 2 del CGL, que constituyen la porción magnocelular (de células largas) (Rossi et al., 2001; Schiller et al., 1991; Schofield, & Georgeson, 2000; VanEssen, 1990; Wassle, 1999; Wenderoth et al., 1999). Al llegar dorsalmente (Ungerleider, & Mishkin, 1982) al área V1 la información es procesada por neuronas que son sensibles a cuatro tipos de movimientos (arriba, abajo, izquierda, derecha), y envían esa información al área V5. Aquí existen diferentes columnas de células que están sintonizadas a la dirección del movimiento (Zeki, 2006) procesándola hacia el área ventrolateral (Watson, & Ahumada, 1985), también llamada el área temporal medial (TM) (Culham, Dukelow, & Verstraten, 2001; Culham et al., 1999; ffytche, & Howard, 1999; Grill-Spector et al., 1998; Kastner et al., 1999; Mendola et al., 1999; VanOostende, Sunaert, VanHaeck, Marchal, & Orban, 1997).

Estudios en animales presentan el área TM como el área de respuesta a estímulos sin movimiento y sin luminosidad (Albright, 1992; Mareschal, & Baker, 1999; Zhou, & Baker, 1994) sugiriendo que las neuronas no están subdivididas en grupos diferentes de detectores (Seiffert et al., 2003; Smith, Hess, & Baker, 1994; Smith, Greenlee, Sing, Kremer, & Henning, 1998). Por otro lado, en experiencias con primates, las neuronas del área V5 son activadas específicamente por el movimiento de los objetos, y las pérdidas en la capacidad de discriminación entre movimientos de larga duración resultan de lesiones en esa misma área (Seiffert et al., 2003). Se defiende que el movimiento es procesado por un único sistema que trabaja como una unidad, el

complejo TM y V3a, con respuestas específicas a cada tipo de movimiento (Cavanagh, & Mather, 1989; Greenlee, & Smith, 1997; Johnston, & Clifford, 1995; Johnston, McOwen, & Buxton, 1992). Zeki y Bartels (1999) han descubierto que la mayoría de las células en el área TM de la corteza extraestriada de los primates, localizada en el banco del surco superior temporal, reaccionan selectivamente a la dirección del movimiento. Sus resultados demuestran que las neuronas del área TM suministran una respuesta vigorosa a una barra de luz en una dirección de movimiento preferido y dan poca o ninguna respuesta a una barra que se mueve en la dirección opuesta.

El sistema magnocelular, incluyendo el área TM, es el substrato neuronal responsable por la codificación para la dirección y velocidad del movimiento, lo que lo torna muy útil en funciones como es la coordinación de la orientación en el espacio, y, en particular, el control de los movimientos de los ojos (Adelson, & Bergen, 1991; van Santen, & Sperling, 1985; Watson, & Ahumada, 1985)¹⁰. Se sabe que el área TM tiene un papel importante en la emisión de señales visuales que controlan los movimientos de los ojos de seguimiento sutil (Gegenfurtner, & Kiper, 2003). Tales señales necesitan ser procesados rápidamente para permitir una rápida y adecuada reacción a los estímulos ambientales (Hawken, & Gegenfurtner, 1999). Una vía neuronal rápida tiene ventajas adaptativas, ya que existe poca o ninguna mixtura de señales de otras características de los objetos y no implica integración sináptica (Gegenfurtner, & Kiper, 2003).

Por estas razones Zeki (2006) defiende que el sistema magnocelular procesa paralelamente la información recogida por las células magno hacia el área V1 y a su vez, hacia las áreas V3 y V5. Esta vía que se proyecta directamente para el área TM es

¹⁰ La teoría de la descarga corolaria en la percepción del movimiento describe três tipos de señales al movimiento de los ojos o a las imágenes que cruzan los ojos: 1 – una señal matriz que se envía a los músculos oculares cuando el observador se mueve o intenta mover los ojos; 2 – una señal de la descarga corolaria que es una copia de la señal matriz; 3 – una señal de movimiento de la imagen que se produce cuando una imagen estimula a los receptores mientras se mueve a través la retina (Marr, 1982).

indiscutiblemente el sustrato anatómico responsable por el procesamiento modular del movimiento (Tootell et al., 1995; Zeki, 2006; Zeki et al., 1998, 2008).

El movimiento es procesado en dos estadios que anatómicamente y jerárquicamente se pueden dividir en (Ashida, Seiffert, & Osaka, 2001; Cavanagh, & Mather, 1989; Greenlee, & Smith, 1997; Seiffert, & Cavanagh, 1998, 1999):

1. Primer orden: Es un estadio de pre-procesamiento (Chubb, & Sperling, 1988; Demb et al., 2001; Solomon, & Sperling, 1994; Wilson, Ferrera, & Yo, 1992; Zhou, & Baker, 1993) donde las diferencias entre los umbrales luminosos en movimiento activan un conjunto de detectores dirigidos por la luminosidad que filtran el espacio y el tiempo del movimiento (Adelson, & Bergen, 1991; Favreau, & Cavanagh, 1981; Watson, & Ahumada, 1985), creando representaciones corticales separadas (Lu, & Sperling, 1995; Clifford, & Vaina, 1999; Vaina, Cowey, & Kennedy, 1996).

2. Segundo orden: La sustracción de la información de luminosidad (Chubb, & Sperling, 1988; Cavanagh, & Mather, 1989) permite la información sobre la dirección del movimiento que es enviada hacia los sistemas de orden superior (Derrington, & Ukkonen, 1999; Seiffert, & Cavanagh, 1998; Smith, Hess, & Baker, 1994; Wenderoth et al., 1999).

Desde el punto de vista funcional, los estudios psicofísicos sugieren que el color y el movimiento no siempre son procesados independientemente, ya que en muchas ocasiones la percepción del movimiento queda comprometida en condiciones de luminosidad equivalente. Estudios realizados intentan conocer en qué condiciones se dan estas interacciones, otros minimizan la percepción del movimiento, utilizando estímulos que son configurados para silenciar la vía de procesamiento del movimiento con luminosidad (Hawken, & Gegenfurtner, 1999). Otros estudios han intentado definir

las condiciones de cromaticidad/luminosidad que llevan a una interrupción de la percepción del movimiento (Ukkonen, & Derrington, 2000).

Algunas investigaciones han mostrado que los mecanismos de procesamiento del color están implicados en la detección y en la identificación del movimiento de los estímulos cromáticos y/o luminosos con patrones de una dimensión simples (Krauskopf, 1999; Gegenfurtner, & Koper, 2003; Stromeyer et al., 1995).

En este sentido Cavanagh y Favreau (1985) defienden que los estímulos con luminosidad equivalente parecen moverse más lentamente que los estímulos con diferencias de luminosidad. Los autores han mostrado que el procesamiento de la velocidad disminuye drásticamente para los objetivos en movimiento lento en luminosidades equivalentes. En los objetivos de rápido movimiento no ha sido encontrada ninguna dependencia del contraste de la luminosidad. Se puede pensar que la percepción del movimiento también es posible en condiciones de luminosidad equivalente a pesar de la percepción de la velocidad se presentar lentificada (Cavanagh et al., 1990). Estos autores reportan que la percepción del movimiento es anulada solamente cuando los objetivos son presentados con grados muy próximos de luminosidad, proponiendo que el procesamiento perceptivo del movimiento es mantenido por el sistema de procesamiento perceptivo de la luminosidad.

Se argumenta que si los estímulos cromáticos y luminosos activan el mismo conjunto de detectores que los estímulos en movimiento, entonces la adaptación a los estímulos luminosos que se mueven en una dirección debe resultar en un posefecto de movimiento (*motion after effect*) para un estímulo cromático que se mueve en la dirección opuesta (Serenio et al., 1995; Tootell et al., 1995). De manera semejante, la adaptación a un estímulo cromático en movimiento puede resultar en un posefecto de movimiento para un estímulo luminoso que se mueve en la dirección opuesta (Hawken,

& Gegenfurtner, 1999). Estos efectos son funcionalmente asimétricos ya que la adaptación a la luminosidad produce un posefecto de movimiento más fuerte que el producido en la adaptación a estímulos de luminosidad equivalente. Se defiende que es necesario procurar saber el grado de adaptación entre estímulos cromáticos y acromáticos en una escala de contraste que sea equivalente, ya que el grado de activación y de adaptación producida por la luminosidad de gran contraste puede no ser el mismo que lo producido por un estímulo cromático (Seiffert, & Cavanagh, 1998).

Una de las explicaciones para el fenómeno de posefecto de movimiento es la de que los detectores de movimiento de primer orden están adaptados a exposiciones prolongadas de movimiento (Mather, Verstraten, & Anstis, 1998). La percepción del movimiento se debe a una oscilación en la actividad de los detectores de movimiento que son sensibles a las direcciones opuestas de los movimientos. Cuando un grupo de detectores está adaptado a una cualquier dirección de movimiento lento el grupo opuesto de detectores presenta actividad nula.

Estudios de anulación de movimiento (*motion-nulling*) han mostrado que la modularidad de procesamiento del movimiento puede ser decompuesta cuando dos vectores orientados verticalmente se dirigen en direcciones opuestas - un a la izquierda y otro a la derecha - donde el procesamiento de una dirección anula el procesamiento de la dirección del otro, convirtiendo la señal en una única frecuencia temporal (Horowitz, & Treisman, 1994). Cavanagh y Mather (1989) han descubierto que el movimiento de estímulos cromáticos con luminosidad equivalente es anulado por estímulos con luminancia acromática que se dirigen en la dirección opuesta. Con estos datos los autores sugieren que el movimiento en estímulos cromáticos es señalado por el mismo mecanismo que señala la dirección del movimiento de estímulos luminosos.

Por otro lado, Smith y Ledgeway (1997) proponen que existen dos mecanismos independientes para el procesamiento perceptivo del movimiento que son diferencialmente sensibles a la luminosidad y a la cromaticidad. Pero Heeger y Bergen (1995) argumentan que la luminosidad y la cromaticidad interaccionan cuando ocurren transformaciones lineales en los estímulos, por lo que son procesados perceptivamente por un mismo mecanismo modular.

Se puede pensar que funcionalmente los mecanismos de segundo orden también procesan los estímulos en movimiento a través de múltiples estadios (Gegenfurtner, & Kiper, 2003; Sekuler, & Blake, 1990; Watson, & Ahumada, 1985). El primero estadio hace la extracción transitiva y limitada de una dimensión del movimiento con el fin de obtener información bastante torpe (*draft*) sobre la existencia de un movimiento y de su posición en el campo visual (Marr, 1982). En el segundo estadio produce una señal para la complejidad del movimiento: movimiento de patrones espaciales multidimensionales; movimiento circular; expansión; contracción (Hawken, & Gegenfurtner, 1999).

Existe un momento de captación precoz del movimiento (Gegenfurtner, & Kiper, 2003) y en un momento posterior es llevado a cabo el análisis de la estructura del movimiento. Esta información es utilizada para inferir la estructura formal de los objetos (*structure for motion*) siendo necesaria la identificación correcta de la dirección del movimiento y la discriminación correcta de su velocidad (Hawken, & Gegenfurtner, 1999; Sekuler, & Blake, 1990; Marr, 1982).

Finalmente, Treisman (2006) partiendo de la teoría de integración de características (Treisman, & Gelade, 1980) considera que la percepción de la dirección del movimiento en condiciones de luminosidad equivalente es procesada en paralelo en un nivel pre-atencional, por lo que puede ser considerada una característica básica de los objetos visuales. La autora (Treisman, 1998) defiende que el sistema perceptivo

mantiene el mismo tipo de procesamiento modular del sistema visual, ya que el área V1 activa selectivamente neuronas sensibles a las cuatro direcciones básicas del movimiento (arriba, abajo, izquierda, derecha), y esa información que es procesada por la vía directa hacia el área TM (Zeki, 2006) llega a los mecanismos de orden superior. En esta etapa pre-atencional, la información acerca de la dirección del movimiento es registrada transitivamente en las representaciones episódicas con un determinado local y en un determinado momento. El diccionario de objetos se actualiza cuando el objeto manteniendo su movimiento modifica su dirección señalándolo positivamente y dejando esta información disponible para los mecanismos atencionales (Treisman, 1994). Desde este punto de vista los vectores de segunda orden, que son estudiados en las investigaciones psicofísicas (movimiento de patrones espaciales multidimensionales; movimiento circular; expansión; contracción), son características no modulares, solamente activadas y integradas por la atención focalizada en un estadio posterior del procesamiento perceptivo (Treisman, 2006).

También aquí se puede afirmar que la percepción de la dirección del movimiento es procesada de forma automática en un nivel pre-atencional y de manera ascendente sin la posibilidad de selectividad y de segmentación de sus dimensiones, es decir, informativamente encapsulado (Fodor, 2001; Treisman, 2006; Wolfe, 1998).

3. DEMENCIA TIPO ALZHEIMER.

PROCESAMIENTO

DE LA

INFORMACIÓN PERCEPTIVA

3. Demencia tipo Alzheimer. Procesamiento de la información perceptiva

3.1. Demencia tipo Alzheimer

La definición de demencia implica un conjunto de situaciones clínicas de deterioro irreversible y consecuente pérdida de diversas habilidades mentales resultantes de lesiones en diferentes regiones del cerebro (Morrison, & Hof, 1997) y que provocan alteraciones graves en la conducta de los sujetos enfermos (Caldas, 2000; Perea, & Ladera, 2005).

En todos los cuadros demenciales hay que tener en cuenta que son incapacidades adquiridas con causa orgánica. Se asiste a un deterioro progresivo de varias funciones cognitivas en sujetos con niveles de conciencia normales y que afectan la capacidad de desarrollar cotidianamente las actividades funcionales (WHO, 1992; Perea, & Ladera, 2005).

De entre los síndromes demenciales, la demencia tipo Alzheimer (DTA) es una enfermedad con curso degenerativo y progresivo (5-12 años) (Perea, & Ladera, 2005; Santacruz, & Swagerty, 2001), siendo la forma clínica de demencia más frecuente (60%-80%).

Se considera que actualmente existen 26,6 millones de personas enfermas en todo el mundo, esperándose que este número cuádruple en el año de 2050 (WHO, 2006).

La DTA presenta un prevalencia mundial de 1,4% en las personas que tienen entre los 65 y los 69 años de edad, de 2,8% entre los 70 y los 74 años, de 6,6% entre los 75 y los 79 años, de 11,1% entre los 80 y los 84 años, y de 23,6% entre los 85 y los 89 años (García-Alberca, et al., 2008; WHO, 2006).

Por estar estrechamente relacionada con el envejecimiento normal (Morrison, & Hof, 1997), la incidencia de la DTA (5 a 8 nuevos casos por año en cada mil personas) no es homogénea, siendo que entre los 65 y los 69 años de edad surgen 2 nuevos casos por año por cada mil personas, mientras que después de los 90 años ese número llega a las 69 nuevas personas enfermas por año (WHO, 2006).

En Portugal, Garcia y colaboradores (1994) basados en los datos del EURODEM (Hofman et al., 1991), han estimado la existencia de un total de 48.706 personas con DTA. La tendencia demográfica en Portugal es semejante a la de otros países occidentales europeos presentando un porcentaje creciente de sujetos ancianos. Hombres y mujeres con más de 60 años, 18% y 24% respectivamente, de la población total tienen diagnóstico de DTA, y las estadísticas sugieren que este porcentaje sea de 32% en el año de 2050 (INE, 2001, 2002, 2003).

Como principales factores de riesgo se han señalado la edad (Zhan et al., 1990), factores genéticos (codificación da apolipoproteína E) (Caldas, 2000; Corder, et al., 1993; Reiman, et al., 1996), el sexo (Rocca, Bonaiuto, & Lippi, 1990), traumatismo craneocefalico (Chandra, Cokman, & Scoenberg, 1989), tóxicos (Jonson et al., 1990) y enfermedades cerebro vasculares (Sparks, Hunsaker, & Scheff, 1990).

Morfopatológicamente la DTA se debe al deterioro de las sinapsis neuronales (Santacruz, & Swagerty, 2001) por pérdida de receptores neuronales (Morrison, & Hof, 1997) como la acetilcolina cortical, la acetiltransferasa (marcador colinérgico que sintetiza la acetilcolina) y los nicotínicos, así como a lesiones o pérdida de neuronas piramidales (Manzano-Palomo, DelaMorena, & Barquero, 2006; Perea, & Ladera, 2005). Se considera que estas alteraciones son provocadas por la aparición de placas seniles a nivel de la corteza entorrinal parahipocampal y a las áreas asociativas

neocorticales terciarias, con predominio postrolándico, parieto-temporal y frontal (Perea, & Ladera, 2005; Price, Davis, Morris, & Withe, 1991). Se cree que estas placas son creadas por una lado, por depósitos proteicos extracelulares anormales (Muller-Hill, & Beyreuther, 1989; Price, et al., 1991; Reiman, et al., 1996) de sustancia β amilóide (Manzano-Palomo, et al., 2006) – por disfunción metabólica de la proteína precursora del amilóide - y por otro, por lesiones u ovillos neurofibrilares intracelulares - que contienen una forma anormalmente fosforilada de un microtúbulo asociado a la proteína tau, o ubiquitina, marcando la degeneración de la célula (Manzano-Palomo, et al., 2006; Reiman, et al., 1996). Se piensa que uno de los factores que provoca la lesión celular es la mayor sensibilidad al aumento del glutamato - el principal neuroexcitador central - por exceso y entrada continúa de calcio (Alberca, 2005; Morrison, & Hof, 1997).

Primariamente se observa la degeneración celular en las regiones del hipocampo, que posteriormente se amplía y se extiende a otras áreas de la corteza cerebral, llevando a una progresiva vulnerabilidad del hipocampo (Manzano-Palomo, et al., 2006; Price, et al., 1991). La desestabilización ínterneuronal se va extendiendo a otras poblaciones neuronales en forma de reacción en cadena (Jódar-Vicente, 2001). Existe evidencia de asimetría en el metabolismo de la glucosa (Procter et al., 1988) en las regiones frontal, parietal y temporal (Haxby, Duara, Grady, Rapaport, & Cutler, 1985; Haxby et al., 1986; Manzano-Palomo, et al., 2006).

Desde un punto de vista anatomico, las primeras alteraciones cerebrales se observan en la región mesial temporal, y se extienden progresivamente a las áreas parietales y frontales, donde aparecen los ovillos neurofibrilares – que se observan en otros tipos de demencia, pero no en el envejecimiento normal (Manzano-Palomo, et al., 2006; Morrison, & Hof, 1997). Algunas investigaciones reportan que existen personas

con DTA que presentan alteraciones precoces en el área parietal que se extienden posteriormente a las áreas temporales (Friedland et al., 1985; Najkerahim, & Bowen, 1988; Esiri et al, 1990; Wilcock, Esiri, Bowen, & Hughes, 1988).

3.2. Características clínicas neuropsicológicas

A pesar de un curso progresivo, las características clínicas neuropsicológicas son heterogéneas y dependen de la fase evolutiva de la DTA (García-Alberca et al., 2008). Las características clínicas iniciales se asemejan a un agravamiento del envejecimiento normal del cerebro (Morrison, & Hof, 1997). Los patrones encontrados en el deterioro inicial de un paciente con DTA se mantienen a lo largo de la enfermedad siendo que las habilidades que se hallan más preservadas en el estadio inicial de la enfermedad son también las que tardan más en deteriorarse. Así, a partir de la exploración inicial es posible establecer predicciones sobre el curso del deterioro posterior (Martin, 1990).

Se sabe que las primeras alteraciones cerebrales aparecen en la región mesial temporal (Alberca, 2005), lo que explica que uno de los primeros hallazgos neuropsicológicos de la DTA sea la intensidad y precocidad del deterioro de la memoria a corto plazo, con un nivel normal de conciencia y en ausencia de otra lesión cerebral (Perea, & Ladera, 2005; Small, & Backman, 1998). Otros de los síntomas son: deterioro de la capacidad de aprendizaje; deterioro de la capacidad de retención de nueva información; deterioro de las habilidades visoespaciales; deterioro del lenguaje en fases tempranas (semejante al de los pacientes con afasia anomica); incapacidad para encontrar palabras en el lenguaje conversacional; alteraciones en la capacidad de reconocimiento facial (Small, & Backman, 1998); deterioro del conocimiento semántico

y de la formación de conceptos; deterioro de la discriminación perceptiva (Perea, & Ladera, 2005; Martin, 1990). Se observan alteraciones en las tareas de comprensión lectora, de razonamiento y fluencia verbal (Perea, & Ladera, 2005).

Como se puede observar, la DTA puede presentar una gran variabilidad en los hallazgos neuropsicológicos resultantes del deterioro cortical (Jódar-Vicente, 2001; Small, & Backman, 1998). Conjuntamente con el hecho de que existe una fase prodrómica, o pre-clínica, en casi o todos los casos y un curso clínico que puede ser en ocasiones altamente atípico, hace necesaria una exploración multidisciplinar para llegar al diagnóstico definitivo de la DTA (Feldman et al., 2008; Jódar-Vicente, 2001; Martin, 1990; Santacruz, & Swagerty, 2001; Sliwinski, Lipton, Buschke, & Stewart, 1996).

Una comprensión total del rango posible de las características neurológicas y neuropsicológicas presentes y el progreso de la enfermedad son cuestiones fundamentales para un diagnóstico precoz correcto (Feldman et al., 2008; Santacruz, & Swagerty, 2001). Actualmente se considera que se debe tener en cuenta tres áreas fundamentales (cognitiva, conductual y funcional) en los criterios diagnósticos (Feldman et al., 2008; García-Alberca et al., 2008; Santacruz, & Swagerty, 2001).

Blass (1993) sugiere un modelo multifactorial para demostrar la compleja interacción de las causas de la DTA: los factores medioambientales; el envejecimiento; las alteraciones genéticas; las alteraciones citoesqueléticas; las alteraciones mitocondriales; la amiloidosis; las alteración en la homeóstasis celular; la pérdida de las conexiones sinápticas. También en este sentido, Martin (1990) propone un modelo basado en la variación de las características neuropsicológicas evaluadas en fases comparables de la enfermedad. Este modelo distingue tres subgrupos en la DTA:

- 1) Un subgrupo con claro deterioro en las habilidades visoespaciales, debido al hipometabolismo predominante en el lóbulo parietal del hemisferio derecho.
- 2) Un segundo subgrupo con alteraciones iniciales en las capacidades lingüísticas por un hipometabolismo que afecta sobretudo al lóbulo temporal del hemisferio izquierdo.
- 3) Un tercer grupo que presentan las dos habilidades alteradas debido a un hipometabolismo de predominio bilateral en zonas parietotemporales.

Queda claro que los hallazgos clínicos neuropsicológicos en la DTA tienen un curso evolutivo multifactorial, y solamente una descripción, también multifactorial, podrá permitir un diagnóstico definitivo de esta enfermedad. Perea, Ladera y Ajamil (2001) consideran que la evolución de la DTA se puede dividir en tres etapas, como se presenta en la tabla 1:

Tabla 1. Principales hallazgos neuropsicológicos en la DTA

Función Cognitiva	Primera etapa de la enfermedad (duración de 1 a 2 años)	Segunda etapa de la enfermedad (duración de 2 a 10 años)	Tercera etapa de la enfermedad (duración de 8 a 12 años)
Lenguaje	Pobre generación de lista de palabras, anomis	Afasia fluente	Severo deterioro
Memoria	Amnesia anterógrada	Amnesia anterógrada y retrograda	
Capacidades visoespaciales	Desorientación topográfica. Apraxia constructiva	Desorientación espacial. Marcada apraxia constructiva	
Cálculo	Alteraciones en el cálculo mental	Acalculia	
Praxia	Relativamente normal	Apraxia ideomotora	
Conducta	Apatía, ocasional irritabilidad o tristeza	Indiferencia y apatía	

3.3. Criterios diagnósticos

Los criterios diagnósticos más generalmente aceptados son los del *National Institute of Neurologic Comunitive Disorders and Stroke – AD and related Disorders Association* (NINCDS – ADRDA) (Mckhann, et al., 1984); los de la Asociación Americana de Psiquiatría (DSM-IV–TR) (APA, 2002) y los criterios de la Organización Mundial de Salud (CIE – 10) (WHO, 2006).

Los criterios de la NINCDS-ADRDA exigen la evaluación neuropsicológica del deterioro cognitivo para el diagnóstico de DTA, y el análisis histopatológico para su confirmación. Los criterios contemplan ocho dominios cognitivos en los cuales el paciente deberá presentar un funcionamiento deteriorado: memoria; lenguaje; habilidades perceptivas; atención; habilidades constructivas; orientación; resolución de problemas; habilidades funcionales. Los sujetos deberán presentar una degradación progresiva de estas funciones cognitivas sin alteraciones de la conciencia y sin desórdenes o otras enfermedades que puedan justificar el deterioro cognitivo progresivo (Mckhann, et al., 1984). Así, estos criterios contemplan las siguientes posibilidades:

- Enfermedad de Alzheimer Definitiva: El paciente cumple los criterios para enfermedad de Alzheimer probable y evidencias histopatológicas comprobadas por autopsia o biopsia.

- Enfermedad de Alzheimer Probable: La demencia ha sido confirmada por exámenes clínicos y neuropsicológicos. Los deterioros cognitivos son progresivos y están presentes en dos de los dominios cognitivos. El surgimiento del deterioro ha sido entre los 40 y los 90 años. Ausencia de enfermedad que pueda haber provocado el síndrome demencial.

- Enfermedad de Alzheimer Posible: Existe síndrome demencial con un surgimiento, presentación o progresión atípicos, y sin etiología conocida o otra enfermedad que pueda haber provocado el síndrome demencial.

- Enfermedad de Alzheimer Poco Posible: El paciente presenta un síndrome demencial de surgimiento súbito, con señales neurológicas focales con perturbaciones precoces en el curso de la enfermedad.

Los criterios del DSM-IV-TR (APA, 2002) están basados en los fenómenos conductuales y en la irreversibilidad y duración de los síntomas, aplicados retrospectivamente y el momento de su surgimiento.

- 1) Deterioro de la memoria a corto o largo plazo: hechos, fechas, datos.
- 2) Una o más de una de las siguientes alteraciones cognitivas:
 - a) Afasia: alteraciones del lenguaje como comprender, denominar...
 - b) Apraxia: deterioro de la capacidad para llevar a cabo actividades motoras pese a que la función motora en sí misma está conservada.
 - c) Agnosia: fallo en el reconocimiento o en la identificación de objetos pese a que la función sensorial está intacta.
 - d) Alteración de la función ejecutiva: planificación, abstracción, organización.
- 3) Repercusión significativa de estos trastornos en la vida social y/o laboral del paciente.
- 4) Hay que suponer una merma o declive con respecto a la funcionalidad previa del paciente.
- 5) Los déficit cognitivos no son debidos a:
 - a) Otras situaciones del sistema nervioso central que causan déficit progresivos en la memoria y en la cognición.

b) Condiciones sistemáticas que pueden causar demencia (e.g. hipotiroidismo; Vitamina B12, ect.).

c) Condiciones inducidas por sustancias.

6) Los déficits no ocurren solamente durante un delirium.

7) La perturbación no se explica por ninguna perturbación del eje I.

Estos criterios para el diagnóstico de la DTA también se pueden aplicar de acuerdo con la presencia o ausencia de perturbaciones clínicamente significativas en la conducta: 1) Sin perturbaciones conductuales; 2) con perturbaciones conductuales. Permiten igualmente especificar el sub tipo de DTA, de acuerdo con la edad de surgimiento: Precoz, si es antes o a los 65 años, o tardía, si surge después de los 65 años.

La DSM-IV-TR (APA, 2000) también propone criterios para la gravedad de la demencia, evaluando sus consecuencias en las actividades diarias del paciente (Breitner, & Folstein, 1984), siendo, entonces, posible distinguir entre leve (deterioro significativo de las actividades laborales o sociales, pero la capacidad de autonomía está mantenida, así como la higiene personal adecuada y una capacidad de juicio algo intacta), moderada (la capacidad de autonomía está alterada y puede ser peligroso para el paciente si no existe un grado de control) o grave (no existe autonomía ya que es necesario un control continuo de las actividades de la vida diaria del paciente).

La *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems*, en su 10ª revisión, considera que el diagnóstico de DTA pasa por la ausencia de evidencia en la historia clínica, en los exámenes físicos o en otras formas de diagnóstico de cualquiera otra posibilidad explicativa para la demencia. De acuerdo con este punto de vista, el diagnóstico de DTA, deberá cumplir los siguientes criterios, con las siguientes calificaciones:

- Demencia en enfermedad de Alzheimer con surgimiento precoz:

1) Inicio antes de los 65 años.

2) Cumplir por lo menos uno de los siguientes criterios:

a) evidencia de un inicio relativamente rápido y progresivo.

b) para allá del deterioro de la memoria, existe afasia (amnésica o sensorial), agrafia, alexia, acalculia o apraxia (indicando la presencia de involucramiento temporal, parietal y/o frontal)

- Demencia en enfermedad de Alzheimer con surgimiento tardío:

1) Inicio a los 65 años o después.

2) Cumplir por lo menos uno de los siguientes criterios:

a) evidencia de una progresión muy lenta y gradual (obtener información retrospectiva después de 3 años o más).

b) predominio de deterioro de la memoria, más que otros deterioros intelectuales.

- Demencia en enfermedad de Alzheimer atípica o mixta: demencias que tienen características atípicas importantes o que cumplen los criterios de los dos tipos anteriores.

- Demencia en enfermedad de Alzheimer inespecífica.

Para el correcto diagnóstico de DTA se deberán integrar los resultados de: (1) la historia clínica del paciente, obtenidas en entrevista con el paciente y con sus familiares, incluyendo la anamnesis y la exploración de la situación pré-mórbida (inteligencia y personalidad); (2) examen físico (exploración física general y neurológica); (3) evaluación neuropsicológica; (4) pruebas complementarias (generales, bioquímicas;

ECG, EEG); (5) pruebas imagiológicas anatómicas y funcionales (TC, RMN fMRI, PET, SPECT) (Corder et al., 1993),.

La evaluación neuropsicológica debe incluir la evaluación de: (1) la situación premórbida; (2) la situación cognitiva (orientación, atención-concentración, lenguaje, memoria, aprendizaje, praxias, gnosias, razonamiento, funciones ejecutivas); (3) la situación funcional en las actividades de la vida diaria (básicas, instrumentales y avanzadas); (4) la situación neuroconductual (estado emocional, depresión, psicosis, ansiedad y trastornos de personalidad, ect.) (Lezak, 1995; Perea, & Ladera, 2005; Siri, Benaglio, Frigerio, Binetti, & Cappa, 2001).

The Quality Standarts Subcommitte of the American Academy of Neurology (Knopman, et al., 2001), recomienda la utilización de los criterios DSM-IV-TR (APA, 2002), ya que tienen una elevada fiabilidad.

3.4. Procesamiento de la información perceptiva en la DTA

Zeki y Bartels (1998) sugieren que los sistemas de procesamiento visual de la visión precoz son también sistemas perceptivos y que su actuación es totalmente autónoma en relación a todos otros sistemas cerebrales, llamándoles “sistemas de procesamiento perceptivo”. Considerando que el sistema perceptivo procesa modularmente en un nivel pre-atencional la información recibida del sistema visual a cerca de las características básicas de los objetos visuales, interesa saber los datos existentes sobre el efecto de la DTA en el procesamiento de esta información.

Los trastornos del sistema visual en la DTA están bien documentados en la literatura (Calderón et al., 2001; Doyle et al., 2002; Preobrazhenskaya, Mkhitaryam, & Yakhno, 2006; Tetewsky, & Duffy, 1999). Desafortunadamente, los síntomas

característicamente vagos y los resultados normales en las tareas que evalúan las funciones de orden superior que son usualmente utilizadas en los procedimientos de diagnóstico, hacen que el deterioro del procesamiento de la información perceptiva pueda ser subestimado o pasar desapercibido (Feldman et al., 2008). La detección de estas alteraciones es, en ocasiones muy difícil, ya que en fases iniciales de la enfermedad la agudeza visual central se presenta como normal (Santacruz, & Swagerty, 2001) o con valores en las medidas optométricas que son interpretados como una pérdida generalizada de sensibilidad y no como una señal del deterioro visual (Galton et al., 2000).

Las alteraciones en el sistema visual y en el sistema perceptivo que suelen observarse en estos pacientes, no aparecen habitualmente en la evaluación formal en el estadio inicial de la DTA ya que las alteraciones en la motilidad ocular son muy sutiles y generalmente asintomáticas (Feldman et al., 2008). En la fase prodrómica, o pré-clínica, que existe en casi todos los casos (Peterson et al, 2001), se pueden observar alteraciones en el procesamiento visual de la DTA sin que existan señales clínicas de deterioro de la corteza visual (Doyle et al., 2002).

Después del trastorno mnésico que es característico en la DTA, las capacidades atencionales son las primeras en deteriorarse (Baddeley et al., 2001; Doyle et al., 2002; Greenwood, Parasuraman, & Alexander, 1997; Parasuraman, Greenwood, & Alexander, 1995, 2000; Perry, & Hodges, 1999; Santacruz, & Swagerty, 2001), debido a los cambios neuroquímicos que deterioran la transmisión colinérgica (Greenwood, Parasuraman, & Sunderland, 1999; Parasuraman, & Espeseth, 2007). A este propósito, Festa y colaboradores (2005) consideran que estas alteraciones afectan diferencialmente los subsistemas modulares del sistema atencional, con un efecto directo en el subsistema de procesamiento perceptivo de la información visual que tiene consecuencias

significativas en la autonomía de los pacientes (Cormack et al., 2004; Doyle et al., 2002; Duchek, Hunt, Ball, Buckles, & Morris, 1988; Perry et al., 2000).

A pesar de esta evidencia, desde un punto de vista teórico resulta difícil saber si en la DTA estos déficit reflejan simplemente el empeoramiento del proceso cognitivo, o si la DTA provoca la disminución de la velocidad del procesamiento de algunos de los procesos perceptivos que sustentan el sistema atencional (Baddeley et al., 2001; Festa et al. 2005).

Perry y Hodges (1999), han obtenido resultados en investigaciones con tareas duales que demuestran que en los pacientes con DTA, la atención mantenida (capacidad de mantener la atención a lo largo del tiempo) es la menos afectada, mientras la atención concentrada (focalizar y cambiar la atención) es la más afectada. El deterioro de la capacidad de controlar la atención aumenta enormemente la alteración de la integración de la información que resulta de la activación y procesamiento paralelo de las características de los objetos presentes en los escenarios visuales (Baddeley et al., 2001 VanZomerén, & Brouwer, 1994).

En este sentido existen datos que permiten afirmar que en la DTA el deterioro de la atención focalizada afecta a las tareas de búsqueda visual en “*conjunción*” (Foldi et al., 2005; Parasuraman et al., 1995, 2000), por dificultades en la integración efectiva de las características básicas. Se piensa que esta incapacidad se debe a la desconectividad entre las áreas corticales que consecuentemente impide la coordinación de la información que es procesada modularmente en regiones corticales distintas (Festa et al., 2005; Foster et al., 1999; Koch, & Ullman, 1985). Por otro lado, Tales y colaboradores (2002) consideran que esta dificultad se puede atribuir a una deficiente segregación y/o agrupamiento de las características de los estímulos que comandan su procesamiento modular en un nivel pre-atencional, más que a una integración deficiente

de esta información perceptiva. También Berardi, Parasuraman, y Haxby (2005) han demostrado que en la DTA el déficit en el procesamiento en nivel pre-atencional aparece más tempranamente que el déficit en la atención selectiva y concentrada.

En relación a la búsqueda visual en “*diyunción*”, que procesa la información perceptiva a un nivel pre-atencional, los datos de las investigaciones sugieren que la lentificación en la DTA puede ser considerada como una exacerbación de la lentificación observada en el envejecimiento normal (Foldi et al., 2005) y que es debida a la pérdida de la información que se acumula exponencialmente a lo largo del procesamiento (Davis et al., 2002). Recordemos que la búsqueda visual en “*diyunción*” es la más simple ya que el objetivo es definido por una característica básica que lo distingue de los demás estímulos presentes en los escenarios visuales, los distractores (Treisman, & Gelade, 1980). Si este tipo de búsqueda visual no permite que un objetivo definido por una característica básica “resalte a la vista” (*pop out*), debido por ejemplo a una demencia, es porque el sistema perceptivo no consigue segregarlo adecuadamente de los distractores. Cuando es así, la detección será llevada a cabo por los mecanismos de integración y emisión de la respuesta, que tienen una cobertura espacial muy limitada. Para hacerlo es necesaria una búsqueda visual serial, focalizando la atención en cada una de las partes de la imagen para detectar la presencia del objetivo entre los distractores y consecuentemente aumentando significativamente el tiempo de reacción (TR) (Huang, Treisman, & Pashler, 2007; Bink, & McDowd, 1999; Loughman et al., 2007).

Para los pacientes con DTA es claramente más difícil distinguir el objetivo de los distractores (Ball et al., 2002; Boston, & Smallman, 1990; Davis et al., 2002; Duncan, & Humphreys, 1989; Palmer, 1995; Rogers, & Fisk, 1991), ya que esta tarea es llevada a cabo por el cíngulo anterior que está afectado en esta enfermedad (Foster et

al., 1999). Estos autores consideran que no está claro todavía si en la DTA el déficit en el procesamiento a nivel pre-atencional que afecta a las tareas de búsqueda visual en “*diyunción*” se pueden atribuir a la no inhibición de los distractores o a la no segregación de los objetivos, o a las dos.

A este propósito, algunos estudios (Faust, & Balota, 1997; Foldi et al., 2005; Maruf, & Currie, 1995) sugieren que la capacidad de inhibición depende del sistema atencional posterior que es activado por el área parietal inferior. La afectación de esta área en la DTA lleva a que los sujetos presenten un deterioro significativo en la capacidad para inhibir y/o atenuar las señales de los distractores con información no relevante, creando respuestas con señales que son competitivas con la señal que resulta de la búsqueda visual de la característica básica que define el objetivo (Foldi et al., 2005; Maruf, & Currie, 1995; Sullivan et al., 1985). Estos déficit en la inhibición crean errores en la búsqueda visual (*comision errors*) y un aumento del TR, que pueden funcionar como un indicador muy sensible de la severidad de la DTA (Foldi et al., 2005).

En relación a la capacidad de segregación, las investigaciones realizadas señalan que los pacientes con DTA no presentan alteraciones en las tareas fáciles de búsqueda visual en “*diyunción*” (cuando la característica básica que define el objetivo es muy diferente de la que define los distractores – color y movimiento) (Arguin, Joannette, & Cavanagh, 1993; Foster et al., 1999; Posner 1980). En las tareas más difíciles de búsqueda visual en “*diyunción*” (cuando la característica básica que define el objetivo tiene semejanzas físicas con la que define los distractores) los pacientes con DTA presentan alteraciones significativas relacionadas con el aumento del número de elementos presentes y con la distribución de los elementos en los escenarios (Baddeley et al., 2001; Foldi et al., 2005; Foster et al., 1999). Se puede pensar que la DTA afecta

las estrategias de segregación cuando existe gran semejanza física entre los estímulos (Tales, et al., 2002).

Por otro lado, se sabe que en las tareas de búsqueda visual en “*diyunción*” el tiempo para detectar un objetivo de entre los distractores aumenta proporcionalmente con la precisión de la información espacial (Desimone, & Duncan, 1986; Parasuraman et al., 1995; Prinzmetal, Presti, & Posner, 1986; Wolfe et al., 1989), que, a su vez, puede ser modificada por la información descendente sobre la localización del estímulo (Treisman, 1991), manteniendo entre tanto su procesamiento paralelo (Treisman, 2006).

La atención espacial es activada por una red de áreas corticales y subcorticales (Mesulam, 1981; Posner, & Petersen, 1990) especialmente por el metabolismo en la corteza parietal (Parasuraman, 1998) que tiene un papel fundamental en la selección de la información sobre una determinada localización para su posterior procesamiento preferencial, y es uno de los subsistemas de la atención que se encuentra deteriorado en los estadios precoces de la DTA (Baddeley et al., 2001; Foster et al., 1999). Las regiones corticales que se encargan de la integración de la información de la atención espacial están poco investigadas (Baddeley et al., 2001). Las tareas perceptivas que exigen procesamiento global y local en investigaciones con imagiología (Fink et al., 1997; Martinez et al, 1987) sugieren que el hipometabolismo en la corteza parietal puede contribuir para el déficit en la atención espacial en la DTA. Se ha sugerido que este déficit puede deberse a la depleción de acetilcolina, por la pérdida masiva de proyecciones colinérgicas desde el núcleo basal de Meynert de las áreas neocorticales, incluyendo el lóbulo parietal (Levy, Parasuraman, Greenwood, Dukoff, & Sunderland, 2000; Oken, Kishimiyama, Kaye, & Howieson, 1994; Wthehouse et al., 1982; Wilcock et al., 1988).

Los estudios funcionales sugieren que el mecanismo de la atención espacial que está suyacente a la búsqueda visual puede ser el mismo que está implicado en la localización de las características básicas en los escenarios visuales (Parasuraman et al., 1995; Prinzmetal et al., 1986).

Parasuraman y colaboradores (2000) y Back y colaboradores (1997) sugieren que los sujetos con DTA que tienen hipometabolismo en la corteza parietal y que presentan deterioro atencional, se muestran incapaces de ajustar la escala espacial de atención durante las tareas de búsqueda visual en “*diyunción*”. Los datos de sus investigaciones demuestran que la reducción marcada en la habilidad para escalar la atención espacial puede ser una característica de los sujetos con DTA y de los sujetos que están destinados a desarrollar DTA (Castel, Balota, Hutchinson, Logan, & Yap, 2007).

Actualmente se mantiene el debate a cerca del efecto de la DTA en el procesamiento de nivel pre-atencional de las características básicas de los objetos visuales (Baddeley et al., 2001; Foster et al., 1999). A pesar de la existencia de datos que demuestran que esta enfermedad afecta diferencialmente los subsistemas perceptivos, no está claro todavía, a que nivel y como interfiere en el procesamiento modular de esta información (Foster et al., 1999). Las investigaciones encontradas permiten identificar tres principales intentos de justificación para la lentificación del procesamiento paralelo de las características básicas de los objetos visuales: (1) la que defiende que la DTA interfiere en la etapa de integración de información resultante de los diferentes subsistemas modulares de la percepción, por deterioro de la atención concentrada; (2) la que defiende que la DTA interfiere en los mecanismos de segregación y/o inhibición de las señales activadas por la detección automática de los estímulos presentes en los escenarios visuales, en una etapa pre-atencional del

procesamiento de la información perceptiva; (3) la que defiende que la DTA interfiere en la localización de las características básicas en los escenarios visuales, por deterioro de la atención espacial (Castel et al., 2007).

El paradigma de la búsqueda visual (Treisman, 1985, 1993, 2006; Wolfe, 1998, 2001) puede revelarse como un de los caminos de acceso privilegiado al estudio de la velocidad del procesamiento de nivel pre-atencional de la información de las características básicas y modulares de la percepción, color, forma, orientación espacial, textura y movimiento. El hecho de que varias funciones se presenten alteradas al mismo tiempo, como resultado de la DTA - colinearidad – Baddeley y colaboradores (2001) recomiendan que las tareas desarrolladas por las investigaciones sean disociativas para evaluar funciones que están separadas en los procesos básicos de la percepción.

Perry y Hodges (1999) sugieren que se estudie el procesamiento perceptivo de diferentes características básicas en un nivel pre-atencional y en diferentes estadios de la DTA, para que sea posible saber la ratio del deterioro de las diferentes dimensiones de la percepción.

La capacidad de detectar y procesar en paralelo las características básicas presentes en los escenarios visuales en un TR muy objetivamente determinado es una señal de buen funcionamiento de los sistemas modulares de procesamiento de la información perceptiva, y esta dependiente de mecanismos neuronales intactos (Loughman et al., 2007).

En la DTA, no esta claro el efecto del deterioro cognitivo sobre la velocidad del procesamiento pre-atencional de la información de los diferentes módulos, que permiten la adaptación, o no, a los ambientes visuales del sujeto (Foster et al., 1999). La búsqueda visual en “*divunció*n” es una tarea perceptiva de una gran relevancia ecológica (Rosler et al., 2005; Wolfe, 1998), que permite al ser humano señalar y

identificar automáticamente un objeto presente en su campo visual sin utilizar los recursos atencionales (Foster et al., 1999). Así, en estas tareas de búsqueda visual, la evaluación del procesamiento automático de la información perceptiva permite saber a cerca de la capacidad que tiene el sujeto para adaptarse y responder adecuadamente a las exigencias de su alrededor (Parasuraman, & Martin, 1994).

De acuerdo con Treisman (1999) en las tareas de búsqueda visual en “*diyunción*” la dificultad aumenta con el aumento de los elementos presentes en los escenarios visuales (4, 8, 12) y si su procesamiento se mantiene en paralelo es porque esta procesando en automático en un nivel pre-atencional una característica básica y modular. Si estas tareas de búsqueda visual son abruptamente afectadas, con valores superiores a los esperados para el envejecimiento normal, es porque existe un efecto de la DTA en el procesamiento de esa característica básica (Davis et al., 2002; Fu et al., 2005; Greenwood, & Parasuraman, 1994, 1997, 1999; Greenwood, Parasuraman, & Haxby, 1993; Parasuraman, Greenwood, Haxby, & Grady, 1982; Perry, & Hodges, 1999). Es posible, así, detectar una cualquier condición que produzca un daño al largo de un área significativa del campo visual o a nivel de los sustratos anatómicos subyacentes del sistema visual (Loughman et al., 2007). Por estas razones, la velocidad de procesamiento de la información perceptiva en tareas de búsqueda visual en “*diyunción*” han sido utilizada como señal del deterioro del sistema perceptivo asociado a la DTA (Baddeley et al., 2001).

Por otro lado, el deterioro del procesamiento perceptivo en un nivel pre-atencional no es un criterio diagnóstico de la DTA, pero es considerada un área comprometida en el perfil psicológico de la enfermedad, por lo que estas alteraciones tienen un potencial evaluativo de la condición clínica del sistema visual (Cormack et al., 2004; Lindeboom, Schmand, Tulner, Walstra, & Jonker, 2002; Loughman et al., 2007).

Foldi y colaboradores (2005) consideran que el estudio de los TR en las tareas de búsqueda visual ofrecen un instrumento de fácil aplicación en el contexto clínico, estando muy poco explorada su potencialidad como marcador del deterioro perceptivo, cognitivo y funcional precoz, o como indicador de respuesta al tratamiento colinérgico. Este paradigma ha sido ampliamente utilizado en diferentes poblaciones clínicas (Foster et al., 1999), y en la DTA se considera que el TR es un indicador sensible a las variaciones de la percepción y desempeña un papel importante en el diagnóstico y monitorización del avance de esta enfermedad (Baddeley et al., 2001).

No existen estudios sobre el efecto del deterioro cognitivo de la DTA en el procesamiento perceptivo en nivel pre-atencional (Foster et al., 1999), por lo que se considera importante el estudio del efecto de esta enfermedad en las tareas de búsqueda visual en “*diyunción*” utilizando cinco características básicas de la percepción de los objetos visuales (color, forma, orientación espacial, textura y movimiento). Se intenta explorar la relación entre el grado de deterioro y el nivel donde se encuentra la capacidad de procesamiento de la información visual, en diferentes estadios de esta enfermedad. Con estos datos, la Neuropsicología Clínica podrá encontrar en las tareas de búsqueda visual y en el procesamiento de la información perceptiva de nivel pre-atencional un marcador cognitivo fiable para utilizar en el diagnóstico precoz de la DTA (Foster et al., 1999).

4. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

4.1. Objetivos

Objetivo general

Estudiar la velocidad del procesamiento de la información perceptiva en la demencia tipo Alzheimer (DTA).

Objetivos específicos

1 - Estudiar la velocidad del procesamiento de la información a través de cinco características básicas y modulares de la percepción (color, forma, orientación espacial, textura y movimiento) en sujetos adultos normales sin deterioro cognitivo en tareas de búsqueda visual.

2 - Estudiar la velocidad del procesamiento de la información a través de cinco características básicas y modulares de la percepción (color, forma, orientación espacial, textura y movimiento) en sujetos con DTA leve en tareas de búsqueda visual.

3 - Estudiar la velocidad del procesamiento de la información a través de cinco características básicas y modulares de la percepción (color, forma, orientación espacial, textura y movimiento) en sujetos con DTA moderada en tareas de búsqueda visual.

4 – Analizar las características diferenciales en la velocidad del procesamiento de la información a través de cinco características básicas y modulares de la percepción (color, forma, orientación espacial, textura y movimiento) entre sujetos adultos sin deterioro cognitivo, sujetos con DTA leve y sujetos con DTA moderada, en tareas de búsqueda visual.

4.2. Hipótesis

1^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con demencia tipo Alzheimer (DTA), en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para el color.

2^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA leve, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para el color.

3^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para el color.

4^a. Los sujetos con DTA leve presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para el color.

5^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para la forma.

6^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA leve, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para la forma.

7^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para la forma.

8^a. Los sujetos con DTA leve presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para la forma.

9^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para la orientación espacial.

10^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA leve, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para la orientación espacial.

11^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para la orientación espacial.

12^a. Los sujetos con DTA leve presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para la orientación espacial.

13^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para la textura.

14^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA leve, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para la textura.

15^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para la textura.

16^a. Los sujetos con DTA leve presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para la textura.

17^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para el movimiento.

18^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA leve, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para el movimiento.

19^a. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para el movimiento.

20^a. Los sujetos con DTA leve presentan un tiempo de reacción significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, en tareas de búsqueda visual de la información perceptiva para el movimiento.

5. METODOLOGÍA

5. Metodología

5.1. Diseño

Observacional-transversal.

5.2. Participantes

Han colaborado voluntariamente en este trabajo tres grupos de sujetos de ambos los sexos y residentes en el distrito de Lisboa.

Grupo 1: Forman parte de este grupo 30 sujetos normales sin deterioro cognitivo. Los criterios de inclusión para formar parte de este grupo han sido:

- Sujetos de género masculino y femenino.
- Edad comprendida entre los 55 y los 85 años.
- Tener un mínimo de 6 años de escolaridad.
- No tener acromatopsia ni daltonismo (comprobado con el Test de Ishihara).
- Obtener en el *Mini Mental State* (MMSE) (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975; traducción y adaptación portuguesa de Guerreiro, Botelho, Leitão, & Castro-Caldas, 1994), una puntuación igual o superior a 27 puntos.
- Obtener en el *Short Test of Mental Status* (Kokmen, Naessens, & Offord, 1987) una puntuación igual o superior a 32 puntos.
- No presentar historia de alteraciones neurológicas y/o neuropsicológicas clínicamente demostrables.
- No presentar historia de alteraciones psicopatológicas clínicamente demostrables

- No tener problemas visuales.
- Sin antecedentes de consumo de alcohol y/o sustancias tóxicas.
- Vivir en la ciudad de Lisboa.
- Pertenecer a cualquier estrato social.

Grupo 2 y Grupo 3: Forman parte de estos grupos 60¹¹ sujetos con DTA leve ($n=30$) y con DTA moderada ($n=30$). Los criterios de inclusión para formar parte de estos grupos han sido:

- Estar diagnosticado de DTA según los criterios de diagnóstico del DSM-IV-TR (APA, 2002).
- Cumplir los criterios para el grado de severidad leve y moderada según el DSM-IV-TR (APA, 2002).
- Sujetos de género masculino y femenino.
- Edad comprendida entre los 55 y los 85 años.
- Tener un mínimo de 6 años de escolaridad.
- No tener acromatopsia ni daltonismo (comprobado con el Test de Ishihara).
- No presentar historia de alteraciones psicopatológicas clínicamente demostrables.
- No tener problemas visuales.
- Sin antecedentes de consumo de alcohol y/o sustancias tóxicas.
- Vivir en la ciudad de Lisboa.
- Pertenecer a cualquier estrato social.

¹¹ Originalmente el grupo de sujetos con DTA leve estaba formado por 34 sujetos, pero cuatro sujetos fueron excluidos por presentar diabetes de larga duración.

En la tabla 2 se presentan los valores medios para la edad y años de educación para los tres grupos.

Tabla 2. Valores descriptivos: Edad y años

	<u>Normales</u>		<u>DTA leve</u>		<u>DTA moderada</u>	
	<u>n=30</u>		<u>n=30</u>		<u>n=30</u>	
	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT
Edad	70,27	3,83	68,77	2,85	70,50	1,85
Años de educación	10,90	3,92	11,53	4,22	12,3	3,88

M: media. DT: desviación típica.

En el grupo de sujetos normales el 53% de sujetos son varoes y el 47% mujeres. El 57% de los participantes con DTA leve son varones y el 43% mujeres. En el grupo 3, DTA moderada, el número de varones es del 50% y de mujeres del 50%. No hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en función del género [$F(2,88) = 1.197; p = .307$].

La edad de los sujetos esta comprendida entre los 63 y los 76 en el grupo de sujetos normales, entre los 63 y los 75 en el grupo con DTA leve, y entre los 67 y los 73 años en el grupo con DTA moderada. Los valores medios en cuanto a esta variable se presentan en la tabla 2. No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre los tres grupos [$F(2,88) = 3.036; p = .053$].

El nivel de escolarización está comprendida entre los 6 y 17 años en los sujetos normales, entre 6 y 17 años para los sujetos con DTA leve, y entre los 6 y 17 años para los sujetos con DTA moderada. Los valores medios en cuanto a esta variable se presentan en la tabla 2. No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre los tres grupos [$F(2,88) = .915; p = .404$].

En el grupo de sujetos normales, el 10% tenía una profesión sin especialización, el 23% son administrativos, el 10% operarios, el 40% técnicos superiores y el 17% con profesiones con estudios superiores. En el grupo de sujetos con DTA leve, el 7% tienen una profesión sin especialización, el 10% administrativos, el 13% operarios, el 57% técnicos superiores y el 13% con profesiones con estudios superiores. En el grupo de sujetos con DTA moderada, el 3% tiene una profesión sin especialización, el 7% administrativos, el 10% operarios, el 57% técnicos superiores y el 23% con profesiones con estudios superiores. No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en esta variable entre los tres grupos [$F(2,88) = 2.171; p = .120$].

Para el consumo de alcohol, todos los sujetos, normales y con DTA confirman en la historia clínica no beber ni consumir sustancias estupefacientes.

Ninguno de los sujetos, normales y con DTA, presentaba problemas visuales, acromatopsia o daltonismo, evaluados a través del test de Ishihara (Ishihara, 2003), donde todos los sujetos presentan la puntuación máxima.

Los sujetos normales refieren nunca haber consultado un Neurólogo, Neuropsicólogo o Psiquiatra en los últimos 24 meses, ni están medicados.

En cuanto al tipo de fármacos, en el grupo con DTA leve, el 50% toman antioxidantes, 23,3% neurotróficos, 33,3% pró-colinérgicos (inhibidores de la colinesterasa), 26,7% hacen terapia hormonal, 30% toman medicación para el metabolismo de la homocisteína (vitamina B12, vitamina B6 o ácido fólico), y el 16,7% hacen medicación para la disminución de la deposición de la amiloide. En el grupo con DTA moderada, 96,7% toman antioxidantes, 86,7% neurotróficos, el 10% hacen terapia con antagonistas de los receptores de glutamato (memantina), 86,7% pró-colinérgicos (inhibidores de la colinesterasa), 86,7% hacen terapia hormonal, 90% toman medicación para el metabolismo de la homocisteína (vitamina B12, vitamina B6 o ácido fólico), el

16,7% hacen medicación para la disminución de la deposición de la amiloide, y el 50% toman antiinflamatorios. En la tabla 3 se presentan los porcentajes en cuanto al tipo de fármacos que están tomando los pacientes con DTA.

Tabla 3. Tipo de medicación en los pacientes con DTA

	<u>DTA leve</u>		<u>DTA moderada</u>	
	<u>n=30</u>		<u>n=30</u>	
	Si	No	Si	No
Antidepresivos	0%	100%	0%	100%
Antipsicóticos	0%	100%	0%	100%
Ansiolíticos	0%	100%	0%	100%
Antioxidantes	50%	50%	96,7%	3,3%
Neurotróficos	23,3%	76,7%	86,7%	13,3%
Antagonistas de los receptores de glucamato	0%	100%	10%	100%
Pró-colinérgicos	33,3%	66,7%	86,7%	13,3%
Terapia hormonal	26,7%	73,3%	86,7%	13,3%
Metabolismo de homocisteína	30%	70%	90%	10%
Disminución de la deposición de amilóide	16,7%	83,3%	56,7%	43,3%
Inhibidores CYP3A4	0%	100%	10%	100%
Antiinflamatorios	0%	100%	50%	50%

Los sujetos con DTA, en el grupo con DTA leve el 70% presenta EEG normal, mientras 30% presenta lentificación de la actividad de base. El 90% presenta TC craneal normal mientras 10% presenta ensanchamiento de surcos y aumento de ventrículos. En el grupo con DTA moderada 10% presenta EEG normal y el 90% presenta lentificación de la actividad de base. En 70% el TC craneal está normal y el 30% presenta ensanchamiento de surcos y aumento de ventrículos.

5.3. Material

5.4.1. *Mini Mental State Examination*

El *Mini-Mental State Examination* (MMSE) (Folstein et al., 1975; traducción y adaptación portuguesa de Guerreiro, et al., 1994) es un cuestionario de medida cuantitativa que tiene el objetivo de llevar a cabo una evaluación breve del estado cognitivo general del sujeto. Evalúa cinco dimensiones de la función cognitiva: orientación temporo-espacial; atención y cálculo; retención; evocación; lenguaje. La puntuación total es de 30. El MMSE (Folstein et al., 1975; traducción y adaptación portuguesa de Guerreiro et al., 1994) muestra ser eficaz en la discriminación de pacientes con déficit moderado o severo de los sujetos control.

5.4.2. *Short Test of Mental Status*

El *Short Test of Mental Status* (Kokmen et al., 1987) como el nombre indica, es una evaluación breve del estado mental. Los treinta y dos ítems que lo constituyen se encuentran distribuidos en ocho dimensiones: orientación (máximo 8 puntos); atención (máximo 7 puntos); aprendizaje y memoria inmediata (máximo 4 puntos); cálculo (máximo 4 puntos); abstracción (máximo 3 puntos); construcción (máximo 4 puntos); información (máximo 4 puntos); memoria (máximo 4 puntos). La puntuación máxima es de 32 puntos.

5.4.3 *Inventario Neuropsiquiatrico*

El Inventario Neuropsiquiatrico (*Neuropsychiatry Inventory –NPI*) (Cummings et al., 1994) es un cuestionario que pretende evaluar las alteraciones neuroconductuales que con más frecuencia se observan en las demencias y determinar el grado de intensidad de estas manifestaciones. Está constituido por un listado de 12 ítems que puntúan de cero (inexistente) a 4 (muy frecuente), y la gravedad en una escala de 3

puntos (leve, moderado, grave). En cada variable se realiza el producto entre la frecuencia y la gravedad, con la posibilidad de una puntuación máxima de 144 puntos.

5.4.4. Test de Ishihara

El Test de Ishihara (2003) es una prueba de evaluación de daltonismo y acromatopsia, constituido por 32 cartones de colores, cada uno con un círculo con puntos de diferentes tamaños y con pequeñas diferencias de color, distribuidos al azar. La proximidad de los puntos y la diferencia de color permiten al sujeto sin daltonismo y sin acromatopsia, identificar un número o una letra al centro del círculo. El sujeto con visión de color normal puntuará en todos los cartones.

5.4.5. Escala de Depresión Geriátrica

La Escala de Depresión Geriátrica (*Geriatric Depression Rating Scale*) (Brink et al., 1982; Yesavage et al., 1983) consta de 30 ítems que evalúan el grado de depresión en el envejecimiento. Las puntuaciones para la población portuguesa (Zilenovsky, 1999; Frohmuller, 1999) son: de cero a nueve, normal; de 10 a 16 depresión moderada; de 17 a 30 depresión severa.

5.4.6. Escala de Evaluación de Demencia

La Escala de Evaluación de Demencia (*Dementia Rating Scale –DRS*) (Mattis, 1988) permite valorar la situación cognitiva general. Esta considerado como un instrumento de gran valor en la evaluación de enfermos con demencia. Ha sido desarrollada para evaluar las habilidades cognitivas en pacientes con DTA y permite recoger información en profundidad a cerca de las funciones cognitivas preservadas y deterioradas de un variado numero de habilidades cognitivas. Permite una evaluación secuencial de los pacientes y su grado de deterioro, y tiene una grande capacidad para evaluar las formas graves de la DTA. Demuestra tener un gran poder en la

discriminación entre pacientes con DTA y pacientes con otras formas de demencia (Hof, & Morrison, 1990, 1999).

Tiene una puntuación total máxima de 144 puntos en un total de 36 tareas agrupadas en 5 sub-escalas: atención (37 puntos); iniciativa/perserveración (37 puntos); construcción (6 puntos); conceptualización (39 puntos); memoria (25 puntos). La adaptación para la población portuguesa mantiene las pruebas de las sub escalas originales, y tiene su punto de corte a los 122 puntos (Porto, Fichman, Crameli, Bahia, & Nitrini, 2003).

5.4.7. Índice de Barthel de Actividades Básicas de la Vida Diaria

El Índice de Barthel de Actividades Básicas de la Vida Diaria (*Barthel Activities of Daily Living Index*) (Mahoney, & Barthel, 1965) evalúa el nivel de independencia del sujeto para la realización de las actividades básicas de la vida diaria (Paixão, & Reichenheim, 2005; Suéter, Oteen, & Keyser, 1999). Esta escala evalúa diez actividades básicas de la vida diaria: comer; higiene personal; ir al retrete; lavarse; vestirse; micción; deposición; marcha; trasladarse; subir/bajar escaleras. En la versión de Wade y Colin (1988), adaptada para la población portuguesa (Araújo et al., 2007) cada actividad es puntuada con tres niveles (0, 1, 2), con una puntuación máxima de 20 puntos para total independencia, de 13 a 19 puntos para dependencia moderada, de 9 a 12 para dependencia grave, de 0 a 8 para total dependencia. El estudio de las propiedades psicometricas de este índice demuestran que es efectivamente fiable para evaluar el grado de autonomía de los pacientes con DTA de una forma objetiva (Araújo et al., 2007).

5.4.8. Escala de Lawton y Brody de las Actividades Instrumentales de la Vida Diaria

La Escala de Lawton y Brody de las Actividades Instrumentales de la Vida Diaria (*Instrumental Activities of Mailing Living Scale*) (Lawton, & Brody, 1969)

evalúa el nivel de independencia para llevar a cabo las actividades instrumentales de la vida diaria. Comprende tareas como usar el teléfono, hacer compras, preparación de la comida, cuidar de la casa, lavar la ropa, usar los medios de transporte, responsabilidad en respecto a la medicación y manejo de los asuntos económicos. La información se obtiene de un cuidador fidedigno, y se puntúa cada área de acuerdo con la mejor descripción de la actividad del paciente. En la adaptación para la población portuguesa (Araújo et al., 2008) cada área puntúa un máximo de un punto y un mínimo de cero, con un total máximo de 8 puntos para la independencia total.

5.4.9. Escala Clínica de Demencia

La Escala Clínica de Demencia (*Clinical Dementia Rating –CDR*) (Morris, 1993) es una escala de 5 puntos que tiene como objetivo caracterizar seis dominios del desempeño funcional y cognitivo en la DTA. La información es obtenida por una entrevista semi estructurada al paciente y a un informador fiable aportando datos a cerca del nivel de deterioro – y de demencia – en las áreas de: memoria; orientación; juicio y resolución de problemas; actividades comunitarias; casa y pasatiempos; cuidados personales. La utilización de un algoritmo permite la obtención de un resultado final en lo cual una puntuación de cero respectará a una situación normal, de 0,5 y de 1 a una situación demencial leve, de 2 a una situación demencial moderada y de 3 a una situación demencial severa.

5.4.10. Escenarios digitales de Treisman

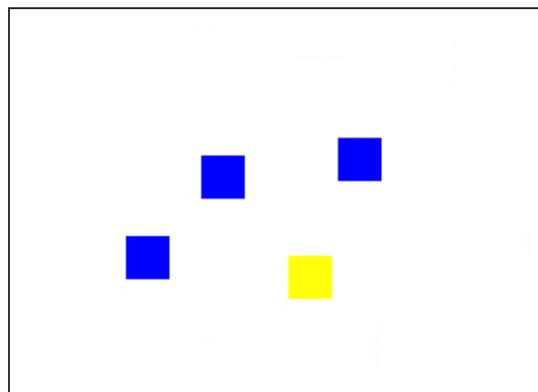
Para las tareas de búsqueda visual se han utilizado los escenarios digitales de la FIT de Treisman y Gelade (1980), donde los elementos están distribuidos en pantallas con fondo blanco y limitados a un área central con 9,6 cm de largo y 6,9 cm de altura, valores calculados para cuatro grados retinianos, que es considerada la distancia óptima

para que el campo visual no influya sobre la apariencia de los estímulos¹². Existen escenarios con objetivo y sin objetivo, en pantallas con cuatro, ocho o 12 elementos, ya que el número de distractores dificulta las tareas de búsqueda visual en una relación de 60ms por cada nuevo elemento.

En los escenarios que tienen objetivo, su posición está calculada en función de la bisectriz de los cuadrantes del escenario, teniendo en cuenta la posibilidad para localizaciones proximales – ocho posibilidades existentes en el bisector perpendicular de los segmentos horizontales y verticales del área central - o para localizaciones distales - ocho posibilidades del bisector perpendicular de los segmentos horizontales y verticales exteriores del área proximal. La colocación al azar del objetivo resulta en los siguientes escenarios: con cuatro elementos las cuatro localizaciones proximales son repetidas dos veces de manera a completar ocho escenarios; con ocho elementos, cuatro de las localizaciones son proximales y cuatro de las localizaciones son distales; con 12 elementos, cuatro localizaciones son proximales, y cuatro localizaciones distales.

En la figura 1 se presenta un ejemplo de los escenarios digitales para la búsqueda visual del objetivo definido por el color amarillo.

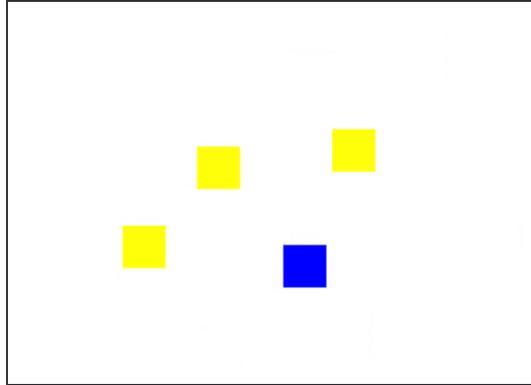
Figura 1. Ejemplo de los escenarios digitales para el color amarillo



¹² La dimensión del campo visual influye la visión de los objetos (Plude & Doussard-Roosevelt, 1989; Wandell, 1995), ya que esta es una función directa de la distribución del campo receptivo de las células en la retina. Los valores son calculados en función de una distancia de 53 cm entre la pantalla y el sujeto.

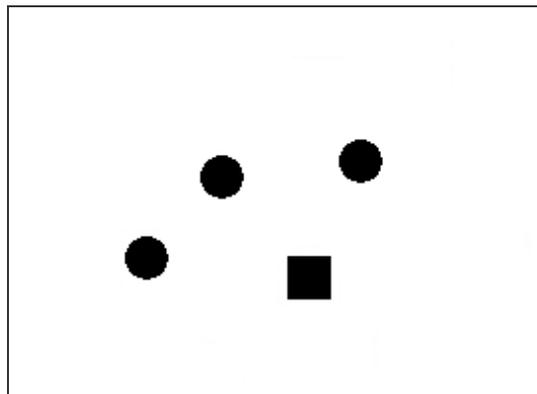
En la figura 2 se presenta un ejemplo de los escenarios digitales para la búsqueda visual del objetivo definido por el color azul.

Figura 2. Ejemplo de los escenarios digitales para el color azul



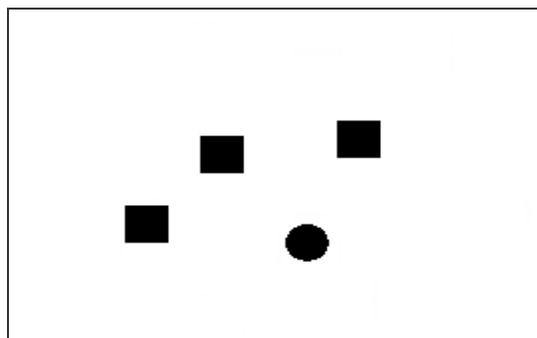
En la figura 3 se presenta un ejemplo de los escenarios digitales para la búsqueda visual del objetivo definido por la forma cuadrado.

Figura 3. Ejemplo de los escenarios digitales para la forma cuadrado



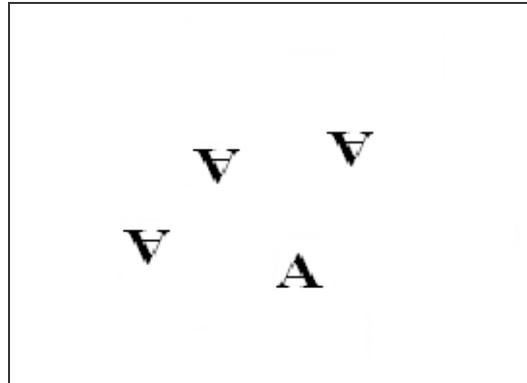
En la figura 4 se presenta un ejemplo de los escenarios digitales para la búsqueda visual del objetivo definido por la forma círculo.

Figura 4. Ejemplo de los escenarios digitales para la forma círculo



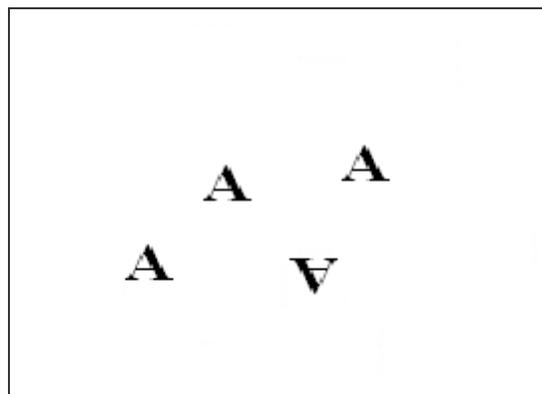
En la figura 5 se presenta un ejemplo de los escenarios digitales para la búsqueda visual del objetivo definido por la orientación espacial correcta del estímulo.

Figura 5. Ejemplo de los escenarios digitales para la orientación correcta



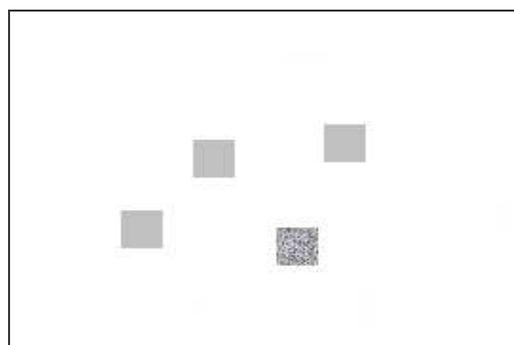
En la figura 6 se presenta un ejemplo de los escenarios digitales para la búsqueda visual del objetivo definido por la orientación espacial invertida del estímulo.

Figura 6. Ejemplo de los escenarios digitales para la orientación espacial invertida



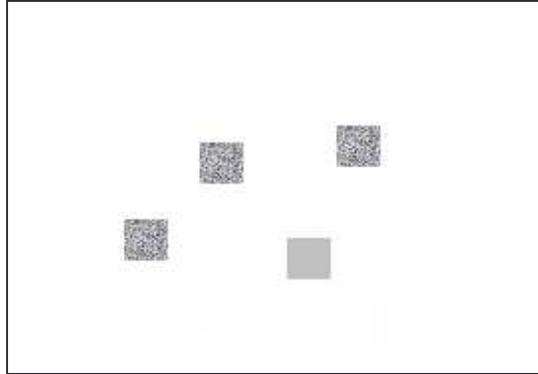
En la figura 7 se presenta un ejemplo de los escenarios digitales para la búsqueda visual del objetivo definido por la textura del estímulo.

Figura 7. Ejemplo de los escenarios digitales para la presencia de textura



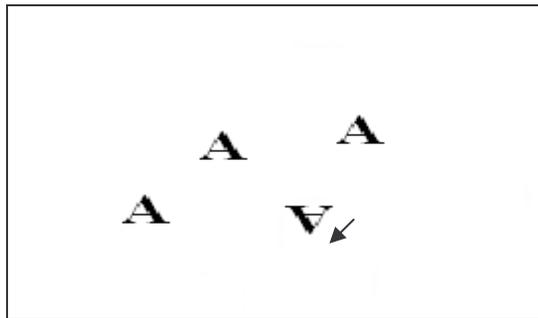
En la figura 8 se presenta un ejemplo de los escenarios digitales para la búsqueda visual del objetivo definido por la ausencia de textura del estímulo.

Figura 8. Ejemplo de los escenarios digitales para la ausencia de textura



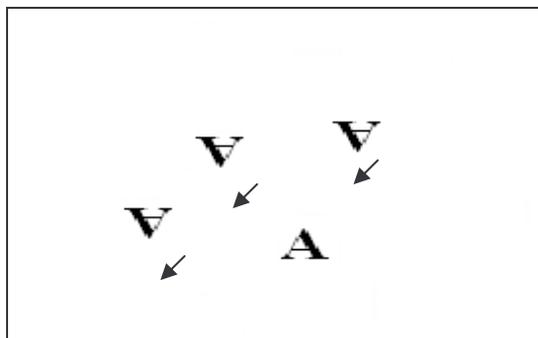
En la figura 9 se presenta un ejemplo de los escenarios digitales para la búsqueda visual del objetivo definido por el movimiento del estímulo.

Figura 9. Ejemplo de los escenarios digitales para la presencia de movimiento



En la figura 10 se presenta un ejemplo de los escenarios digitales para la búsqueda visual del objetivo definido por la ausencia de movimiento del estímulo.

Figura 10. Ejemplo de los escenarios digitales para la ausencia de movimiento



Los escenarios sin objetivo son repetidos también ocho veces para los escenarios de cuatro, ocho o 12 elementos.

Los elementos presentes en los escenarios digitales son cuadrados de 1,7 cm de lado, para el color y para la textura; cuadrados de 1,7 cm de lado y círculos de 1,7 cm de diámetro para la forma. Para la orientación y para el movimiento se utilizan letras A en Times New Roman 12.

Para el color es utilizado el sistema RGB con las coordenadas correspondientes al máximo de pureza de matiz (100% saturación y 100% brillo), tanto para el azul (0, 0, 255) como para el amarillo (255, 255, 0). Para la forma y para el movimiento se utiliza el sistema RGB con las coordenadas del color negro (0,0,0) correspondientes al máximo de pureza de matiz (100% saturación y 100% brillo). Para la textura se utiliza el sistema RGB con las coordenadas correspondientes al máximo de pureza de matiz (100% saturación y 100% brillo) para dos tipos de gris (128,128,128 / 186,86,195). Para el movimiento la letra A tiene una rotación continuada hacia la derecha sobre el haz.

Existen escenarios de entrenamiento que tienen las mismas características, pero los estímulos son presentados con dimensiones diferentes de las utilizadas en los escenarios de evaluación.

Para las asimetrías funcionales en las tareas de búsqueda visual en “*diyunción*” existen dos tipos de escenarios: escenarios en los cuales el objetivo es definido por una dimensión de una característica básica, mientras los distractores son definidos por una otra dimensión de esa misma característica básica; escenarios en los cuales la dimensión de la característica básica que anteriormente fue utilizada para definir el objetivo es la dimensión utilizada para definir los distractores, mientras la dimensión anteriormente utilizada para definir los distractores, es aquí la dimensión utilizada para definir el objetivo.

Los escenarios digitales de cada característica básica son exportados para el programa Super Lab Pro© LT Cedrus© para Windows©, donde son organizados de manera a operacionalizar los factores previstos: “asimetría” (2); “número de elementos” (4, 8, 12); “repeticiones” (8); “objetivo” (objetivo presente/objetivo ausente).

El resultado es una tarea de búsqueda visual con 96 ensayos (2x3x8x2) divididos en dos bloques principales que han sido creados de acuerdo con la dimensión de la característica básica que define el objetivo.

Todos los ensayos están codificados para: la combinación de los factores previstos (e.g., azul, cuatro elementos y objetivo presente); para la respuesta correcta (objetivo presente o objetivo ausente); que apenas desaparezcan de la pantalla del ordenador después de la respuesta del sujeto, sea correcta o errada.

La respuesta del sujeto es recogida utilizando el ratón del ordenador. La tecla izquierda está codificada para la presencia del objetivo y la tecla derecha para la ausencia del objetivo.

El programa Super Lab Pro© LT para Windows© selecciona automáticamente y al azar la presentación de los escenarios digitales y registra los tiempos de reacción con el Multimedia Timer© del Windows© que tiene un *ms* de agudeza.

Entre cada escenario digital y después de la respuesta del sujeto, se presenta una imagen negra durante *500ms*, con el objetivo de limpiar la pantalla y evitar la contaminación entre imágenes y el efecto de recencia (DeOliveira, 1997).

5.5. Procedimiento

Todos los sujetos han sido seleccionados de “Associação dos Doentes de Alzheimer”, de “Casa Possidónio Silva”, de “Casa Alexandrina Bartolomeu” y de “Associação Inválidos do Comercio” de Lisboa.

Comenzámos informando a la dirección de los diferentes centros la finalidad de este estudio y solicitando la colaboración para participar en el mismo.

Tras la obtención del permiso por parte del centro contactábamos con los sujetos y/o familiares e igualmente se informaba de la finalidad de este trabajo y se pedía su consentimiento por escrito para participaren el mismo.

Con todos los sujetos que decidieron colaborar voluntariamente seguimos el siguiente procedimiento. El diagnóstico de DTA era realizado por un neurólogo.

Posteriormente, una vez obtenido el informe del neurólogo los pacientes eran citados individualmente y comenzábamos con una historia clinica y amnesis. Tras comprobar que el sujeto cumplia los criterios mencionados en el apartado de “participantes” comenzábamos con la evaluación neuropsicológica, conductual y funcional utilizando los instrumentos de medida presentados en el apartado anterior.

Tras un descanso de aproximadamente 30 minutos aplicábamos las tareas de búsqueda visual con escenarios digitales de Treisman (1986) comentado con anterioridad.

Las tareas de búsqueda visual han sido presentadas en una habitación cerrada, sin luz natural, iluminado por una lampara situada 90 cm por encima de la mesa de trabajo, con una bombilla Color Daylight da Osram® de 100 watts, que replica la luz del día de una forma constante.

El ordenador estaba enchufado para evitar la variabilidad en la luminosidad de la pantalla, manteniéndola en su valor máximo. La pantalla del ordenador portátil estaba a 120° del teclado, y colocado a 53 cm de distancia del límite de la mesa, delante de la cual se situaba el sujeto.

La tarea se inició con la presentación de la condición color, con los ensayos de entrenamiento para garantizar que los sujetos entendían perfectamente la orden.

Posteriormente se presentaron contrabalanceados los dos bloques de ensayos para el color. Antes de la presentación de cada bloque se mostraba la instrucción: Para el bloque con escenarios con objetivo de color amarillo, *“A continuación usted va a ver una pantalla con diversos colores. Deberá buscar el color amarillo presente en algunas de las pantallas pero ausente en otras. Si encuentra el color amarillo pulse la tecla izquierda del ratón, por el contrario, si no encuentra el color amarillo, presione la tecla derecha del ratón. Intente responder lo más deprisa posible. Presione una tecla cualquiera para empezar. Gracias”*. Para el bloque con escenarios con objetivo de color azul, se ha sustituido amarillo por azul.

A continuación se presentaron los ensayos de entrenamiento para la condición forma. Se presentaron contrabalanceados los dos bloques de ensayos para la forma. Antes de la presentación de cada bloque se mostraba la instrucción: Para el bloque con escenarios con objetivo círculo, *“A continuación usted va a ver una pantalla con formas geométricas. Deberá buscar un círculo presente en algunas de las pantallas pero ausente en otras. Si encuentra un círculo pulse la tecla izquierda del ratón, por el contrario, si no encuentra un círculo, presione la tecla derecha del ratón. Intente responder lo más deprisa posible. Presione una tecla cualquiera para empezar. Gracias”*. Para el bloque con escenarios con objetivo cuadrado, se ha sustituido círculo por cuadrado.

En una segunda fase se presentaron los ensayos de entrenamiento para la condición orientación espacial. Posteriormente se presentaron contrabalanceados los dos bloques de ensayos para la orientación espacial. Antes de la presentación de cada bloque se mostraba la instrucción: Para el bloque con escenarios con objetivo A normal, *“A continuación usted va a ver una pantalla con diversas letras. Deberá buscar una A en su posición normal presente en algunas de las pantallas pero ausente en otras. Si*

encuentra una A en su posición normal pulse la tecla izquierda del ratón, por el contrario, si no encuentra una A en su posición normal, presione la tecla derecha del ratón. Intente responder lo más deprisa posible. Presione una tecla cualquiera para empezar. Gracias". Para el bloque con escenarios con objetivo A invertido, se ha sustituido A en su posición normal por A invertido.

A continuación se han presentado los ensayos de entrenamiento para la condición textura. Posteriormente se presentaron contrabalanceados los dos bloques de ensayos para la textura. Antes de la presentación de cada bloque se mostraba la instrucción: Para el bloque con escenarios con objetivo cuadrado con textura, *"A continuación usted va a ver una pantalla con diversos elementos. Deberá buscar un elemento con textura presente en algunas de las pantallas pero ausente en otras. Si encuentra un elemento con textura pulse la tecla izquierda del ratón, por el contrario, si no encuentra un elemento con textura, presione la tecla derecha del ratón. Intente responder lo más deprisa posible. Presione una tecla cualquiera para empezar. Gracias*". Para el bloque con escenarios con objetivo sin textura, se ha sustituido elemento con textura por elemento sin textura.

Finalmente se presentaron los ensayos de entrenamiento para la condición movimiento. Posteriormente se presentaron contrabalanceados los dos bloques de ensayos para el movimiento. Antes de la presentación de cada bloque se mostraba la instrucción: Para el bloque con escenarios con objetivo A en movimiento, *"A continuación usted va a ver una pantalla con diversas letras. Deberá buscar una letra en movimiento presente en algunas de las pantallas pero ausente en otras. Si encuentra una letra en movimiento pulse la tecla izquierda del ratón, por el contrario, si no encuentra una letra en movimiento, presione la tecla derecha del ratón. Intente responder lo más deprisa posible. Presione una tecla cualquiera para empezar.*

Gracias”. Para el bloque con escenarios con objetivo sin movimiento, se ha sustituido letra con movimiento por letra sin movimiento.

Con el programa Super Lab Pro© se recogieron los datos, los cuales fueron exportados para el programa Microsoft Excel© y posteriormente al SPSS© versión 16.

5.6. Análisis estadísticos

1. –Con la finalidad de analizar los rendimientos de los sujetos en cada uno de los instrumentos de valoración cognitiva, conductual y funcional, hemos realizado un ANOVA con las puntuaciones en cada prueba (apartado 6.1).

2. – Con el objetivo de comprobar si existen o no diferencias en los TR en cada uno de los grupos para el color, la forma, la orientación espacial, la textura y el movimiento, hemos realizado una ANOVA de un factor (apartado 6.2).

3. – Se llevó a cabo un análisis del modelo general linear (*general linear model*), con análisis multivariado de medidas repetidas, ajustadas por la corrección de Bonferroni, sobre los TR medios. Este análisis tiene el objetivo el llevar a cabo un análisis de variancia de los TR para cada condición, y analizar las interacciones de los factores de primer orden entre los grupos (*between subjects*) y dentro de cada grupo (*within subjects*), para saber sobre la causa y dirección de los efectos que provocan las diferencias entre los grupos (apartado 6.3). Se han considerado las siguientes interacciones entre los factores de cada condición:

a) En la condición “color” se han considerado las interacciones de tres factores: “color” (dos niveles: color amarillo, color azul) x “número de elementos” (tres niveles: 4, 8, 12) x “objetivo” (dos niveles: presente, ausente), entre tres grupos independientes [“situación clínica” (tres niveles: normales, con DTA leve, con DTA moderada)].

b) En la condición “forma” se han considerado las interacciones de tres factores: “forma” (dos niveles: forma cuadrado, forma círculo) x “número de elementos” (tres niveles: 4, 8, 12) x “objetivo” (dos niveles: presente, ausente), entre tres grupos independientes [“situación clínica” (tres niveles: normales, con DTA leve, con DTA moderada)].

c) Para la condición “orientación espacial” se han considerado las interacciones de tres factores: “orientación” (dos niveles: normal, invertida) x “número de elementos” (tres niveles: 4, 8, 12) x “objetivo” (dos niveles: presente, ausente), entre tres grupos independientes [“situación clínica” (tres niveles: normales, con DTA leve, con DTA moderada)].

d) Para la condición “textura” se han considerado las interacciones de tres factores: “textura” (dos niveles: con textura, sin textura) x “número de elementos” (tres niveles: 4, 8, 12) x “objetivo” (dos niveles: presente, ausente), entre tres grupos independientes [“situación clínica” (tres niveles: normales, con DTA leve, con DTA moderada)].

e) Para la condición “movimiento” se han considerado las interacciones de tres factores: “movimiento” (dos niveles: con movimiento, sin movimiento) x “número de elementos” (tres niveles: 4, 8, 12) x “objetivo” (dos niveles: presente, ausente), entre tres grupos independientes [“situación clínica” (tres niveles: normales, con DTA leve, con DTA moderada)].

6. RESULTADOS

6. Resultados

6.1. Valoración cognitiva, conductual y funcional

Se presentan los resultados del ANOVA sobre los rendimientos obtenidos en cada uno de los instrumentos de valoración cognitiva, conductual y funcional.

En la tabla 4 se exponen los datos descriptivos del MMSE (Folstein et al., 1975; traducción y adaptación portuguesa de Guerreiro et al., 1994) para los tres grupos.

Tabla 4. Datos descriptivos del MMSE

	<u>Normales</u>		<u>DTA leve</u>		<u>DTA moderada</u>	
	<u>n=30</u>		<u>n=30</u>		<u>n=30</u>	
	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT
Orientación	9,633	0,850	4,633	1,542	3,367	1,033
Retención	2,833	0,530	0,967	0,183	0,267	0,449
Atención y Cálculo	4,967	0,182	2,166	0,874	2,666	0,606
Evocación	2,966	0,182	0,867	0,628	0	0
Lenguaje	7,933	0,365	6,666	0,922	5,633	1,033
Habilidad Constructiva	1,000	0	0,600	0,498	0,566	0,504
Total	29,333	1,373	15,933	1,201	12,533	1,074

M: media. DT: desviación típica.

El grupo de sujetos normales en el MMSE (Folstein et al., 1975; traducción y adaptación portuguesa de Guerreiro et al., 1994), el 6% presenta un resultado de 25 puntos, el 13% de 28 puntos, el 7% de 29 puntos, mientras el 74% presenta un resultado de 30 puntos. En el grupo con DTA leve, 53% tiene un resultado de 15 puntos, el 17% de 16 puntos, el 17% de 17 puntos, el 10% de 18 puntos, y el 3% de 19 puntos. En el

grupo con DTA moderada, el 4% tiene un resultado de 10 puntos, el 10% de 11 puntos, el 40% de 12 puntos, el 23% de 13 puntos, y el 23% de 14 puntos.

Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los grupos para los resultados totales del MMSE [$F(2,88) = 1.58; p = .000$]. Los resultados parciales han mostrado diferencias estadísticamente significativas entre los grupos para la orientación [$F(2,88) = 237.021; p = .000$], para la retención [$F(2,88) = 306.304; p = .000$], para la atención y cálculo [$F(2,88) = 172.198; p = .000$], para la evocación [$F(2,88) = 488.491; p = .000$], para el lenguaje [$F(2,88) = 58.211; p = .000$] y para la habilidad constructiva [$F(2,88) = 10.419; p = .000$].

En la tabla 5 se presentan los datos descriptivos del *Short Test of Mental Status* (Kokmen et al., 1987) para los tres grupos.

Tabla 5. Datos descriptivos del *Short Test of Mental Status*

	<u>Normales</u>		<u>DTA leve</u>		<u>DTA moderada</u>	
	<u>n=30</u>		<u>n=30</u>		<u>n=30</u>	
	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT
Orientación	7,900	0,305	7,267	0,449	7,133	0,345
Atención	6,800	0,925	3,467	0,860	2,667	0,959
Aprendizaje	4,000	0	3,467	0,776	3,500	0,630
Cálculo	3,933	0,254	1,833	0,699	1,400	0,724
Abstracción	3,000	0	2,767	0,504	2,633	0,765
Construcción	4,000	0	2,333	0,739	0,733	1,552
Información	3,933	0,253	1,967	0,764	1,467	0,776
Memoria	4,00	0	2,200	0,406	0,800	0,406
Total	37,566	1,381	25,300	2,628	20,333	2,233

M: media. DT: desviación típica.

En el *Short Test of Mental Status* (Kokmen et al., 1987), en el grupo de sujetos normales, el 3% tiene un resultado de 31 puntos, 3% de 35 puntos, 10% de 37 puntos, y el 84% presenta un resultado de 38 puntos. En el grupo con DTA leve, 3% tiene un resultado de 21 puntos, el 17% de 22 puntos, el 6% de 23 puntos, el 23% de 24 puntos, el 3% de 25 puntos, el 6% de 26 puntos, el 13% de 27 puntos, el 13% de 28 puntos, el 10% de 29 puntos, y el 3% de 30 puntos. En el grupo con DTA moderada, el 4% tiene un resultado de 16 puntos, el 23% de 18 puntos, el 10% de 19 puntos, el 23% de 20 puntos, el 13% de 21 puntos, el 3% de 22 puntos, el 13% de 23 puntos, el 6% de 24 puntos, el 6% de 25 puntos, y el 3% de 25 puntos.

Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en la puntuación total del *Short Test of Mental Status* (Kokmen et al., 1987) [$F(2,88) = 5.13; p = .000$]. Los resultados parciales han mostrado diferencias estadísticamente significativas entre los grupos para la orientación [$F(2,88) = 36.391; p = .000$], para la atención [$F(2,88) = 171.985; p = .000$], para el aprendizaje [$F(2,88) = 8.043; p = .001$], para el cálculo [$F(2,88) = 153.418; p = .000$], para la abstracción [$F(2,88) = 3.695; p = .029$], para la construcción [$F(2,88) = 127.688; p = .000$], para la información [$F(2,88) = 122.258; p = .000$] y para la memoria [$F(2,88) = 699.625; p = .000$].

En la Escala Geriátrica de Depresión (Brink et al., 1982; Yesavage et al., 1983; Zilenovsky, 1999), el grupo de sujetos normales no han presentado valores para el diagnóstico de depresión ($M=0,067; DT=0,254$), así como los sujetos con DTA leve ($M=0,100; DT=0,305$) y los sujetos con DTA moderada ($M=0,1; DT=0,305$). No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas para la depresión entre los tres grupos [$F(2,88) = 0.133; p = .876$].

En la tabla 6 se presentan los datos descriptivos para la Escala de Evaluación de Demencia (*Dementia Rating Scale –DRS*) (Mattis, 1988; Porto et al., 2003) para los grupos con DTA.

Tabla 6. Datos descriptivos de la Escala de Evaluación de Demencia

	<u>Normales</u>		<u>DTA leve</u>		<u>DTA moderada</u>	
	<u>n=30</u>		<u>n=30</u>		<u>n=30</u>	
	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT
Atención	36,966	0,182	31,266	4,834	19,366	6,200
Iniciativa	36,966	0,182	30,533	3,803	25,200	3,546
Construcción	5,966	0,182	3,400	2,895	2,200	2,107
Conceptualización	38,966	0,182	36,266	3,590	34,400	5,288
Memoria	24,933	0,365	10,266	1,964	5,100	1,093
Total	143,800	0,550	111,100	3,762	86,300	9,896

M: media. DT: desviación típica.

Se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos para el total de la evaluación de demencia [$F(2,88) = 504.566$; $p = .000$], con un punto de corte para la DTA leve en los 120 puntos (rango 108-120), mientras la DTA moderada tiene un punto de corte a los 107 puntos (rango 67-107), confirmando los criterios diagnósticos de Porto y colaboradores (2003) para el diagnóstico y severidad de la demencia.

En los resultados pareceles se han encontrado diferencias estadísticamente significativas para la atención [$F(2,58) = 117,337$; $p = .000$], para la iniciativa [$F(2,88) = 115.386$; $p = .000$], para la construcción [$F(2,88) = 25.911$; $p = .000$], para la conceptualización [$F(2,88) = 11.600$; $p = .000$] y para la memoria [$F(2,88) = 183.600$; $p = .000$].

En los sujetos con DTA se ha evaluado la situación neuropsiquiátrica con el Inventario Neuropsiquiátrico (Cummings et al., 1994). En la tabla 7 se presentan los valores descriptivos para la frecuencia de los síntomas.

Tabla 7. Datos descriptivos del Inventario Neuropsiquiátrico – frecuencia

	DTA leve		DTA moderada	
	<u>N=30</u>		<u>n=30</u>	
	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT
Delirios	0	0	0	0
Alucinaciones	0	0	0	0
Agitación o agresión	0,366	0,490	0,400	0,498
Depresión o disforia	0,166	0,379	0,266	0,499
Ansiedad	0,300	0,534	0,366	0,718
Euforia	0	0	0	0
Apatía o indiferencia	0	0	0,200	0,406
Desinhibición	0	0	0	0
Irritabilidad o labilidad	0,066	0,253	0,066	0,253
Actividad motora	0	0	0	0
Sueño	0,166	0,379	0,166	0,379
Apetito	0	0	0	0
Total	1,066	1,048	1,466	1,195

M: media. DT: desviación típica.

No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas para la frecuencia de los síntomas entre los dos grupos [$F(1,58) = 1.898$; $p = .179$], ni para ningún de los síntomas evaluados por esta escala.

En la tabla 8 se presentan los valores descriptivos para la gravedad de los síntomas evaluado por el Inventario Neuropsiquiátrico (Cummings et al., 1994).

Tabla 8. Datos descriptivos del Inventario Neuropsiquiátrico – gravedad

	<u>DTA leve</u>		<u>DTA moderada</u>	
	<u>N=30</u>		<u>n=30</u>	
	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT
Delirios	0	0	0	0
Alucinaciones	0	0	0	0
Agitación o agresión	0,366	0,490	0,400	0,498
Depresión o disforia	0,166	0,379	0,266	0,499
Ansiedad	0,266	0,086	0,233	0,430
Euforia	0	0	0	0
Apatía o indiferencia	0	0	0,200	0,406
Desinhibición	0	0	0	0
Irritabilidad o labilidad	0,066	0,253	0,066	0,253
Actividad motora	0	0	0	0
Sueño	0,166	0,379	0,166	0,379
Apetito	0	0	0	0
Total	1,033	0,927	1,333	0,958

M: media. DT: desviación típica.

No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas para la gravedad de los síntomas entre los dos grupos [$F(1,58) = 1.516$; $p = .223$], ni para ningún de los síntomas evaluados por esta escala.

Lo que dice respecto a los sujetos con DTA, tanto el grupo con DTA leve como el grupo con DTA moderada no han demostrado autonomía y independencia en su funcionamiento diario, comprobado por el Cuestionario de Historia Clínica en la

Demencia (Breitner, & Folstein, 1984), por el Índice de Barthel de Actividades Básicas de la Vida Diaria (Mahoney, & Barthel, 1965; traducción y adaptación portuguesa de Araújo et al., 2007), y por la Escala de Lawton y Brody de las Actividades Instrumentales de la Vida Diaria (Lawton, & Brody, 1969; traducción y adaptación portuguesa de Araújo et al., 2008).

En la tabla 9 se presentan los datos descriptivos del funcionamiento diario del Cuestionario de Historia Clínica en la Demencia (Breitner, & Folstein, 1984) para los dos grupos con DTA.

Tabla 9. Datos descriptivos del Cuestionario de Historia Clínica en la Demencia funcionamiento diario

	<u>DTA leve</u>		<u>DTA moderada</u>	
	<u>N=30</u>		<u>n=30</u>	
	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT
Dificultades con las tareas domesticas	1,433	0,504	1,100	0,305
Dificultades con la gestión del dinero	1,400	0,498	1,033	0,182
Dificultades para comprender una situación	1,000	0	1,000	0
Dificultades en el trabajo	1,000	0	1,000	0
Dificultades para vestirse	1,366	0,490	1,033	0,182
Dificultades para alimentarse	1,333	0,479	1,667	0,479
Dificultades para control esfínter	1,667	0,479	1,333	0,346
Agitación y nerviosismo	1,300	0,466	1,433	0,504

M: media. DT: desviación típica.

Los dos grupos presentan diferencias estadísticamente significativas para las tareas domesticas [$F(1,58) = 9.603$; $p = .030$], para la gestión del dinero [$F(1,58) = 14.322$; $p = .000$], en alimentarse [$F(1,58) = 12.185$; $p = .010$], en el control del esfínter [$F(1,58) = 16.523$; $p = .000$] y en la agitación y nerviosismo [$F(1,58) = 24.421$; $p =$

.000]. La dependencia para las actividades de la vida diaria es mayor en el grupo con DTA moderada.

En la tabla 10 se presentan los datos descriptivos del Índice de Barthel de Actividades Básicas de la Vida Diaria (Mahoney, & Barthel, 1965; traducción y adaptación portuguesa de Araújo et al., 2007) para los grupos con DTA.

Tabla 10. Datos descriptivos del Índice de Barthel de Actividades Básicas de la Vida Diaria

	<u>DTA leve</u>		<u>DTA moderada</u>	
	<u>N=30</u>		<u>n=30</u>	
	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT
Higiene personal	1,066	0,253	0,300	0,595
Baño	0,200	0,406	0,000	0,000
Vestirse 1	0,066	0,253	0,333	0,479
Alimentarse	0,233	0,430	0,000	0,000
Movilidad 1	2,00	0,00	1,00	1,017
Movilidad 2	0,700	0,590	0,100	0,305
Movilidad 3	0,200	0,406	0,000	0,000
Eliminación intestinal	0,00	0,00	0,00	0,00
Eliminación vesical	0,066	0,253	0,00	0,00
Uso de WC	0,033	0,182	0,000	0,000
Total	4,566	0,817	1,733	1,574

M: media. DT: desviación típica.

Los dos grupos han demostrado diferencias estadísticamente significativas en el resultado total [$F(1,58) = 76,553$; $p = .000$]. Todos los sujetos presentan valores por debajo de los 8 puntos, siendo considerados totalmente dependientes, aunque el grupo de sujetos con DTA leve sea menos dependiente, mantienen alguna autonomía, como

por ejemplo, en la higiene personal, al contrario del grupo de sujetos con DTA moderada, que son totalmente dependientes.

Por otro lado, la Escala de Lawton y Brody de las Actividades Instrumentales de la Vida Diaria (Lawton, & Brody, 1969; traducción y adaptación portuguesa de Araújo et al., 2008) no es estadísticamente discriminativa, ya que todos los sujetos han sido considerados totalmente dependientes.

En la tabla 11 se presentan los datos descriptivos de la expresión verbal del Cuestionario de Historia Clínica en la Demencia (Breitner, & Folstein, 1984), para los grupos con DTA.

Tabla 11. Datos descriptivos del Cuestionario de Historia Clínica en la Demencia – expresión verbal

	<u>DTA leve</u>		<u>DTA moderada</u>	
	<u>N=30</u>		<u>n=30</u>	
	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT
Encontrar palabras	1,133	0,345	1,00	0
Cada vez habla menos	1,000	0	1,000	0
Tiende hablar del pasado	1,233	0,430	1,233	0,430

M: media. DT: desviación típica.

Existen diferencias estadísticamente significativas en la capacidad para encontrar palabras [$F(1,58) = 4.462$; $p = .039$], pero los restantes ítem no han sido estadísticamente discriminativos.

En la tabla 12 se presentan los datos descriptivos para la memoria, evaluados por el Cuestionario de Historia Clínica en la Demencia (Breitner, & Folstein, 1984), para los grupos con DTA.

Tabla 12. Datos descriptivos del Cuestionario de Historia Clínica en la Demencia – memoria

	<u>DTA leve</u>		<u>DTA moderada</u>	
	<u>N=30</u>		<u>n=30</u>	
	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT
Recordar nombres de personas	1,133	0,345	1,000	0
Recordar caras familiares	1,066	0,253	1,000	0
Orientarse en su domicilio	1,066	0,253	1,033	0,182
Orientarse en calles familiares	1,133	0,345	1,000	0
Recordar una lista corta de cosas	1,066	0,253	1,033	0,182
Inicio brusco	1,000	0	1,000	0
Empeoramiento progresivo	1,133	0,345	1,033	0,182

M: media. DT: desviación típica.

A pesar de no haber diferencias estadísticamente significativas entre los totales de los dos grupos con DTA, se han encontrado diferencias para el ítem "recordar una lista corta de cosas" [$F(1,58) = 4.462$; $p = .039$]. Algunos de los ítem no han sido estadísticamente discriminativos.

En los resultados de la Escala Clínica de Demencia (*Clinical Dementia Rating – CDR*) (Morris, 1993), se han encontrado diferencias estadísticamente significativas para la escala global [$F(1,58) = 162.200$; $p = .039$], así como para las escalas de memoria [$F(1,58) = 877.250$; $p = .000$], orientación [$F(1,58) = 467.071$; $p = .000$], juicio y resolución de problemas [$F(1,58) = 761.909$; $p = .000$], tareas comunitarias [$F(1,58) = 725.000$; $p = .000$], casa y pasatiempos [$F(1,58) = 816.833$; $p = .000$] y cuidados personales [$F(1,58) = 816.833$; $p = .000$]. Los resultados permiten confirmar el grado de severidad de la DTA y, consecuentemente, la diferenciación entre DTA leve y DTA moderada.

En la tabla 13 se presentan los valores descriptivos de la Escala Clínica de Demencia (*Clinical Dementia Rating – CDR*) (Morris, 1993).

Tabla 13. Datos descriptivos de la Escala Clínica de Demencia

	<u>DTA leve</u>		<u>DTA moderada</u>	
	<u>N=30</u>		<u>n=30</u>	
	<i>M</i>	DT	<i>M</i>	DT
Memoria	0,900	0,203	2,000	0
Orientación	0,733	0,253	1,96	0,182
Juicio y resolución de problemas	0,866	0,224	2,000	0
Tareas comunitarias	0,750	0,254	2,000	0
Casa y pasatiempos	0,700	0,249	2,000	0
Cuidados personales	0,700	0,249	2,000	0
Total	4,766	0,962	11,966	0,182

M: media. DT: desviación típica.

6.2. Resultados de los tiempos de reacción medios para el color, forma, orientación espacial, textura y movimiento

Se presentan los resultados del ANOVA de un factor con el TR medio en cada grupo para el color, para la forma, para la orientación espacial, para la textura y para el movimiento.

6.2.1. Color

En la tabla 14 se presentan los valores descriptivos de los TR medios para la condición “**color amarillo**”.

Tabla 14. Valores descriptivos de los TR para “color amarillo”

	<i>N</i>	<i>M</i>	DT	Min	Max
Normales	30	714,91	180,185	541,48	1333,56
DTA leve	30	1090,9	116,456	861,59	1233,69
DTA moderada	30	1280,30	112,191	1037,69	1487,88
<i>ANOVA</i>					
$F(2,88)= 127.44$					
$P*=. 000$					

M: media. DT: desviación típica. Min: mínimo. Max: Máximo. * $p <.05$

En el ANOVA de un poder encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos para las medias de los TR de la búsqueda visual de un objetivo de color amarillo [$F(2,88) = 127.44$; $p = .000$]. Los TR mayor los obtienen los sujetos con DTA moderada (ver tabla 14).

En la tabla 15 se presentan los valores descriptivos de los TR medios para la condición “**color azul**”.

Tabla 15. Valores descriptivos de los TR para “color azul”

	<i>N</i>	<i>M</i>	DT	Min	Max
Normales	30	747,84	181,778	555,85	1347,93
DTA leve	30	1174,2	361,777	707,6	2922,5
DTA moderada	30	1393,4	455,492	1068,62	3725,75
<i>ANOVA</i>					
$F(2,88)= 26.110$					
$p*=.000$					

M: media. DT: desviación típica. Min: mínimo. Max: Máximo. * $p <.05$

En el ANOVA de un poder encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos para las medias de los TR de la búsqueda visual de un objetivo de color azul [$F(2,88) = 26.110$; $p = .000$]. Los TR mayor los obtienen los sujetos con DTA moderada (ver tabla 15).

6.2.2. Forma

En la tabla 16 se presentan los valores descriptivos de los TR medios para la condición “**forma círculo**”.

Tabla 16. Valores descriptivos de los TR para “forma círculo”

	<i>N</i>	<i>M</i>	DT	Min	Max
Normales	30	734,07	177,897	551,18	1347,99
DTA leve	30	1119,6	100,006	935,56	1231,4
DTA moderada	30	1286,5	106,942	1035,32	1468,92
<i>ANOVA</i>					
$F(2,88) = 136.081$					
$P^* = .000$					

M: media. DT: desviación típica. Min: mínimo. Max: Máximo. $*p < .05$

En el ANOVA de un poder encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos para las medias de los TR de la búsqueda visual de un objetivo con forma círculo [$F(2,88) = 136.081$; $p = .000$]. Los TR mayor los obtienen los sujetos con DTA moderada (ver tabla 16).

En la tabla 17 se presentan los valores descriptivos de los TR medios para la condición “**forma cuadrado**”.

Tabla 17. Valores descriptivos de los TR para “forma cuadrado”

	<i>N</i>	<i>M</i>	DT	Min	Max
Normales	30	755,4	181,419	565,81	1362,61
DTA leve	30	1138,6	103,313	951,35	1296,02
DTA moderada	30	1317,9	110,062	1049,95	1546,79
<i>ANOVA</i>					
$F(2,88)= 133.399$					
$P*= .000$					

M: media. DT: desviación típica. Min: mínimo. Max: Máximo. * $p <.05$

En el ANOVA de un poder encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos para las medias de los TR de la búsqueda visual de un objetivo con forma cuadrado [$F(2,88) = 133.339$; $p = .000$]. Los TR mayor los obtienen los sujetos con DTA moderada (ver tabla 17).

6.2.3. Orientación espacial

En la tabla 18 se presentan los valores descriptivos de los TR medios para la condición “**orientación invertida**”.

Tabla 18. Valores descriptivos de los TR para “orientación invertida”

	<i>N</i>	<i>M</i>	DT	Min	Max
Normales	30	722,01	180,185	548,58	1340,66
DTA leve	30	1096,6	116,369	868,74	1240,79
DTA moderada	30	1293,4	117,524	1044,78	1510,02
<i>ANOVA</i>					
$F(2,88)= 126.771$					
$P*= .000$					

M: media. DT: desviación típica. Min: mínimo. Max: Máximo. * $p <.05$

En el ANOVA de un poder encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos para las medias de los TR de la búsqueda visual de un objetivo con la orientación invertida [$F(2,88) = 126.771$; $p = .000$]. Los TR mayor los obtienen los sujetos con DTA moderada (ver tabla 18).

En la tabla 19 se presentan los valores descriptivos de los TR medios para la condición “**orientación normal**”.

Tabla 19. Valores descriptivos de los TR para “orientación normal”

	<i>N</i>	<i>M</i>	DT	Min	Max
Normales	30	721,75	177,845	541,1	1324,52
DTA leve	30	1095,2	114,069	869,21	1241,31
DTA moderada	30	1280,0	111,815	1045,3	1495,5
<i>ANOVA</i>					
$F(2,88) = 130.542$					
$P* = .000$					

M: media. *DT*: desviación típica. *Min*: mínimo. *Max*: Máximo. $*p < .05$

En el ANOVA de un poder encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos para las medias de los TR de la búsqueda visual de un objetivo con la orientación normal [$F(2,88) = 130.542$; $p = .000$]. Los TR mayor los obtienen los sujetos con DTA moderada (ver tabla 19).

6.2.4. Textura

En la tabla 20 se presentan los valores descriptivos de los TR medios para la condición “**con textura**”.

Tabla 20. Valores descriptivos de los TR para “con textura”

	<i>N</i>	<i>M</i>	DT	Min	Max
Normales	30	922,9	426,494	667,11	2465,72
DTA leve	30	1009,9	99,149	811,59	1137,39
DTA moderada	30	1368,7	384,203	1055,71	3306,72
<i>ANOVA</i>					
$F(2,88)=14.811$					
$P*=.000$					

M: media. DT: desviación típica. Min: mínimo. Max: Máximo. * $p < .05$

En el ANOVA de un poder encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos para las medias de los TR de la búsqueda visual de un objetivo con textura [$F(2,88) = 14.811$; $p = .000$]. Los TR mayor los obtienen los sujetos con DTA moderada (ver tabla 20).

En la tabla 21 se presentan los valores descriptivos de los TR medios para la condición “**sin textura**”.

Tabla 21. Valores descriptivos de los TR para “sin textura”

	<i>N</i>	<i>M</i>	DT	Min	Max
Normales	30	884,14	324,525	674,72	2465,33
DTA leve	30	1017,5	99,149	819,21	1145,0
DTA moderada	30	1312,0	117,603	1063,33	1529,04
<i>ANOVA</i>					
$F(2,88)=33.452$					
$P*=.000$					

M: media. DT: desviación típica. Min: mínimo. Max: Máximo. * $p < .05$

En el ANOVA de un poder encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos para las medias de los TR de la búsqueda visual de un objetivo sin textura [$F(2,88) = 33.452$; $p = .000$]. Los TR mayor los obtienen los sujetos con DTA moderada (ver tabla 21).

6.2.5. Movimiento

En la tabla 22 se presentan los valores descriptivos de los TR medios para la condición “**con movimiento**”.

Tabla 22. Valores descriptivos de los TR para “con movimiento”

	<i>n</i>	<i>M</i>	DT	Min	Max
Normales	30	737,4	177,897	554,58	1351,38
DTA leve	30	1123,0	100,06	938,95	1234,79
DTA moderada	30	1050,1	267,225	1038,71	1472,31
<i>ANOVA</i>					
$F(2,88)=136.081$					
$P*=.000$					

M: media. DT: desviación típica. Min: mínimo. Max: Máximo. * $p < .05$

En el ANOVA de un poder encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos para las medias de los TR de la búsqueda visual de un objetivo con movimiento [$F(2,88) = 136.081$; $p = .000$]. Los TR mayor los obtienen los sujetos con DTA moderada (ver tabla 22).

En la tabla 23 se presentan los valores descriptivos de los TR medios para la condición “**sin movimiento**”.

Tabla 23. Valores descriptivos de los TR para “sin movimiento”

	<i>N</i>	<i>M</i>	DT	Min	Max
Normales	30	692,44	146,291	534,59	1180,7
DTA leve	30	1005,1	124,292	734,23	1155,78
DTA moderada	30	1129,0	95,828	896,21	1293,14
<i>ANOVA</i>					
$F(2,88) = 98.940$					
$P^* = .000$					

M: media. DT: desviación típica. Min: mínimo. Max: Máximo. * $p < .05$

En el ANOVA de un poder encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos para las medias de los TR de la búsqueda visual de un objetivo sin movimiento [$F(2,88) = 98.940$; $p = .000$]. Los TR mayor los obtienen los sujetos con DTA moderada (ver tabla 23).

6.3. Análisis multivariado de medidas repetidas

Se presentan los resultados del análisis del modelo general linear, con análisis multivariado de medidas repetidas, ajustadas por la corrección de Bonferroni, sobre los TR medios, para las cinco condiciones (color, forma, orientación espacial, textura y movimiento) entre tres grupos independientes (normales, DTA leve y DTA moderada) y dentro de cada grupo, y de acuerdo con las interacciones de primer orden [asimetría (amarillo/azul; círculo/cuadrado; orientación normal/orientación invertida; con textura/sin textura; con movimiento/sin movimiento) x número de elementos (4, 8 y 12) x objetivo (presente; ausente)]

6.3.1. Color

En la tabla 24 se presentan los resultados del análisis estadístico de las interacciones de los factores de primer orden del TR en la búsqueda visual del color.

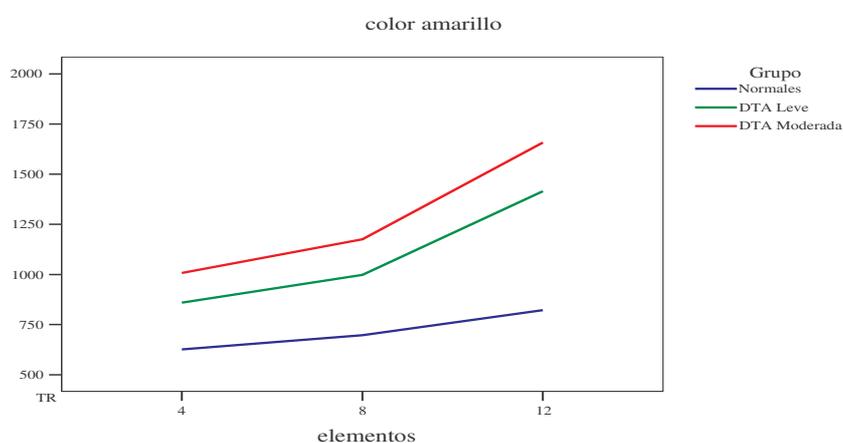
Tabla 24. Análisis multivariado con medidas repetidas para “color”

	Tipo	F (2,88)	Sig.	Eta ²	Poder
Color	Linear	5.107	.026	.055	.608
Elementos	Linear	103.118	.000*	.542	1.000
Objetivo	Linear	18.387	.000*	.174	.989
Grupo x Color	Linear	.478	.621	.011	.126
Grupo x Elementos	Linear	9.773	.000*	.183	.980
Grupo x Objetivo	Linear	.413	.009*	.009	.115

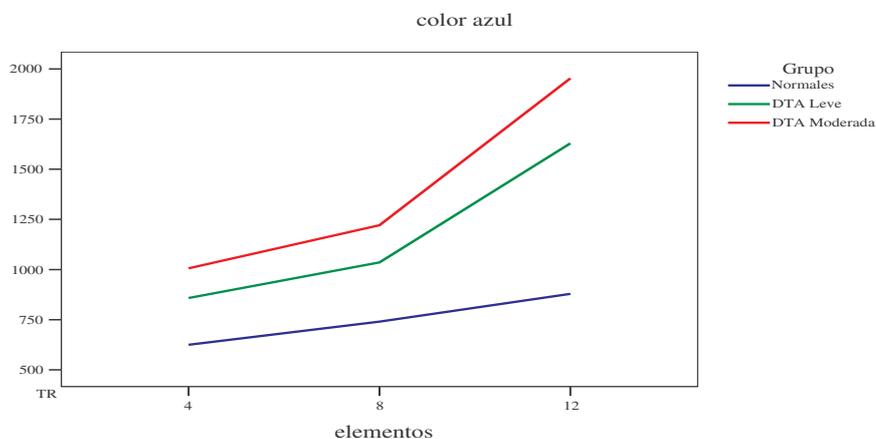
Sig.: Significancia (* $p < .05$)

Se encuentran efectos estadísticamente significativos entre los tres grupos en los TR de la búsqueda visual de objetivos con color [$F(2,88) = 61.954$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.587$]. En las gráficas 1 y 2 se presentan los resultados relativos a los TR en función del “número de elementos” y “color” para la comparación entre los tres grupos.

Gráfica 1. TR para “número de elementos” y “color amarillo”



Gráfica 2. TR para “número de elementos” y “color azul”



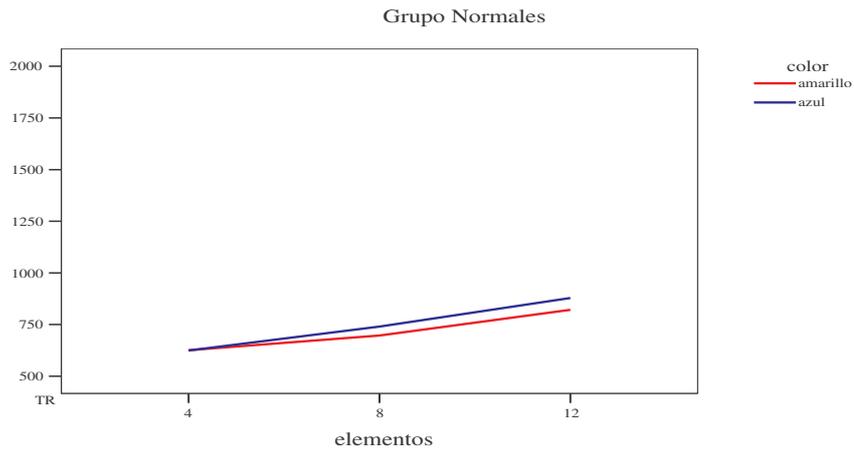
Como se puede observar en las gráficas 1 y 2, los patrones de las curvas para el color azul y para el color amarillo son muy semejantes en los tres grupos, pero los TR mantienen un crecimiento casi nulo en los sujetos normales, y creciendo en los sujetos con DTA leve y DTA moderada, a lo largo de los niveles del factor “número de elementos”, es decir, con el aumento de la complejidad de la tarea.

Por otro lado, hay una clara diferencia entre los grupos para los TR, es decir, los sujetos con DTA leve requieren más tiempo para detectar un objetivo, ya sea de color amarillo o de color azul, que los sujetos normales. De la misma manera, los sujetos con DTA moderada necesitan de más tiempo para detectar un objetivo, ya sea de color amarillo o de color azul, que los sujetos con DTA leve.

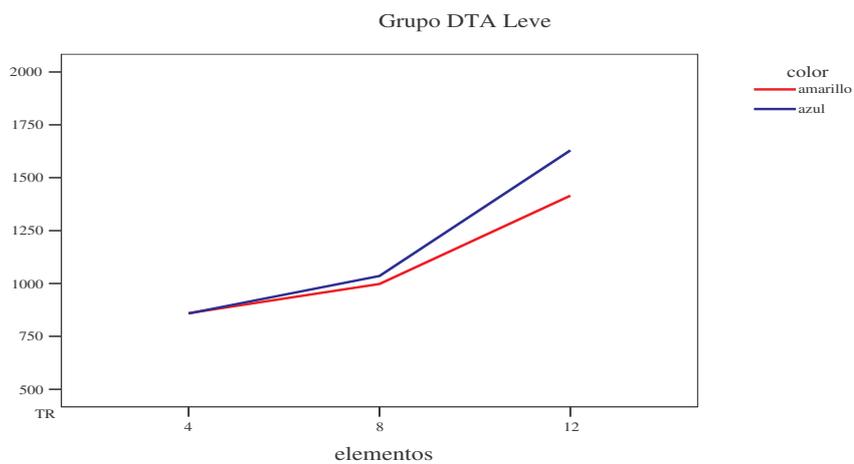
El análisis dentro de los grupos (*within subjects*) demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas en el factor “color” [$F(2,88) = 5.107$; $p = .026$; $\eta^2 = 0.55$] y en el factor “número de elementos” [$F(2,88) = 103.188$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.542$] (ver tabla 24). En las gráficas 3, 4 y 5 se presentan los resultados relativos

a los TR en función del “número de elementos” y “color” para la comparación entre los sujetos de los grupos.

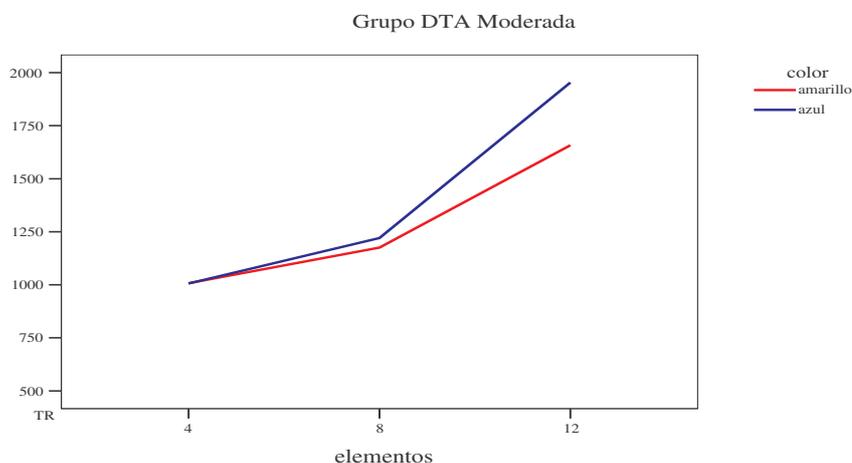
Gráfica 3. TR para “número de elementos” y “color” en sujetos normales



Gráfica 4. TR para “número de elementos” y “color” en sujetos con DTA leve



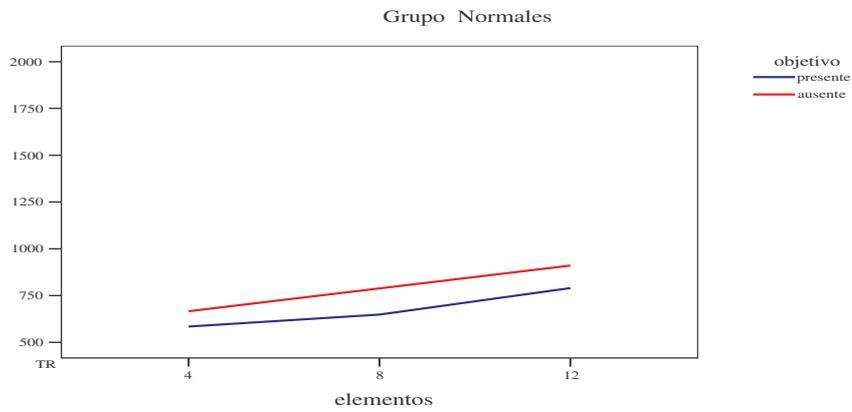
Gráfica 5. TR para “número de elementos” y “color” en sujetos con DTA moderada



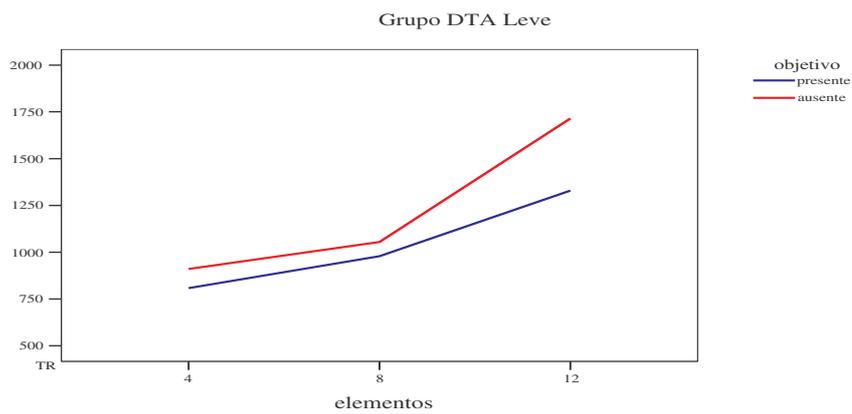
Como se puede observar en las gráficas 3, 4 y 5, los patrones de las curvas para el color azul y para el color amarillo son semejantes entre los sujetos con DTA, pero muy diferentes de los sujetos normales, que mantienen un crecimiento casi nulo al largo del factor “número de elementos”. A pesar de buscar un objetivo de color azul ser más difícil que buscar un objetivo de color amarillo, para los tres grupos, este patrón es muy más visible en los sujetos con DTA, y muy acentuado en los escenarios con 12 elementos.

El análisis dentro de los grupos (*within subjects*) demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas en el factor objetivo [$F(2,88) = 18.387$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.174$] (ver tabla 24). En las gráficas 6, 7 y 8 se presentan los resultados relativos a los TR en función del “número de elementos” y “objetivo” para la comparación entre los sujetos de los grupos.

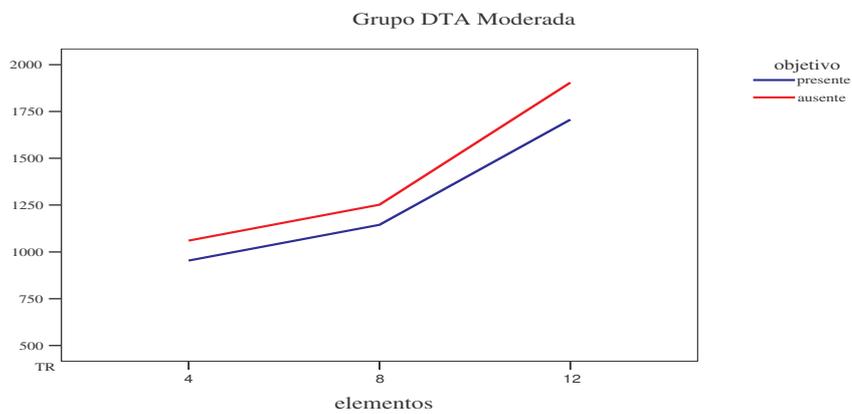
Gráfica 6. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos normales



Gráfica 7. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA leve



Gráfica 8. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA moderada



Como se puede observar en las gráficas 6, 7 y 8, los patrones de las curvas para la búsqueda de un objetivo en el color son semejantes entre los sujetos con DTA, pero muy diferentes en relación a los sujetos normales, que mantienen, una vez más, el crecimiento casi nulo a lo largo del factor “número de elementos”. En los tres grupos, detectar la presencia de un objetivo con color es más fácil que buscar su ausencia. Este patrón es más visible en los sujetos con DTA y se acentúa más en los escenarios con 12 elementos.

En las interacciones entre factores y entre sujetos existen diferencias estadísticamente significativas en la interacción de primer orden “grupo” x “número de elementos” [$F(2,88) = 9.773$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.183$] (ver 24).

6.3.2. Forma

En la tabla 25 se presentan los resultados del análisis estadístico de las interacciones de los factores de primer orden del TR en la búsqueda visual de la forma.

Tabla 25. Análisis multivariado con medidas repetidas para “forma”

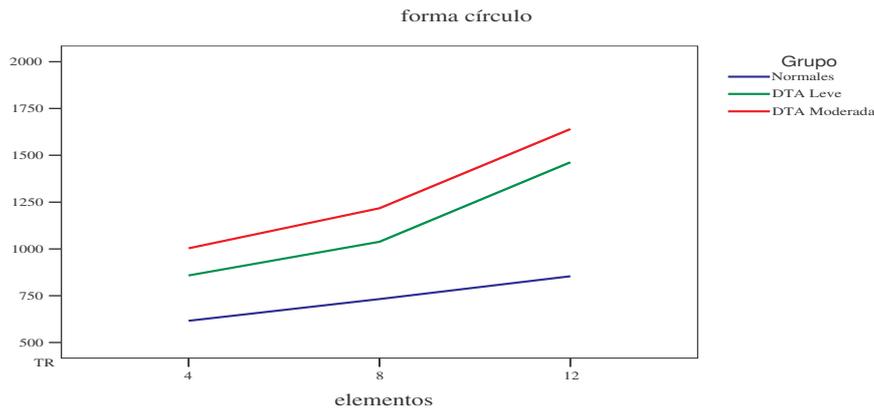
	Tipo	F (2,88)	Sig.	Eta ²	Poder
Forma	Linear	48.784	.000*	.359	1.000
Elementos	Linear	523.255	.000*	.857	1.000
Objetivo	Linear	264.372	.000*	.752	1.000
Grupo x Forma	Linear	1.222	.300	.027	.260
Grupo x Elementos	Linear	32.925	.000*	.431	1.000
Grupo x Objetivo	Linear	10.121	.000*	.189	.983

Sig.: Significancia (* $p < .05$)

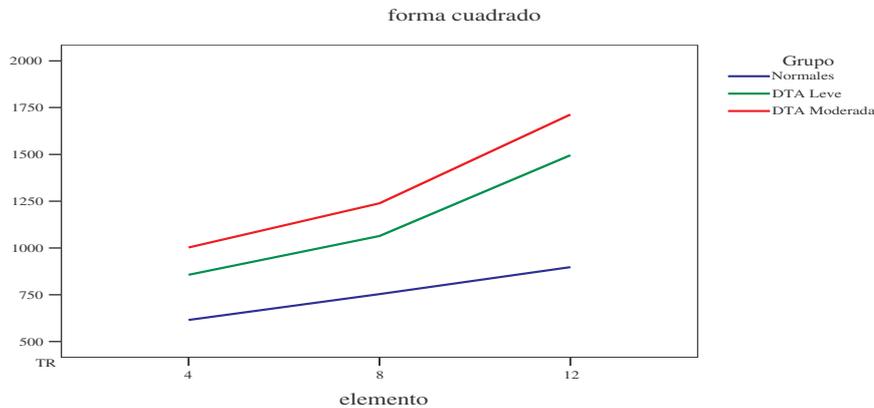
Se encuentran efectos estadísticamente significativos para los TR para la forma entre los tres grupos [$F(2,88) = 136.682$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.759$]. En las gráficas 9 y 10

se presentan los resultados relativos a los TR en función del “número de elementos” y “forma” para la comparación en los tres grupos.

Gráfica 9. TR para “número de elementos” y “forma círculo”



Gráfica 10. TR para “número de elementos” y “forma cuadrado”

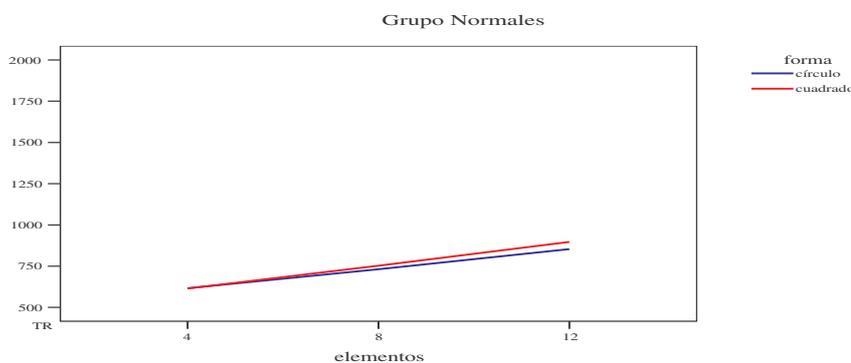


Como se puede observar en las gráficas 9 y 10, los patrones de las curvas para la forma círculo y para la forma cuadrado son semejantes en los dos grupos de sujetos con DTA, pero los TR de los sujetos normales se mantienen con un crecimiento casi nulo a lo largo de la complejidad de la tarea. Los sujetos con DTA leve y DTA moderada demuestran un aumento claro en los escenarios con 12 elementos.

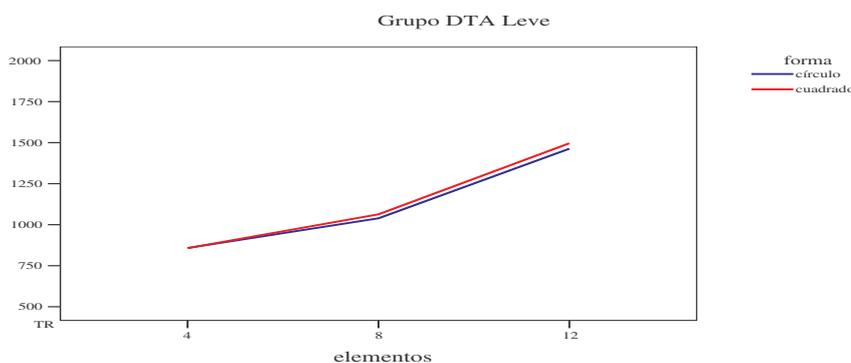
Por otro lado los sujetos con DTA leve requieren de más tiempo para detectar un objetivo, sea con forma circular sea con forma cuadrada, que los sujetos normales. De la misma manera, los sujetos con DTA moderada necesitan de más tiempo para detectar un objetivo, ya sea un cuadrado o un círculo, que los sujetos con DTA leve.

El análisis dentro de los grupos (*within subjects*) encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas en el factor “forma” [$F(2,88) = 48.784$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.359$] y en el factor “número de elementos” [$F(2,88) = 523.255$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.857$] (ver tabla 25). En las gráficas 11, 12 y 13 se presentan los resultados relativos a los TR en función del “número de elementos” y “forma” para la comparación entre los sujetos de los grupos.

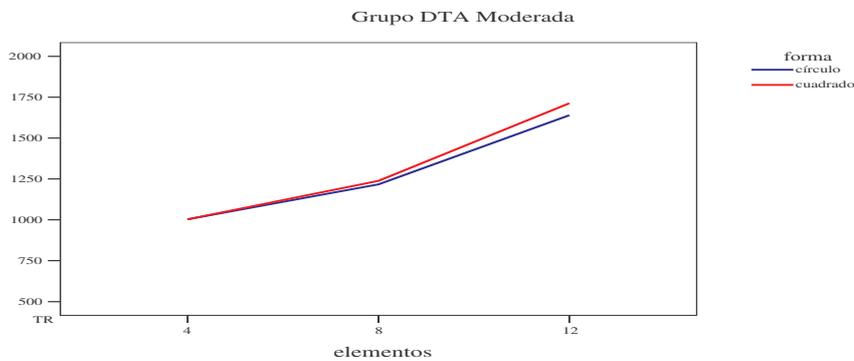
Gráfica 11. TR para “número de elementos” y “forma” en sujetos normales



Gráfica 12. TR para “número de elementos” y “forma” en sujetos con DTA leve



Gráfica 13. TR para “número de elementos” y “forma” en sujetos con DTA moderada

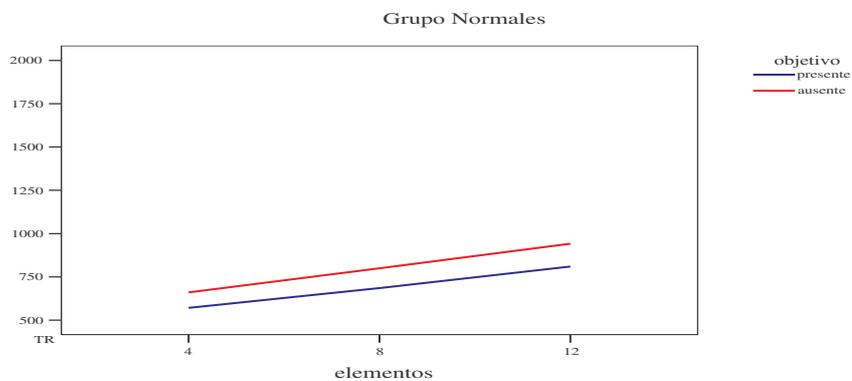


Como se puede observar en las gráficas 11, 12 y 13, los patrones de las curvas para la forma círculo y para la forma cuadrado son semejantes en los dos grupos con DTA, donde los TR son más elevados a medida que aumenta el número de elementos. Los TR de los sujetos normales se mantienen con un crecimiento casi nulo a lo largo de este factor.

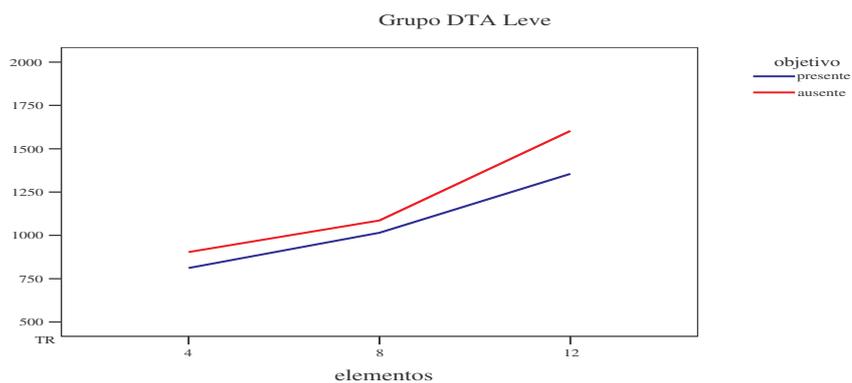
Por otro lado, a pesar de que buscar un objetivo cuadrado es más difícil que buscar un objetivo círculo para los tres grupos, esta tarea es más difícil para los sujetos con DTA, en todos los escenarios, principalmente en escenarios con 12 elementos.

El análisis dentro de los grupos (*within subjects*) encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas en el factor objetivo [$F(2,88) = 264.372$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.752$] (ver tabla 25). En las gráficas 14, 15 y 16 se presentan los resultados relativos a los TR en función del “número de elementos” y “objetivo” cuando comparamos los sujetos de los diferentes grupos.

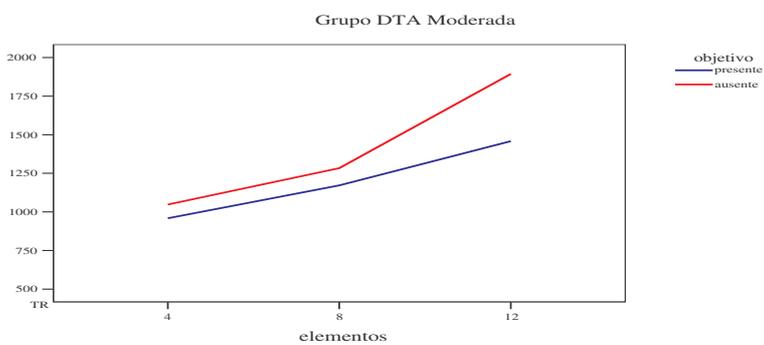
Gráfica 14. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos normales



Gráfica 15. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA leve



Gráfica 16. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA moderada



Como se puede observar en las gráficas 14, 15 y 16, los patrones de las curvas para la búsqueda visual de un objetivo en la forma son semejantes entre los sujetos con DTA, pero muy diferentes de los sujetos normales, que mantienen, una vez más, el crecimiento casi nulo a lo largo del factor “número de elementos”. Aunque para los tres grupos, detectar la presencia de un objetivo con forma es más fácil que buscar su ausencia, esta tarea es más difícil para los sujetos con DTA, y se acentúa más en los escenarios con 12 elementos. En esta situación, la detección de la ausencia del objetivo forma en escenarios de 12 elementos es una tarea muy difícil para los sujetos con DTA moderada.

En las interacciones entre factores y entre sujetos tenemos efectos significativos en las interacciones de primera orden “grupo” x “número de elementos” [$F(2,88) = 32.925$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.431$], y “grupo” x “objetivo” [$F(2,88) = 10.121$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.189$] (ver tabla 25).

6.3.3. Orientación espacial

En la tabla 26 se presentan los resultados del análisis estadístico de las interacciones de primer orden del TR en la búsqueda visual de la orientación espacial.

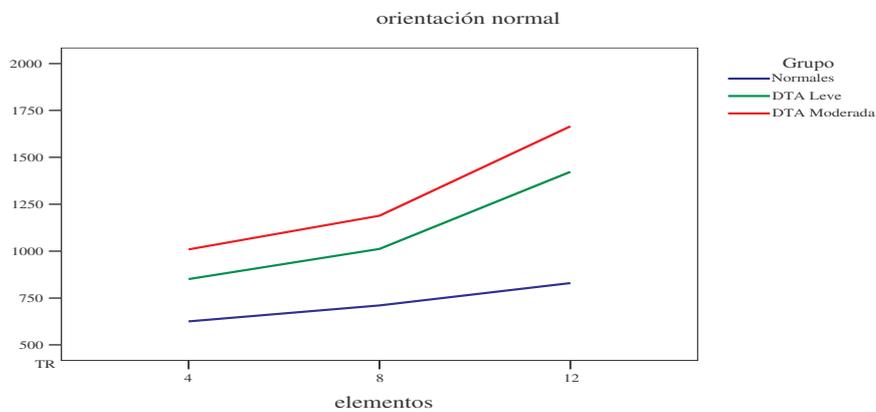
Tabla 26. Análisis multivariado con medidas repetidas para “orientación espacial”

	Tipo	F (2,88)	Sig.	Eta ²	Poder
Orientación	Linear	2.287	.134	.026	.321
Elementos	Linear	441.114	.000*	.835	1.000
Objetivo	Linear	224.960	.000*	.721	1.000
Grupo x Orientación	Linear	.975	.381	.022	.215
Grupo x Elementos	Linear	38.499	.000*	.470	1.000
Grupo x Objetivo	Linear	6.263	.003*	.126	.886

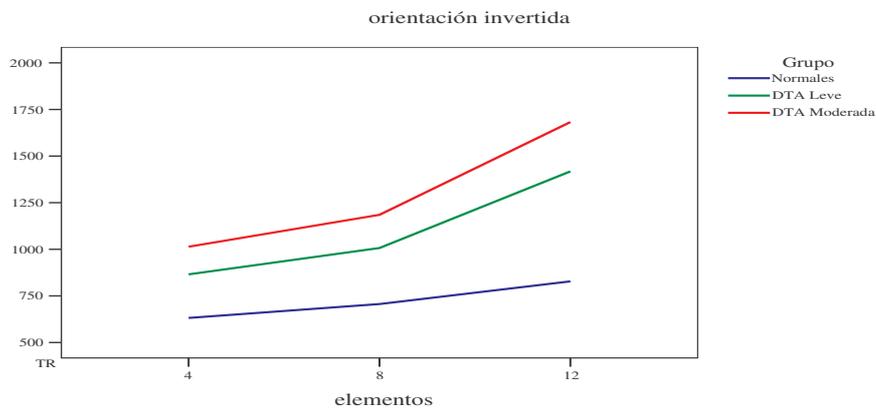
Sig.: Significancia (* $p < .05$)

Se encuentran efectos estadísticamente significativos para los TR para la orientación espacial entre los tres grupos [$F(2,88) = 128.977$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.748$]. En las gráficas 17 y 18 se presentan los resultados relativos a los TR en función del “número de elementos” y “orientación espacial” para la comparación entre los tres grupos.

Gráfica 17. TR para “número de elementos” y “orientación normal”



Gráfica 18. TR para “número de elementos” y “orientación invertida”

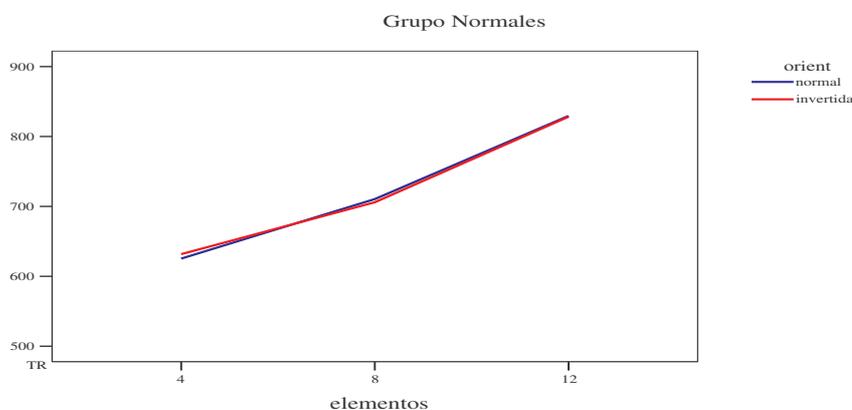


Como se puede observar en las gráficas 17 y 18, los patrones de las curvas para la orientación espacial con el objetivo en posición correcta y para el objetivo en posición invertida son semejantes en los dos grupos con DTA, pero los TR de los sujetos normales se mantienen con un crecimiento casi nulo a lo largo de la complejidad de la tarea. Los sujetos con DTA leve y DTA moderada demuestran un aumento claro en los escenarios con 12 elementos.

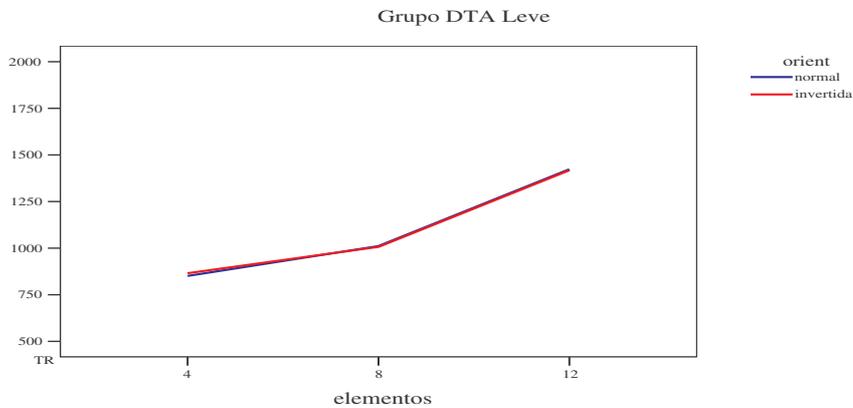
Por otro lado los sujetos con DTA leve necesitan de más tiempo para detectar un objetivo, sea con orientación normal sea con orientación invertida, que los sujetos normales. De la misma manera, los sujetos con DTA moderada requieren de más tiempo para detectar un objetivo, ya sea con orientación normal o con orientación invertida, que los sujetos con DTA leve.

El análisis dentro de los grupos (*within subjects*) encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas para el factor “número de elementos” [$F(2,88) = 441.114; p = .000; \eta^2 = 0.835$] (ver tabla 26). En las gráficas 19, 20 y 21 se presentan los resultados relativos a los TR en función de “número de elementos” y “orientación” para la comparación entre los sujetos de los grupos.

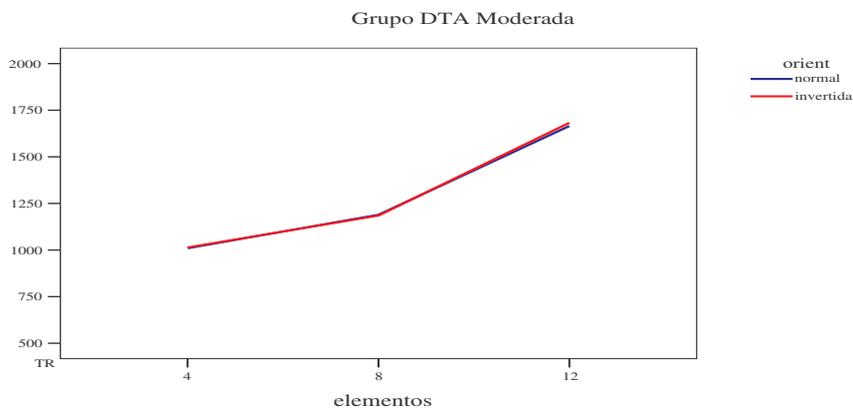
Gráfica 19. TR para “número de elementos” y “orientación” en sujetos normales



Gráfica 20. TR para “número de elementos” y “orientación” en sujetos con DTA leve



Gráfica 21. TR para “número de elementos” y “orientación” en sujetos con DTA moderada



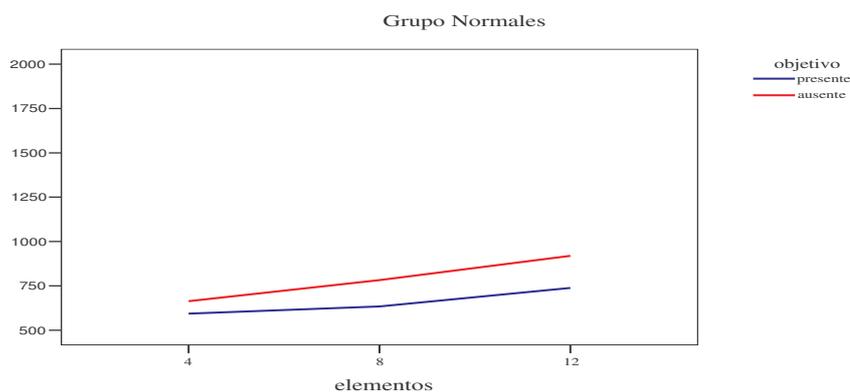
Como se puede observar en las gráficas 19, 20 y 21, los patrones de las curvas para la orientación espacial normal del objetivo y para la orientación espacial invertida del objetivo son semejantes en los dos grupos con DTA donde los TR son más elevados a medida que aumenta el número de elementos. Los TR de los sujetos normales se mantienen un crecimiento casi nulo a lo largo de este factor. Para todos los sujetos la búsqueda visual de un objetivo con orientación espacial normal es tan difícil como buscar un objetivo con orientación espacial invertida, y esta dificultad se acentúa en los

escenarios con 12 elementos. En todas las situaciones los sujetos con DTA leve necesitan más tiempo que los sujetos normales y los sujetos con DTA moderada requieren de más tiempo que los sujetos con DTA leve.

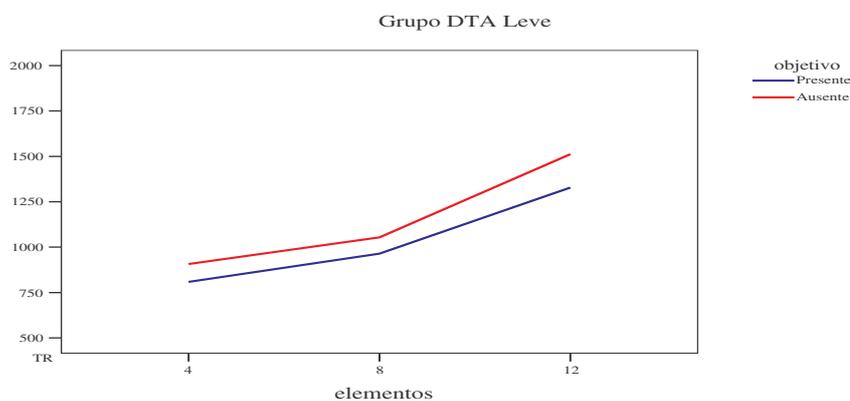
El análisis dentro de los grupos (*within subjects*) demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas para el factor “objetivo” [$F(2,88) = 224.960$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.721$] (ver tabla 26).

En las gráficas 22, 23 y 24 se presentan los resultados relativos a los TR en función del “número de elementos” y “objetivo” para la comparación entre los sujetos de los grupos.

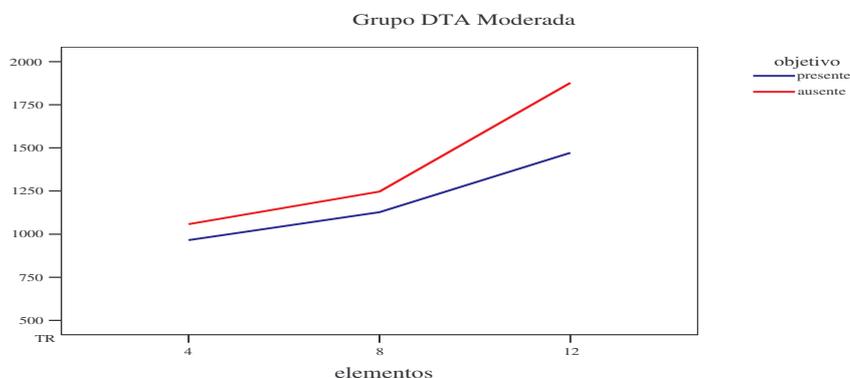
Gráfica 22. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos normales



Gráfica 23. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA leve



Gráfica 24. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA moderada



Como se puede observar en las gráficas 22, 23 y 24, los patrones de las curvas para la búsqueda visual del objetivo en la orientación espacial son semejantes entre los sujetos con DTA, pero diferentes de los sujeto normales, que mantienen, una vez más, el crecimiento casi nulo al largo del factor “número de elementos”. Aunque para los tres grupos, detectar la presencia de un objetivo en función de la orientación es más fácil que buscar su ausencia, esta tarea es más difícil para los sujetos con DTA, y se acentúa más en los sujetos con DTA moderada en escenarios con 12 elementos. En esta situación, la detección de la ausencia del objetivo definido por la orientación en escenarios de 12 elementos es una tarea muy difícil para los sujetos con DTA moderada.

En las interacciones entre factores y entre sujetos tenemos efectos significativos en las interacciones de primera orden “grupo” x “número de elementos” [$F(2,88) = 38.499; p = .000; \eta^2 = 0.470$], y “grupo” x “objetivo” [$F(2,88) = 6.263; p = .003; \eta^2 = 0.126$].

6.3.4. Textura

En la tabla 27 se presentan los resultados del análisis estadístico de las interacciones de primer orden del TR en la búsqueda visual de la textura.

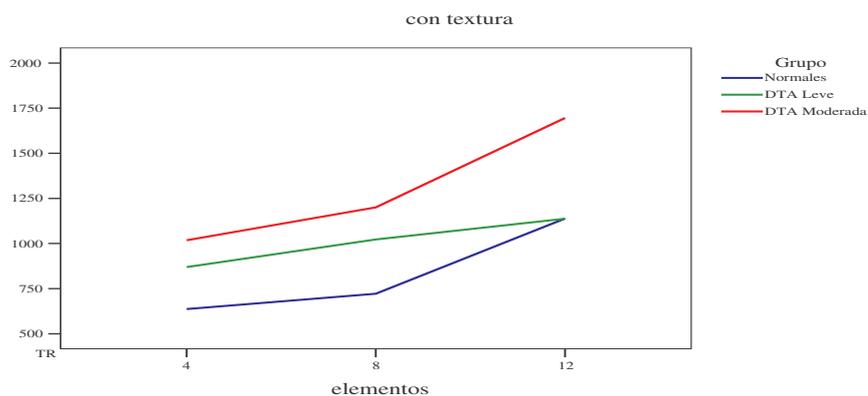
Tabla 27. Análisis multivariado con medidas repetidas para “textura”

	Tipo	F (2,88)	Sig.	Eta ²	Poder
Textura	Linear	236.829	.000*	.731	1.000
Elementos	Linear	441.687	.000*	.835	1.000
Objetivo	Linear	136.416	.000*	.653	1.000
Grupo x Textura	Linear	2.029	.138	.045	.408
Grupo x Elementos	Linear	26.350	.000*	.377	1.000
Grupo x Objetivo	Linear	94.291	.000*	.684	1.000

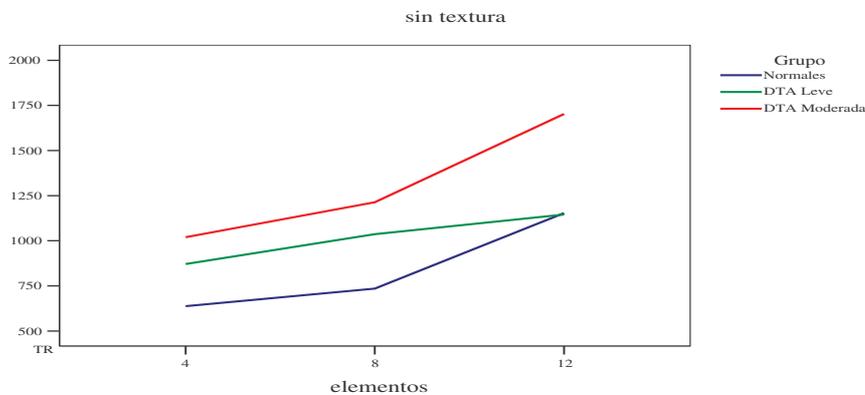
Sig.: Significancia (* $p < .05$)

Se encuentran efectos estadísticamente significativos para los TR para la textura entre los tres grupos [$F(2,88) = 114.111$; $p = .343$; $\eta^2 = 0.240$]. En las gráficas 25 y 26 se presentan los resultados relativos a los TR en función del “número de elementos” y “textura” para la comparación entre los tres grupos.

Gráfica 25. TR para “número de elementos” y “con textura”



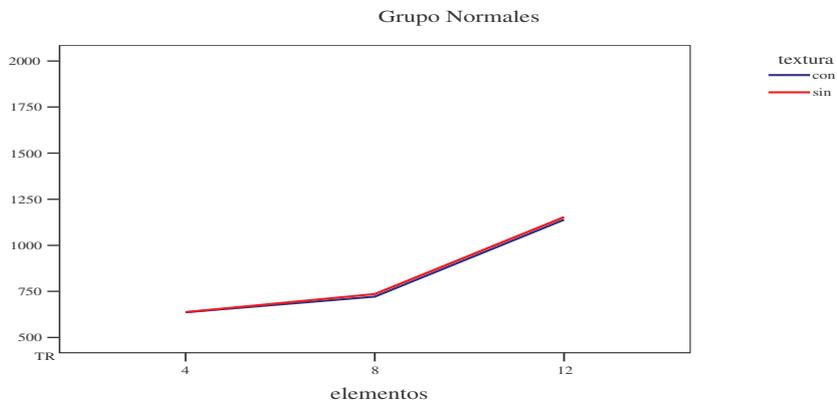
Gráfica 26. TR para “número de elementos” y “sin textura”



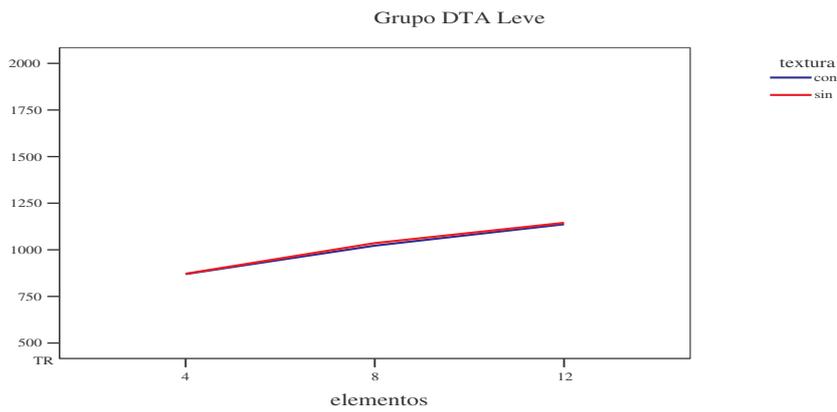
Como se puede observar en las gráficas 25 y 26, los patrones de las curvas para la textura de los estímulos, con objetivo con textura y con objetivo sin textura, son semejantes en los grupos de sujetos normales y con DTA moderada, con un aumento del TR a lo largo del factor “número de elementos”. En los escenarios con 12 elementos, los sujetos con DTA leve se aproximan de los sujetos normales, cambiando el patrón esperado. A pesar de esto, los sujetos con DTA leve llevan más tiempo para detectar un objetivo, sea con textura o sin textura, que los sujetos normales. De la misma manera, los sujetos con DTA moderada llevan más tiempo para detectar un objetivo, ya sea con textura o sin textura, que los sujetos con DTA leve.

El análisis dentro de los grupos (*within subjects*) demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas para el factor “textura” [$F(2,88) = 236.829$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.731$], para el factor “número de elementos” [$F(2,88) = 441.687$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.835$] (ver tabla 27). En las gráficas 27, 28 y 29 se presentan los resultados relativos a los TR en función del “número de elementos” y “textura” para la comparación entre los sujetos de los grupos.

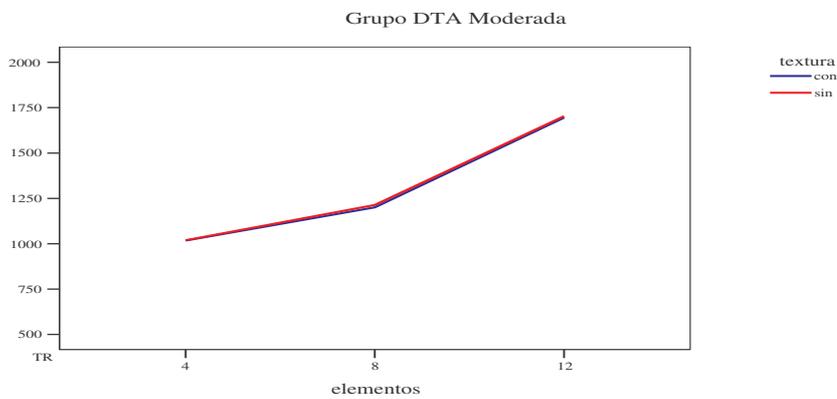
Gráfica 27. TR para “número de elementos” y “textura” en sujetos normales



Gráfica 28. TR para “número de elementos” y “textura” en sujetos con DTA leve



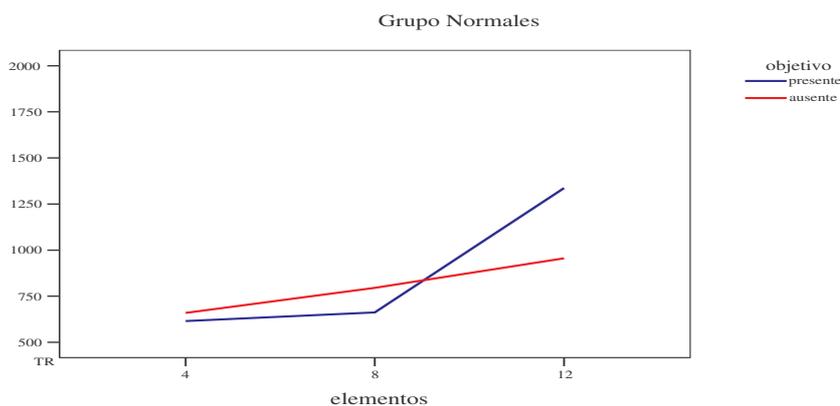
Gráfica 29. TR para “número de elementos” y “textura” en sujetos con DTA moderada



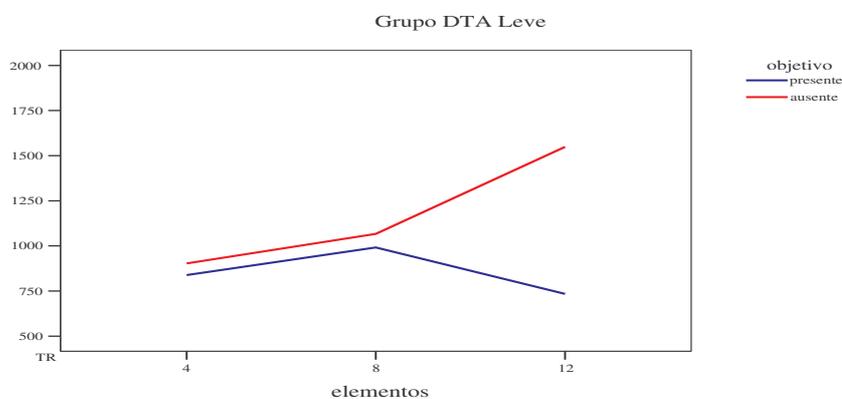
Como se puede observar en las gráficas 27, 28 y 29, los patrones de las curvas para la textura del objetivo son semejantes en el grupo de sujetos normales y en el grupo con sujetos con DTA moderada, donde los TR son más elevados a medida que aumenta el número de elementos. Aunque para todos los sujetos la búsqueda visual de un objetivo con textura es casi tan difícil como buscar un objetivo sin textura, los sujetos con DTA leve cambian de patrón, aproximándose de un crecimiento casi nulo en los escenarios con 12 elementos.

El análisis dentro de los grupos (*within subjects*) demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas para el factor “objetivo” [$F(2,88) = 136.416$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.653$] (ver tabla 27). En las gráficas 30, 31 y 32 se presentan los resultados relativos a los TR en función del “número de elementos” y “objetivo” para la comparación entre los sujetos de los grupos.

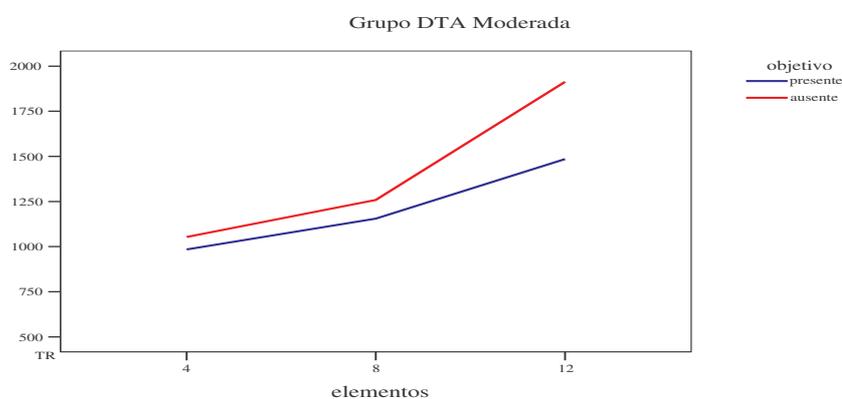
Gráfica 30. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos normales



Gráfica 31. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA leve



Gráfica 32. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA moderada



Como se puede observar en las gráficas 30, 31 y 32, los patrones de las curvas para la búsqueda visual del objetivo en la textura son diferentes entre los sujetos de los tres grupos. En los grupos con DTA, detectar la presencia de un objetivo con textura es más fácil que buscar su ausencia. Esta tarea sufre una inversión en los escenarios con 12 elementos para los sujetos normales. Los sujetos con DTA leve demuestran una dificultad acentuada para detectar la ausencia de objetivo en estos escenarios, y inesperadamente llevan menos tiempo para detectar la presencia del objetivo en esta

situación que en escenarios de 4 y 8 elementos. Solamente los sujetos con DTA moderada, con un TR bastante superior, mantienen un patrón regular, demostrando una gran dificultad en la detección de la ausencia de objetivos con textura en escenarios de 12 elementos.

En las interacciones entre factores y entre sujetos tenemos efectos significativos en las interacciones de primera orden "grupo" x "número de elementos" [$F(2,88) = 26.350$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.377$] y "grupo" x "objetivo" [$F(2,88) = 94.291$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.684$] (ver tabla 27).

6.3.5. Movimiento

En la tabla 28 se presentan los resultados del análisis estadístico de las interacciones de primer orden del TR en la búsqueda visual del movimiento.

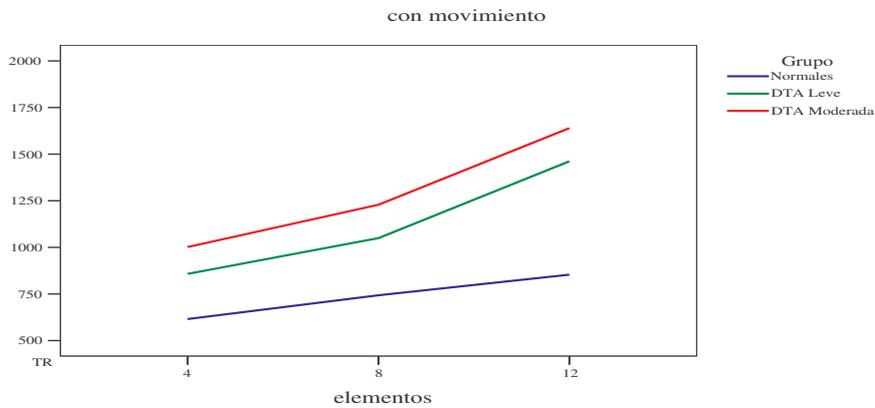
Tabla 28. Análisis multivariado con medidas repetidas para "movimiento"

	Tipo	F (2,88)	Sig.	Eta ²	Poder
Movimiento	Linear	383.090	.000*	.815	1.000
Elementos	Linear	515.532	.000*	.856	1.000
Objetivo	Linear	401.618	.000*	.822	1.000
Grupo x Movimiento	Linear	37.605	.000*	.464	1.000
Grupo x Elementos	Linear	29.346	.000*	.403	1.000
Grupo x Objetivo	Linear	37.605	.000*	.464	1.000

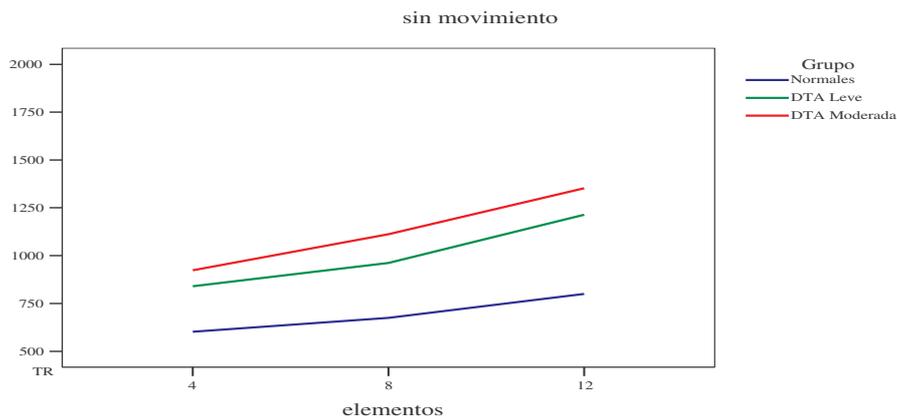
Sig.: Significancia (* $p < .05$)

Se encuentran efectos estadísticamente significativos para los TR para el movimiento entre los tres grupos [$F(2,88) = 122.342$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.738$]. En las gráficas 33 y 34 se presentan los resultados relativos a los TR en función del "número de elementos" y "movimiento" para la comparación entre los tres grupos.

Gráfica 33. TR para “número de elementos” y “con movimiento”



Gráfica 34. TR para “número de elementos” y “sin movimiento”

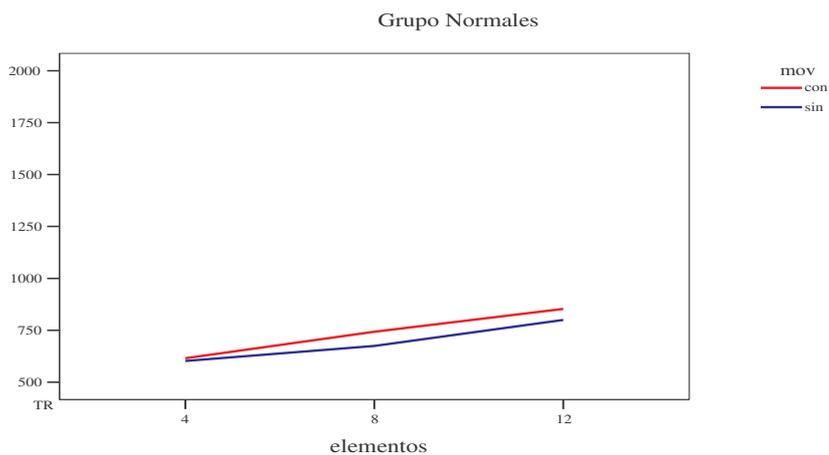


Como se puede observar en las gráficas 33 y 34, los patrones de las curvas para el objetivo con y sin movimiento son semejantes en los dos grupos de sujetos con DTA, pero los TR de los sujetos normales se mantienen con un crecimiento casi nulo a lo largo de la complejidad de la tarea. Los sujetos con DTA leve y con DTA moderada demuestran un aumento claro del TR en los escenarios con 12 elementos. Por otro lado los sujetos con DTA leve necesitan de más tiempo para detectar un objetivo, sea con movimiento o sin movimiento, que los sujetos normales. De la misma manera, los

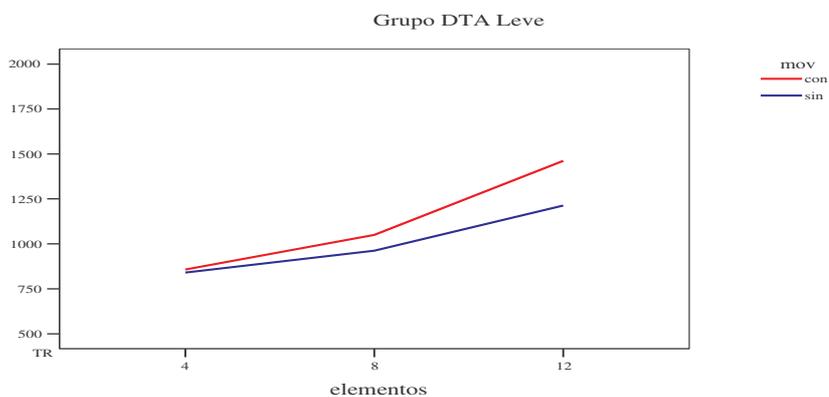
sujetos con DTA moderada requieren más tiempo para detectar un objetivo, sea con movimiento o sin movimiento, que los sujetos con DTA leve.

El análisis dentro de los grupos (*within subjects*) encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas en el factor “movimiento” [$F(2,88) = 383.090$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.815$] y en el factor “número de elementos” [$F(2,88) = 515.532$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.856$] (ver tabla 28). En las gráficas 35, 36 y 37 se presentan los resultados relativos a los TR en función del “número de elementos” y “movimiento” para la comparación entre los sujetos de los grupos.

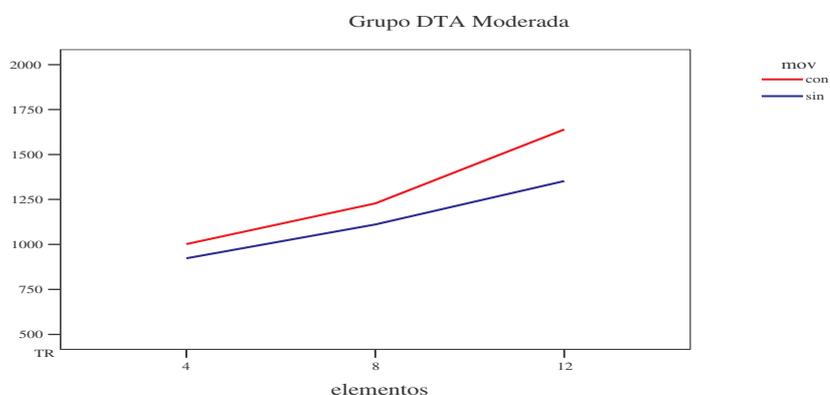
Gráfica 35. TR para “número de elementos” y “movimiento” en sujetos normales



Gráfica 36. TR para “número de elementos” y “movimiento” en sujetos con DTA leve



Gráfica 37. TR para “número de elementos” y “movimiento” en sujetos con DTA moderada

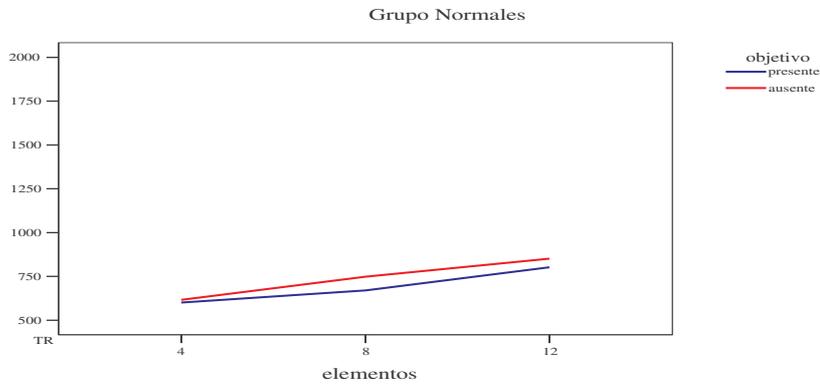


Como se puede observar en las gráficas 35, 36 y 37, los patrones de las curvas para el objetivo con movimiento y para el objetivo sin movimiento son semejantes en los dos grupos con DTA, donde los TR se mantienen creciendo a lo largo de los niveles del factor “número de elementos”. Los TR de los sujetos normales se mantienen con un crecimiento casi nulo a lo largo de este factor.

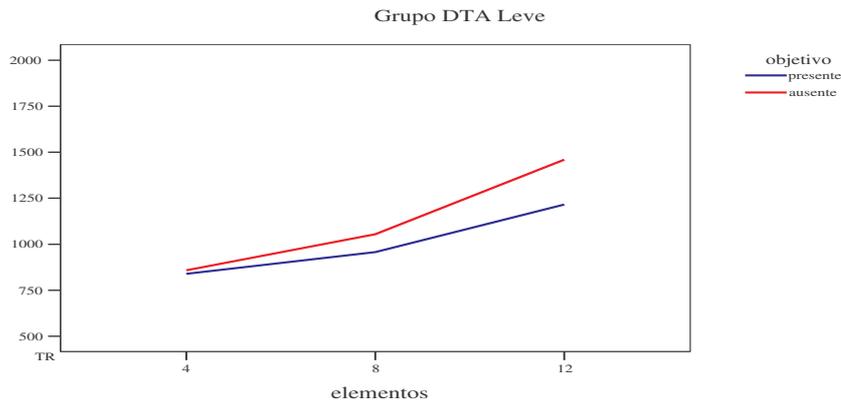
Por otro lado, a pesar de que buscar un objetivo en movimiento es más difícil que buscar un objetivo sin movimiento para los tres grupos, esta tarea es más difícil para los sujetos con DTA en todos los escenarios, principalmente en escenarios con 12 elementos.

El análisis dentro de los grupos (*within subjects*) demuestra que existen diferencias estadísticamente significativas para el factor “objetivo” [$F(2,88) = 401.618$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.822$] (ver tabla 28). En las gráficas 38, 39 y 40 se presentan los resultados relativos a los TR en función del “número de elementos” y “objetivo” para la comparación entre los sujetos de los grupos.

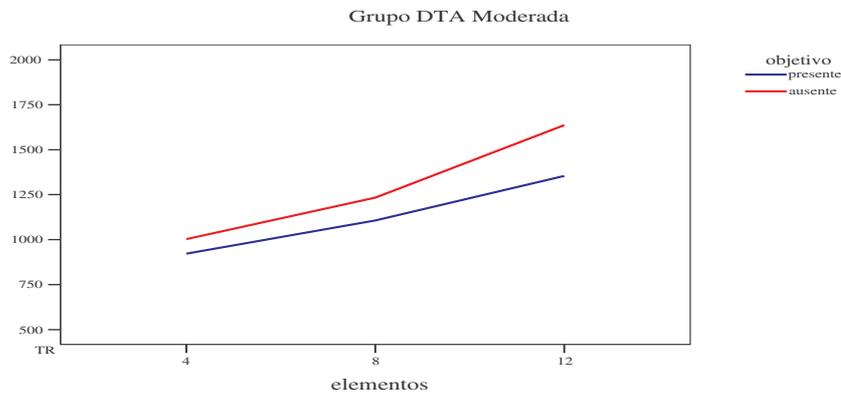
Gráfica 38. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos normales



Gráfica 39. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA leve



Gráfica 40. TR para “número de elementos” y “objetivo” en sujetos con DTA moderada



Como se puede observar en las gráficas 38, 39 y 40, los patrones de las curvas para la búsqueda visual de un objetivo en movimiento son semejantes entre los sujetos con DTA, pero diferentes de los sujetos normales, que mantienen, una vez más, el crecimiento casi nulo a lo largo del factor “número de elementos”. A pesar de que para los tres grupos, detectar la presencia de un objetivo en movimiento es más fácil que buscar su ausencia, esta tarea es más difícil para los sujetos con DTA, y se acentúa más en los escenarios con 12 elementos. En esta situación, la detección de la ausencia del objetivo con movimiento en escenarios de 12 elementos es una tarea muy difícil tanto para los sujetos con DTA leve como para los sujetos con DTA moderada.

En las interacciones entre factores y entre sujetos tenemos efectos significativos en las interacciones de primera orden “grupo” x “movimiento” [$F(2,88) = 37.605$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.464$], “grupo” x “número de elementos” [$F(2,88) = 29.346$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.403$], y “grupo” x “objetivo” [$F(2,88) = 37.605$; $p = .000$; $\eta^2 = 0.466$] (ver tabla 28).

7. DISCUSIÓN

7. Discusión

El objetivo de este trabajo es estudiar el procesamiento de la información perceptiva en la búsqueda visual de las características básicas de los estímulos en la demencia tipo Alzheimer (DTA). Para eso se analizaron los tiempos de reacción (TR) en tareas de búsqueda visual del color, de la forma, de la orientación espacial, de la textura y del movimiento, en sujetos normales sin deterioro cognitivo y en sujetos con DTA leve y moderada.

En la valoración de la velocidad del procesamiento de la información perceptiva, en general se confirma que con todas las tareas de búsqueda visual de las características básicas de los objetos, los sujetos con DTA moderada invierten más tiempo que los sujetos con DTA leve y que los sujetos normales sin deterioro cognitivo.

En la tarea de búsqueda visual de la información perceptiva del color existen diferencias estadísticamente significativas entre los TR medios de los tres grupos. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo invierten significativamente menos tiempo para la detección de un objetivo definido por el color que los sujetos con DTA, confirmando la primera hipótesis.

En estas tareas de búsqueda visual, los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un TR significativamente inferior que los sujetos con DTA leve, confirmando la segunda hipótesis, y que los sujetos con DTA moderada, confirmando la tercera hipótesis.

En los grupos con DTA, en una tarea de búsqueda visual de la información perceptiva del color los sujetos con DTA leve presentan un TR significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, confirmando la cuarta hipótesis.

Consecuentemente, los sujetos con DTA moderada son los que presentan un TR significativamente más elevado en una tarea de búsqueda visual de la información perceptiva del color.

En todos los sujetos se demuestra la hipótesis modular para el procesamiento asimétrico de las dimensiones de la característica básica color (Cohen, 1997; Mordkoff, & Yantis, 1993; Treisman, 1991, 1996). Para todos los sujetos, buscar un objetivo de color azul es más difícil que buscar un objetivo de color amarillo, y detectar la ausencia de un objetivo definido por el color es más difícil que detectar su presencia.

Nuestros resultados ponen de manifiesto que los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un patrón de crecimiento casi nulo del TR a medida que aumenta el número de elementos presentes en los escenarios visuales demostrando que el procesamiento perceptivo del color es paralelo y ocurre a nivel pre-atencional, resultados que están en concordancia con el paradigma de búsqueda visual (Treisman, 1985, 1993, 2006; Wolfe, 1998, 2001).

Por otro lado, los sujetos con DTA leve y moderada presentan un patrón de aumento en el TR, con un efecto significativo en la interacción de primer orden “grupo” x “número de elementos”, demostrando que el aumento del número de elementos presentes en los escenarios visuales dificulta la tarea de búsqueda visual de la información perceptiva del color, exigiendo un procesamiento perceptivo serial. Esta interferencia en la búsqueda visual que utiliza colores del mismo par color-oponente (azul/amarillo) lleva a que les sea muy difícil detectar el objetivo en escenarios con numerosos elementos.

Se puede pensar que en situaciones de sobrecarga de información visual, la búsqueda visual en sujetos con DTA leve y moderada está afectada por la incapacidad para inhibir y/o atenuar las señales de los distractores con información no relevante,

creando respuestas con señales que son competitivas con la señal no atenuada del color que define el objetivo (Bauer, Jolicoeur, & Cowman, 1998; Boker, 1997; Foldi et al., 2005; Maruf, & Currie, 1995; Maruf, Malone, & Currie, 1995).

Como se ha comentado anteriormente, se sabe que los colores del mismo par color-oponente son procesados por la misma vía de procesamiento de información (Zeki et al, 2008) sin la utilización de la atención focalizada para la detección del objetivo. Xiao y colaboradores (2003) presentan resultados que demuestran actividad neuronal diferencial en el área V4 del cerebro de primates, a diferentes longitudes de onda. También la teoría tricromática (Byrne, 1997; DeMonasterio, & Gouras, 1975; DeValois, & DeValois, 1975; Lennie, 1984, 1999) defiende que el área que se superpone en las longitudes de onda lleva a respuestas competitivas (Gegenfurtner, & Kiper, 2003). El azul y el amarillo tienen frecuencias de onda que están lejanas en el espacio espectral, por lo que no crean respuestas competitivas. La señal de los conos S-, que resulta de la reacción a las frecuencias de onda para el color azul y amarillo, es comparada con las señales L+M, manteniendo la “línea privada” para el procesamiento del color (Krauskopf, 1999).

Nuestros resultados sugieren que a nivel periférico existen efectos en los mecanismos de color-oponente relacionados con el deterioro cognitivo de la DTA leve y moderada, pero solamente en los mecanismos sensibles a las longitudes de onda cortas. Estos datos confirman los argumentos de Ordy, Brizee y Johnson (1982) y de Carter (1982) para el efecto diferencial del envejecimiento en el procesamiento del color amarillo y, consecuentemente, en los canales color-oponente (Jonson, & Marshal, 1995). Se puede pensar que el procesamiento serial observado en los sujetos con DTA leve y moderada está relacionado con una aletración en la segregación de señales de

longitudes de onda de los colores del mismo par color-oponente en escenarios visuales complejos.

Por otro lado, también se puede pensar que en situaciones de sobrecarga visual los sujetos con DTA leve y moderada llevan a cabo la tarea por los mecanismos de integración de la respuesta donde es necesaria una búsqueda visual serial, focalizando la atención en cada una de las partes de la imagen para detectar la presencia o la ausencia del objetivo entre los distractores y consecuentemente aumentando significativamente el TR (Boston, & Smallman, 1990; Loughman et al., 2007).

En la tarea de búsqueda visual de la información perceptiva de la forma existen diferencias estadísticamente significativas entre los TR medios de los tres grupos. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo invierten significativamente menos tiempo para la detección de un objetivo definido por la forma que los sujetos con DTA, confirmando la quinta hipótesis.

En estas tareas de búsqueda visual, los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un TR significativamente inferior que los sujetos con DTA leve, confirmando la sexta hipótesis, y que los sujetos con DTA moderada, confirmando la séptima hipótesis.

En los grupos con DTA, en una tarea de búsqueda visual de la información perceptiva de la forma los sujetos con DTA leve presentan un TR significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, confirmando la octava hipótesis. Consecuentemente, los sujetos con DTA moderada son los que presentan un TR significativamente más elevado en una tarea de búsqueda visual de la información perceptiva de la forma.

En todos los sujetos se demuestra la hipótesis modular para el procesamiento asimétrico de las dimensiones de la característica básica forma (Blanco, 2000; Julesz,

1981, 1984; Treisman, & Gormican, 1988). Tanto en sujetos normales sin deterioro cognitivo como en sujetos con DTA, buscar un objetivo con forma de cuadrado es más difícil que buscar un objetivo con forma de círculo, como ocurría con el color, y detectar la ausencia de un objetivo definido por la forma es más difícil que detectar su presencia.

En esta tarea de búsqueda visual los sujetos normales sin deterioro cognitivo también presentan un patrón de crecimiento casi nulo del TR a medida que aumenta el número de elementos presentes en los escenarios visuales demostrando que el procesamiento perceptivo de la forma es paralelo y ocurre al nivel pre-atencional, resultados que están en concordancia con el paradigma de búsqueda visual (Treisman, 1985, 1993, 2006; Wolfe, 1998, 2001).

Los sujetos con DTA leve y moderada presentan un patrón de aumento en el TR, con un efecto significativo en las interacciones de primer orden “grupo” x “objetivo” y “grupo” x “número de elementos”, demostrando que la ausencia del objetivo definido por una forma y el aumento del número de elementos presentes en los escenarios visuales dificulta la tarea de búsqueda visual de la información perceptiva de la forma, exigiendo un procesamiento perceptivo serial. Se puede pensar que en los sujetos con DTA la interacción positiva con el número de elementos presentes en los escenarios visuales se podrá deber a la sobrecarga de información visual presente en los escenarios visuales y que dificulta, significativamente, a su vez, la capacidad para detectar la ausencia de este objetivo en esta sobrecarga visual.

La forma de los estímulos visuales (Blanco, 2000; Julesz, 1984; Treisman, & Gormican, 1988) es procesada en automático en nivel pre-atencional (Treisman, 1991, 1992), considerándose que la capacidad de detectar en procesamiento paralelo la presencia o ausencia de un objetivo definido por esta característica básica de los objetos

visuales es independientemente del número de elementos presentes en los escenarios visuales (Treisman, & Gelade, 1980). Detectar la forma de los objetos es detectar las relaciones espaciales entre las características fijadas (Murry, Olshausen, & Woods, 2003) creando agrupamientos gestálticos (Cohen, 1997; Mordkoff, & Yantis, 1993; Treisman, 1988; Treisman, & Gelade, 1980; Treisman, & Gormican, 1988; Treisman, & De Schepper, 1994). Las variaciones abruptas en los umbrales de las formas excitan o inhiben la codificación de las unidades de información, mejorando el tiempo de respuesta perceptiva en las tareas de búsqueda visual (Blanco, 2000; Cavanagh, 1987; Duncan, & Humphreys, 1989; Rivest, & Cavanagh, 1996; Treisman, 1985, 1993, 2006; Tse, & Hughes, 2004; Wolfe, 1998, 2001) de manera que se lleva a cabo un procesamiento automático y a nivel pre-atencional de la percepción de la forma (Treisman, & DeSchepper, 1994).

De acuerdo con Blanco (2000) existe una dificultad significativa en los sujetos con DTA leve y moderada en la diferenciación de los segmentos de la forma y de las relaciones espaciales que los determinan, y por los cuales se detecta su presencia o su ausencia en escenarios visuales numerosos. Según nuestros resultados se puede considerar que en el procesamiento perceptivo las variaciones abruptas en los segmentos que limitan la forma (círculo o cuadrado) en la DTA leve y moderada inhiben la capacidad de codificación de las unidades de información, siendo necesaria la focalización de la atención, y un procesamiento serial de esta información para una respuesta adecuada.

En la tarea de búsqueda visual de la información perceptiva de la orientación espacial existen diferencias estadísticamente significativas entre los TR medios de los tres grupos. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo invierten significativamente

menos tiempo para la detección de un objetivo definido por la orientación espacial que los sujetos con DTA, confirmando la novena hipótesis.

En estas tareas de búsqueda visual, los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un TR significativamente inferior que los sujetos con DTA leve, confirmando la décima hipótesis, y que los sujetos con DTA moderada, confirmando la décima primera hipótesis.

En los grupos con DTA, en una tarea de búsqueda visual de la información perceptiva de la orientación espacial los sujetos con DTA leve presentan un TR significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, confirmando la décima segunda hipótesis. Consecuentemente, los sujetos con DTA moderada son los que presentan un TR significativamente más elevado en una tarea de búsqueda visual de la información perceptiva de la orientación espacial.

En los tres grupos se confirma la hipótesis modular para el procesamiento asimétrico de las dimensiones de la característica básica orientación espacial (Jolicoeur, 1985; Luo et al., 2003; Treisman, & Souther, 1985). Buscar un objetivo con orientación normal es más difícil que buscar un objetivo con orientación invertida, y detectar la ausencia de un objetivo definido por la orientación espacial es más difícil que detectar su presencia.

Para esta tarea de búsqueda visual los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un patrón de crecimiento casi nulo del TR a medida que aumenta el número de elementos presentes en los escenarios visuales demostrando que el procesamiento perceptivo de la orientación espacial es paralelo y ocurre al nivel pre-atencional, resultados que están en concordancia con el paradigma de búsqueda visual (Treisman, 1985, 1993, 2006; Wolfe, 1998, 2001).

Los sujetos con DTA leve y moderada presentan un patrón de aumento en el TR, con un efecto significativo en las interacciones de primer orden “grupo” x “objetivo” y “grupo” x “número de elementos”, demostrando que la del objetivo definido por la orientación espacial y el aumento del número de elementos presentes en los escenarios visuales dificulta la tarea de búsqueda visual de la información perceptiva de la orientación espacial, exigiendo un procesamiento perceptivo serial. Se puede pensar que en los sujetos con DTA, como ocurre para el color y para la forma, la interacción positiva con el número de elementos presentes en los escenarios visuales se podrá deber a la sobrecarga de información visual presente en los escenarios visuales y que dificulta, significativamente, a su vez, la capacidad para detectar la ausencia de este objetivo en esta sobrecarga visual, principalmente en los escenarios con 12 elementos.

La orientación espacial de los estímulos visuales (Jolicoeur, 1985; Luo et al., 2003; Treisman, & Souther, 1985) es procesada en automático a un nivel pre-atencional (Treisman, 1991, 1992), considerándose que la capacidad de detectar la presencia o ausencia, en procesamiento paralelo, de esta característica de los objetos visuales es independientemente del número de elementos presentes en los escenarios visuales, y la determina como una característica básica y modular (Treisman, & Gelade, 1980; Treisman, & Souther, 1985). Se considera que la orientación espacial de los objetos visuales es definida por su posición, dirección y movimiento (Wolfe et al., 1992). Su procesamiento automático es determinado por la detección de la presencia de las rotaciones (ó su ausencia), manteniendo intactos los canales sincronizados para la horizontalidad y para la verticalidad (Foster, & Ward, 1991; Wolfe et al., 1992), así como las relaciones entre orientaciones espaciales, manteniendo la capacidad para procesar una creciente complejidad de información.

En nuestros sujetos con DTA leve y moderada, la interacción positiva encontrada en el número de elementos presentes en los escenarios visuales se podrá deber a la sobrecarga de información de la orientación espacial presente en los escenarios visuales lo que dificulta, significativamente, a su vez, la capacidad para detectar la ausencia de estos objetivos en esta sobrecarga visual. De acuerdo con Stuss, Binn, Murphy y Alexander (2002), en la DTA hay una clara dificultad en las tareas de búsqueda visual de la orientación espacial de los objetos visuales, donde los sujetos mantienen un procesamiento eficaz, pero no lo consiguen cuando los elementos visuales aumentan en el campo visual, por lo que recurren a la focalización de la atención para la selección de los estímulos orientados, procesándolos serialmente. Nuestros resultados también sugieren que el número de elementos y la ausencia de objetivo con orientación en escenarios con numerosos elementos son los responsables por el procesamiento serial encontrado. Se puede pensar que en la DTA los canales sincronizados para la horizontalidad y para la verticalidad no están intactos, por lo que la capacidad para detectar la ausencia de las rotaciones de los objetos y procesar una creciente cantidad de información está afectada (O'Brien et al., 2001). De este modo, en los sujetos con DTA leve y moderada, el procesamiento funcional de la ausencia de orientación espacial en los estímulos presentes en escenarios sobrecargados visualmente necesita de la atención focalizada y el procesamiento perceptivo es serial para posibilitar una respuesta adecuada.

En la tarea de búsqueda visual de la información perceptiva de la textura existen diferencias estadísticamente significativas entre los TR medios de los tres grupos. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo invierten significativamente menos tiempo para la detección de un objetivo definido por la textura que los sujetos con DTA, confirmando la décima tercera hipótesis.

En estas tareas de búsqueda visual, los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un TR significativamente inferior que los sujetos con DTA leve, confirmando la décima cuarta hipótesis, y que los sujetos con DTA moderada, confirmando la décima quinta hipótesis.

En los grupos con DTA, en una tarea de búsqueda visual de la información perceptiva de la textura los sujetos con DTA leve presentan un TR significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, confirmando la décima sexta hipótesis. Consecuentemente, los sujetos con DTA moderada son los que presentan un TR significativamente más elevado en una tarea de búsqueda visual de la información perceptiva de la textura.

En todos los sujetos se demuestra la hipótesis modular para el procesamiento asimétrico de las dimensiones de la característica básica textura (Beck, 1972, 1973; Chubb et al., 2001; Graham, & Sutter, 2000; Lin, & Wilson, 1996; Olson, & Attneave, 1970; Rubenstein, & Sagi, 1990; Sutter, & Graham, 1995). Para todos los sujetos, buscar un objetivo sin textura es más difícil que buscar un objetivo con textura, y detectar la ausencia de un objetivo definido por la textura es más difícil que detectar su presencia.

Son los sujetos del grupo con DTA leve que presentan un patrón de procesamiento perceptivo automático de la textura, resultados que están en concordancia con el paradigma de búsqueda visual (Treisman, 1985, 1993, 2006; Wolfe, 1998, 2001) al manifestar un crecimiento casi nulo a lo largo del aumento del número de elementos presentes en los escenarios visuales. En estos sujetos, el TR para la detección de la presencia de un objetivo definido por la textura sufre una alteración significativa en los escenarios con 12 elementos, tornándose más fácil que en todos los otros escenarios.

Al contrario de las tres características básicas anteriores, el grupo de sujetos normales sin deterioro cognitivo y el grupo de sujetos con DTA moderada presentan un patrón de procesamiento serial. Para la búsqueda visual de un objetivo definido por la textura, este TR aumenta significativamente en función del aumento del número de elementos presentes en los escenarios visuales. Para los sujetos normales sin deterioro cognitivo, detectar la presencia de un objetivo definido por la textura se torna más difícil que detectar su ausencia en escenarios con 12 elementos.

Existe un efecto significativo que se observa en las interacciones de primer orden “grupo” x “objetivo” y “grupo” x “número de elementos”, en los sujetos normales y en los sujetos con DTA moderada. El aumento del número de elementos presentes en los escenarios visuales, como para el color, para la forma y para la orientación espacial, dificultan significativamente la tarea de búsqueda visual de un objetivo definido por la textura, y se torna todavía más difícil detectar su ausencia en los escenarios visuales.

La textura de los estímulos visuales es procesada en automático en nivel pre-atencional (Treisman, 1991, 1992), considerándose que la capacidad de detectar la presencia o ausencia, en procesamiento paralelo, de esta característica de los objetos visuales es independientemente del número de elementos presentes en los escenarios visuales, y la determina como una característica básica y modular (Treisman, & Gelade, 1980; Treisman, & Souther, 1985).

Treisman y Gelade (1980) consideran que el procesamiento de la textura es un proceso paralelo que es determinado apenas por las discontinuidades espaciales entre grupos de estímulos que difieren entre si por características separables y no por discontinuidades definidas por conjunciones de características (Papathomas et al. 1999). También Sutter y Graham (1995) han encontrado resultados que permiten afirmar que la segregación de la textura es un proceso que tiene lugar a nivel pre-atencional.

En nuestros resultados, los sujetos normales sin deterioro cognitivo y los sujetos con DTA moderada presentan un procesamiento perceptivo serial en la búsqueda visual de un objetivo definido por la textura, resultante de un efecto significativo del número de elementos en los escenarios visuales y de la ausencia del objetivo en los escenarios visuales numerosos. Se puede pensar que el procesamiento funcional de nivel pre-atencional de la textura en estos sujetos está afectado por la sobrecarga visual presente en los escenarios visuales. Esta sobrecarga no permite la capacidad de activación el sistema modular de procesamiento a nivel pre-atencional de la información perceptiva de la textura.

Por otro lado, se puede pensar que esta alteración al patrón de procesamiento de la información perceptiva de la textura se debe al tipo de textura utilizada. El hecho de ser una textura visual, y no táctil, no ha permitido la eficacia de las tareas de búsqueda visual. En este sentido, es posible que en las tareas de búsqueda visual en “*diyunción*” creadas por Treisman (1986), las texturas utilizadas en conjunto con la simplicidad de la tarea no activan los procesos de segregación necesarios al procesamiento perceptivo en nivel pre-atencional de esta característica básica. Aunque se utilicen pares fijos de elementos de textura (Graham, & Sutter, 2000; Lin, & Wilson, 1996), y posibilitando una segregación sin esfuerzo (Wolfe, 1992), esta tarea de búsqueda visual en sujetos ancianos y con DTA moderada no ha activado el sistema modular de procesamiento a nivel pre-atencional de la información perceptiva de la textura.

En la tarea de búsqueda visual de la información perceptiva del movimiento existen diferencias estadísticamente significativas entre los TR medios de los tres grupos. Los sujetos normales sin deterioro cognitivo invierten significativamente menos tiempo para la detección de un objetivo definido por el movimiento que los sujetos con DTA, confirmando la décima séptima hipótesis.

En estas tareas de búsqueda visual, los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un TR significativamente inferior que los sujetos con DTA leve, confirmando la décima octava hipótesis, y que los sujetos con DTA moderada, confirmando la décima novena hipótesis.

En los grupos con DTA, en una tarea de búsqueda visual de la información perceptiva del movimiento los sujetos con DTA leve presentan un TR significativamente inferior que los sujetos con DTA moderada, confirmando la vigésima hipótesis. Consecuentemente, los sujetos con DTA moderada son los que presentan un TR significativamente más elevado en una tarea de búsqueda visual de la información perceptiva del movimiento.

En en todos los sujetos se demuestra la hipótesis modular para el procesamiento asimétrico de las dimensiones de la característica básica movimiento (Treisman, 1994, 1998, 2006). Buscar un objetivo con movimiento es más difícil que buscar un objetivo sin movimiento, y detectar la ausencia de un objetivo definido por la presencia de movimiento es más difícil que detectar su presencia.

Para esta tarea de búsqueda visual los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un patrón de crecimiento casi nulo del TR al largo del aumento del número de elementos presentes en los escenarios visuales demostrando que el procesamiento perceptivo del movimiento es paralelo y ocurre al nivel pre-atencional, resultados que están en concordancia con el paradigma de búsqueda visual (Treisman, 1985, 1993, 2006; Wolfe, 1998, 2001).

Los sujetos con DTA leve y moderada presentan un patrón de aumento en el TR, con un efecto significativo en las interacciones de primer orden “grupo” x “objetivo” y “grupo” x “número de elementos”, demostrando que la ausencia del objetivo definido por el movimiento y el aumento del número de elementos presentes en los escenarios

visuales dificulta la tarea de búsqueda visual de la información perceptiva del movimiento, exigiendo un procesamiento perceptivo serial. Se puede pensar que en los sujetos con DTA, como para el color, para la forma, y para la orientación espacial, la interacción positiva con el número de elementos presentes en los escenarios visuales se podrá deber a la sobrecarga de información visual presente en los escenarios visuales y que dificulta, significativamente, a su vez, la capacidad para detectar la ausencia de este objetivo en esta sobrecarga visual, principalmente en los escenarios con 12 elementos.

El movimiento de los estímulos visuales (Levinson, & Sekuler, 1975; Nelly, 1979; Watson, & Ahumada, 1985) es procesado en automático (Treisman, 1991, 1992), considerándose que la capacidad de detectar la presencia o ausencia, en procesamiento paralelo, de esta característica de los objetos visuales es independiente del número de elementos presentes en los escenarios visuales y la determina como una característica básica y modular (Treisman, & Gelade, 1980; Treisman, & Souther, 1985).

Se sabe, como hemos comentado anteriormente, que el área V1 activa selectivamente las neuronas sensibles a los cuatro movimientos básicos (arriba, abajo, izquierda, derecha), y envía esa información en una vía directa hacia el área TM (Zeki, 2006). Desde el punto de vista perceptivo, Treisman (2006) considera que para el movimiento en luminosidad equivalente, la dirección es la dimensión de esta característica básica de los objetos visuales que es procesada en paralelo. La autora defiende que en estas situaciones, el sistema perceptivo mantiene el procesamiento modular de la información resultante del sistema visual. Funcionalmente, la activación del procesamiento de nivel pre-atencional del movimiento implica la correcta identificación de su dirección.

Nuestros resultados sugieren que el número de elementos y la ausencia de objetivo con movimiento en escenarios con numerosos elementos son los responsables

por el procesamiento serial encontrado en la tarea de búsqueda visual de los sujetos con DTA leve y moderada. Se puede pensar que la DTA afecta, de alguna manera, la vía directa hacia el área TM (Zeki, 2006) que procesa la información a cerca de la dirección del movimiento, no permitiendo que el sistema perceptivo mantenga el procesamiento modular de esta información. En estas condiciones, la activación selectiva para el procesamiento perceptivo del movimiento “derecha” de los objetos visuales en escenarios sobrecargados implica la focalización de la atención. Para obtener una respuesta adecuada, los sujetos llevan a cabo una búsqueda visual que procesa serialmente esta información.

En general nuestros resultados sugieren los sujetos con DTA leve y moderada, cuando son comparados con los sujetos normales sin deterioro cognitivo, presentan una lentificación del procesamiento de la información perceptiva de las cinco características básicas estudiadas. Estos datos confirman que en la DTA el deterioro cognitivo agrava los efectos del envejecimiento normal sobre la velocidad del procesamiento de la información perceptiva (Atchley, & Kramer, 2000; Baltes, & Smith, 2002; Birren, & Cunningham, 1985; Burack, 1997; ; Burke, Withe, & Diaz, 1987; Colaço, 2005, 2007; Davis et al., 2002; Faubert, 2002; Foldi et al., 2005; Hommel, & Li, 2004; Morris, 1996; Morrison, & Hof, 1997, 2002; Perry, & Hodges, 1999). En este sentido, se sabe que si las tareas de búsqueda visual presentan alteraciones abruptas y significativamente diferentes de las esperadas en el envejecimiento normal, es porque existe un efecto de la DTA en el procesamiento perceptivo paralelo de esa característica básica (Perry, & Hodges, 1999, Perry et al., 2000).

La lentificación que los sujetos con DTA leve y moderada de este trabajo presentan en el procesamiento de la información perceptiva, y que se observa en todas las tareas de búsqueda visual, se puede considerar un agrabamiento de los efectos del

envejecimiento normal, y que está de acuerdo con la hipótesis del procesamiento lentificado (*slowed processing hypothesis*) (Salthouse, 1985; Vance et al., 2007). Pero esta hipótesis no explica el hecho de que los sujetos con DTA leve y moderada estudiados en este trabajo presenten inesperadamente un procesamiento serial en el procesamiento la información perceptiva en todas las tareas de búsqueda visual.

A este respecto, se puede observar que todas las tareas de búsqueda visual de los sujetos con DTA leve y moderada son afectadas significativamente por el número de elementos presentes en los escenarios visuales y por la dificultad de detección de la ausencia del objetivo en los escenarios visuales con numerosos elementos. En estas situaciones, los sujetos activan la atención concentrada para procesar de manera serial la información perceptiva que permite una respuesta adecuada.

Por un lado, en los resultados de todas las tareas de búsqueda visual presentadas a los sujetos con DTA leve y moderada se ha encontrado una interacción positiva entre la velocidad de procesamiento de la información perceptiva y el número de elementos presentes en los escenarios de las tareas de búsqueda visual. Se piensa que este efecto significativo que es independiente del tipo característica básica presentada, está relacionado con el aumento de la información visual, que, en situación de sobrecarga de estímulos, dificulta significativamente la detección de las características básicas en nivel pre-atencional, exigiendo un procesamiento serial de la información. No se podrá afirmar que es un procesamiento no modular de las características básicas, pero se puede pensar que estamos delante de la utilización de una estrategia no modular para el procesamiento de la información en estas condiciones. Se añade que esta dificultad en la búsqueda visual pre-atencional de cada una de las características básicas de los objetos visuales presenta un aumento significativo en los sujetos con DTA moderada acompañando al avance del deterioro cognitivo.

Como se ha visto anteriormente, en la DTA los ovillos neurofibrilares afectan preferencialmente las láminas corticales que desarrollan el trabajo de alimentación y retroalimentación laterales en y entre las regiones límbicas y neocorticales (Festa et al., 2005; Hyman, Van Hoesen, Damasio, & Barnes, 1984; Hyman, Van Hoesen, Kromer, & Damasio, 1986). Esta distribución sugiere una pérdida precoz de la interacción entre las diferentes áreas corticales, principalmente en la desconexión entre el hipocampo y la neocorteza. Pero la patología en las láminas II y IV de las neuronas piramidales desconecta selectivamente las áreas corticocorticales a las que están funcionalmente conectadas las áreas corticales de asociación (Hof, & Morrison, 1990, 1999; Hof, Cox, & Morrison, 1990; Morrison, & Hof, 2002). Esta reducción de la conectividad funcional ha sido relacionada con la pérdida de capacidades cognitivas, por lo que Festa y colaboradores (2005) consideran que la integración de la información del sistema visual es diferencialmente sensible a esta desconexión. Una interacción deteriorada o inexistente entre las áreas neocorticales produce una integración deficiente de las diferentes características de los objetos visuales que son procesada separadamente por mecanismos intactos (Coslett, Stara, Rajaram, & Saran, 1995). Así, las tareas de búsqueda visual presentan alteraciones que dan cuenta del deterioro del sistema atencional. Las investigaciones más actuales avanzan dos explicaciones: (1) los déficit atencionales se pueden deber a una deficiente segregación de las características básicas presentes en los escenarios visuales siendo que, en este caso, no se pueden atribuir los déficit a la pérdida de conectividad (Tales et al., 2002). (2) la desconexión en la DTA puede también implicar que una vía modular de transmisión de información pierda la comunicación entre las áreas jerárquicas precoces y posteriores (Festa et al., 2005).

En este encuadramiento se puede pensar que en escenarios visualmente sobrecargados, el procesamiento de la información visual está afectado en la DTA, no

permitiendo que sea mantenida la vía directa de comunicación hacia las áreas visuales de orden superior, debido a la desconexión entre las áreas corticocorticales y las áreas corticales de asociación (Hof, & Morrison, 1990, 1999; Hof et al., 1990; Morrison, & Hof, 2002).

Funcionalmente, Treisman y Gelade (1980) y Theeuwes (1991) consideran que el aumento del número de distractores en los escenarios visuales dificulta la tarea (un aumento de 60ms en el TR por cada nuevo elemento), pero el procesamiento perceptivo se mantiene automático si se trata de la búsqueda visual de una característica básica y modular de los objetos visuales. Esto es debido a que las dimensiones de la característica del objeto, a pesar de la complejidad creciente, pertenecen a una única categoría modular y informativamente encapsulada (Fodor, 2001; Wolf et al., 1992).

En este sentido, se puede pensar que en situaciones de sobrecarga de información visual, la búsqueda visual en sujetos con DTA leve y moderada está afectada por la incapacidad para inhibir y/o atenuar las señales de los distractores con información no relevante. Los distractores son señalados como una característica “interesante” (*attended*) y activan el filtro de atenuación (Kahneman et al., 1983) que mantiene no solamente la fuerza de la señal del objetivo como la de los distractores. Las dos señales no atenuadas, que resultan de dos dimensiones de la misma característica básica, son detectadas por el diccionario de objetos como cambios de dos patrones modularmente diferentes, por lo que activa en paralelo el mismo sistema modular especializado en el procesamiento exclusivo de esta información perceptiva. Posteriormente, en el análisis perceptivo, la necesidad de una respuesta a señales competitivas sobrecarga la capacidad de procesamiento a nivel pre-atencional. En estas situaciones la tarea es llevada a cabo por los mecanismos de integración de la respuesta donde es necesaria una búsqueda visual serial, focalizando la atención en cada una de

las partes de la imagen para detectar la presencia o la ausencia del objetivo entre los distractores y consecuentemente aumentando significativamente el TR (Loughman et al., 2007). Si las vías originalmente modulares en la transmisión de la información visual pierden la comunicación entre las áreas jerárquicas precoces y posteriores (Festa et al., 2005) debido a la desconexión creada por la patología en las neuronas piramidales (Hof, & Morrison, 1990, 1999; Hof et al., 1990; Morrison, & Hof, 2002), el procesamiento de la información perceptiva en la DTA se torna serial para que sea posible encontrar una respuesta adecuada.

Por otro lado, también se ha encontrado en los resultados de todas las tareas de búsqueda visual presentadas a los sujetos con DTA leve y moderada una interacción positiva entre la velocidad de procesamiento de la información perceptiva de estos sujetos y la capacidad de detección de la ausencia del objetivo en los escenarios visuales con numerosos elementos.

Se sabe, a este propósito, que los sujetos con DTA necesitan de más tiempo para llevar a cabo eficazmente las tareas de búsqueda visual de las dimensiones de las características de los objetos visuales debido a la necesidad del análisis discriminativo de sus dimensiones físicas (Foldi, Jutagir, Davido, & Gould, 1992). Las tareas de búsqueda visual con un objetivo físicamente semejante a los distractores son particularmente afectadas por la DTA, y el procesamiento de esta información perceptiva a un nivel pre-atencional no es eficaz, siendo necesaria la activación de estrategias descendentes para la discriminación física de los estímulos (Foldi et al., 2005). A pesar de ser posible utilizar aisladamente las estrategias ascendentes y descendentes de procesamiento de la información perceptiva, los sujetos normales alternan flexiblemente las dos estrategias para responder adecuadamente a las exigencias de la situación (Sarter, Givens, & Bruno, 2001; Wolfe, 2001).

Las tareas de búsqueda visual que han sido utilizadas en nuestra investigación utilizan dimensiones que, a pesar de pertenecer a una misma características básica, son físicamente distintas. A pesar de esto, nuestros resultados indican que cuando las estrategias ascendentes de nivel pre-atencional están sobrecargadas y se muestran ineficaces, los sujetos con DTA leve y moderada también tienen dificultades para activar los mecanismos descendentes que permiten una eficaz discriminación física de las dimensiones de los estímulos y detectar la ausencia del objetivo definido por una de las dimensiones de la característica básica. En esta situación, la pérdida de la comunicación entre las áreas jerárquicas precoces y posteriores de las vías originalmente modulares (Festa et al., 2005) dificulta el acceso a las representaciones semánticas (Burke et al., 1987; Glosser et al., 1998) que son necesarias para mantener el procesamiento paralelo en nivel pre-atencional de la información resultante de la búsqueda visual de una característica cualquiera de los objetos visuales.

No queda claro si se trata de un problema de procesamiento visual básico o un problema de los mecanismos perceptivos de nivel pre-atencional (Anderson et al., 2005). Esta asociación entre procesamiento visual de la información, el procesamiento perceptivo en nivel pre-atencional y los efectos en las funciones cognitivas de orden superior no queda suficientemente explorada. En estrategias simples de procesamiento de la información perceptiva no es necesario recurrir al sistema atencional, ya que existe un mapeo constante del objetivo definido por una característica básica (Felmingham, Bagueley, & Green, 2004). En esta situación, la reacción perceptiva es invariable y ocurre antes de cualquier iniciación de respuesta (Ríos et al., 2004). El fallo en el procesamiento perceptivo a nivel pre-atencional se pueden deber a la sobrecarga de información visual que impide una segregación eficaz de las dimensiones de las características básicas de los estímulos, ó a una integración deficiente de esta

información que resulta del deterioro de la interconexión de las vías corticocorticales, y que no han sido controladas en este trabajo.

Será necesario que estos datos sean complementados con los datos de una investigación con técnicas de neuroimagen, relacionando la velocidad de procesamiento de la información visual al nivel del sistema visual y al nivel funcional, como lo defiende Zeki (2001).

También se sugiere la futura utilización de tareas de búsqueda visual en “*conjunción*” para evaluar el efecto de la DTA en la integración de las características básicas, permitiendo investigar sobre la desconectividad del procesamiento visual en las áreas asociativas.

La tarea de Treisman (1986) para la búsqueda visual de la textura, que pretende evaluar la segregación como dimensión de esta característica básica, no es suficientemente discriminativa (Kehrer, 1989). Se sugiere la utilización de otras dimensiones y la utilización de otro instrumento para evaluar el procesamiento de la información perceptiva de la textura de los objetos visuales.

Por otro lado, los estímulos utilizados en las tareas de búsqueda visual no permiten diferenciar las dimensiones de las características básicas que pueden estar afectadas en la DTA. Se sugiere que se utilicen tareas de búsqueda visual en “*disyunción*” con las demás dimensiones de las características básicas de los objetos visuales (e.g verde y rojo; movimiento arriba y movimiento abajo).

8. CONCLUSIONES

8. Conclusiones

1ª En las tareas de búsqueda visual del color de los objetos visuales, los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un **procesamiento de la información perceptiva** con tiempos de reacción inferiores a los de los sujetos con demencia tipo Alzheimer (DTA) leve y moderada, confirmando que esta enfermedad agrava los efectos del envejecimiento normal sobre la velocidad del procesamiento de esta información perceptiva.

2ª En estas tareas de búsqueda visual, los sujetos con DTA leve presentan un **procesamiento de la información perceptiva del color** con tiempos de reacción inferiores a los de los sujetos con DTA moderada, confirmando que el avance de esta enfermedad agrava sus efectos sobre la velocidad del procesamiento de esta información perceptiva.

3ª Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un **procesamiento paralelo de la información perceptiva del color** en las tareas de búsqueda visual, confirmando la modularidad del procesamiento perceptivo de nivel pre-atencional de esta característica básica de los objetos visuales.

4ª Los sujetos con DTA leve y los sujetos con DTA moderada presentan un **procesamiento serial de la información perceptiva del color** en las tareas de búsqueda visual, demostrando un efecto de la DTA en la velocidad del procesamiento perceptivo de nivel pre-atencional.

5ª En situaciones de sobrecarga de la información visual, los sujetos con DTA leve y los sujetos con DTA moderada en las tareas de búsqueda visual son incapaces de inhibir y/o atenuar las señales de los distractores definidos por un color no relevante,

por lo que estas señales compiten directamente con la señal no atenuada del color que define el objetivo, exigiendo un procesamiento serial de esta información perceptiva.

6ª Los sujetos con DTA leve y los sujetos con DTA moderada en estas situaciones de sobrecarga visual llevan a cabo la tarea de búsqueda visual utilizando los mecanismos de integración de la respuesta, exigiendo la focalización de la atención en cada una de las partes de la imagen para detectar la presencia o la ausencia de un objetivo definido por el color, y, consecuentemente, procesando serialmente este tipo de información perceptiva.

7ª En las tareas de búsqueda visual de la **forma de los objetos visuales**, los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un procesamiento de la información perceptiva con tiempos de reacción inferiores a los de los sujetos con DTA leve y moderada, confirmando que esta enfermedad agrava los efectos del envejecimiento normal sobre la velocidad del procesamiento de esta información perceptiva.

8ª En estas tareas de búsqueda visual, los sujetos con DTA leve presentan un **procesamiento de la información perceptiva de la forma** con tiempos de reacción inferiores a los de los sujetos con DTA moderada, confirmando que el avance de esta enfermedad agrava sus efectos sobre la velocidad del procesamiento de esta información perceptiva.

9ª Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un **procesamiento paralelo de la información perceptiva de la forma** en las tareas de búsqueda visual, confirmando la modularidad del procesamiento perceptivo de nivel pre-atencional de esta característica básica de los objetos visuales.

10ª Los sujetos con DTA leve y los sujetos con DTA moderada presentan un **procesamiento serial de la información perceptiva** de la forma en las tareas de

búsqueda visual, demostrando un efecto de la DTA en la velocidad del procesamiento perceptivo de nivel pre-atencional.

11^a En situaciones de sobrecarga de la información visual, los sujetos con DTA leve y los sujetos con DTA moderada en las tareas de búsqueda visual son incapaces de codificar las unidades de información a cerca de las variaciones abruptas en los segmentos que limitan la forma. En esta situación es necesaria la focalización de la atención para detectar la ausencia de un objetivo definido por la forma, y un procesamiento serial de esta información para una respuesta adecuada.

12^a En las tareas de búsqueda visual de la **orientación espacial de los objetos** visuales, los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un procesamiento de la información perceptiva con tiempos de reacción inferiores a los de los sujetos con DTA leve y moderada, confirmando que esta enfermedad agrava los efectos del envejecimiento normal sobre la velocidad del procesamiento de esta información perceptiva.

13^a En estas tareas de búsqueda visual, los sujetos con DTA leve presentan un **procesamiento de la información perceptiva de la orientación espacial** con tiempos de reacción inferiores a los de los sujetos con DTA moderada, confirmando que el avance de esta enfermedad agrava sus efectos sobre la velocidad del procesamiento de esta información perceptiva.

14^a Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un **procesamiento paralelo de la información perceptiva de la orientación espacial** en las tareas de búsqueda visual, confirmando la modularidad del procesamiento perceptivo de nivel pre-atencional de esta característica básica de los objetos visuales.

15^a Los sujetos con DTA leve y los sujetos con DTA moderada presentan un **procesamiento serial de la información perceptiva de la orientación espacial** en las

tareas de búsqueda visual, demostrando un efecto de la DTA en la velocidad del procesamiento perceptivo de nivel pre-atencional.

16ª En situaciones de sobrecarga de la información visual, los sujetos con DTA leve y los sujetos con DTA moderada son incapaces de detectar la ausencia de las rotaciones de los objetos por afectación de los canales sincronizados para la horizontalidad y para la verticalidad. En esta situación es necesaria la focalización de la atención para detectar la ausencia de un objetivo definido por la orientación espacial, y un procesamiento serial de esta información para una respuesta adecuada.

17ª En las tareas de búsqueda visual de la **textura de los objetos visuales**, los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un procesamiento de la información perceptiva con tiempos de reacción inferiores a los de los sujetos con DTA leve y moderada, confirmando que esta enfermedad agrava los efectos del envejecimiento normal sobre la velocidad del procesamiento de esta información perceptiva.

18ª En estas tareas de búsqueda visual, los sujetos con DTA leve presentan un **procesamiento de la información perceptiva de la textura** con tiempos de reacción inferiores a los de los sujetos con DTA moderada, confirmando que el avance de esta enfermedad agrava sus efectos sobre la velocidad del procesamiento de esta información perceptiva.

19ª Los sujetos con DTA leve presentan un **procesamiento paralelo de la información perceptiva de la textura** en las tareas de búsqueda visual, no demostrando un efecto de la DTA en la velocidad del procesamiento perceptivo de nivel pre-atencional. Por otro lado, los sujetos con DTA moderada presentan un procesamiento serial de la información perceptiva de la textura en las tareas de búsqueda visual, demostrando un efecto del agravamiento de la DTA en la modularidad del procesamiento perceptivo de nivel pre-atencional de esta característica básica.

20ª Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un **procesamiento serial de la información perceptiva de la textura** en las tareas de búsqueda visual, demostrando un efecto del envejecimiento en la modularidad del procesamiento perceptivo de nivel pre-atencional de esta característica básica.

21ª En tareas de búsqueda visual de un objetivo definido por estas texturas visuales, los sujetos normales sin deterioro cognitivo y los sujetos con DTA moderada son incapaces de activar el sistema modular de procesamiento a nivel pre-atencional de esta información perceptiva. En esta situación no queda claro si existe efecto de la DTA sobre la modularidad del procesamiento de esta información perceptiva.

22ª En las tareas de búsqueda visual del **movimiento de los objetos visuales**, los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un procesamiento de la información perceptiva con tiempos de reacción inferiores a los de los sujetos con DTA leve y moderada, confirmando que esta enfermedad agrava los efectos del envejecimiento normal sobre la velocidad del procesamiento de esta información perceptiva.

23ª En estas tareas de búsqueda visual, los sujetos con DTA leve presentan un **procesamiento de la información perceptiva del movimiento** con tiempos de reacción inferiores a los de los sujetos con DTA moderada, confirmando que el avance de esta enfermedad agrava sus efectos sobre la velocidad del procesamiento de esta información perceptiva.

24ª Los sujetos normales sin deterioro cognitivo presentan un **procesamiento paralelo de la información perceptiva del movimiento** en las tareas de búsqueda visual, confirmando la modularidad del procesamiento perceptivo de nivel pre-atencional de esta característica básica de los objetos visuales.

25^a Los sujetos con DTA leve y los sujetos con DTA moderada presentan un **procesamiento serial de la información perceptiva del movimiento** en las tareas de búsqueda visual, demostrando un efecto de la DTA en la velocidad del procesamiento perceptivo de nivel pre-atencional.

26^a En situaciones de sobrecarga de la información visual, los sujetos con DTA leve y los sujetos con DTA moderada en las tareas de búsqueda visual son incapaces de activar selectivamente el sistema de procesamiento de la dimensión “derecha” del movimiento que permite detectar la ausencia de un objetivo definido por este movimiento.

27^a Los sujetos con DTA leve y los sujetos con DTA moderada en estas situaciones de sobrecarga visual llevan a cabo la tarea de búsqueda visual del movimiento utilizando los mecanismos de integración de la respuesta, exigiendo la focalización de la atención en cada una de las partes de la imagen para detectar la ausencia del objetivo definido por el movimiento, y, consecuentemente, procesando serialmente este tipo de información perceptiva.

Conclusión final

Se confirma que la DTA agrava los efectos del envejecimiento normal sobre la velocidad del procesamiento de la información perceptiva de estas características básicas de los objetos visuales con el avance del deterioro cognitivo resultante de esta enfermedad. En todas las tareas de búsqueda visual de los sujetos con DTA leve y de los sujetos con DTA moderada, el número de elementos presentes y la ausencia del objetivo en los escenarios visuales con numerosos elementos ha activado la atención concentrada, exigiendo un procesamiento serial de la información perceptiva. Se piensa que la DTA afecta la vía directa de comunicación hacia las áreas visuales de orden superior, debido a la desconexión entre las áreas corticocorticales y las áreas corticales

de asociación que en esta enfermedad pierden la comunicación entre las áreas jerárquicas precoces y posteriores. En situaciones de sobrecarga de información visual la búsqueda visual de las características básicas en nivel pre-atencional exige un procesamiento serial de la información, ya que la búsqueda visual es incapaz de inhibir y/o atenuar las señales de los distractores con información no relevante, donde la necesidad de una respuesta a señales competitivas sobrecarga la capacidad de procesamiento a nivel pre-atencional. Los distractores son señalados como una característica interesante y activan el filtro de atenuación que mantiene no solamente la fuerza de la señal del objetivo como la de los distractores. Las dos señales no atenuadas, que resultan de dos dimensiones de la misma característica básica, son detectadas por el diccionario de objetos como cambios de dos patrones modularmente diferentes, por lo que activa en paralelo el mismo sistema modular especializado en el procesamiento exclusivo de esta información perceptiva. Posteriormente, en el análisis perceptivo, la necesidad de una respuesta a señales competitivas sobrecarga la capacidad de procesamiento a nivel pre-atencional.

Se considera, entonces, que en la DTA es necesaria la activación de los mecanismos de integración de la respuesta donde es necesaria una búsqueda visual serial, focalizando la atención en cada una de las partes de la imagen para detectar la presencia o la ausencia del objetivo entre los distractores. Se sugiere que cuando las estrategias ascendentes de nivel pre-atencional están sobrecargadas y se muestran ineficaces, el efecto de la DTA en el acceso a las representaciones semánticas afecta la activación eficaz de los mecanismos descendentes que permiten la discriminación física de las dimensiones de los estímulos visuales.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9. Referencias Bibliográficas

- Adelson, E.H., & Bergen, J.R. (1991). The plenoptic function and the elements of early vision. In M.S. Landy, & J.A. Movshon (Eds.), *Computational Models of Visual Processing* (pp. 3-20). Cambridge, MA: MIT Press.
- Alberca, R. (2005). Demencia avanzada de la enfermedad de Alzheimer y memantina. *Revista de Neurología*, 40(3), 173-179.
- Albright, T.D. (1992). Form-cue invariant motion processing in primate visual cortex. *Science*, 255, 1141–1143.
- Aloimonos, J. (1988). Shape from texture. *Artificial Intelligence*, 38, 345-360.
- American Psychiatric Association (2002). *Diagnostic and statistical manual of mental disorder, fourth edition, text revision*. Washington, DC: APA
- Araújo, F., Pais Ribeiro, J., Oliveira, A., & Pinto, C. (2007). Validação do Índice de Barthel Numa amostra de idosos não institucionalizados. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 25(2), 59-66.
- Araújo, F., Pais Ribeiro, J., Oliveira, A., Pinto, C., & Martins, T. (2008). Validação da escala de Lawton e Brody numa amostra de idosos não institucionalizados. In: I.Leal, J.Pais-Ribeiro, I.Silva & S.Marques (Eds.), *Actas do 7º congresso nacional de psicologia da saúde* (pp.217-220). Lisboa: ISPA
- Arguin, M., Joannette, Y., & Cavanagh, P. (1993). Visual search for feature and conjunction targets with an attention deficit. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 5, 436-452.

- Arsenault, A.S., Wilkinson, F., & Kingdom, F.A.A. (1999). Modulation frequency and orientation tuning of second-order texture mechanisms. *Journal of the Optical Academy of Sciences of United States of America*, *16*, 427-435.
- Ashida, H., Seiffert, A.E., & Osaka, N. (2001). Inefficient visual search for second-order motion. *Journal of Optometry Society of American Association Optic Image and Science Vision*, *18*, 2255–2266.
- Atchley, P., & Kramer, A. (2000). Age-related changes in the control of attention depth. *Psychology and Aging*, *15*(1), 78-87.
- Back, B.H., Black, S.E., Behrmann, M., Caldwell, C., & Bronskill, M.J. (1997). Spatial- and object-based attention deficits in Alzheimer's disease: Relationship to HMPAO-SPECT measures of parietal perfusion. *Brain*, *120*, 1229-1244.
- Baddeley, A.D., Baddeley, H.A., Bucks, R.S., & Wilcock, G.K. (2001). Atencional control in Alzheimer's disease. *Brain*, *124*, 1492-1508.
- Ball, K., Berch, D.B., Helmers, K.F., Jobe, J.B., Leveck, M.D., Marsiske, M., & Morris, J. (2002). Effects of cognitive training interventions with older adults: A randomized controlled trial. *Journal of the American Medical Association*, *288*(18), 2271-2281.
- Baltes, P., & Smith, J. (2002). New frontiers in the future of aging: From successful aging of the young old to the dilemmas of the fourth age. In *Valencia Forum* [Online]. Disponible: <http://www.valenciaforum.com>
- Bartels, A., & Zeki, S. (1998). A theory of multistage integration in the visual brain. *Proceedings of the Royal Society London*, *265*, 2327-2332.
- Bartels, A., & Zeki, S. (2005). The chronoarchitecture of the cerebral cortex. *Philosophical Transactions of Royal Society of London, Biological Sciences*, *360*(1456), 733-750.

- Bauer, B., Jolicoeur, P., & Cowman, W. (1998). The linear separability effect in color visual search: Ruling out the additive color hypothesis. *Perception, & Psychophysics*, 60 (6), 1083-1093.
- Bear, M.F., Connors, B.W., & Paradiso, M.A. (2002). *Neurociencias: Desvendando o sistema nervoso*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Beason-Held, L.L., Purpura, K.P., Krasuski, J.S., Maisog, J.M., Daly, E.M., Mangot, D.J., Desmond, R.E., Optican, L.M., Schapiro, M.B., & Van Meter, J.W. (1998). Cortical regions involved in visual texture perception: A fMRI study. *Cognitive Brain Research* 7, 111-118.
- Beck, J. (1972). Similarity grouping and peripheral discriminability under uncertainty. *American Journal of Psychology*, 85, 1-19.
- Beck, J. (1973). Similarity grouping of curves. *Perceptual and Motor Skills*, 36, 1331-1341.
- Beck, J. (1982). Textural segmentation. In J. Beck (Ed.), *Organization and representation in perception* (pp. 285-231). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Behrmann, M., & Kimchi, R. (2003). What does visual agnosia tell us about perceptual organization and its relationship to object perception? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29(1), 19-42.
- Berardi, A.M., Parasuraman, R., & Haxby, J.V. (2005). Sustained attention in mild Alzheimer's disease. *Developmental Neuropsychology*, 28(1), 507-537.
- Bergen, J.R., & Landy, M.S. (1991). Computational modeling of visual texture segregation. In M. S. Landy, & J.A. Movshon (Eds.), *Computational models of visual processing* (pp. 253-271). Cambridge, MA: MIT Press.
- Bichot, N., Fossi, A.F., & Desimone, R. (1998). Parallel and Serial Neural Mechanisms for Visual Search in Macaque Area V4. *Cognitive Brain Research*, 6(3), 227-231.

- Bilsky, A.B., & Wolfe, J. (1998). Part/whole information is useful in visual search for size*size but not orientation*orientation conjunctions. *Perception & Psychophysics*, 57(6), 749-760
- Birren, J., & Cunningham, W. (1985). Research on the psychology of aging: Principles, concepts and theory. In J. Birren, & K. Warner Schaie (Eds.), *Handbook of the psychology of aging* (pp. 864-890). New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Blake, A., Buelthoff, H.H., & Sheinberg, D. (1993). Shape from texture: Ideal observers and human psychophysics. *Vision Research*, 33:1723-1737.
- Blake, R., & Shapley, R. (1990). Introduction. In Committee on Vision (Eds.), *Advances in the modularity of vision* (pp. 1-5). Washington, DC: National Academy Press.
- Blanco, R. (2000). El modelo múltiple de regresión logística en la percepción de figuras geométricas. *Psicothema*, 12 (2), 348-351.
- Boker, S. (1997). A measurement of the adaptation of color vision to the spectral environment. *Psychological Science*, 8 (2), 130-134.
- Bovik, A.C., Clark, M., & Geisler, W.S. (1990) Multichannel texture analysis using localized spatial filters. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 12, 55-73.
- Boyton, R., & Smallman, H. (1990). Visual search for basic vs. nonbasic chromatic targets. In M.H. Bill (Ed.), *Perceiving, measuring and using color. SPIE Proceedings* (Vol. 1250, pp. 22-30). Santa Clara, CA: SPIE Editors.
- Braun, J., & Julez, B. (1998). Withdrawing attention at little or no cost: Detection and discrimination tasks. *Perception, & Psychophysics*, 60 (1), 1-23.
- Braun, J., & Sagi, D. (1990). Vision outside the focus of attention. *Perception, & Psychophysics*, 48, 45-58.

- Bravo, M., & Blake, R. (1990). Preattentive vision and perceptual groups. *Perception, 19*, 515-552.
- Breitner, J.C., & Folstein, M.F. (1984). Familial Alzheimer dementia: A prevalent disorder with specific features. *Psychological Medicine, 14*, 63-80.
- Brink T.L., Yesavage J.A., Lum, O., Heersema, P., Adey, M.B., & Rose T.L. (1982). Screening tests for geriatric depression. *Clinical Gerontologist 1*, 37-44.
- Brink, J. M., & McDowd, M. (1999). Aging and selective attention: An issue of complexity or multiple mechanisms? *Journal of Gerontology, 54* (1), 30-33.
- Brodatz, P. (1966). *Textures*. New York: Dover.
- Buckley, D., Frisby, J.P., & Blake, A. (1996). Does the human visual system implements an ideal observer theory of slant from texture? *Vision Research, 36*, 1163-1176.
- Buracas, G., & Albright, T. (1996). Contribution of area MT to perception of three-dimensional shape: A computational study. *Vision Research, 36*, 869–887.
- Burack, J. (1997). *Attention, development, and psychopathology*. New York: Guilford Press.
- Burke, D., White, H., & Diaz, D. (1987). Semantic priming in young and older adults: Evidence for age constancy in automatic and atencional processes. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 13* (1), 79-88.
- Burr, D., & Ross, J. (2004). Vision: The world through picket fences. *Current Biology, 14*, 381-382.
- Byrne, A. (1997). Introduction. In A. Byrne, & D. Hilbert (Eds.), *Readings on color: Vol. 2. The science of color* (pp. ix-xxxii). Cambridge, MA: MIT Press.
- Caelli, T. (1985). Three processing characteristics of visual texture segmentation. *Spatial Vision, 1*, 19-30.

- Caelli, T., & Julesz, B. (1978). On perceptual analyzers underlying visual texture discrimination: Part I. *Biological Cybernetics*, 28, 167-175.
- Caelli, T., Julesz, B., & Gilbert, E.N. (1978). On perceptual analyzers underlying visual texture discrimination: Part II. *Biological Cybernetics*, 29, 201-214.
- Caldas, A. (2000). *A herança de Franz Joseph Gall: O cérebro ao serviço do comportamento humano*. Amadora: McGraw-Hill.
- Calderón, J., Perry, R.J., Erzinclioglu, S.W., Berrios, G.E., Dening, T.R., & Hodges, J.R. (2001). Perception, attention, and working memory are disproportionately impaired in dementia with Lewy bodies compared with Alzheimer's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 70 (2), 157-164.
- Callaghan, T. (1990). Interference and dominance in texture segregation. In D. Borgan (Ed.), *Visual search* (pp. 81-87). New York: Taylor, & Francis.
- Carter, J. (1982). The effects of aging on selected visual functions: Color vision, glare sensitivity, field vision, and accommodation. In R. Sekuler, D. Kline, & K. Dismukes (Eds.), *Modern aging research: Vol. 2. Aging and human visual function* (pp. 121-130). New York: Alan R. Liss.
- Casagrande, V., Yazar, F., Jones, K., & Ding, Y. (2007). The morphology of the koniocellular axon pathway in the macaque monkey. *Cerebral Cortex*, 17(10), 2334-2345.
- Castel, A., Balota, D., Hutchinson, K., Logan, J., & Yap, M. (2007). Spatial attention and response control in healthy younger and older adults and individuals with Alzheimer's disease: Evidence for disproportionate selection impairments in the Simon task. *Neuropsychology*, 21(2), 170-182.
- Castiglioni, S., Pelati, O., Zuffi, M., Somalvico, F., Marino, L., Tentorio, T., & Franceschi, M. (2006). The frontal assessment battery does not differentiate

- frontotemporal dementia from Alzheimer's disease. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 22, 125-131.
- Cavanagh, P. (1987). Reconstructing the third dimension: Interactions between color, texture, motion, binocular disparity, and shape. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 37, 171-195.
- Cavanagh, P., & Favreau, O. (1985). Color and luminance share common motion pathway. *Vision Research*, 25 (11), 1595-1601.
- Cavanagh, P., & Mather, G. (1989). Motion: The long and short of it. *Spatial Vision*, 4, 103-129.
- Cavanagh, P., Arguin, M., & Treisman, A. (1990). Effect of surface medium on visual search for orientation and size features. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16(3), 479-491.
- Chandra, V., Kokmen, E., & Scoenberg, B.S. (1989). Head trauma with loss of consciousness as a risk factor Alzheimer's disease. *Neurology*, 39, 1576-1578.
- Chiazari, S. (1988). *The complete book of color*. London: Element Books.
- Christ, R. (1975). Review and analysis of color coding research for visual displays. *Human Factors*, 17 (6), 542-570.
- Chubb, C., & Landy, M.S. (1991). Orthogonal distribution analysis: A new approach to the study of texture perception. In M. S. Landy, & J. A. Movshon (Eds.), *Computational Models of Visual Processing* (pp.291-301). Cambridge, MA: MIT Press.
- Chubb, C., & Sperling, G. (1988). Drift-balanced random stimuli: A general basis for studying non-Fourier motion perception. *Journal of Optical Academy of Sciences of United States of America*, 5, 1986-2007.

- Chubb, C., & Yellott, J.I. (2000). Every discrete, finite image is uniquely determined by its dipole histogram. *Vision Research*, 40, 485-492.
- Chubb, C., Econopouly, J., & Landy, M.S. (1994). Histogram contrast analysis and the visual segregation of IID textures. *Journal of the Optical Academy of Sciences of United States of America*, 11, 2350-2374.
- Chubb, C., Olzak, L., & Derrington, A. (2001). Second-order processes in vision: Introduction. *Journal of the Optical Academy of Sciences of United States of America*, 18, 2175-2178.
- Clark, V.P., & Hillyard, S.A. (1996). Spatial selective attention affects early extrastriate but not striate components of the visual evoked potential. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 387– 402.
- Clifford, C.W., & Vaina, L.M. (1999). A computational model of selective deficits in first and second-order motion processing. *Vision Research*, 39, 113–130.
- Cohen, A.I. (1992). The retina. In: *Adler's physiology of the eye*. V.M. Hart (Ed.). St. Louis: Mosby.
- Cohen, D. (1997). Visual detection and perceptual independence: Assessing color and form. *Perception, & Psychophysics*, 59 (4), 623-635.
- Colaço, N. (2005). Modularidade da percepção da cor na mente em envelhecimento. ISPA. Tese.
- Colaço, N. (2007). Avaliação psicológica e envelhecimento: A percepção da cor. In P. Sargento dos Santos (Ed.), *Temas candentes em psicologia do desenvolvimento* (pp.225-232). Lisboa: Climepsi.
- Conway, B., Hubel, D., & Livingstone, M. (2002). Color contrast in macaque V1. *Cerebral Cortex*, 12 (9), 915-925.

- Corbetta, M., Miezin, F.M., Shulman, G.L., & Petersen, S.E. (1993). A PET study of visuospatial attention. *Journal of Neuroscience*, *13*, 1202-1226.
- Corbetta, M., Shulman, G.L., Miezin, F.M., & Petersen, S.E. (1995). Superior parietal cortex activation during spatial attention shifts and visual feature conjunction. *Science*, *270*, 802-805.
- Corder, E.H., Saunders, A.M., Strittmatter, W.J., Schmechel, D.E., Gaskell, P.C., Small, G.W., Roses, A.D., Haines, J.L., & Pericak-Vance, M.A. (1993). Gene dose of apolipoprotein E type 4 allele and the risk of Alzheimer's disease in late onset families. *Science*, *261*, 921-923.
- Cormack, F., Gray, A., & Tovée, M.J. (2004). A failure of 'pop-out' in visual search tasks in dementia with Lewy Bodies as compared to Alzheimer's and Parkinson's disease. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, *19*(8), 763-772.
- Coslett, H.B., Stara, M., Rajaram, S., & Saran, E. (1995). Narrowing the spotlight: A visual attentional disorder in presumed Alzheimer's disease. *Neurocase*, *1*, 305-318.
- Culham, J., He, S., Dukelow, S., & Verstraten, F.A.J. (2001). Visual motion and the human brain: What has neuroimaging told us? *Acta Psychologica*, *107*, 69-94.
- Culham, J.C., Dukelow, S.P., Vilis, T., Hassard, F.A., Gati, J.S., Menon, R.S., & Goodale, M.A. (1999). Recovery of fMRI activation in motion area MT following storage of the motion aftereffect. *Journal of Neurophysiology*, *81*, 388-393.
- Cummings, J.L., Mega, M., Grey, K., Rosenberg-Thompson, R.N., Carusi, D.A., & Gornbein, J. (1994). The Neuropsychiatric Inventory: Comprehensive assessment of psychopathology in dementia. *Neurology*, *44*, 2308-2314.
- Curcio, C.A., & Allen, K.A. (1990). Topography of ganglion cells in human retina. *Journal of Computational Neurology*, *300*, 5-25.

- Cutting, J.E., & Millard, R.T. (1984). Three gradients and the perception of flat and curved surfaces. *Journal of Experimental Psychology: General*, *113*, 198-216.
- Dacey, D.M., & Lee, B.B. (1994) The blue-on opponent pathways in primate retina originates from a distinct bistratified ganglion cell. *Nature*, *367*, 731-735.
- Dakin, S.C., & Mareschal, I. (2000). Sensitivity to contrast modulation depends on carrier spatial frequency and orientation. *Vision Research*, *40*, 311-329.
- Dakin, S.C., Williams, C.B., & Hess, R.F. (1999). The interaction of first- and second order cues to orientation. *Vision Research*, *39*, 2867-2884.
- Damasio, A., Yamada, T., Damasio, H., Corbett, J., & McKee, J. (1980). Central achromatopsia: Behavioral, anatomic, and physiologic aspects. *Neurology*, *30* (10), 1064-1071.
- Dana, K.J., vanGinneken, B., Nayar, S.K., & Koenderink, J.J. (1999). Reflectance and texture of real-world surfaces. *ACM Transactions on Graphics*, *18*, 1-34.
- Davis, E.T., Fujawa, G., & Shikano, T. (2002). Perceptual processing and search efficiency of young and older adults in a simple-feature search task: A staircase approach. *The Journals of Gerontology*, *57b*(4), 324-337.
- Demb, J.B., Zaghloul, K., & Sterling, P. (2001). Cellular basis for the response to second-order motion cues in Y retinal ganglion cells. *Neuron*, *32*, 711-721.
- DeMonasterio, F., & Gouras, P. (1975). Functional properties of ganglion cells of the rhesus monkey retina. *Journal of Physiology*, *251*, 167-195.
- DeOliveira, A.M. (Ed.) (1997). *Psicofísica (técnicas analíticas), memória, aprendizagem*. Texto de apoio não publicado, Laboratório de Psicologia Experimental da Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade de Coimbra.

- Derrington, A.M., & Badcock, D.R. (1985). Separate detectors for simple and complex gratings patterns? *Vision Research*, *25*, 1869–1878.
- Derrington, A.M., & Ukkonen, O.I. (1999). Second-order motion discrimination by feature-tracking. *Vision Research*, *39*, 1465–1475.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, *18*, 193-222.
- Deutsch, J., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, *70*, 80-90.
- DeValois, R.L., & DeValois, K.K. (1975). Neural coding of color. In C. Carterette, & M. Friedman (Eds.), *Handbook of perception* (Vol. 5, pp. 117-166). New York: Academic Press.
- DeValois, R.L., & DeValois, K.K. (1988). *Spatial Vision*. New York: Oxford University Press.
- DeValois, R.L., & DeValois, K.K. (1997). Neural coding of colour. In A. Byrne, & D. Hilbert (Eds.), *Readings on color: Vol. 2. The science of color* (pp. 93-140). Cambridge, MA: MIT Press.
- Ding, Y., & Casagrande, V.A. (1997). The distribution and morphology of LGN K pathway axons within the layers and CO blobs of owl monkey V1. *Vision Neuroscience*, *14*, 691-704.
- Dowling, J.E. (1998). *Creating Mind: How the brain Works*. New York: W.W. Norton, & Company.
- Doyle, E., Sahu, D., & Ong, G. (2002). Visual field and Alzheimer's disease. *Eye*, *16*, 206-208.

- Duchek, J.M., Hunt, L., Ball, K., Buckles, V., & Morris, J.C. (1998). Attention and driving performance in Alzheimer's disease. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences and Social Sciences*, 53(2), 130-141.
- Duncan, J., & Humphreys, G.W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96, 433-458.
- Durgin, F.H. (2001). Texture contrast aftereffects are monocular; Texture density aftereffects are binocular. *Vision Research*, 41, 2619-2630.
- D'Zmura, M., & Lennie, P. (1986). Shared pathways for rod and cone vision. *Vision Research*, 26, 1273-1280.
- Eriksen, C.W., & Yeh, Y. (1985). Allocation of attention in the visual field. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 583-597.
- Evans, K.K., & Treisman, A. (2005). Perception of objects in natural scenes: is it really attention free? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(6), 1476-1492.
- Faubert, J. (2002). Visual perception and aging. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 56 (3), 164-176.
- Faust, M.E., & Balota, D.A. (1997). Inhibition of return and visuospatial attention in healthy old adults and individuals with dementia of the Alzheimer type. *Neuropsychology*, 11, 13-29.
- Favreau, O., & Cavanagh, P. (1981). Color and luminance: Independent frequency shifts. *Science*, 212, 831-832.
- Feldman, H.H., Jacova, C., Robillard, A., Garcia, A., Chou, T., Borrie, M., Schipper, H.M., Blair, M., Kertesz, A., & Chertkow, H. (2008). Diagnosis and treatment of dementia 2. Diagnosis. *Canadian Medical Association Journal*, 178(7), 825-836

- Felleman, D., & VanEssen D. (1991). Distributed hierarchical processing in the primate cerebral cortex. *Cerebral Cortex*, *1*, 1-47.
- Felmingham, K. L., Baguley, I. J., & Green, A.A. L. (2004). Effects of diffuse axonal injury on speed of information processing following severe traumatic brain injury. *Neuropsychology*, *18*(3), 564-571.
- Fernandez, R., Kavacic, V., & Duffy, C.J. (2007). Neuropsychological analysis of low- and high-level visual processing in Alzheimer disease. *Neurology*, *68*(24), 2066-2076.
- Festa, E.K., Insler, R.Z., Salmon, D.P., Hamilton, J.M., & Heindel, W.C. (2005). Neocortical disconnectivity disrupts sensory integration in Alzheimer's Disease. *Neuropsychology*, *19*(6), 728-738.
- ffytche, D.H., & Howard, R.J. (1999). The perceptual consequences of visual loss: 'Positive' pathologies of vision. *Brain*, *122*(7), 1247-1260.
- Fink, G.R., Halligan, P.W., Marshall, J.C., Frith, C.D., Frackowiak, R.S.J., & Dolan, J. (1997). Where in the brain does visual attention select the forest and the trees? *Nature*, *382*, 626-628.
- Fodor, J.A. (1983). *The modularity of mind*. Cambridge, MA: MIT/Bradford Press.
- Fodor, J.A. (2001). *The mind doesn't work that way: The scope and limits of computational psychology*. Cambridge, MA: MIT/Bradford Press.
- Foldi, N., Jutagir, R., Davido, D., & Gould, T. (1992). Selective attention skills in Alzheimer's disease: Performance on graded cancellation tests varying in density and complexity. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences*, *47*, 146-153.
- Foldi, N., Schaefer, L., Withe, R.E.C., Johnson Jr., R., Berger, J.T., Carney, M.T., & Macina, L.O. (2005). Effects of graded levels of physical similarity and density on

- visual selective attention in patients with Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 19(1), 5-17.
- Folstein, M., Folstein, S., & McHugh, P.R. (1975). Mini-Mental State: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189-198.
- Foster, D., & Ward, P. (1991). Asymmetries in oriented-line detection indicate two orthogonal filters in early vision. *Proceedings of the Royal Society of London*, 243, 75-81.
- Foster, J.K., Behrmann, M., & Stuss, D.T. (1999). Visual attention deficits in Alzheimer's disease: Simple versus conjoined feature search. *Neuropsychology*, 13(2), 223-245.
- Freeman, R.D., Ohzawa, I., & Walker, G. (2001). Beyond the classical receptive field in the visual cortex. *Progress in Brain Research*, 134, 157-170.
- Fu, S., Greenwood, P.M., & Parasuraman, R. (2005). Brain mechanisms of involuntary visuospatial attention: An event-related potential study. *Human Brain Mapping* 25, 378 –390.
- Gandhi, S.P., Heeger, D.J., & Boynton, G.M. (1999). Spatial attention affects brain activity in human primary visual cortex. *Proceedings of National Academy of Sciences U S A*, 96, 3314 –3319.
- Garcia, C., Costa, C., Guerreiro, M., Leitão, O., Mendonça, A., & Umbelino, J. (1994). Prevalence of dementia and Alzheimer's disease in Portugal. Estimated based on projection. *Acta Médica Portuguesa*, 7, 487-91.
- García-Alberca, J.M., Pablo Lara, J., S. González-Barón, S., Barbancho, M.A., Porta, D., & Berthier., M. (2008). Prevalence and comorbidity of neuropsychiatric symptoms in Alzheimer's disease. *Actas Españolas de Psiquiatria*, 36(0), 00-00.

- Gardner, H. (1985). *The mind's new science: A history of the cognitive revolution*. New York: Basic Books.
- Garner, W.R., & Felfoldy, G.L. (1970). Integrality of stimulus dimensions in various types of information processing. *Cognitive Psychology*, *1*, 225-241.
- Garway-Heath, D.F., Caprioli, J., Fitzke, F.W., & Hitchings, R.A. (2000). Scaling the hill of vision: The physiological relationship between light sensitivity and ganglion cell numbers. *Investigation in Ophthalmology in Vision Science*, *41*, 1774-1782.
- Gegenfurtner, K.R., & Kiper, D.C. (2003). Color vision. *Annual Review of Neuroscience*, *26*, 181-206.
- Gibson, J.J. (1950). *The perception of the visual world*. Boston, MA: Houghton-Mifflin.
- Gibson, J.J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gilbert, C., Ito, M., Kapadia, M., & Westheimer, G. (2000). Interactions between attention, context and learning in primary visual cortex. *Vision Research*, *40*, 1217–1226.
- Glosser, G., Friedman, R.B., Grugan, P.K., Lee, J.H., & Grossman, M. (1998). Lexical semantic and associative priming in Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, *12*, 218–224.
- Gordon, J. (1989). *Theories of visual perception*. New York: John Wiley, & Sons.
- Gouras, P., & Zrenner E. (1981) Color vision: a review from a neurophysiological perspective. *Program. in Sensory Physiology*, *1*, 139-179.
- Graham, N. (1989). *Visual pattern analyzers*. New York: Oxford University Press.

- Graham, N. (1991). Complex channels, early local nonlinearities, and normalization in perceived texture segregation. In M.S. Landy, & J.A. Movshon (Eds.), *Computational models of visual processing* (pp. 291-301). Cambridge, MA: MIT Press.
- Graham, N. (1992). Breaking the visual stimulus into parts. *Current Directions in Psychological Science, 1*, 55-61.
- Graham, N., & Sutter, A. (1998). Spatial summation in simple (Fourier) and complex (non-Fourier) texture channels. *Vision Research, 38*, 231-257.
- Graham, N., & Sutter, A. (2000). Normalization: contrast-gain control in simple (Fourier) and complex (non-Fourier) pathways of pattern vision. *Vision Research, 40*, 2737-2761.
- Graham, N., & Wolfson, S.S. (2001). A note about preferred orientations at the first and second stages of complex (second-order) texture channels. *Journal of the Optical Academy of Sciences of United States of America, 18*, 2273-2281.
- Graham, N., Beck, J., & Sutter, A. (1992). Nonlinear processes in spatial-frequency channel models of perceived texture segregation: Effects of sign and amount of contrast. *Vision Research, 32*, 719-743.
- Graham, N., Sutter, A., & Venkatesan, C. (1993). Spatial-frequency- and orientation selectivity of simple and complex channels in region segmentation. *Vision Research, 33*, 1893-1911.
- Greenlee, M.W., & Smith, A.T. (1997). Detection and discrimination of first and second-order motion in patients with unilateral brain damage. *Journal of Neuroscience, 17*, 804-818.
- Greenwood, P.M., & Parasuraman, R. (1994). Attentional disengagement deficit in non-demented elderly over 75 years of age. *Aging and Cognition, 1*, 188-202.

- Greenwood, P.M., & Parasuraman, R. (1997). Attention in aging and Alzheimer's disease: Behavior and neural systems. In J. Enns, J. Burack (Eds.), *Attention, development, and psychopathology* (pp. 288-3176). New York: Guilford Press.
- Greenwood, P.M., & Parasuraman, R. (1999). Scale of attentional focus in visual search. *Perception and Psychophysics*, *61*, 837-859.
- Greenwood, P.M., Parasuraman, R., & Alexander, G.E. (1997). Controlling the focus of spatial attention during visual search: Effects of advanced aging and Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, *11*, 3-12.
- Greenwood, P.M., Parasuraman, R., & Haxby, J.V. (1993). Visuospatial attention across the adult life span. *Neuropsychología*, *31*, 471-485.
- Greenwood, P.M., Parasuraman, R., & Sunderland, T. (1999). Deficient shifting and scaling of visuospatial attention in elderly occurs only in the presence of apoE4. *Paper presented at the Cognitive Neuroscience Society Conference*. Washington DC.
- Grill-Spector, K., Kushnir, T., Edelman., S., Itzhak, Y., & Malach, R. (1998). Cue-invariant activation in object-related areas of the human occipital lobe. *Neuron*, *21*, 191-202.
- Guerreiro, M., Botelho, M., Leitão, O., Castro Caldas, A., & Garcia, C. (1994). Adaptação à população portuguesa da tradução do Minimental State Examination (MMSE). *Revista Portuguesa de Neurologia*, *3*(1), 9-10.
- Gurnsey, R., & Browse, R.A. (1989). Asymmetries in visual texture discrimination. *Spatial Vision*, *4*, 31-44.
- Gurnsey, R., & Fleet, D.J. (2001). Texture space. *Vision Research*, *41*, 745-757.

- Hadjikhani, N., Liu, A. K., Dale, A., Cavanagh, P., & Tootell, R.B.H. (1998). Retinotopy and color sensitivity in human visual cortical area V8. *Nature Neuroscience*, 1 (3), 235-241.
- Harman, G. (2001). Explaining objective color in terms of subjective reactions. In *Readings on color: Vol. 1. The philosophy of color* (pp. 247-262). Cambridge, MA: MIT Press.
- Harvey, L.O., Jr., & Gervais, M.J. (1978). Visual texture perception and Fourier analysis. *Perception, & Psychophysics*, 24:534-542.
- Hawken, M.J., & Gegenfurtner, K.R. (1999). Interactions between color and motion in the primate visual system. In K. R. Gegenfurtner, L. T. Sharpe (Eds.), *Color vision: From genes to perception*, (pp.283-299). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Haxby, J.V., Duara, R., Grady, C.L., Rapoport, S.I., & Cutler, N.R. (1985). Relations between neuropsychological and cerebral metabolic asymmetries in early Alzheimer's disease. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, 5, 193-200.
- Haxby, J.V., Grady, C.L., Duara, R., Schlageter, N.L., Berg, G., & Rapoport, S.I. (1986). Neocortical metabolic abnormalities precede non-memory cognitive deficits in early Alzheimer-type dementia. *Archives of Neurology*, 43, 882-885.
- He, Z.J., & Nakayama, K. (1994). Perceiving textures: beyond filtering. *Vision Research*, 34, 151-162.
- Hebb, D.O. (1964). *Organization of behavior: Stimulus and response – and what occurs in the brain in the interval between them*. New York: Wiley.
- Heeger, D., & Bergen, J.R.(1995). Pyramid-based texture analysis/synthesis. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH 1995* (pp. 229-238). New York: Association for Computing Machinery.

- Heidjden, A.H., Kurvink, A.G., deLange, L., & deLeeuw, F. (1996). Attending to color with proper fixation. *Perception, & Psychophysics*, *58* (8), 1224-1237.
- Hendry, S.H.C., & Claid-Reid, R. (2000). The koniocellular pathway in primate vision. *Annual Review of Neuroscience*, *23*, 127-153.
- Hof, P.R., & Morrison, J.H. (1990). Quantitative analysis of a vulnerable subset of pyramidal neurons in Alzheimer's disease: II. Primary and secondary visual cortex. *Journal of Comparative Neurology*, *301*, 55-64.
- Hof, P.R., & Morrison, J.H. (1999). The cellular basis of cortical disconnection in Alzheimer's disease and related dementing conditions. In R. D. Terry, R. Katzman, K.L. Bick, & S.S. Sisodia (Eds.), *Alzheimer disease* (pp. 207-232). New York: Raven.
- Hof, P.R., Cox, K., & Morrison, J.H. (1990). Quantitative analysis of a vulnerable subset of pyramidal neurons in Alzheimer's disease: I. Superior frontal and inferior temporal cortex. *Journal of Comparative Neurology*, *301*, 44-54.
- Hofman, A., Rocca, W.A., Brayne, C., Bretler, M.M.B., Clarke, M., & Cooper, B. (1991). For the EURODEM -Prevalence research group. The prevalence of dementia in Europe: A collaborative study of 1980-1990 findings. *International Journal of Epidemiology*, *20*, 736-748.
- Hommel, B., & Li, K.Z. (2004). Visual search across life span. *Developmental Psychology*, *40* (4), 545-558.
- Horowitz, T., & Treisman, A. (1994). Attention and apparent motion. *Spatial Vision*, *8*(2), 193-219.
- Huang, L., Treisman, A., & Pashler, H. (2007). Characterizing the limits of human visual awareness. *Science*, *317*(5839), 823-825.

- Hubel, D.H., & Livingstone, M.S. (1985). Complex-unoriented cells in a subregion of primate area 18. *Nature*, *315*, 325-327.
- Hurvich, J.L. (1981). *Colour vision*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Hyman, B.T., Van Hoesen, G.W., Damasio, A.R., & Barnes, C.L. (1984). Alzheimer's disease: Cell-specific pathology isolates the hippocampal formation. *Science*, *225*, 1168–1170.
- Hyman, B.T., Van Hoesen, G.W., Kromer, L.J., & Damasio, A.R. (1986). Perforant pathway changes and the memory impairment of Alzheimer's disease. *Annals of Neurology*, *20*, 472–481.
- Instituto Nacional de Estatística (INE) (2001). *XIV Recenseamento Geral da População*. [On-line]. Disponible en <http://www.ine.pt>
- Instituto Nacional de Estatística (INE) (2002). *O envelhecimento em Portugal*. [On-line]. Disponible en <http://www.ine.pt>
- Instituto Nacional de Estatística (INE) (2003) *Projeções de população residente em Portugal 2000-2050*. [On-line]. Disponible en <http://www.ine.pt>
- Ishihara, S. (2003). *The series of plates design as a test for colour-deficiency*. Tokyo: Kanehara Trading Inc.
- Jennings, J., & Jacoby, L. (1993). Automatic versus intentional uses of memory: Aging, attention, and control. *Psychology and Aging*, *8*, 283-293.
- Jódar-Vicente, M. (2001). Deficiencias iniciales en la enfermedad de Alzheimer: Tres ejemplos prácticos. *Revista de Neurología*, ;32, 1173-1177.
- Johnston, A., & Clifford, C.W. (1995). Perceived motion of contrast-modulated gratings: predictions of the multi-channel gradient model and the role of full-wave rectification. *Vision Research*, *35*, 1771–1783.

- Johnston, A., McOwen, P.W., & Buxton, H. (1992). A computational model of the analysis of some first-order and second-order motion patterns by simple and complex cells. *Proceedings of Royal Society of London of Biological Sciences*, 250, 297–306.
- Jolicoeur, P. (1985). Orientation congruency effects in visual search. *Canada Journal of Psychology*, 46, 280-305.
- Jonhson, C.A., & Marshal, D. (1995). Aging effects for opponent mechanisms in the central visual field. *Optometry and Vision Science*, 72, 75-82.
- Jonson, G.V., Gogdill, K.W., & Jope, R.S. (1990). Oral aluminium alters in Vitro protein phosphorylation and kinase activities in rat brain. *Neurobiology and Aging*, 11, 209-216.
- Joseph, J.S., Chun, M.M., & Nakayama, K. (1997). Attentional requirements in a 'preattentive' feature search task. *Nature*, 387, 805-807.
- Julesz, B. (1984). A brief outline of the texton theory of human vision. *Trends in Neurosciences*, 7, 41-45.
- Julesz, B. (1981). Textons, the elements of texture perception, and their interactions. *Nature*, 290, 91-97.
- Julesz, B., Gilbert, E.N., & Victor, J.D. (1978). Visual discrimination of textures with identical third-order statistics, *Biological Cybernetics*, 31, 137-140.
- Julesz, B., Gilbert, E.N., Shepp, L.A., & Frisch, H.L. (1973). Inability of humans to discriminate between visual textures that agree in second-order statistics – revisited, *Perception*, 2, 391-405.
- Kahneman, D., Treisman, A., & Burkell, J. (1983). The cost of visual filtering. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9(4), 510-522.

- Kaplan, E., & Shapley, R.M. (1982). X and Y cells in the lateral geniculate nucleus of macaque monkeys. *Journal of Physiology*, 330,125-143.
- Kastner, S., deWeerd, P., & Ungerleider, L.G. (2000). Texture segregation in the human visual cortex: A function MRI study. *Journal of Neurophysiology*, 83, 2453-2457.
- Kastner, S., Northdurft, H.C., & Pigarev, I.N. (1997). Neuronal correlates of pop-out in cat striate cortex. *Vision Research*, 37, 371-376.
- Kastner, S., Northdurft, H.C., & Pigarev, I.N. (1999). Neuronal responses to orientation and motion contrast in cat striate cortex. *Visual Neuroscience*, 16, 587-600.
- Kehrer, L. (1989). Central performance drop on perceptual segregation tasks. *Spatial Vision*, 4, 45-62.
- Kikuchi, M., & Fukushima, K. (1996). Neural network model of the visual system: Binding form and motion. *Neural Networks* 9(8), 1417-1427.
- Kingdom, F.A.A., & Keeble, D.R.T. (1996). A linear systems approach to the detection of both abrupt and smooth spatial variations in orientation-defined textures. *Vision Research*, 36, 409-420.
- Kingdom, F A.A., & Keeble, D.R.T. (1999). On the mechanism for scale invariance in orientation-defined textures. *Vision Research*, 39:1477-1489.
- Kingdom, F.A.A., Hayes, A., & Field, D.J. (2001). Sensitivity to contrast histogram differences in synthetic wavelet-textures. *Vision Research*, 41, 585-598.
- Knierim, J.J., & VanEssen, D.C. (1992). Neuronal responses to static texture patterns in area V1 of the alert macaque monkey. *Journal of Neurophysiology*, 67, 961-980.
- Knill, D.C. (1998a). Surface orientation from texture: ideal observers, generic observers and the information content of texture cues. *Vision Research*, 38, 1655-1682.
- Knill, D.C. (1998b). Discrimination of planar surface slant from texture: human and ideal observers compared. *Vision Research*, 38, 1683-1711.

- Knill, D.C. (1998c). Ideal observer perturbation analysis reveals human strategies for inferring surface orientation from texture. *Vision Research*, 38, 2635-2656.
- Koch, C., & Ullman, S. (1985). Shifts in selective visual attention: Towards the underlying neural circuitry. *Human Neurobiology*, 4, 219-227.
- Kokmen, E., Naessens, J., & Offord, K. (1987). A Short Test of Mental Status: Descriptions and preliminary results. *Mayo Clinical Proceedings*, 62, 281-288.
- Kolb, H. (2003). How the retina works. *American Scientist*, 91, 28-35.
- Kolb, H., Nelson, R., & Marinai, A. (1981). Amacrine cells, bipolar cells and ganglion cells of the cat retina: A Golgi study. *Vision Research*, 21, 1081-1114.
- Kourtzi, Z., Bulthoff, H., Erb, M., & Grodd, W. (2002). Object-selective responses in the human motion area MT/MST. *Nature Neuroscience*, 5, 17-18.
- Krauskopf, J. (1999). Higher order color mechanisms. In K. R. Gegenfurtner, & L. T. Sharpe (Eds.), *Color vision: From genes to perception* (pp.304-316). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- LaBerge, D., & Brown, V. (1989). Theory of attentional operations in shape identification. *Psychological Review*, 96, 101-124.
- Lachica, E.A., & Casagrande, V.A. (1992). Direct W-like geniculate projections to the cytochrome oxidase (CO) blobs in primate visual cortex: Axon morphology. *Journal of Computational Neurology*, 319, 141-58.
- Lachica, E.A., & Casagrande, V.A. (1993). The morphology of collicular and retinal axons ending on small relay (W-like) cells of the primate lateral geniculate nucleus. *Vision Neuroscience*, 10, 403-418.
- Lamme, V.A.F. (1995). The neurophysiology of figure-ground segregation in primary visual cortex. *Journal of Neuroscience*, 15, 1605-1615.

- Landy, M.S., & Bergen, J.R. (1991). Texture segregation and orientation gradient. *Vision Research*, *31*, 679-691.
- Landy, M.S., & Kojima, H. (2001). Ideal cue combination for localizing texture-defined edges. *Journal of the Optical Academy of Sciences of United States of America*, *18*, 2307-2320.
- Landy, M.S., & Graham, N. (2004). Visual perception of texture. In L.M. Chalupa, J.S. Werner (Eds.), *The visual neurosciences* (pp. 1106-1118). Cambridge, MA: MIT Press.
- Lawton, M.P., & Brody, E.M. (1969). Assessment of older people: Self-maintaining and instrumental activities of dialing living. *Gerontologist*, *9*, 179-186.
- Lee, T.S. (1995). A Bayesian framework for understanding texture segmentation in the primary visual cortex. *Vision Research*, *35*, 2643-2657.
- Lennie, P. (1984). Recent developments in the physiology of color vision. *Trends in Neuroscience*, *7*, 243-248.
- Lennie, P. (1998). Single units and cortical organization, *Perception*, *27*, 889-935.
- Lennie, P. (1999). Color coding in the cortex. In K.R. Gegenfurtner & L.T. Sharpe (Eds.), *Color vision: From genes to perception*, (pp.235-247). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Levitt, J.B., & Lund, J.S. (1997). Contrast dependence of contextual effects in primate visual cortex. *Nature*, *387*, 73-76.
- Levy, J.A., Parasuraman, R., Greenwood, P.M., Dukoff, R., & Sunderland, T. (2000). Acetylcholine affects the spatial scale of attention: Evidence from Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, *14*(2), 1-4.

- Lewis, T. Kingdon, A., Elleberg, D. & Maurer, D. (2007). Orientation discrimination in 5-years-olds and adults tested with luminance-modulated and contrast-modulated gratings. *Journal of Vision*, 7(4), 1-11.
- Lezak, M. (1995). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press.
- Li, A., & Zaidi, Q. (2000). Perception of three-dimensional shape from texture is based on patterns of oriented energy. *Vision Research*, 40, 217-242.
- Li, Z. (2000). Pre-attentive segmentation in the primary visual cortex, *Spatial Vision*, 13, 25-50.
- Lin, L.M., & Wilson, H.R. (1996). Fourier and non-Fourier pattern discrimination compared. *Vision Research*, 36, 1907-1918.
- Lindeboom, J., Schmand, B., Tulner, L., Walstra, G., & Jonker, C. (2002). Visual association test to detect early dementia of Alzheimer type. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 73 (2), 126-133.
- Livingstone, M.S., & Hubel, D.H. (1984). Anatomy and physiology of a color system in the primate visual cortex. *Journal of Neuroscience*, 4, 309-356.
- Livingstone, M.S., & Hubel, D.H. (1987). Psychophysical evidence for separate channels for the perception of form, color, movement, and depth. *Journal of Neuroscience*, 7 (11), 3416-3468.
- Livingstone, M.S., & Hubel, D.H. (1988). Segregation of form, color, movement and depth: Anatomy, physiology, and perception. *Science*, 240, 740-749.
- Loughman, J., Davidson, P., & Flitcroft, I. (2007). Open angle glaucoma effects on preattentive visual search efficiency for flicker, motion displacement and orientation pop-out tasks. *British Journal of Ophthalmology*, 91, 1493-1498.

- Luck, S.J., & Vogel, E.K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, *390*, 279-281.
- Luder, C.B., & Barber, P. (1984). Redundant color coding on airborne CRT displays. *Human Factors*, *26*(1), 19-32.
- Lueck, C.J., Zeki, S., Friston, K.J., Deiber, M.P., Cope, P., Cunningham, V.J., Lammertsma, A.A., Kennard, C., & Frackowiak, R.S.J. (1989). The colour centre in the cerebral cortex of man. *Nature*, *340*(6232), 386-389.
- Lumsden, C., & Wilson, E. (1983). *Promethean fire: Reflections on the origin of mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Luo, J., Crandall, D., Singhal, A., Boutell, M., & Gray, R. (2003). Psychophysical study of image orientation perception. *Spatial Vision* *16*(5) 429-457.
- Malach, R., Reppas, J., Benson, R., Kwong, K., Jiang, H., Kennedy, W., Ledden, P.J., Brady, T., Rosen, B., & Tootell, R. (1995). Object-related activity revealed by functional magnetic resonance imaging in human occipital cortex. *Proceedings of Optical Academy of Sciences of United States of America*, *92*, 8135–8139.
- Malik, J., & Perona, P. (1990). Preattentive texture discrimination with early vision mechanisms. *Journal of the Optical Academy of Sciences of United States of America*, *7*, 923-932.
- Malik, J., & Rosenholtz, R. (1997). Computing local surface orientation and shape from texture for curved surfaces. *International Journal of Computer Vision*, *23*, 149-168.
- Malonek, D., Tootell, R., & Grinvald, A. (1994). Optical imaging reveals the functional architecture of neurons processing shape and motion in owl monkey area MT. *Proceedings of Royal Society of London*, *258*, 109–119.

- Manzano-Palomo, S., DelaMorena-Vicente, M.A., & Barquero, M.S. (2006). Neurotransmisores en la enfermedad de Alzheimer. *Revista de Neurología*, 42(6), 350-353
- Mareschal, I., & Baker, C.L. (1999). Cortical processing of second-order motion. *Vision Neuroscience*, 16, 527–540.
- Marr, D. (1982). *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. New York: Freeman and Company.
- Martin, A. (1990). The case of subgroups. In M.F. Schwartz (Ed.), *Modular deficits in Alzheimer type dementia*, (pp. 144-175). Cambridge: MIT Press.
- Martin, G.N. (1998). *Human neuropsychology*. London: Prentice Hall Europe.
- Martin, P.R., White, A.J., Goodchild, A.K., Wilder, H.D., & Sefton, A.E. (1997). Evidence that blue-on cells are part of the third geniculocortical pathway in primates. *European Journal of Neuroscience*, 9, 1536-1541.
- Martinez, A., Anllo-Vento, L., Sereno, M.I., Frank, L.R., Buxton, R.B., Dubowitz, D.J., Wong, E.C., Hinrichs, H., Heinze, H.J., & Hillyard, S.A. (1999). Involvement of striate and extrastriate visual cortical areas in spatial attention. *Nature Neuroscience*, 2, 364 –369.
- Martinez, A., Moses, P., Frank, L., Buxton, R., Wong, E., & Stiles, J. (1987). Hemispheric asymmetries in global and local processing: Evidence from fMRI. *Neuroreport*, 8, 1685-1689.
- Maruf, P., & Currie, J. (1995). An attentional grasp reflex in patients with Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 33, 689-701.
- Maruf, P., Malone, V., & Currie, J. (1995). Asymmetries in the covert orienting of visual spatial attention to spatial and non-spatial cues in Alzheimer's disease. *Brain*, 118, 1421-1435.

- Mather, G., Verstraten, F., & Anstis, S. (1998). *The motion aftereffect: A modern perspective*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Mattis, S. (1988). *Dementia Rating Scale professional manual*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- McClelland, J.L., Rumelhart, D.E., & The PDP Research Group (Eds.) (1986). *Parallel distributed processing. Explorations in the microstructure of cognition: Vol. 2. Psychological and biological models*. Cambridge, MA: MIT Press.
- McKhann, G., Drachman, D., Folstein, M., Katzman, R., Price, D., & Stadlan, E.M. (1984). Clinical diagnosis of Alzheimer's disease: Report of the NINCDS-ADRDA work group under the auspices of Department of Health and Human Services task force on Alzheimer's disease. *Neurology* 1984, 34, 939-944.
- Meigen, T., Lagreze, W., & Bach, M. (1994). Asymmetries in preattentive line detection. *Vision Research*, 34(23), 3103-3109.
- Mendola, J.D., Dale, A.M., Fischl, B., Liu, A.K., & Tootell, R.B. (1999). The representation of illusory and real contours in human cortical visual areas revealed by functional magnetic resonance imaging. *Journal of Neuroscience*, 19, 8560–8572.
- Merigan, W.H., & Eskin, T.A. (1986). Spatio-temporal vision of macaques with severe loss of P beta retinal ganglion cells. *Vision Research*, 26, 1751-1761.
- Merigan, W.H., Byrne, C.E., & Maunsell, J.H. (1991). Does primate motion perception depend on the magnocellular pathway? *Journal of Neuroscience*, 11, 3422-3429.
- Minsky, M. (1985). *The society of mind*. New York: Simon and Schuster.
- Minsky, M. (1990). Logical vs. analogical or symbolic vs. connectionist or neat vs. scruffy. In P.H. Winston (Ed.), *Artificial intelligence at MIT., expanding frontiers* (Vol. 1, pp. 1-17). Cambridge, MA: MIT Press.

- Mollon, J.D. (2003). Introduction: Thomas Young and the trichromatic theory of colour vision. In J.D. Mollon, J. Pokorny, & K. Knoblauch (Eds.), *Normal, & defective colour vision* (pp. ix-xxxiii). Oxford: Oxford University Press.
- Mordkoff, D., & Yantis, S. (1993). Dividing attention between color and shape: Evidence of co activation. *Perception, & Psychophysics*, *53* (4), 357-366.
- Morland, A.B., Jones, S.R., Finlay, A.L., Deyzac, E., Lê, S., & Kemp, S. (1999). Visual perception of motion, luminance and colour in a human hemianope. *Brain*, *122*(6), 1183-1198.
- Morland, S., Thut, G., de Peralta, R.G., Clarke, S., Khateb, S., Landis, T., & Michel, C.M. (2000). Electrophysiological evidence for fast visual processing through the human koniocellular pathway when stimuli move. *Cerebral Cortex*, *10*, 817-825.
- Morris, J.C. (1993). Clinical Dementia Rating. *Neurology*, *43*, 2412-2414.
- Morris, R.G.M. (1996). Attentional and executive dysfunction. In: R.G.M. Morris (Ed.), *The cognitive neuropsychology of Alzheimer-type dementia* (pp. 49-70). New York: Oxford Press.
- Morrison, J., & Hof, P.R. (2002). Selective vulnerability of corticocortical and hippocampal circuits in aging and Alzheimer's disease. *Progress in Brain Research*, *136*, 467-486.
- Morrison, J.H., & Hof, P.R. (1997). Life and death of neurons in the aging brain. *Science*, *278*, 412-419.
- Motoyoshi, I. (1999). Texture filling-in and texture segregation revealed by transient masking. *Vision Research*, *39*, 1285-1291.
- Motoyoshi, I., & Nishida, S. (2001). Temporal resolution of orientation-based texture segregation. *Vision Research*, *41*, 2089-2105.

- 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.
- Moutoussis, K., & Zeki, S. (1997). Functional segregation and temporal hierarchy of the visual perceptive systems. *Proceedings of Biological Science*, 264(1387), 1407-1414.
- Moutoussis, K., & Zeki, S. (1997a). A direct demonstration of perceptual asynchrony in vision. *Proceedings of Biological Science*, 264(1380), 393-399.
- Moutoussis, K., & Zeki, S. (2000). A psychophysical dissection of the brain sites involved in color-generating comparisons. *Proceedings of National Academy of Sciences United States of America*, 97(14), 8069-8074.
- Moutoussis, K., & Zeki, S. (2002). The relationship between cortical activation and perception investigated with invisible stimuli. *Proceedings of National Academy of Sciences United States of America*, 99(14), 9527-9532.
- Murray, S., Olshausen, B., & Woods, D. (2003). Processing shape, motion and three-dimensional shape-from-motion in the human cortex. *Cerebral Cortex*, 13, 508-516.
- Nagy, A., & Sanchez, R. (1990). Critical color differences with a visual search task. *Journal of the Optical Academy of Sciences of United States of America*, 7(7), 1209-1217.
- Nathans, J., Thomas, D., & Hogness, D. (1986). Molecular genetics of human color vision: The genes encoding blue, green, and red pigments. *Science*, 232, 193-202.
- Nothdurft, H.C. (1985). Sensitivity for structure gradient in texture discrimination tasks. *Vision Research*, 25, 1957-1968.

- Nothdurft, H.C., Gallant, J.L., & VanEssen, D.C. (1999). Response modulation by texture surround in primate area V1: Correlates of “pop out” under anesthesia. *Visual Neuroscience, 16*, 15-34.
- Nothdurft, H.C., Gallant, J.L., & VanEssen, D.C. (2000). Response profiles to texture border patterns in area V1. *Visual Neuroscience, 17*, 421-36.
- O’Brien, H.L., Tetewsky, S.J., Avery, L.M., Cushman, L.A., Makous, W., & Duffy, C.J. (2001). Visual mechanisms of spatial disorientation in Alzheimer’s disease. *Cerebral Cortex, 11*, 1083–1092.
- Oken, B.S., Kishiyama, S.S., Kaye, J.A., & Howieson, D.B. (1994). Attention deficit in Alzheimer's disease is not simulated by an anticholinergic/antihistaminergic drug and is distinct from deficits in healthy aging. *Neurology, 44*, 657-662.
- Olson, R.K., & Attneave, F. (1970). What variables produce similarity grouping? *The American Journal of Psychology, 83*, 1-21.
- Oram, M., & Perrett, D. (1996). Integration of form and motion in the anterior superior temporal polysensory area (STPa) of the macaque monkey. *Journal of Neurophysiology, 76*(1), 109-129.
- Ordy, M., Brizzee, K., & Johnson, H. (1982). Cellular alteration in visual pathways and the limbic system: Implications for vision and short-term memory. In R. Sekuler, D. Kline, & K. Dismukes (Eds.). *Modern aging research: Vol. 2. Aging and human visual function* (pp. 79-114). New York: Alan R. Liss.
- Papathomas, T.V., Gorea, A., Feher, A., & Conway, T.E. (1999). Attention-based texture segregation. *Perception, & Psychophysics, 61*, 1399-1410.
- Parasuraman, R. (1998). The attentive brain: Issues and prospects. In R. Parasuraman (Ed.), *The attentive brain* (pp. 3-15). Cambridge, MA:MIT Press.

- Parasuraman, R., & Espeseth, T. (2007). Genetic and neuroimaging studies of cholinergic-neurotrophic modulation of visual attention. *Brain and mind: Progress in cognitive neuroscience (special issue)*, 7-18.
- Parasuraman, R., & Haxby, J.V. (1993). Attention and brain function in Alzheimer's disease: A review. *Neuropsychology*, 7, 243-273.
- Parasuraman, R., & Martin, A. (1994). Cognition in Alzheimer's disease: Disorders of attention and semantic knowledge. *Current Opinion in Neurobiology*, 4, 237-244.
- Parasuraman, R., Greenwood, P.M., & Alexander, G.E. (1995). Selective impairment of spatial attention during visual search in Alzheimer's disease. *Neuroreport*, 6, 1861-1864.
- Parasuraman, R., Greenwood, P.M., & Alexander, G.E. (2000). Alzheimer disease constricts the dynamic range of spatial attention in visual search. *Neuropsychologia*, 38, 1126-1135.
- Parasuraman, R., Greenwood, P.M., Haxby, J.V., & Grady, C.L. (1992). Visuospatial attention in dementia of the Alzheimer type. *Brain*, 115, 711-733.
- Perea, M.V., & Ladera, V. (2005). Demencia. In M.V. Perea & A. Ardila (Eds.), *Síndromes neuropsicológicos* (pp. 175-196). Salamanca: Amarú Ediciones.
- Perea, M.V., Ladera, V.; & Ajamil, C.E. (2001). *Neuropsicología: Libro de Trabajo*. Salamanca: Amarú Ediciones.
- Perry, R.J., & Hodges J.R. (1999). Attention and executive deficits in Alzheimer's disease: A critical review. *Brain*;122, 383-404
- Perry, R.J., Watson, P, & Hodges, J.R. (2000). The nature and staging of attention dysfunction in early (minimal and mild) Alzheimer's disease: Relationship to episodic and semantic memory impairment. *Neuropsychologia*;38, 252-271-

- Pietrs, J. (1979). A conjoint measurement approach to color harmony. *Perception, & Psychophysics*, 26(4), 281-286.
- Plude, D., & Doussard-Roosevelt, J. (1989). Age, selective attention, and feature integration. *Psychology and Aging*, 4(1), 98-105.
- Portilla, J., & Simoncelli, E.P. (2000). A parametric texture model based on joint statistics of complex wavelet coefficients. *International Journal of Computer Vision*, 40, 49-71.
- Porto, C.S., Fichman, H.C., Crameli, P. Bahia, V.S., & Nitrini, R. (2003). Brazilian version of the Mattis Dementia Rating Scale: Diagnosis of the mild dementia in Alzheimer's disease. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 61, 339-345.
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M.I., & Petersen, S.E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Preobrazhenskaya, I., Mkhitaryam, E., & Yakhno, N. (2006). Comparative analysis impairments in Lewy Body dementia and Alzheimer's disease. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 36(1), 20-24.
- Price, J.L., Davis, P.B., Morris, J.C., & White, D.L. (1991). The distribution of tangles, plaques and related immunohistochemical markers in healthy aging and Alzheimer's disease. *Neurobiology of Aging*, 12, 295-312.
- Prinzmetal, W., Presti, D.E., & Posner, M.I. (1986). Does attention affect visual feature integration? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 12, 361-369.
- Procter, A.W., Palmer, A.M., Francis, P.T., Lowe, S.L., Neary, D., Murphy, E., Doshi, R., & Bowen, D.M. (1988). Evidence of glutamatergic denervation and possible

- abnormal metabolism in Alzheimer's disease. *Journal of Neurochemistry*, 50(3), 790-802.
- Qiu, F., & VonderHeydt R. (2005). Figure and ground in the visual cortex: V2 combines stereoscopic cues with Gestalt rules. *Neuron*, 47, 155-166.
- Quinlan, P. (2003). Visual feature integration theory: Past, present and future. *Psychological Bulletin*, 129(5), 643-673.
- Rao, A.R., & Lohse, G.L. (1996). Towards a texture naming system: Identifying relevant dimensions of texture. *Vision Research*, 36, 1649-1669.
- Reiman, E.M., Caselli, R.J., Yun, L.S., Chen, K., Bandy, D., Minoshima, S., Thibodeau, S.N., & Osborne, D. (1996). Preclinical evidence of Alzheimer's disease in persons homozygous for the e4 allele for apolipoprotein E. *The New England Journal of Medicine*, 334, 752-758.
- Richards, W., & Polit, A. (1974). Texture matching, *Kybernetik*, 16, 155-162.
- Rivest, J., & Cavanagh, P. (1996). Localizing contours defined by more than one attribute. *Vision Research*, 36, 53-66.
- Robinson, G., & Cipolotti, L. (2001). The selective preservation of color naming in semantic dementia. *Neurocase*, 7, 65-75.
- Rocca, W.A., Bonaiuto, S., & Lippi, A. (1990). Prevalence of clinically diagnosed Alzheimer's disease and other dementing disorders: A door-to-door survey in Appignano, Macerata Province, Italy. *Neurology*, 19, 415-424.
- Rosch, E. (1975). Cognitive reference points. *Cognitive Psychology*, 7(4), 532-547.
- Rosenholtz, R., & Malik, J. (1997). Surface orientation from texture: Isotropy or homogeneity (or both)? *Vision Research*, 16, 2283-2293.
- Rosler, A., Billino, J., Muller, N.G., Weidauer, S., Steinmetz, H., & Kleinschmidt (2005). Visual search in patients with sub cortical vascular dementia: Short

- fixations but long reaction times. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 20, 375-380.
- Rossi, A.F., Desimone, R., & Ungerleider, L.G. (2001). Contextual modulation in primary visual cortex of macaques. *Journal of Neuroscience*, 21, 1698-1709.
- Rubenstein, B.S., & Sagi, D. (1990). Spatial variability as a limiting factor in texture discrimination tasks: Implications for performance asymmetries. *Journal of the Optical Academy of Sciences of United States of America*, 7, 1623-1643.
- Rumelhart, D.E., & McClelland, J.L. (Eds.) (1986). *Parallel distributed processing. Explorations in the microstructure of cognition: Vol. 1. Foundations*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Santacruz, K., & Swagerty, D. (2001). Early diagnosis of dementia. *American Family Physician*, 63(4), 703-713.
- Sarter, M., Givens, B., & Bruno, J.P. (2001). The cognitive neuroscience of sustained attention: Where top-down meets bottom-up. *Brain Research Reviews*, 35, 146-160.
- Sceniak, M.P., Hawken, M.J., & Shapley, R. (2001). Visual spatial characterization of macaque V1 neurons. *Journal of Neurophysiology*, 85, 1873-1887.
- Scheider, W., & Shiffrin, R. (1977). Controlled and automatic human information processing: Detection, search and attention. *Psychological Review*, 84 (1), 1-66.
- Schiller, P.H., Logothetis, N.K., & Charles, E.R. (1990). Functions of the colour-opponent and broad-band channels of the visual system. *Nature*, 343,68-70.
- Schiller, P.H., Logothetis, N.K., & Charles, E.R. (1991). Parallel pathways in the visual system: Their role in perception at isoluminance. *Neuropsychologia*, 28, 433-441.

- Schofield, A.J., & Georgeson, M.A. (1999). Sensitivity to modulations of luminance and contrast in visual white noise: Separate mechanisms with similar behavior. *Vision Research*, *39*, 2697-2716.
- Schofield, A.J., & Georgeson, M.A. (2000). The temporal properties of first- and second-order vision. *Vision Research*, *40*, 2475-2487.
- Seiffert, A.E., & Cavanagh, P. (1998). Position displacement, not velocity, is the cue to motion detection of second-order stimuli. *Vision Research*, *38*, 3569–3582.
- Seiffert, A.E., & Cavanagh, P. (1999). Position-based motion perception for color and texture stimuli: Effects of contrast and speed. *Vision Research*, *39*, 4172–4185.
- Seiffert, A.E., Somers, D.C., Dale, A.M., & Tootell, R.B.H. (2003). Functional MRI studies of human visual motion perception: Texture, luminance, attention and after-effects. *Cerebral Cortex Approach*, *13*, 340-349.
- Sekuler, R., & Blake R. (1990). *Perception*. New York: McGraw-Hill.
- Sekuler, R., Kline, D., & Dismukes, K. (1982). Social issues, human needs and opportunities for research on the effects of aging on vision: An overview. In R. Sekuler, D. Kline, & K. Dismukes (Eds.). *Modern aging research: Vol. 2. Aging and human visual function* (pp. 3-6). New York: Alan R. Liss.
- Self, M.W., & Zeki, S. (2005). The integration of colour and motion by the human visual brain. *Central Cortex*, *15*(8), 1270-1279.
- Shallice, T. (1992). Multiple levels of control processes. In C. Umiltá, & M. Moscovitch (Eds.), *Attention and performance XV: Conscious and nonconscious information processing* (pp. 395-419). Cambridge, MA: MIT Press.
- Shepard, R.N. (1964). Attention and the metric structure of the stimulus space. *Journal of Mathematical Psychology*, *1*, 54-87.

- Shipp, S., & Zeki, S. (1995). Segregation and convergence of specialized pathways in macaque monkey visual cortex. *Journal of Anatomy*, *187*(3), 547-562.
- Sillito, A.M., Grieve, K.L., Jones, H.E., Cudeiro, J., & Davis, J. (1995). Visual cortical mechanisms detecting focal orientation discontinuities. *Nature*, *378*, 492-496.
- Siri, S.A., Benaglio, I.A, Frigerio, A.A., Binetti, G.A., & Cappa, S.F.B. (2001). A brief neuropsychological assessment for the differential diagnosis between frontotemporal dementia and Alzheimer's disease. *European Journal of Neurology*, *8*(2), 125-132.
- Sliveria, L.C., & Perry, V.H. (1991). The topography of magnocellular projecting ganglion cells (M gangliocells) in the primate retina. *Neuroscience*, *40*, 217-37.
- Sliwinski, M., Lipton, R.B., Buschke, H., & Stewart, W. (1996). The effects of preclinical dementia on estimates of normal cognitive functioning in aging. *Journals of Gerontology*, *51*, 217-225.
- Small, B., & Backman, L. (1998). Predictors of longitudinal changes in memory, visuospatial, and verbal functioning in very old demented adults. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, *9*(5), 258-266.
- Smith, A.T., & Ledgeway, T. (1997). Separate detection of moving luminance and contrast modulations: Fact or artifact? *Vision Research*, *37*, 45–62.
- Smith, A.T., Hess, R.F., & Baker, C.L Jr. (1994). Direction identification thresholds for second-order motion in central and peripheral vision. *Journal of Optical Society of American Association of Optic Image Science and Vision*, *11*, 506–514.
- Smith, A.T., Greenlee, M.W., Singh, K.D., Kraemer, F.M., & Henning, J. (1998). The processing of first- and second-order motion in human visual cortex assessed by functional magnetic resonance imaging (fMRI). *Journal of Neuroscience*, *18*, 3816–3830.

- Solomon, J.A., & Sperling, G. (1994). Full-wave and half-wave rectification in second-order motion perception. *Vision Research*, *34*, 2239–2257.
- Solomon, S.G., White, A.J., & Martin, P.R. (1990). Temporal contrast sensitivity in the lateral geniculate nucleus of a New World Monkey, the marmoset *Callithrix jacchus*. *Journal of Physiology*, *15*, 907-917.
- Sparks, D.L., Hunsaker, J.C., & Scheff, S.W. (1990). Cortical senile plaques in coronary artery disease, aging, and Alzheimer's disease. *Neurobiology and Aging*, *11*, 601-607.
- Stuss, D., Binns, M., Murphy, K., & Alexander, M. (2002). Dissociations within the anterior attentional system: Effects of task complexity and irrelevant information on reaction time speed and accuracy. *Neuropsychology*, *16*, 500-513.
- Sutter, A., & Graham, N. (1995). Investigating simple and complex mechanisms in texture segregation using the speed-accuracy tradeoff method. *Vision Research*, *35*, 2825-2843.
- Sutter, A., & Hwang, D. (1999). A comparison of the dynamics of simple (Fourier) and complex (non-Fourier) mechanisms in texture segregation. *Vision Research*, *39*, 1943-1962.
- Sutter, A., Beck, J., & Graham, N. (1989). Contrast and spatial variables in texture segregation: Testing a simple spatial-frequency channels model. *Perception, & Psychophysics*, *46*, 312-332.
- Sutter, A., Sperling, G., & Chubb, C. (1995). Measuring the spatial frequency selectivity of second-order texture mechanisms. *Vision Research*, *35*, 915-924.
- Tales, A., Butler, S.R., Fossey, J., Gilchrist, I.D., Jones, R.W., & Troscianko, T. (2002). Visual search in Alzheimer's disease: A deficiency in processing conjunctions of features. *Neuropsychologia*, *40*(12), 1849-1857.

- Tetewsky, S.J., & Duffy, C.J. (1999). Visual loss and getting lost in Alzheimer's disease. *Neurology*, *52*, 958–965.
- Theeuwes, J. (1991). Exogenous and endogenous control of attention: The effect of visual onsets and offsets. *Perception, & Psychophysics*, *49*(1), 83-90.
- Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception, & Psychophysics*, *51*(6), 599-606.
- Theeuwes, J. (1995). Abrupt luminance change pops out; abrupt color change does not. *Perception, & Psychophysics*, *57*(5), 637-644.
- Tootell, R.B.H., & Hadjikhani, N. (2001). Where is 'dorsal V4' in human visual cortex? Retinotopic, topographic and functional evidence. *Cerebral Cortex* *11*, 298–311.
- Tootell, R.B.H., Mendola, J.D., Hadjikhani, N.K., Ledden, P.J., Liu, A.K., Reppas, J.B., Sereno, M.I., & Dale, A.M. (1997). Functional analysis of V3A and related areas of human visual cortex. *Journal of Neuroscience*, *17*, 7060–7078.
- Tootell, R.B.H., Reppas, J.B., Dale, A.M., Look, R.B., Sereno, M.I., Malach, R., Brady, T.J., & Rosen, B.R. (1995). Visual motion aftereffect in human cortical area MT revealed by functional magnetic resonance imaging. *Nature*, *375*, 139–141.
- Tootell, R.B.H., Reppas, J.B., Kwong, K.K., Malach, R., Born, R.T., Brady, T.J., Rosen, B.R., & Belliveau, J.W. (1995). Functional analysis of human MT and related visual cortical areas using magnetic resonance imaging. *Journal of Neuroscience*, *15*, 3215–3230.
- Treisman, A. (1985). Preattentive processes in vision. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, *31*, 156-177.
- Treisman, A. (1986). Properties, parts and objects. In R. Boff, L. Faufman, & J.P. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human performance: Vol. 2. Cognitive processes and performance* (pp. 1- 70). New York: Wiley.

- Treisman, A. (1991). Search, similarity, and integration of features between and within dimensions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17(3), 652-676.
- Treisman, A. (1992a). L'attention, les traits et la perception des objects. In D. Andler (Ed.), *Introduction aux sciences cognitives* (pp. 152-154). Paris: Gallimard.
- Treisman, A. (1992b). Perceiving and re-perceiving objects. *American Psychologist*, 47(9), 862-875.
- Treisman, A. (1993). The perception of features and objects. In A. Baddeley (Ed.), *Attention: Selection, awareness, and control. A tribute to Donald Broadbent* (pp. 5-35). Oxford: Clarendon Press.
- Treisman, A. (1994). Visual attention and the perception of features and objects. *Canadian Psychology*, 35(1), 107.
- Treisman, A. (1996). The binding problem. *Current Opinion in Neurobiology*, 6, 171-178.
- Treisman, A. (1998). Feature binding, attention and object perception. *Philosophical Transactions of Royal Society of London, Biological Sciences*, 353(1373), 1295-1306.
- Treisman, A. (1999). Feature binding, attention and object perception. In G. Humphreys, J. Duncan, & A. Treisman (Eds.), *Attention, space and action: Studies in cognitive neuroscience* (pp. 91-111). New York: Oxford Press.
- Treisman, A. (2006). How the deployment of attention determines what we see. *Vision and Cognition*, 14(4-8), 411-443.
- Treisman, A., & DeSchepper, B. (1994). Object tokens, attention and visual Memory. In T. Inui, & J.L. McClelland (Eds.), *Attention and performance XVI: Information integration in perception and communication* (pp. 15-45). London: Bradford Book

- Treisman, A., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, *12*(1), 97-136.
- Treisman, A., & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. *Psychological Review*, *95*(1), 15-48.
- Treisman, A., & Kanwisher, N.G. (1998). Perceiving visually presented objects: Recognition, awareness, and modularity. *Current Opinion in Neurobiology*, *8*(2), 218-2126.
- Treisman, A., & Paterson, R. (1984). Emergent features, attention and object perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *10*, 12-31.
- Treisman, A., & Schmidt, H. (1982). Illusory conjunctions in the perception of objects. *Cognitive Psychology*, *14*, 107-141.
- Treisman, A., & Souther, J. (1985). Search asymmetry: A diagnostic of preattentive processing of separable features. *Journal of Experimental Psychology: General*, *114*, 285-310.
- Treisman, A., Kahneman, D., & Burkell, J. (1983). Perceptual objects and the cost of filtering. *Perception, & Psychophysics*, *33*, 527-532.
- Treisman, A., Vieira, A., & Hayes, A. (1992). Automaticity and preattentive processing. *American Journal of Psychology*, *105*(2), 341-362.
- Tse, P. U. (2002). A contour propagation approach to surface filling-in and volume formation. *Psychological Review*, *109*(1), 91-115.
- Tse, P.U., & Hughes, H.C. (2004). Visual pattern and form perception. In G. Adelman, & B. Smith (Eds.), *The New Encyclopedia of Neuroscience*. Boston: Birkhauser.

- Ukkonen, O.I., Derrington, A.M. (2000). Motion of contrast-modulated gratings is analyzed by different mechanisms at low and at high contrasts. *Vision Research*, 40, 3359–3371.
- Ungerleider, L.G., & Mishkin, M (1982). Two cortical visual systems. In D.J. Ingle, M.A. Goodale, & R.J.W. Mansfield (Eds.), *Analysis of visual behavior* (pp. 549–586). Cambridge: MIT Press.
- Vaina, L.M., Cowey, A., & Kennedy, D. (1999). Perception of first- and second-order motion: separable neurological mechanisms? *Human Brain Map*, 7, 67–77.
- VanEssen, D. (1990). Information processing in the primate visual system. In Committee on Vision (Eds.), *Advances in the modularity of vision* (pp. 5–23). Washington, DC: National Academy Press.
- VanEssen, D., Newsome, W., Maunsell J., & Bixby, J. (1986). The projections from striate cortex (V1) to areas V2 and V3 in the macaque monkey: asymmetries, areal boundaries, and patchy connections. *Journal of Comportamental Neurology*, 244, 451–480.
- VanOostende, S., Sunaert, S., Van Hecke, P., Marchal, G., & Orban, G.A. (1997). The kinetic occipital (KO) region in man: an fMRI study. *Cerebral Cortex*, 7, 690–701.
- VanZomeran, A., & Brouwer, W. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. New York: Oxford University Press.
- Vance, D., Dawson, J., Wadley, V., Edwards, J., Roenker, D., Rizzo, M., & Ball, K. (2007). The accelerate study: The longitudinal effect of speed processing training on cognitive performance of older adults. *Rehabilitation Psychology*, 52(1), 89–96.
- Victor, J.D. (1988). Models for preattentive texture discrimination: Fourier analysis and local feature processing in a unified framework. *Spatial Vision*, 3, 263–280.

- Victor, J.D. (1994). Images, statistics, and textures: Implications of triple correlation uniqueness for texture statistics and the Julesz conjecture: Comment. *Journal of the Optical Academy of Sciences of United States of America*, *11*, 1680-1684.
- Vogels, R., & Orban, G.A. (1987). Illusory contour orientation discrimination. *Vision Research*, *27*, 453-467.
- VonderHeydt, R., & Peterhans, E. (1989). Mechanisms of contour perception in monkey visual cortex I: Lines of pattern discontinuity. *The Journal of Neuroscience*, *9*(5), 1731-1748.
- Walker, G.A., Ohzawa, I., & Freeman, R.D. (2000). Suppression outside the classical cortical receptive field. *Visual Neuroscience*, *17*, 369-379.
- Wandell, B. (1995). *Foundations of vision*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Wassle, H. (1999). Parallel pathways from the outer to the inner retina in primates. In K.R. Gegenfurtner, & L.T. Sharpe (Eds.), *Color vision: From genes to perception*, (pp.145- 162). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Watson, A.B., & Ahumada, A.J.Jr (1985). Model of human visual-motion sensing. *Journal of Optical Society American Academy of Optics Image Science Vision*, *2*, 322-341.
- Wenderoth, P., Watson, J.D., Egan, G.F., Tochon-Danguy, H.J., & O'Keefe, G.J. (1999). Second order components of moving plaids activate extrastriate cortex: A positron emission tomography study. *Neuroimage*, *9*, 227-234.
- White, A.J., Wilder, H.D., Goodchild, A.K., Stefton, A.J., & Martin, P.R. (1998). Segregation of receptive field properties in the lateral geniculate nucleus of a New World monkey, the marmoset *Callithrix jacchus*. *Journal of Neurophysiology*, *80*, 2063-2076.

- Whitehouse, P.J., Price, D.L., Struble, R.G., Clark, A.W., Coyle, J.T., & DeLong, M.R. (1982). Alzheimer's disease and senile dementia: Loss of neurons in the basal forebrain. *Science*, *215*, 1237-1239.
- Whorf, B.L. (1956). *Language, thought and reality*. New York: Wiley.
- Wiesel, T., & Hubel, D. (1966). Spatial and chromatic interactions in the lateral geniculate body of the rhesus monkey. *Journal of Neurophysiology*, *29*, 1115-1156.
- Wilcock, G.K., Esiri, M.M., Bowen, D.M., & Hughes, A.O. (1988). The differential involvement of subcortical nuclei in senile dementia of Alzheimer's type. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *51*, 842-849.
- Wilson, H.R., Ferrera, V.P., & Yo, C. (1992). A psychophysically motivated model for two-dimensional motion perception. *Vision Neuroscience*, *9*, 79-97.
- Witkin, A.P. (1981). Recovering surface shape and orientation from texture. *Artificial Intelligence*, *17*, 17-45.
- Wolfe, J. (1992). "Effortless" texture segmentation and "parallel" visual search are *not* the same thing. *Vision Research*, *32*, 757-763.
- Wolfe, J. (1998). Visual search. In H. Pashler (Ed.), *Attention* (pp. 13-74). Hove, UK: Psychology Press.
- Wolfe, J. (2001). Asymmetries in visual search: An introduction. *Perception, & Psychophysics*, *63*(3), 381-389.
- Wolfe, J., Cave, K.R., & Frankel, S.L. (1989). Guided search: An alternative to the feature integration model for visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *15*, 419-433.
- Wolfe, J., Chun, M., & Friedman-Hill, S. (1995). Making use of texture gradients: Visual search and perceptual grouping exploit the same parallel process in

- different ways. In T. Panthomas, C. Chubb, E. Kowler, & A. Gorea (Eds.), *Early vision and beyond* (pp. 17-25). Cambridge, MA: MIT Press.
- Wolfe, J., Friedman-Hill, S., Stewart, M., & O'Connell, K. (1992). The role of categorization in visual search for orientation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *18*(1), 34-49.
- Wolfson, S.S., & Landy, M.S. (1995). Discrimination of orientation-defined texture edges. *Vision Research*, *35*, 2863-2877.
- Wolfson, S.S., & Landy, M.S. (1998). Examining edge- and region-based texture mechanisms. *Vision Research*, *38*, 439-446.
- Wolfson, S.S., & Landy, M.S. (1999). Long range interactions between oriented texture elements. *Vision Research*, *39*, 933-945.
- World Health Organization (WHO) (2006). *Alzheimer's disease : The brain killer* [Online]. Disponible en: <http://www.searo.who.int>
- World Health Organization (WHO) (2006). *Alzheimer's disease : The brain killer* [Online]. Disponible en: <http://www.searo.who.int>
- Xiao, Y., Wang, Y., & Felleman, D. (2003). A spatially organized representation of colour in macaque cortical area V2. *Nature*, *421*(6922), 535-539.
- Yellott, J.I.Jr. (1993). Implications of triple correlation uniqueness for texture statistics and the Julesz conjecture. *Journal of the Optical Academy of Sciences of United States of America*, *10*, 777-793.
- Yesavage, J.A., Brink T.L., Rose T.L., Lum O., Huang V., Adey M.B., & Leirer V.O. (1983). Development and validation of a geriatric depression screening scale: A preliminary report. *Journal of Psychiatric Research*, *17*, 37-49.
- Yeshurun, Y., & Carrasco, M. (2000). The locus of attentional effects in texture segmentation. *Nature Neuroscience*, *3*, 622-627.

- Zeki, S. (1993). *A Vision of the brain*. Oxford: Blackwell.
- Zeki, S. (2001). Localization and globalization in conscious vision. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 57-91.
- Zeki, S. (2002). Thirty years of a very special visual area, Area V5. *Journal of Physiology*, 15(557), 1-2.
- Zeki, S. (2005). The Ferrier Lecture 1995 behind the seen: The functional specialization of the brain in space and time. *Philosophical Transactions of Royal Society of London, Biological Sciences*, 360(1458), 1145-1183.
- Zeki, S. (2005a). Introduction: cerebral cartography 1905-2005. *Philosophical Transactions of Royal Society of London, Biological Sciences*, 360(1456), 651-6522.
- Zeki, S., & Bartels, A. (1988). The asynchrony of consciousness. *Proceedings of Biological Science*, 265(1405), 1583-1585.
- Zeki, S., & Bartels, A. (1998). The autonomy of the visual systems and the modularity of conscious vision. *Proceedings of the Royal Society London*, 353, 1911-1914.
- Zeki, S., & Bartels, A. (1999). The clinical and functional measurement of cortical (in) activity in the visual brain, with special reference to the two subdivisions (V4 and V4 alpha) of the human color centre. *Philosophical Transactions of Royal Society of London, Biological Sciences*, 354(1387), 1371-1382.
- Zeki, S., & Moutoussis, K. (1997). Temporal hierarchy of the visual perceptive systems in the Mondrian world. *Proceedings of Biological Science*, 264(1387), 1415-1419.
- Zeki, S., & Shipp, S. (1988). The functional logic of cortical connections. *Nature*, 335, 311-317.
- Zeki, S., Hulme, O.J., Roulston, B., & Atiyah, M. (2008). The encoding of temporally irregular and regular visual patterns in the human brain. *PLoS ONE*, 3(5), e2180.

- Zeki, S., McKeefry, D.J., Bartels, A., & Frackowiak, R. (1998). Has a new color area been discovered? *Nature*, *1*(5), 335-336.
- Zeki, S., Watson, J.D.G., Lueck, C.J., Friston, K.J., Kennard, C., & Frackowiak, R.S.J. (1991). A direct demonstration of functional specialization in human visual cortex. *The Journal of Neuroscience*, *11*(3), 641-649.
- Zhan, M., Katz, R., Solmon, D., Jin, H., Cai, G., Huang, Z., Ku, G., Grant, I, Yu, H., Levy, P. Klauber, M., & Liu, W. (1990). The prevalence of dementia and Alzheimer's disease in Shanghai, China: Impact of age, gender and education. *Annals of Neurology*, *27*, 428-437.
- Zhou, Y.X., & Baker, C.L. Jr. (1993). A processing stream in mammalian visual cortex neurons for non-Fourier responses. *Science* *261*, 98–101.
- Zhou, Y.X., & Baker, C.L.Jr. (1994). Envelope-responsive neurons in areas 17 and 18 of cat. *Journal of Neurophysiology*, *72*, 2134–2150.
- Zhou, Y.X., & Baker, C.L.Jr. (1996). Spatial properties of envelope-responsive cells in area 17 and 18 neurons of the cat. *Journal of Neurophysiology*, *75*, 1038–1050.
- Zhu, S.C., Wu, Y., & Mumford, D. (1998). Filters, random fields and maximum entropy (FRAME) – Towards a unified theory for texture modeling. *International Journal of Computer Vision*, *27*, 107-126.
- Zipser, K., Lamme, V.A F., & Schiller, P.H. (1996). Contextual modulation in primary visual cortex. *Journal of Neuroscience*, *16*, 7376-7389.