



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE PSICOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**EFFECTOS DE LA ATENCIÓN DIVIDIDA EN LA
ACTIVIDAD CEREBRAL DURANTE LA CODIFICACIÓN
DE MEMORIA EPISÓDICA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADA EN PSICOLOGÍA**

P R E S E N T A :

MAYA CANELA ROJAS AGUILUZ

Directora: Dra. Selene Cansino Ortiz

Revisora: Dra. Martha Patricia Trejo Morales

Jurado:

Dra. Irma Yolanda del Río Portilla

Mtra. Alejandra de la Concepción Aguayo del Castillo

Dra. Zeidy Vanessa Muñoz Torres



Ciudad Universitaria, CDMX.

2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

RECONOCIMIENTOS

La presente investigación se llevó a cabo con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT 238826) y de la Dirección General de Apoyo al Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México a través del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT ID300312, IG300115).

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por todo su amor e incondicional apoyo. Los amo.

A mi familia, pareja y amigos quienes me brindaron el soporte, cariño y paciencia durante la realización de esta tesis. Gracias por ser parte de mi vida.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, por ser la institución educativa más importante del país, por brindarme el honor de ser su alumna y poder corroborar por qué. Porque elegí que fuera mi *alma mater*, mi segundo hogar, y eso permitió que mi vida de estudiante no tuviera límites, por la valiosa oportunidad de diseñar un plan de estudios personalizado a mis inquietudes, por todos los recursos disponibles y por todo lo que significa para mí: pasión, conocimiento, cultura, historia, diversidad, esparcimiento, consciencia social, identidad, superación y libertad.

A la Dra. **Selene Cansino** por depositar en mí la confianza para colaborar en este proyecto, por su finísima mirada como investigadora e íntegro apoyo, paciencia y dedicación en la dirección de este trabajo. Por proporcionarme la guía, infraestructura y medios necesarios para poder llevarlo a cabo y darme cuenta de que la ciencia es resultado del esfuerzo colectivo.

A los participantes de este estudio por su disposición y tiempo, y al equipo que hizo posible en el **Instituto Nacional de Psiquiatría** el registro y obtención de los datos.

A la Dra. **Patricia Trejo Morales** por su revisión constante, su sensibilidad y críticas constructivas, por su enorme calidez humana.

A mis sinodales que enriquecieron este trabajo, a la Dra. **Irma Yolanda del Río** por haber compartido sus valiosos conocimientos como mi profesora y por incitarme a (re)plantear ideas y nuevas interrogantes, a la Mtra. **Alejandra Aguayo** por sus elocuentes sugerencias y por subrayar la importancia de la metodología científica y a la Dra. **Zeidy Muñoz Torres**, por su retroalimentación y atinados comentarios.

A la **Facultad de Psicología**, porque en sus aulas tuve excelentes profesores y conocí a valiosos amigos y compañeros.

A todas aquellas personas que no menciono pero saben lo importantes que son para mí. A otros tesisistas, nadie puede desacreditar lo que se ha logrado con trabajo, lo que se ha dicho con verdad y lo que se ha hecho con amor.

“Why should this absolutely God-given faculty retain so much better the events of yesterday than those of last year, and, best of all, those of an hour ago? Why, again, in old age should its grasp of childhood’s events seem firmest? Why should repeating an experience strengthen our recollection of it? Why should drugs, fevers, asphyxia, and excitement resuscitate things long since forgotten? . . . such peculiarities seem quite fantastic; and might, for aught we can see *a priori*, be the precise opposites of what they are. Evidently, then, the faculty does not exist absolutely, but works under conditions; and the quest of the conditions becomes the psychologist’s most interesting task”.

William James (1890),
Principles of Psychology

Índice

RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. Antecedentes	10
2.1 Atención	10
2.1.1 Definición	10
2.1.2 Bases neuroanatómicas y fisiológicas de la atención	14
2.1.2.1 Red de alerta	15
2.1.2.2 Red de orientación	16
2.1.2.3 Red ejecutiva	21
2.1.3 Control ejecutivo de la atención	25
2.1.4 Atención dividida	32
2.2 Memoria	35
2.2.1 Definición y tipos	35
2.2.2 Memoria episódica	41
2.2.3 Paradigmas experimentales en el estudio de la memoria episódica	42
2.2.4 Codificación episódica	46
2.2.5 Primacía de imágenes en la codificación	50
2.3. Atención dividida y codificación de memoria episódica	51
3. JUSTIFICACIÓN	61
3.1 Pregunta de investigación	64
4. MÉTODO	64
4.1 Objetivo	64
4.2 Hipótesis	65
4.3 Variables	65
4.3.1 Variable independiente	65
4.3.2 Variable dependiente	65
4.4 Participantes	65
4.5 Instrumentos	66
4.6 Aparatos y materiales	68
4.7 Estímulos	68
4.8 Registro	69
4.9 Procedimiento	70
4.10. Análisis de datos	73
6. RESULTADOS	75
7. DISCUSIÓN	82
8. CONCLUSIONES	90
9. LIMITACIONES Y SUGERENCIAS	92
10. REFERENCIAS	93
11. ANEXOS	128

Resumen

El presente estudio aborda los efectos neurofuncionales de la atención dividida durante la codificación de información en la memoria episódica. Se midió la actividad cerebral mediante la técnica de resonancia magnética funcional (RMf) en 20 adultos entre 21 y 30 años de edad mientras realizaban las fases de codificación y reconocimiento (viejo/nuevo). En la fase de codificación se proyectaron imágenes a color de objetos comunes al interior de un marco que en la mitad de los ensayos cambiaba de color, de rojo a negro o viceversa. Los participantes realizaron dos tareas simultáneas (atención dividida) durante esta fase, una tarea de clasificación semántica de las imágenes (natural/artificial) y una tarea de discriminación visual del cambio del color del marco (cambió/no cambio). Asimismo, como condición control (atención completa), los participantes realizaron únicamente la tarea de clasificación semántica en la fase de codificación. En la fase de reconocimiento se mezclaron las imágenes que se presentaron en la fase de codificación con imágenes nuevas. Después de cada una de las fases de codificación los participantes realizaron la tarea de reconocimiento en la que indicaron si la imagen se presentó o no en la fase de codificación. Se comparó la actividad cerebral entre las dos condiciones de codificación (atención dividida y completa) en función del efecto de memoria subsecuente (EMS), el cual consistió en comparar la actividad cerebral durante la codificación de imágenes que ulteriormente fueron reconocidas con la de aquellas que fueron rechazadas correctamente por ser imágenes nuevas. El EMS no se observó en la condición de atención dividida, mientras que en la condición de atención completa se observó en el giro fusiforme bilateral, el cíngulo anterior, la ínsula y el giro frontal inferior izquierdo. Asimismo, el EMS fue mayor en la condición de atención completa en comparación con la de atención dividida en el surco intraparietal, *precuneus* izquierdo, giro lingual y parahipocampo derecho, entre otras regiones. Los resultados sugieren que cuando la atención se divide entre dos actividades, los recursos de atención disminuyen lo que interfiere en los correlatos neurofuncionales necesarios para llevar a cabo una codificación exitosa de información episódica.

Palabras clave: *atención dividida, codificación de memoria episódica, efecto de memoria subsecuente.*

1. Introducción

En la vida cotidiana con frecuencia debemos dividir nuestra atención entre dos o más tareas. Asimismo, en cualquier día dado, encontramos y experimentamos muchos eventos y sólo algunas de estas experiencias se transforman en recuerdos que pueden ser recordados posteriormente.

Situaciones como éstas pueden explorarse experimentalmente mediante los paradigmas de atención dividida, en los cuales se solicita a las personas que presten atención a dos estímulos, realicen dos tareas simultáneamente (Fernandes y Moscovitch, 2002) o que cambien su atención entre dos tareas de forma alternada (Kramer y Madden, 2008). En el paradigma de atención dividida la información presentada en la tarea principal es utilizada posteriormente para evaluar la memoria de las personas; mientras que la información presentada en la tarea secundaria funciona como distracción y está destinada a reducir la cantidad de atención que se puede brindar a la tarea principal. Esta manipulación es eficaz en el estudio de la memoria episódica, ya que explora condiciones donde los recursos de atención son limitados; además, permite evaluar los efectos de la atención dividida por separado en la codificación y el reconocimiento (Trejo-Morales y Cansino, 2011). En la codificación, es posible examinar los efectos de la atención dividida sobre el efecto de memoria subsecuente (EMS), que es la actividad cerebral que predice eventos que serán recordados (Kim, 2011).

Estudios previos que han evaluado los efectos de dividir la atención durante la codificación episódica y su impacto en la memoria posterior (Kensinger, Clarke y Corkin, 2003; Uncapher y Rugg, 2005) han tenido resultados que difieren entre sí. Kensinger *et al.*, (2003) encontraron el EMS en el giro frontal inferior izquierdo y en el hipocampo anterior

izquierdo mientras que Uncapher y Rugg (2005) no obtuvieron evidencia del EMS en ninguna de las dos regiones. Estas diferencias pueden atribuirse a los distintos procedimientos experimentales utilizados en estos estudios, ambos utilizaron distintas modalidades sensoriales para las tareas principal y secundaria pero la contingencia temporal entre los estímulos de la tarea principal y secundaria difirió entre los estudios, lo que posiblemente provocó diferente grado de interferencia y en consecuencia, diferencias en la forma en que los participantes asignaron recursos de atención entre las tareas. Por lo tanto, no es posible descartar la posibilidad de que los resultados de estos estudios simplemente reflejen las diferencias en las estrategias adoptadas por los participantes para hacer frente a los respectivos diseños de atención dividida.

El objetivo del presente estudio es determinar los efectos de dividir la atención durante la fase de codificación de la memoria episódica. En particular, determinar si el EMS, evaluado mediante resonancia magnética funcional (RMf), difiere cuando la codificación de información se realiza bajo condiciones de atención dividida en comparación a cuando se lleva a cabo en condiciones de atención completa. El EMS consistirá en comparar la actividad cerebral durante la codificación de los estímulos que ulteriormente fueron reconocidos correctamente con aquellos que posteriormente fueron reconocidos por ser estímulos nuevos. A diferencia de los estudios previos (Kensinger *et al.*, 2003; Uncapher y Rugg, 2005), la tarea secundaria y la tarea principal serán de la misma modalidad (visual) y se llevarán a cabo simultáneamente.

El presente trabajo comienza con una descripción de las bases neuroanatómicas y fisiológicas de la atención, control ejecutivo y atención dividida. Posteriormente, se aborda la definición y formas de estudio de la memoria episódica, así como una breve descripción

del proceso de codificación. Después se presenta evidencia de la relación entre atención dividida y codificación de la memoria episódica, y enseguida se presentan la pregunta de investigación, la justificación del estudio, el método, los resultados, la discusión, conclusión y finalmente, las sugerencias y limitaciones.

2.1 Atención

2.1.1 Definición

La atención es una experiencia cognitiva difícil de caracterizar. El término *atención* se utiliza para dar cuenta de una amplia gama de fenómenos de comportamiento (Cohen, Sparling-Cohen y O'Donnell, 1993). En las neurociencias cognitivas la atención se define como los cambios en la actividad neuronal en áreas del cerebro involucradas en el procesamiento de un estímulo en particular, generalmente en el incremento de ésta (Laberge, 1995; Maunsell y Cook, 2002; Rees y Lavie, 2001), aunque también se ha reportado el decremento en la actividad (Iidaka, Anderson, Kapur, Cabeza, y Craik 2000).

Desde el inicio del estudio de la atención en el campo de la psicología experimental, William James, en 1890, proporcionó una de las definiciones más clásicas y populares del término por abordar distintas cualidades de la atención:

“[Atención es] la toma de la mente, de forma clara y vívida, de uno de varios posibles objetos de pensamiento que aparecen de forma simultánea. Su esencia está constituida por la focalización, la concentración y la conciencia. Atención significa dejar ciertas cosas para tratar de forma efectiva otras.” (James, 1890, citado en Sternberg y Rodríguez, 2011, pág. 124).

Pese a no ser una definición del todo objetiva ni completa (dado que no explica mediante qué procesos ni cómo funciona la atención) subraya varios aspectos importantes. En primer lugar, que se trata de una capacidad limitada de procesamiento de la información que implica la selección de un estímulo (o una característica dada dentro de un conjunto de estímulos) que será procesado en mayor medida que el resto y con ello facilitar su representación. La selección de información y el control de pensamientos y acciones

acordes con esa selección, ha sido una función importante de la atención reportada en los primeros modelos teóricos (Broadbent, 1958; James, 1890) y actualmente corroborada por los estudios de neuroimagen funcional (Corbetta y Shulman, 2002; Kanwisher y Wojciulik, 2000).

En segundo lugar, las palabras *focalización* y *concentración* manifiestan el esfuerzo que se ha de realizar para supervisar el flujo de información que llega a la persona de manera constante y por último, la importancia de inhibir información irrelevante. En conclusión, la atención implica el filtrado, la selección y la modulación de la información sensorial (Chun, Golomb y Turk- Browne, 2011), y no puede ser entendida como un concepto unitario, ya que ésta se puede descomponer en varios procesos (Redolar, 2014).

A partir de la definición de William James, se han descrito varios modelos teóricos y reformulaciones al término, basados tanto en datos experimentales y clínicos como en estudios de neuroimagen. En la Tabla 1 se muestran algunas de las ideas clave sobre las principales aportaciones teóricas que han ido añadiéndose al estudio de la atención.

Tabla 1. Revisión histórica de algunas aportaciones teóricas al término de atención. Tomado y modificado de Jodar, Periañez y Viejo (2013, pág. 16).

Autores	Año	Principales aportaciones
William James	1890	Distinción entre: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Atención sensorial</i> (dirigida por los estímulos). • <i>Atención voluntaria</i> (dirigida por el individuo).
Cherry	1953	Paradigma de <i>escucha dicótica y sombreado</i> . Pone de manifiesto la relevancia de los atributos del estímulo y su procesamiento en la atención.
Broadbent	1958	Modelo de <i>filtro</i> . La información relevante es seleccionada en las primeras fases del procesamiento de la información, incluso antes de que ésta sea identificada.
Treisman	1960	Propone un modelo de <i>filtro jerárquico</i> en dos fases: 1) Filtro inicial de las características físicas del estímulo y 2) Filtro posterior basado en el reconocimiento semántico del estímulo.
Deutsch y Deutsch	1963	<i>Filtro</i> de selección <i>tardío</i> en función de la importancia relativa del mensaje, la situación y otros factores como la motivación y la emoción.
Neisser	1964	Trata de explicar los <i>mecanismos</i> que determinan qué información será seleccionada (metas, expectativas, experiencias previas, contexto, etc.).
Norman	1968	Prescinde del filtro de atención. Propone un modelo basado en una cantidad de <i>recursos de procesamiento limitados</i> y la necesidad de mecanismos supervisores que asignen los recursos disponibles a los distintos sistemas de procesamiento.
Kahneman	1973	<i>Modelo de recursos de atención</i> . Aunque hay una cantidad limitada de recursos de atención es posible la ejecución simultánea de más de una tarea en función de la dificultad, interferencia específica entre tareas y prioridad asignada a cada una de éstas.
Norman y Bobrow	1975	Teoría general de administración de recursos de atención, mediante <i>curvas POC</i> (<i>performance operating characteristic</i>), se trazan límites de ejecución de una tarea en función de otra.
Shiffrin y Schneider	1977	Distinción entre <i>procesamiento automático</i> (para acciones bien aprendidas y que no consumen recursos de procesamiento) y <i>procesamiento controlado</i> (para situaciones novedosas que sí consumen recursos).
Luria	1980	<i>Bloques funcionales</i> . 1 ^{er} bloque “energético”, regula y mantiene el tono y actividad cortical para vigilia, conciencia, atención y actividad mental organizada, depende de los núcleos de la formación reticular del tronco cerebral y tálamo. 2 ^{do} bloque, de “información”, obtiene, procesa y almacena información del mundo exterior, depende de los lóbulos occipitales, parietales y temporales, cada uno consta de áreas primarias receptoras, secundarias codificadoras y terciarias de integración multimodal. 3 ^{er} bloque, de “regulación”: se encarga de programar, verificar y ejecutar la conducta, iniciativa e intencionalidad así como el control de la atención, se localiza en los lóbulos frontales.
Duncan	1986	Propone el <i>modelo ejecutivo del lóbulo frontal</i> , de corte anatómico, a partir de datos neuropsicológicos en el que el control de la conducta implicaría la participación de tres componentes principales: listas de metas, procedimientos de análisis medios-fines y estructuras de acción. Los dos primeros componentes dependen de los lóbulos frontales.
Norman y Shallice	1980, 1986	El <i>sistema de atención supervisor</i> es el mecanismo que se pone en marcha cuando se requiere un procesamiento controlado o cuando existe un conflicto entre varios esquemas de actuación. Este sistema se encuentra en el lóbulo frontal (con base en estudios neuropsicológicos).

Sholberg y Mateer	1987	En este <i>modelo clínico</i> , la atención se concibe como una serie de funciones jerárquicas, siendo necesarias las funciones básicas para el correcto funcionamiento de las superiores.
Posner y Petersen	1990	Proponen el <i>modelo de tres redes</i> : vigilancia, orientación (red posterior) y red ejecutiva (red anterior). Estas redes son funcional y anatómicamente independientes pero se encuentran en interacción.
Mesulam	1991	La atención es una red neuronal formada por tres redes locales en las que se sustentan los <i>componentes: perceptivo, motor y límbico</i> . Los componentes están controlados a su vez por dos subsistemas: una <i>matriz</i> de atención, que regula la capacidad general de procesamiento y el <i>canal</i> de atención que determina su dirección.
Raymond, Shapiro y Arnell	1992	<i>Efecto del parpadeo</i> , sucede cuando se presentan estímulos en una misma localización espacial en una secuencia rápida (<i>presentación visual serial rápida</i>), es un efecto de atención y no sensorial. Suele citarse como evidencia a favor de la necesidad de atención para el procesamiento consciente de los estímulos.
Van Zomeren y Brouwer	1994	Distinguen entre <i>componentes intensivos</i> (alerta y atención sostenida) y <i>componentes selectivos</i> (atención focalizada y atención dividida). Asimismo, postulan la existencia de un tercer factor supervisor del control de la atención.
Desimone y Duncan	1995	Los estímulos sensoriales visuales compiten por el acceso a la memoria a corto plazo. Esta competencia se puede sesgar hacia estímulos conductualmente relevantes por medio de señales <i>top-down</i> generadas en la corteza prefrontal.
Lavie	1995	<i>Teoría de carga perceptiva</i> . La baja carga de exigencia en tareas que usan pocos recursos cognitivos pueden dejar recursos disponibles para procesar estímulos irrelevantes para la tarea, mientras que tareas de alta carga que utilizan mayores recursos cognitivos, no dejan recursos disponibles para procesar estímulos irrelevantes para la tarea.
Stuss y Benson	1995	La atención se procesa a través de un sistema frontal-diencefálico-troncoencefálico, que incluye: el sistema reticular activador ascendente, el sistema fronto-talámico y proyecciones talámicas difusas.
Luck e Hillyard	2000	La atención opera tanto en fases tempranas como tardías de procesamiento, esto depende de la presencia o ausencia de interferencia en cada uno de los niveles de procesamiento.
Nobre	2001	Recopila los resultados de neuroimagen en tareas de orientación tipo Posner (orientación endógena y exógena) y en tareas de búsqueda. Concluye que ambas implican redes que comparten representaciones neuroanatómicas en una <i>red fronto-parietal dorsal</i> , que incluye principalmente el surco intraparietal, el área motora suplementaria y los campos oculares frontales.
Miller y Cohen	2001	Proponen que la corteza prefrontal es la sede del control cognitivo encargado de la selección y mantenimiento de los patrones de actividad para la consecución de metas y objetivos. Integraron datos de experimentación animal, de neuroimagen en humanos y de modelos computacionales.
Corbetta y Shulman	2002	A partir de datos de neurofisiología animal y neuroimagen funcional en humanos, proponen un modelo de control de la atención con <i>dos redes</i> parcialmente independientes: <i>dorsal</i> (implicada en la atención dirigida a metas o <i>goal directed</i>) y <i>ventral</i> (implicada en la atención orientada por los estímulos o <i>stimulus driven</i>).
Carpenter	2004	<i>Modelo de atención y toma de decisiones perceptivas</i> : plantea que para la discriminación de un estímulo se necesita un proceso de detección de sus rasgos y posteriormente, un proceso de acumulación temporal lineal de información hasta llegar a un umbral de decisión, en el que el observador ha acumulado información suficiente para “decidir” que se ha percibido el estímulo. No es un proceso consciente, depende de las demandas de la tarea y factores motivacionales.

Ríos, Periañez y Muñoz-Céspedes	2004	En función del <i>análisis factorial</i> de datos conductuales proponen <i>cuatro componentes</i> : control de la interferencia, flexibilidad cognitiva, memoria operativa (control de la atención) y velocidad de procesamiento (propiedad básica del sistema).
Posner y Rothbart	2007	Proponen un <i>modelo de tres redes</i> : 1) alerta: participan el <i>locus coeruleus</i> , la corteza parietal y la corteza frontal derecha, y es modulado por norepinefrina. 2) orientación: incluye a la corteza parietal superior, unión temporo-parietal, campos oculares frontales y colículos superiores, esta red está regulada por la acetilcolina. 3) red ejecutiva: modulada por la dopamina e incluye a la corteza anterior del cíngulo, corteza prefrontal lateral ventral y ganglios basales.
Petersen y Posner	2012	

2.1.2 Bases neuroanatómicas y fisiológicas de la atención

Abordar una teoría unificadora sobre la atención es complejo, incluso en el plano anatómico, porque integra componentes perceptivos, motores y límbicos (Mesulam, 1991). Gran parte de la neuroanatomía y neurofisiología de la atención que se conoce actualmente es gracias a la amplia investigación que se ha realizado de ésta en la modalidad visual, cuyo resultado ha sido la descripción de redes de conexiones corticales y subcorticales que se describen a detalle en la propuesta de Posner y colaboradores (Posner y Petersen, 1990; Posner y Rothbart, 2007; Petersen y Posner, 2012), actualmente la más aceptada.

A grandes rasgos, el modelo de Posner y colaboradores coincide con la propuesta jerárquica de Sholberg y Mateer (1987) al involucrar la proyección del sistema reticular activador hacia estructuras como el tálamo, el sistema límbico, los ganglios basales (particularmente el estriado; conformado por el núcleo caudado y el putamen), la corteza parietal posterior (CPP) y la corteza prefrontal (CPF) (Estévez-González, García-Sánchez y Junqué, 1997), las cortezas frontal y parietal lateralizadas al hemisferio cerebral derecho y los núcleos talámicos relacionados a la modalidad sensorial de la atención (Coull, 1998). Posner y Rothbart (2007) proponen un modelo de atención conformado por tres redes: alerta, orientación y red ejecutiva.

2.1.2.1 Red de alerta

Según Raz y Buhle (2006), el estado de alerta tónica o intrínseca es un continuo de capacidad de reacción fisiológica. Se trata de una capacidad inespecífica pues no está dirigida a ningún estímulo, aunque puede incrementar mediante mecanismos de control ejecutivo. Estos autores la distinguen de la atención sostenida o alerta fásica (capacidad para mantener la atención sobre un estímulo, localización o tarea durante periodos de tiempo que van de segundos a minutos) y de la vigilancia (capacidad de mantener el nivel de alerta durante periodos de minutos y horas).

El óptimo mantenimiento de alerta (tónica) se asocia a la integridad de la formación reticular y es considerada en distintos modelos de atención (García de la Rocha, 2007; Mesulam, 1991; Posner y Petersen, 1990; Van Zomerén y Brouwer, 1994). La formación reticular tiene una función central en la regulación y conservación de la activación conductual y el estado de conciencia; consiste en una compleja red de circuitos interconectados de neuronas (en su mayoría serotoninérgicas y noradrenérgicas), en el tegmento del tronco encefálico, el área hipotalámica lateral y los núcleos medial, intralaminar y reticular del tálamo (Everitt y Robbins, 1997; Waxman, 2011).

La atención depende en gran medida del tálamo, ya que al igual que el tronco cerebral, también proyecta a núcleos (e.g. colículos superiores y pulvinar) que modulan la pertinencia de cada estímulo a los canales perceptivos apropiados, así como la regulación de la intensidad de los estímulos en los procesos de atención (Estévez-González *et al.*, 1997).

La red de alerta garantiza el mantenimiento e incremento de respuesta ante un estímulo inminente. Además, se ha descrito que la función de esta red está lateralizada en el hemisferio derecho debido a su mayor innervación de vías noradrenérgicas ascendentes (Posner y Petersen 1990; Petersen y Posner, 2012); su control voluntario está mediado por la corteza cingulada anterior (CCA) (Kiernan, 2014).

2.1.2.2 Red de orientación

El sistema visual procesa una cantidad limitada de información, la cual suele utilizarse para la acción (Desimone y Duncan, 1995). El filtro de información visual irrelevante se logra mediante mecanismos de atención selectiva e implica la participación de la corteza visual y otras regiones cerebrales. Esta red se centra en priorizar la entrada sensorial a través de seleccionar una modalidad o ubicación específica (Jodar *et al.*, 2003).

Las proyecciones colinérgicas del cerebro basal anterior hacia la regiones prefrontales tienen la función de facilitar la regulación del procesamiento endógeno durante tareas de atención, a través de incrementar el procesamiento sensorial de estímulos relevantes y omitir el procesamiento de aquellos irrelevantes (Ruiz-Contreras y Cansino, 2005). Asimismo, en tareas de orientación, como búsqueda visual, se ha observado que diferentes alelos de genes colinérgicos se relacionan con el desempeño en estas tareas (Parasuraman, Greenwood, Kumar y Fossella, 2005), lo que ha confirmado el vínculo entre la orientación y la acetilcolina como neuromodulador.

Distintas regiones cerebrales están implicadas en ejercer un control de la atención, ya sea mediante el filtrado de información irrelevante a través de la atención involuntaria o exógena, conocida como un procesamiento “*bottom-up*” guiada por los estímulos, o

mediante mecanismos de atención voluntaria o endógena, también llamada “*top-down*”, la cual está dirigida a metas (Yantis, 2000).

Una de las contribuciones más importantes de los estudios de neuroimagen en las últimas dos décadas (e.g., Hopf, Boehler, Schoenfeld, Mangun y Heinze, 2012) ha sido mostrar una separación neuroanatómica y funcional entre los procesos de atención. Se han identificado dos redes de atención: una red de atención frontoparietal dorsal (FPD) que participa en la selección de la tarea, la orientación a estímulos y la selección de respuestas relevantes (como habían expuesto Posner y Petersen, 1990); y otra red frontoparietal ventral (FPV), relacionada a eventos sensoriales, principalmente lateralizada en el hemisferio derecho.

Red de atención frontoparietal dorsal

La evidencia temprana para la descripción de la red FPD vino de estudios de diseño por bloques con tomografía por emisión de positrones (TEP). En uno de ellos (Corbetta, Miezin, Shulman, y Petersen, 1993) se observó que los participantes, pese a tener la atención encubierta (mantener la mirada en un punto de fijación), dirigieron la atención a estímulos visuales periféricos. Las regiones centrales que se identificaron incluyeron bilateralmente la corteza parietal dorsal, el surco intraparietal (SIP) ventral y posterior, el lóbulo parietal superior (LPS) y la corteza prefrontal dorsolateral (CPDL) a lo largo del surco precentral, cerca o en el surco de intersección (del giro frontal medial y el giro precentral) de los campos oculares frontales (COF).

Estas regiones fueron observadas (Corbetta *et al.*, 1998; Nobre, 2001) de forma similar cuando ocurrían cambios en la atención encubierta, lo que coincide con la noción de

que los cambios de atención espacial están funcionalmente relacionados con el movimiento ocular (Corbetta, 1998; Rizzolatti, Fogassi y Gallese, 1997). Sin embargo, estos estudios confundían la actividad para cambiar la atención con la actividad asociada a otro tipo de procesos como la detección de objetivos y las respuestas motoras (Jack, Shulman, Snyder, McAvoy y Corbetta, 2006), por lo que se determinó una anatomía funcional más exacta del mantenimiento de la atención mediante RMf, que ofrece una resolución temporal superior a la TEP (Buckner *et al.*, 1996; Ollinger, Shulman y Corbetta, 2001a; 2001b), una alta resolución espacial, así como la facilidad y exactitud para fusionar imágenes funcionales con estructurales (Álvarez, Ríos, Hernández, Bargalló y Calvo-Merino, 2008).

La RMf es una técnica de neuroimagen que se basa en los principios fisiológicos que relacionan estrechamente la actividad neuronal con el metabolismo y el flujo sanguíneo (Gore, 2003). A través de la señal BOLD (*Blood Oxygen Level Dependent*) dependiente del nivel de oxigenación sanguínea, es posible cuantificar los cambios hemodinámicos de distintas regiones del cerebro para la evaluación funcional de procesos cognitivos (Armony, Trejo-Martínez y Hernández, 2012).

Con esta técnica, se distinguió la actividad cerebral desencadenada por la atención dirigida a la localización (en función del estímulo) de aquella desencadenada por la presentación y detección de un objetivo. Estos estudios (Corbetta, Kincade, Ollinger, McAvoy y Shulman, 2000; Hopfinger, Buonocore y Mangun, 2000; Kastner, Pinsk, De Weerd, Desimone, y Ungerleider, 1999; Shulman *et al.*, 1999) confirmaron el reclutamiento de un pequeño número de regiones que incluían el SIP ventral y medial, los campos oculares suplementarios, los COF y el LPS, regiones que mantienen su actividad cuando la atención encubierta se dirige hacia un estímulo periférico. La actividad cerebral

es típicamente bilateral, pero algunas regiones como los COF, muestran actividad contralateral al lugar al que se presta atención (Sylvester, Shulman, Jack y Corbetta, 2007).

Numerosas investigaciones (e.g. Bestmann, Ruff, Blakemore, Driver y Thilo, 2007; Bressler, Tang, Sylvester, Shulman y Corbetta, 2008; Corbetta, Patel y Shulman, 2008; Ruff *et al.*, 2006, 2009) han demostrado que la red FPD es responsable del control de la atención endógena. Éstas han mostrado la activación inicial en regiones occipitales ante estímulos visuales y posteriormente, a lo largo del SIP, el LPS y áreas frontales, como la CCA, el área motora suplementaria y los COF. En esta extensa red, en particular el SIP y los COF se han vinculado con la función de propiciar un rápido control estratégico sobre la atención a través de la generación de *sets* (conjuntos programados estímulo-respuesta dirigidos a completar metas concretas). Asimismo, en estos estudios, durante el procesamiento de estímulos se observa un incremento de la actividad cerebral en las regiones en las que se representa la información relevante para la tarea.

Los *sets* de atención actúan como señales *top down* que propician que ciertos estímulos, objetos o características percibidas aumenten su contraste sobre los que no son relevantes. El sistema FPD es responsable del establecimiento de conexiones entre la información sensorial relevante y las representaciones motoras adecuadas (Jodar *et al.*, 2013) por lo que otras estructuras frontales, como la ínsula, y subcorticales, como el núcleo pulvinar del tálamo, también forman parte de esta red (Redolar, 2014). El sistema FPD también se relaciona con el sistema FPV, ya que participa en la orientación hacia estímulos externos cuando se interrumpe el foco de atención y se cambia la ubicación de destino, situación en la que observa también activación en la unión temporoparietal (UTP) y la

corteza frontal ventral (CFV), regiones del sistema FPV (Corbetta y Shulman 2002) (Figura 1).

Red fronto parietal ventral

En contraste con el patrón bien caracterizado de activación de las regiones frontoparietales dorsales durante el intervalo de preparación entre una señal de atención y un objetivo, un conjunto mucho más amplio de áreas cerebrales se activa sólo mediante la detección de un objetivo (Corbetta *et al.*, 2000; Hopfinger *et al.*, 2000; Shulman *et al.*, 1999). Se trata de un subconjunto más restringido de regiones modulado por la validez del objetivo; es decir, si un objetivo aparece en una ubicación desatendida (señal inválida) o atendida (señal válida).

Estas regiones incluyen regiones dorsales del LPS y *precuneus*, la parte posterior del surco y giro temporal superior, la parte ventral del giro supramarginal (dentro de la UTP), el giro frontal medio e inferior, el opérculo frontal y la ínsula anterior (colectivamente CFV). Todas estas regiones responden significativamente más a señales inválidas que válidas y muestran una lateralización en el hemisferio derecho. La lateralización de la red FPV se ha confirmado ampliamente (Arrington, Carr, Mayer y Rao, 2000; Corbetta *et al.*, 2000; Downar, Crawley, Mikulis y Davis, 2000; Macaluso, Frith y Driver, 2002; Shulman *et al.*, 2009), incluso en estado de reposo (Liu, Stufflebeam, Sepulcre, Hedden, y Buckner, 2009). Por lo que regiones frontoparietales ventrales de la UTP y la CFV y a nivel subcortical los colículos superiores, que contienen mapas de saliencia clave para la integración multisensorial, forman la red FPV especializada en la reorientación impulsada por el estímulo que coactiva con la red FPD cuando ocurre un nuevo objetivo relevante en el ambiente (Corbetta y Shulman, 2002; Redolar, 2014).

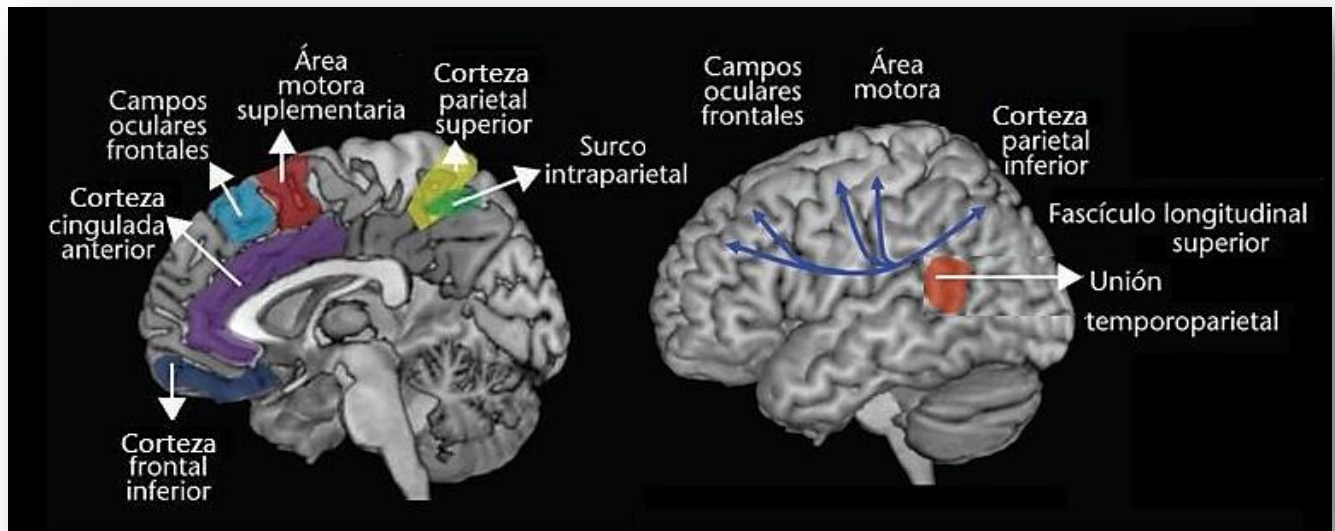


Figura 1: Principales áreas implicadas en la red de orientación de la atención exógena y endógena, y principal conexión entre ellas. Imagen tomada y modificada de Jodar *et al.*, (2013, pág. 24).

Aunque se ha explicado la existencia de un solapamiento de las áreas cerebrales asociadas a la atención endógena y exógena, es importante destacar que la interacción entre estas dos redes de orientación de la atención determinan no sólo a qué se presta atención, sino también dónde y cómo se hace, por lo que se trata de un modelo de orientación y también de control (Nobre, 2001); el hecho de que las áreas se solapen no implica necesariamente que los mecanismos involucrados sean los mismos.

2.1.2.3 Red ejecutiva

Posner y Raichle (1994) definieron la función de esta red como la de detección, ya que está implicada en el reconocimiento consciente de que un objeto está presente, de su identidad y de la meta que busca. En este sentido, la detección implica la ejecución consciente de una instrucción (Posner y Raichle 1994, citado en Miyake *et al.*, 2000).

Una forma de activar la red ejecutiva en adultos es propiciar el conflicto entre dos posibles respuestas a un evento. El medio típico de hacerlo es mediante la tarea clásica de Stroop; en ella se presenta una palabra en un color de tinta que es el mismo o diferente del nombre de la palabra. La tarea de la persona es decir el color de la tinta y no la palabra. En adultos, la lectura de la palabra es tan automática que existe una fuerte tendencia a leerla (por ejemplo, **rojo**) en lugar de identificar el color de la tinta (en el ejemplo, azul) (Posner y Rothbart, 2007).

Norman y Shallice (1986) describieron un tipo de detección de la acción, la detección de respuestas erróneas. Este es un indicador conductual de la detección y corrección de errores que produce tiempos de reacción más largos, su correlato electrofisiológico es la negatividad relacionada con el error en los potenciales relacionados a eventos (PRE), que se registra después de la detección de un error por parte del participante (Gehring, Gross, Coles, Meyer y Donchin, 1993). La negatividad relacionada al error se ha relacionado con la actividad que se origina en la CCA (Van Veen y Carter, 2002), región cerebral relacionada con la atención ejecutiva.

Los estudios de neuroimagen (Botvinick, Nystrom, Fissell, Carter y Cohen, 1999; Carter *et al.*, 1998) han confirmado que tareas como Stroop, atención dividida o la alternancia entre tareas, activan áreas comunes del giro del cíngulo anterior. La porción dorsal se relaciona con tareas estrictamente cognitivas y el área ventral se asocia con tareas emocionales (Botvinick, Braver, Barch, Carter y Cohen, 2001; Bush, Luu y Posner, 2000). Aunque la anatomía cingulada es mucho más compleja, la división en áreas relacionadas con la cognición y la emoción ha sido apoyada por estudios anatómicos más detallados (Beckmann, Johansen-Berg y Rushworth, 2009).

Estructuras subcorticales como los ganglios basales constituyen un sistema de interfaz, establecen un puente entre la formación reticular, la corteza cerebral y el sistema límbico. A través del núcleo estriado se transmite información a la corteza que permite el procesamiento selectivo y focalizado de la atención. Por otro lado, la conexión de los núcleos basales con estructuras límbicas como la amígdala, interviene en procesos emocionales que se integran a los procesos implicados en la atención (Pérez y Alba, 2014).

Mientras que los sistemas noradrenérgicos y colinérgicos se ven implicados en otros aspectos de la atención (e.g., orientación), el sistema dopaminérgico se ha asociado con procesos más ejecutivos, tales como el cambio y/o el desplazamiento de la atención, y con la memoria de trabajo¹ (Coull, 1998).

La participación común del cíngulo anterior en la atención, emoción y el control cognitivo ha proporcionado una base para el argumento de que la red de atención ejecutiva es fundamental para diversas funciones (Petersen y Posner, 2012; Jodar *et al.*, 2013) como:

- Mantener la información activa en la memoria de trabajo evitando las distracciones hasta que se ha completado el objetivo; propiciar la suficiente flexibilidad para actualizar las representaciones que se estén utilizando.
- Detectar los conflictos que ocurren cuando se produce una activación simultánea de representaciones o vías de procesamiento que compiten.

¹ Se define como un sistema que mantiene y manipula la información de manera temporal. Interviene en importantes procesos cognitivos además de la atención como la comprensión del lenguaje, la lectura, el razonamiento, entre otras (Tirapu y Luna, 2008). El modelo explicativo fue desarrollado inicialmente por Baddeley y Hitch (Baddeley y Hitch 1974; Baddeley, 1997), pero ha sido reformulado hace casi un par de décadas (Baddeley, 2000), donde se describen cuatro subcomponentes diferenciados: el bucle fonológico, la agenda visuoespacial, el ejecutivo central y el *buffer* episódico.

- Proporcionar una fuente de actividad que pueda ser desviada y extendida a otras estructuras.
- Acceder a un amplio rango de representaciones situadas en otras regiones, lo que permite ejercer una influencia sobre las mismas.

La amplitud de funciones requiere de la intervención e interacción de distintas áreas cerebrales, éstas se atribuyen en su mayoría a regiones frontales y prefrontales (Figura 2). Estas regiones controlan la atención evitando la dispersión e interferencia de estímulos distractores ajenos a la tarea principal; se activan más durante la ejecución de tareas novedosas o con mayor exigencia cognitiva; regulan actividades que requieren planificación, flexibilidad y atención dividida; y controlan los movimientos oculares sacádicos a través de los COF para realizar eficientemente tareas de atención visual.

La inhibición se ha estudiado en relación con la función orientadora y ejecutiva de la atención (Fuentes, 2004), por lo tanto, parece ser esencial para la selección y control de la atención. MacDonald, Cohen, Stenger y Carter (2000) han relacionado el control cognitivo de la inhibición con la actividad en la CPDL.

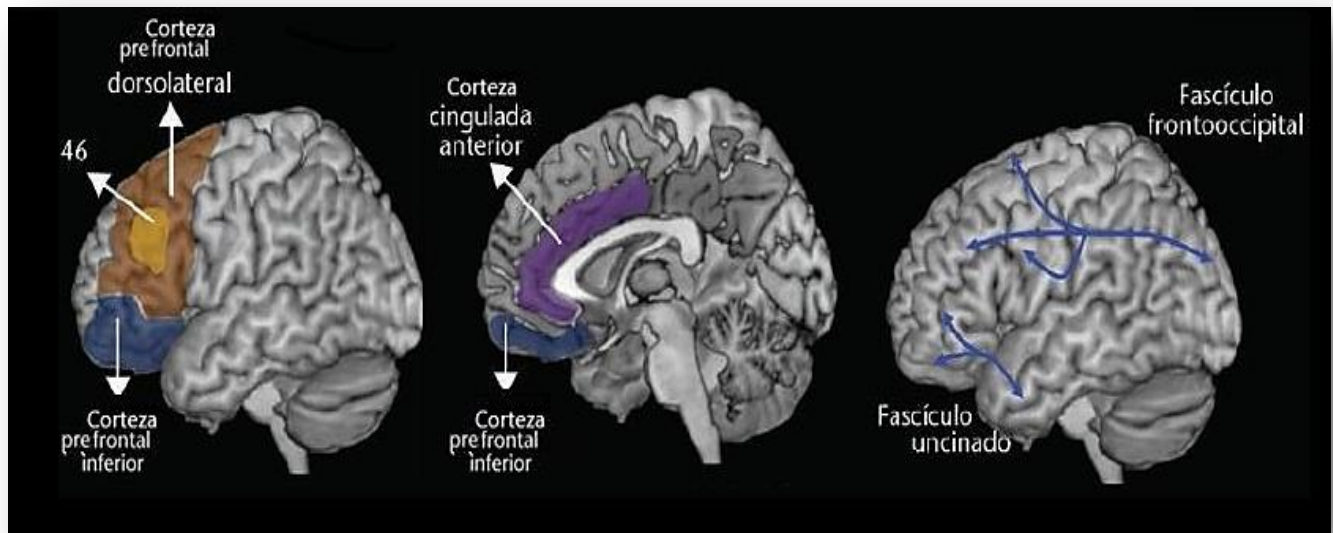


Figura 2: Principales áreas de la red ejecutiva y porciones de sustancia blanca implicadas en la intercomunicación entre dichas áreas. El número 46 hace referencia a un área de Brodmann (BA). Figura tomada y modificada de Jodar *et al.*, (2013, pág, 28).

2.1.3 Control ejecutivo de la atención

El control ejecutivo y/o funcionamiento ejecutivo hacen referencia a una serie de mecanismos implicados en la optimización de los procesos cognitivos para orientarlos hacia la resolución de situaciones complejas (Tirapu-Ustárroz, Muñoz-Céspedes y Pelegrín, 2002).

Las habilidades de control ejecutivo dependen de circuitos neuronales que se distribuyen en numerosas regiones cerebrales, principalmente en los lóbulos frontales. En el control ejecutivo también intervienen la parte anterior de los lóbulos parietales, separada por la cisura central (o de Rolando), y la parte superior de los lóbulos temporales, separada por la cisura lateral (o de Silvio). El suministro sanguíneo de esta región depende principalmente de la arteria cerebral media y de la arteria cerebral anterior (Kiernan, 2014; Waxman, 2011).

En el polo anterior de los lóbulos frontales se encuentra la CPF que es un conjunto de áreas de la neocorteza que mantiene proyecciones de entrada y salida con los sistemas sensoriomotores, mnémicos y subcorticales (Miller y Cohen, 2001; Portellano, 2005). La CPF se considera un área de asociación heteromodal y multimodal (Kolb y Whishaw, 2003; Tirapu-Ustárrroz y Muñoz-Céspedes, 2005).

Esta estructura es de gran relevancia ontogenética y filogenética porque en los seres humanos es la última estructura cerebral en desarrollarse. Se estima que el desarrollo de la CPF concluye entre los 21 y 30 años de edad, donde la CPDL es la zona que madura al final. Desarrollo que coincide con la conclusión del proceso de mielinización axonal (Gogtay *et al.*, 2004).

Fletcher y Henson (2001) han sugerido que es posible distinguir tres áreas prefrontales funcionalmente diferentes: la parte ventromedial y ventrolateral (áreas de Brodmann [BA] 25 y 32) se relaciona con procesos de mantenimiento de la información; la región dorsolateral (BA 8, 9,10 y 46) se asocia a la manipulación y verificación de ésta; y la parte anterior (incluye la CCA, BA 24, 32 y 33) se asocia a la selección de objetivos (Figura 3).

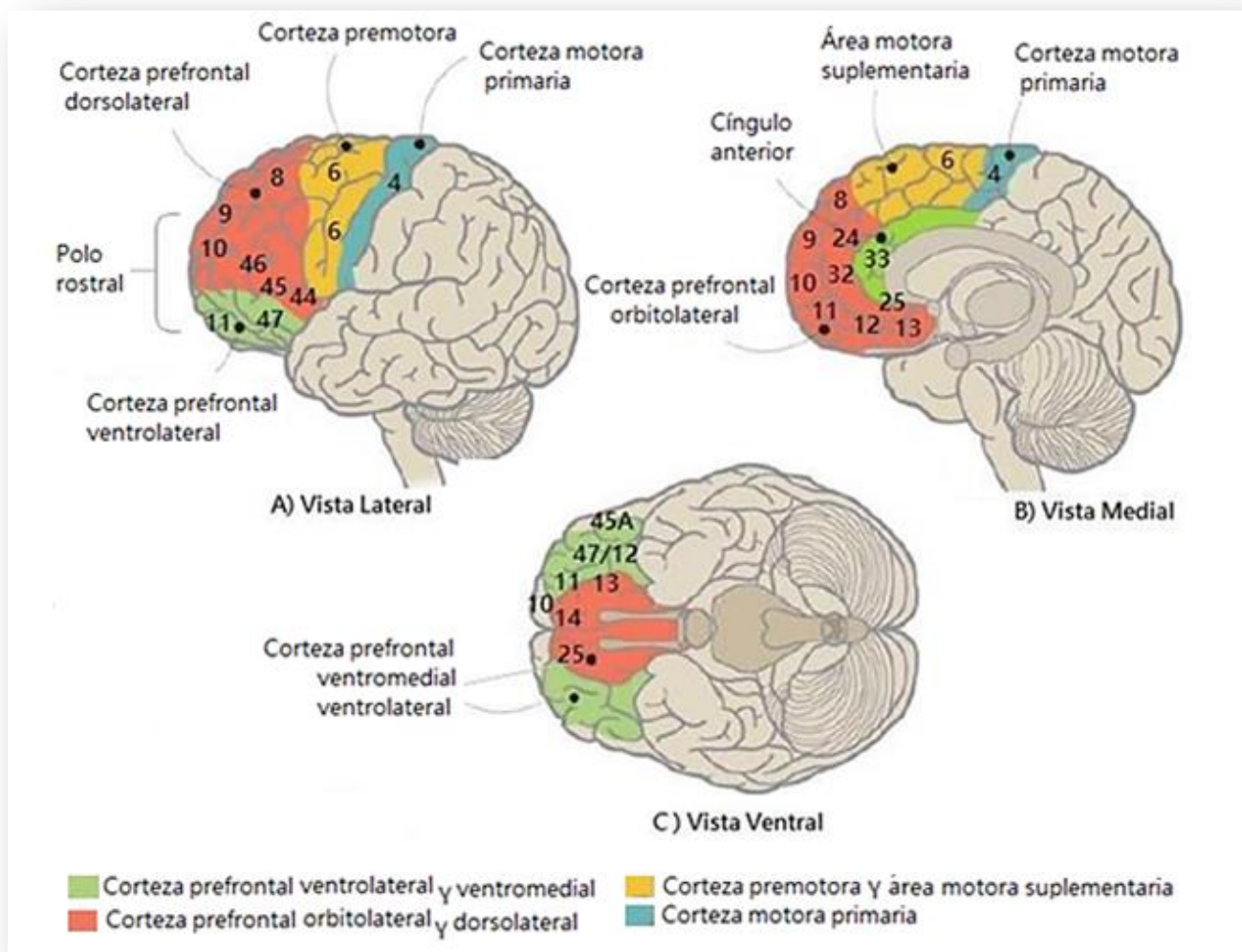


Figura 3. Subregiones de la corteza frontal y prefrontal, así como zonas funcionales de acuerdo a Brodmann. Imagen modificada de Tirapu-Ustárroz, García-Molina, Luna, Roig y Pelegrín (2008a, pág.685).

Entre los distintos circuitos funcionales de la CPF (Alexander, Crutchery De Long, 1991; Cummings, 1993; Masterman y Cummings, 1997), el circuito dorsolateral es el más relacionado con actividades puramente cognitivas, como la memoria de trabajo, la orientación y adecuación de los recursos de atención selectiva, la formación de conceptos y la flexibilidad cognitiva (Bechara, Damasio y Damasio, 2000).

La memoria de trabajo es un constructo teórico particularmente importante para entender el funcionamiento ejecutivo (Milller y Cohen, 2001). Aunque el término podría ser

entendido como parte de un sistema de memoria, en realidad se trata de un sistema de atención operativa que trabaja con contenidos de memoria (Tirapu-Ustárrroz, y Muñoz-Céspedes, 2005). De los cuatro subcomponentes de la memoria de trabajo descritos por Baddeley (Baddeley y Hitch 1974; Baddeley, 1997 y Baddeley ,2000), los siguientes tres conciernen a la atención visual:

- 1) La agenda visuoespacial² conserva y opera por un periodo corto de tiempo con imágenes e información espacial mediante la visualización mental (Baddeley, 1981).
- 2) El ejecutivo central es análogo al Sistema de Atención Supervisor (SAS) de Norman y Shallice (1986), ya que se activa cuando una situación es desconocida o novedosa, lo que pone en acción procesos de anticipación, selección de objetivos, planificación y monitorización (Shallice, 1988). El ejecutivo central no contiene información en sí misma, pero la manipula mediante al menos seis procesos interrelacionados: codificación y mantenimiento de la información cuando se satura el bucle fonológico y la agenda visuoespacial; mantenimiento y actualización; mantenimiento y manipulación; ejecución dual, como la capacidad para trabajar con el bucle fonológico y la agenda visuoespacial simultáneamente; inhibición de estímulos irrelevantes y alternancia cognitiva (mediante la inhibición y la actualización de criterios cognitivos) (Tirapu-Ustárrroz y Muñoz-Céspedes, 2005).
- 3) El *buffer* episódico que procede de la noción de que la información fonológica y visual se combina de algún modo, además integra la información que proviene de

² El bucle fonológico opera de forma similar que la agenda visuoespacial, sólo que su cometido se centra en mantener y manipular mediante el repaso articulatorio el material verbal de la memoria de trabajo (Tirapu-Ustárrroz, y Muñoz-Céspedes, 2005).

la memoria a largo plazo. Se trata de un sistema que crea una representación multimodal y temporal de la situación actual. El *buffer* episódico no está localizado en un área específica del cerebro, sino que depende de la descarga sincrónica de diferentes grupos de neuronas que se encuentran en una red ampliamente distribuida y formada por vías redundantes (Prabhakaran, Narayanan, Zhao y Gabrieli, 2000).

Algunos de los procesos antes mencionados como parte del ejecutivo central o SAS son retomados y descritos por Miyake y colaboradores (Miyake *et al.*, 2000; Miyake, Friedman, Rettinger, Shah y Hegarty, 2001). Estos autores describieron tres componentes que contribuyen de manera diferencial al rendimiento en tareas de tipo ejecutivo que requieren el control de la atención:

- *Actualización*: implica la monitorización, manipulación y actualización de información en línea en la memoria de trabajo.
- *Inhibición*: consiste en la capacidad para inhibir de forma deliberada o controlada la producción de respuestas predominantes automáticas cuando la situación lo requiere.
- *Alternancia*: capacidad de cambiar de manera flexible entre distintas operaciones, tareas o esquemas mentales.

La CPF, gracias a las conexiones recíprocas que mantiene con otras áreas, modula aferencias provenientes de estados internos y eferencias necesarias para responder a las tareas. Asimismo, la CPF se encarga de mantener las pautas de actividad que representan objetivos y los medios para lograrlos. El control de esta región se aplica a situaciones en las

que una señal preferente promueve una respuesta adecuada de acuerdo a las exigencias del contexto (Miller y Cohen, 2001).

Acorde con esta premisa, Koechlin, Corrado, Pietrini y Grafman (2000) propusieron un modelo del control ejecutivo prefrontal en cascada. En este modelo, las representaciones (tareas o asociaciones estímulos-respuestas evocadas en un contexto) se extienden desde la corteza premotora hasta las regiones más anteriores de la corteza prefrontal lateral (CPFL) para regular diferentes señales necesarias para el control de las acciones. Koechlin *et al.*, (2000), mediante RMf, reportaron una disociación dentro de la CPFL: por un lado, la CPF medial anterior (en asociación con el estriado ventral) se activó cuando los participantes ejecutaban tareas en secuencias; mientras que por el otro, la CPF polar (en asociación con el estriado dorsolateral) se activó cuando los participantes realizaban tareas en secuencias que eran contingentes a eventos impredecibles.

La arquitectura en cascada propone que se reclutan procesos de control desde zonas posteriores de la CPFL hacia zonas anteriores, y esto depende de la estructura temporal de las representaciones que relacionan la acción con las señales que las determinan (Tirapu-Ústarroz *et al.*, 2008b) (Figura 4).

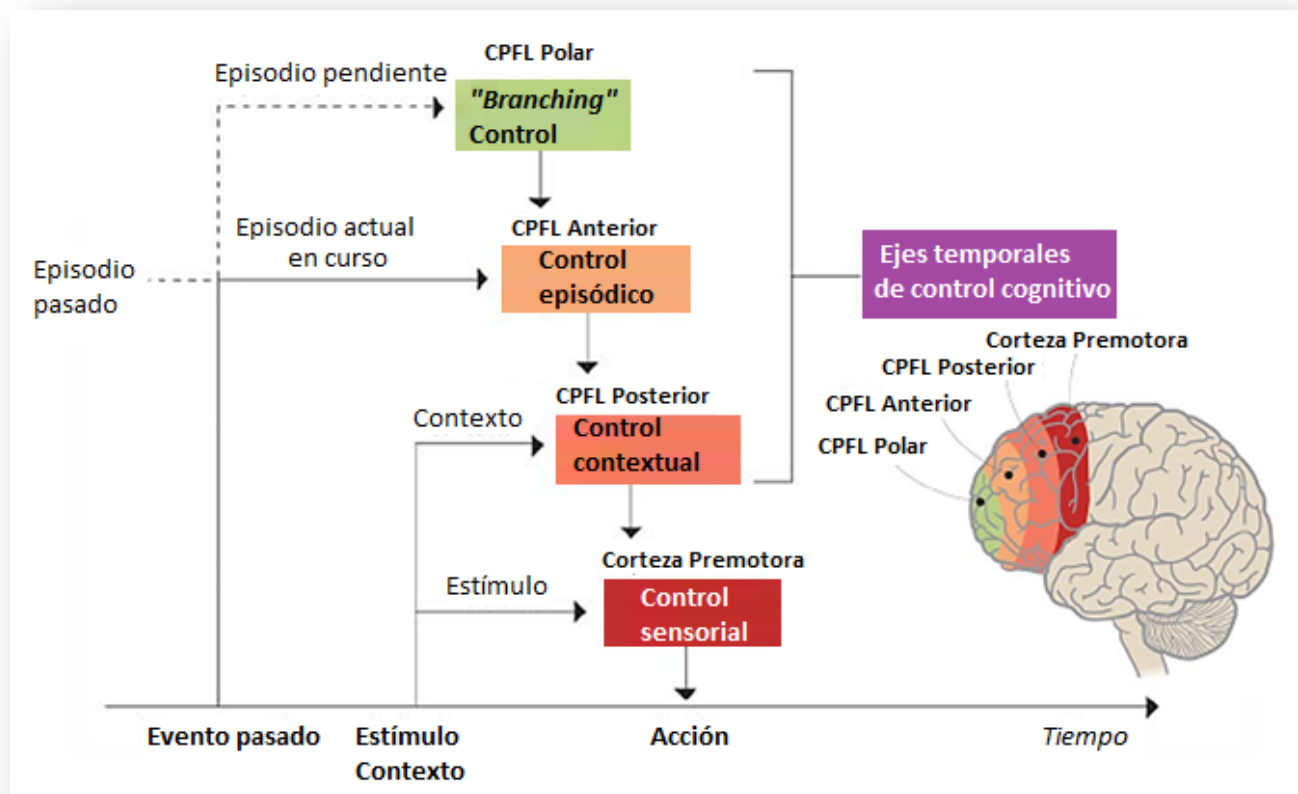


Figura 4: Modelo de arquitectura en cascada del control ejecutivo postulado por Koechlin *et al.*, 2000, imagen adaptada de Tirapu-Ustárrroz *et al.* (2008b, pág. 744).

Se distinguen cuatro niveles de control, anatómicamente organizados de manera postero-anterior, según la complejidad cognitiva: sensorial, contextual, episódico y *branching* (Tirapu-Ustárrroz *et al.*, 2008b). El control sensorial es el primer eslabón de esta cascada, se ubica en la corteza premotora y vincula la selección de acciones motoras en respuesta a estímulos. El control contextual, cuyas regiones son caudales a la CPFL, responde a las asociaciones estímulo-respuesta de acuerdo con las señales perceptivas del contexto que acompañan dichas asociaciones. El control episódico se localiza en las regiones rostrales de la CPFL y la CPDL, y está implicado en la activación de representaciones en función del transcurso temporal en el que aparecieron los estímulos o eventos. Por último, el *branching* se ubica en la parte polar de la CPFL (BA 10) y está

involucrado en la activación de episodios de comportamiento coherentes con los planes de acción que se están desarrollando (Tirapu-Ustároz *et al.*, 2008b).

El modelo en cascada enfatiza que la CPF posterior en asociación con la corteza premotora, sostiene procesos ejecutivos básicos como la memoria de trabajo y la asignación de recursos de atención entre tareas sucesivas (D'Esposito *et al.*, 1995; Dove, Pollmann, Schubert, Wiggins y von Cramon, 2000); mientras que la CPF anterior se involucra en procesos que integran a la memoria de trabajo y a la alternancia entre tareas (Koechlin, Basso, Pietrini, Panzer y Grafman, 1999).

2.1.4 Atención dividida

El término atención dividida en el estudio de la memoria, se refiere a un paradigma experimental en el que los participantes aprenden o recuperan información mientras realizan otra tarea al mismo tiempo, ésta puede ser sencilla (demanda pocos recursos de los procesos de memoria) o difícil (demanda muchos recursos de los procesos de memoria) (Kensinger *et al.*, 2003).

Para evaluar el costo que tiene la división de atención cuando se realizan dos tareas, a menudo se compara la condición de atención dividida con una condición de atención completa en la que se hacen cada una de las tareas por separado (Trejo-Morales y Cansino, 2011). Zanto y Gazzaley (2014) describieron tres formas para evaluar la atención cuando ésta se divide:

- 1) Atención dividida multiflujo: Se refiere a la atención que se orienta hacia varios ítems de información o estímulos que se presentan de manera simultánea, y en la

misma modalidad sensorial en una tarea objetivo o principal y en una tarea secundaria, concurrente o distractora.

- 2) Atención dividida multimodal: Implica la asignación de atención a múltiples piezas de información en diferentes modalidades sensoriales que se presentan simultáneamente. El paradigma más conocido de este tipo consiste en la asignación de una tarea visual como principal y una tarea de discriminación auditiva como secundaria.
- 3) Atención dividida multitarea: Este paradigma puede incluir la atención dividida multiflujo y multimodal, y es generalmente la más exigente en términos cognitivos, ya que requiere que la atención se dirija a múltiples objetivos en la tarea, así como a varios estímulos.

Algunas interrogantes que surgen con respecto a lo que sucede con la atención cuando dos tareas deben llevarse a cabo al mismo tiempo son: ¿es posible compartir la atención? Si es así, ¿qué sucede cuando se comparte?, ¿existen diferentes mecanismos de atención responsables de las distintas tareas?, ¿qué es precisamente lo que se hace "al mismo tiempo"? (Styles, 2006).

Uno de los modelos que ha intentado explicar esto, es el modelo de interferencia (Pashler, 1990), el cual propone que los efectos de la división de los recursos de atención se deben a la interferencia que ocurre cuando dos tareas se realizan simultáneamente. Interferencia que se incrementa a medida que las tareas comparten códigos similares como el procesamiento de estímulos en la misma modalidad (e.g., atención dividida multiflujo)

y/o cuando ambas tareas requieren el mismo tipo de respuesta (Hazeltine, Ruthruff y Remington, 2006, citado en Trejo- Morales y Cansino, 2011).

Clapp y Gazzaley (2012) han descrito que la interferencia puede ser generada por fuentes de información externa o interna. La interferencia externa se produce a partir de estímulos sensoriales ambientales y se clasifican en "distracciones" e "interrupciones". Las distracciones son información sensorial que tendría que ser ignorada, pues es irrelevante al objetivo principal; mientras que las interrupciones son estímulos externos que necesitan ser atendidos pero son prioridad secundaria en el conjunto de objetivos de la meta principal. La atención dividida multitarea se considera como la respuesta a las interrupciones mientras se asiste a los estímulos relevantes para la meta.

La interferencia interna puede clasificarse como distracciones internas irrelevantes denominadas "intrusiones" e interrupciones internas llamadas "desviaciones" (Clapp y Gazzaley, 2012). Las intrusiones ocurren cuando se piensa en algo ajeno a la tarea, y las desviaciones involucran otros sistemas cognitivos mientras se está realizando una tarea importante para el objetivo principal. Al igual que las interrupciones externas, las desviaciones implican multitareas que demandan formas de planeación diferentes (Clapp y Gazzaley, 2012; Mishra, Anguera, Ziegler, y Gazzaley, 2013).

La investigación sobre el tema (Clapp *et al.*, 2010; Gazzaley *et al.*, 2005, Zanto *et al.*, 2010) ha demostrado que las distracciones y las interrupciones tienen un procesamiento neuronal distinto. Otros estudios (Andrews-Hanna, 2012; Buckner, Andrews-Hanna, y Schacter, 2008) sugieren que la interferencia interna involucra una red en el cerebro conocida como red de modo predeterminado o red de modo por defecto (DMN, por sus siglas en inglés *default mode network*), en la que algunas regiones presentan mayor

activación durante comportamientos no orientados a tareas. El estudio de la actividad neuronal que distinguen a las intrusiones internas de las desviaciones internas requiere métodos sofisticados, por lo que aún se desconocen (Mishra *et al.*, 2013).

Para que el control *top-down* sea efectivo se debe suprimir la interferencia y mejorar la entrada de información relevante para el cumplimiento de la meta (Mishra *et al.*, 2013), función que se ha atribuido mayormente a la CPDL (Simons y Spiers, 2003).

Algunos de los componentes ejecutivos descritos por Miyake *et al.*, (2000; 2001) contribuyen a la realización de tareas que implican la división de la atención. Por ejemplo, la alternancia (entre tareas o focos de atención) y la inhibición. Esta última implica la supresión de información interna o externa para evitar la interferencia sobre el procesamiento actual de la información y sobre las estructuras que permiten la planeación y la realización de conductas dirigidas a un objetivo (Garrido y Loyo, 2006). Estos mecanismos son mediados por el sistema dopaminérgico que brinda la regulación del acceso de representaciones internas a la CPF y al mismo tiempo, realiza funciones de protección frente a posibles interferencias (Cohen, Braver y O'Reilly, 1996; Coull, 1998).

2.2 Memoria

2.2.1. Definición y tipos

La memoria es un proceso que consta de tres operaciones: codificación, almacenamiento y recuperación (Brown y Craik, 2000). Durante la codificación, se transforman los datos de la información sensorial en una forma de representación mental; en

el almacenamiento se conserva la información codificada y en la recuperación, se extrae o utiliza la información almacenada (Sternberg y Rodríguez 2011).

Se han propuesto diferentes variables para llevar a cabo una taxonomía de la memoria, la cual puede realizarse a partir de diferentes criterios (Figura 5).

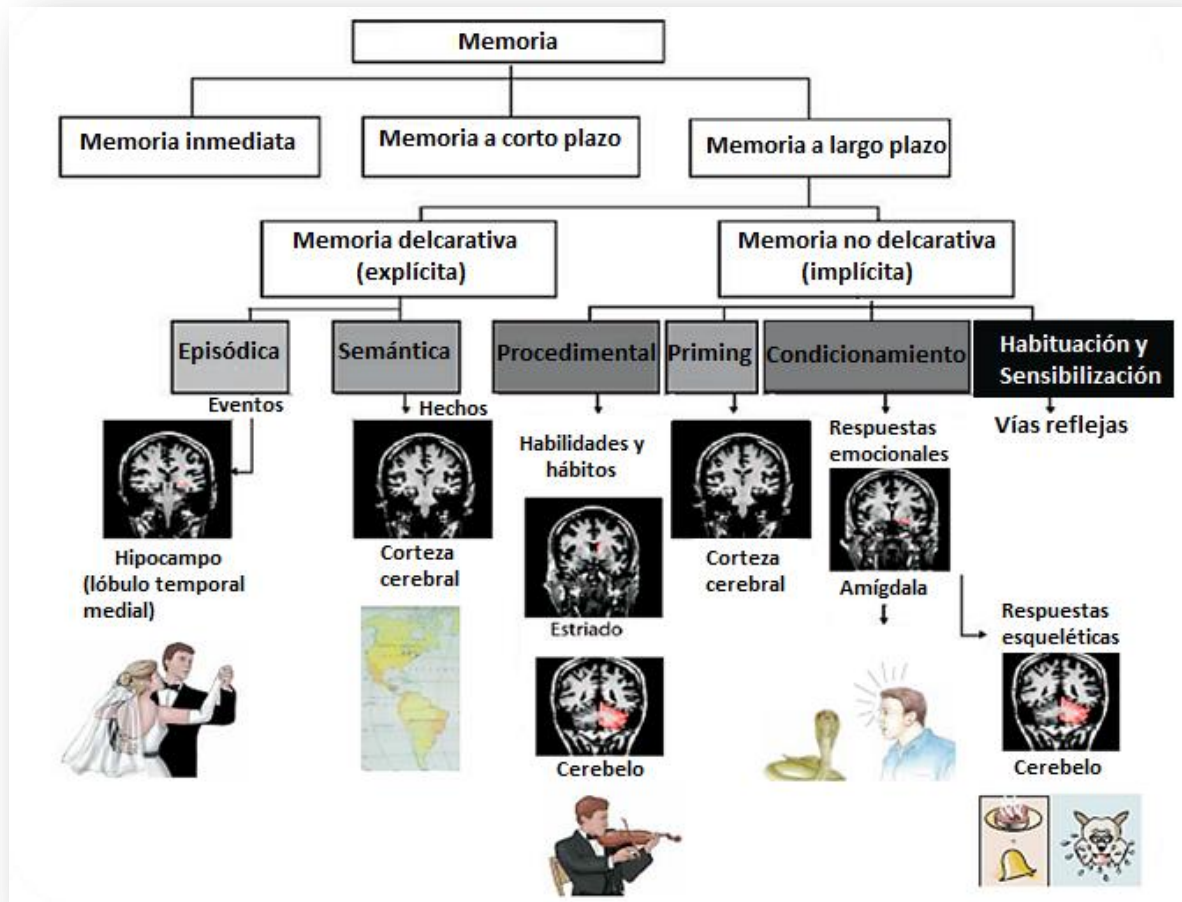


Figura 5: Esquema integrador de la memoria según el criterio temporal y cualitativo para su clasificación, taxonomía y principales correlatos neuroanatómicos. Imagen creada con información de Bear, Connors y Paradiso (2016, pág. 825) y González, Jodar y Muñoz (2003, pág. 57).

De acuerdo a criterios temporales, la memoria se puede clasificarse en (Atkinson y Shiffrin, 1968):

a) Memoria inmediata o sensorial: intervienen cada uno de los sistemas sensoriales (memoria icónica o visual, auditiva o ecoica, háptica o táctil, olfativa y gustativa). Se considera el primer eslabón de la memoria. Su registro se desvanece con rapidez sin la participación de otros sistemas mnemónicos, su duración es de tan sólo algunos milisegundos.

b) Memoria a corto plazo: sistema de retención y almacenamiento con capacidad limitada y duración de varios segundos. Participa en el recuerdo de material inmediatamente posterior a su presentación y permanece mientras su almacenamiento sea ininterrumpido.

c) Memoria a largo plazo: Se refiere a la capacidad para retener información durante periodos prolongados de tiempo (días, meses o años) una vez que ha sido almacenada. No tiene un límite conocido y en condiciones de normalidad, el material se conserva o decae muy lentamente (Varela, Ávila-Costa y Van der Goes, 2005).

Desde un criterio cualitativo es posible distinguir entre memoria explícita o declarativa y memoria implícita o no declarativa, cuyas particularidades se comparan en la Tabla 2.

Tabla 2: Características de la memoria explícita (declarativa) e implícita (no declarativa). Con información de González *et al.*, (2013, pág. 55) y Portellano (2005, pág. 237).

	Memoria explícita	Memoria implícita
CONCEPTO	<ul style="list-style-type: none"> • Se refiere a hechos, personas, lugares o cosas que se recuerdan de manera consciente y deliberada. • Es la memoria del “saber qué”. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se refiere a las sensaciones, capacidades y habilidades que se recuerdan de modo inconsciente. • Es la memoria del “saber cómo”.
AFECCIÓN	•Muy vulnerable al deterioro.	•Poco vulnerable al deterioro.
TIPO DE PROCESAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Es un proceso creativo que requiere de síntesis y reconstrucción. • Permite que el individuo interprete el mundo externo. 	• Es un proceso automático que se adquiere mediante repetición.
MODALIDADES	<ul style="list-style-type: none"> • Semántica • Episódica: autobiográfica, prospectiva y retrospectiva 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Priming</i>³ • Condicionamiento • Memoria de procedimiento

Entre la memoria explícita e implícita existen distinciones en el plano del procesamiento, de representación y neuroanatómico (Ruiz-Vargas, 2000). El plano de procesamiento en la memoria explícita es flexible porque no está ligada a ningún contenido específico y por ello, se puede acceder a la información desde contextos diferentes; además, es composicional ya que representa tanto a los componentes como a la totalidad del evento.

Por el contrario, la memoria implícita es inflexible porque resulta de la experiencia y por ello, sólo es accesible mediante la re-implicación de los mismos sistemas que participaron en el aprendizaje; mismos que suelen requerir repetición y práctica durante un

³ Tipo de aprendizaje implícito que facilita el procesamiento de un material específico al cual se ha sido expuesto anteriormente, ya sea en precisión, en velocidad o en ambos aspectos. Se distinguen *priming* perceptivo y *priming* semántico (Jodar *et al.*, 2003).

período de tiempo extenso, lo que disminuye la probabilidad de ser olvidada (Bear *et al.*, 2016; Ruiz-Vargas, 2000).

En el plano de representación, Tulving y Schacter (Tulving y Schacter, 1990; Schacter y Tulving, 1994) distinguieron cinco grandes sistemas de memoria humana (Figura 6): memoria de procedimiento, de representación perceptual (que incluye al *priming*), semántica, operativa o de trabajo y episódica. Estos autores proponen un continuo jerárquico entre los sistemas que va desde lo implícito (marcado por el extremo procedimental) a lo explícito (marcado por el extremo episódico), en el que los sistemas que aparecen más tarde, filogenética y ontogénicamente, tienen una expresión de recuerdo explícito (Reber, 1992; Ruiz- Vargas, 1994). Los sistemas tienen orden y relación entre sí: las operaciones de un sistema superior dependen y se apoyan de las operaciones de los sistemas inferiores, lo que implica que cualquier sistema inferior puede actuar independientemente de los superiores (Reber, 1992; Ruiz- Vargas, 1994).

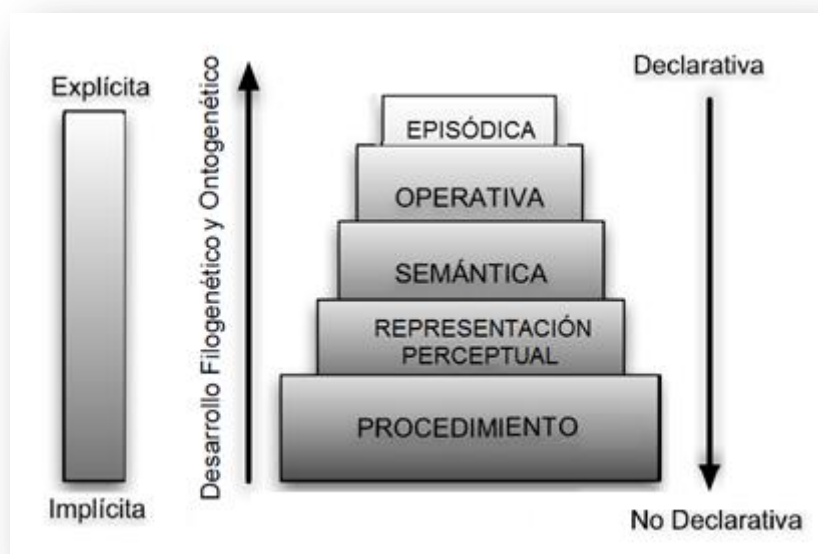


Figura 6. Representación de los sistemas de memoria humana descritos por Tulving y Schacter, imagen adaptada con información de Ruiz-Vargas (2000).

Aunque el recuerdo episódico involucra conocimiento semántico, el conocimiento semántico no implica recuerdo episódico (Solcoff, 2011). Tulving y colaboradores (Wheeler, Stuss y Tulving, 1997) consideraron que ambos sistemas cognitivos; semántico y episódico, comparten características de la memoria declarativa, como el registro de información, la adquisición de ésta en diversas modalidades sensoriales y su acceso mediante una variedad de vías (preguntas, indicios, pistas); sin embargo, pese a estas similitudes, las operaciones de la memoria episódica trascienden a las de la memoria semántica (Solcoff, 2011).

No obstante, como se muestra en la Tabla 2, la memoria episódica es más susceptible al deterioro. Datos existentes (e.g., Nessler, Johnson, Bersick y Friedman, 2006) sugieren que una raíz de los déficits de la memoria episódica en los adultos mayores radica en el fracaso de los sistemas semántico y episódico para interactuar con éxito en la codificación de memorias episódicas elaboradas. Esto requiere procesos exigentes y controlados, como velocidad de procesamiento, memoria de trabajo, inhibición y funcionamiento sensorial, procesos que se ven deteriorados en el envejecimiento (Park, 1998). El apoyo a esta hipótesis proviene de estudios que utilizan tareas de atención dividida (Baddeley, Lewis, Eldridge, y Thomson, 1984; Craik, Govoni, Naveh-Benjamin y Anderson, 1996), los cuales demuestran una reducción de los recursos disponibles para la codificación debido a que éstos se desvían a la tarea secundaria simultánea.

En el plano neuroanatómico se asume que los sistemas cerebrales que subyacen a las operaciones implicadas en la recuperación de información implícita y explícita son distintos (Figura 5). Muchas formas de memoria no declarativa, como la habituación, la sensibilización y el condicionamiento, son filogenéticamente antiguas y están bien

desarrolladas en animales invertebrados que no tienen lóbulo temporal medial (LTM) ni hipocampo; estructuras necesarias para la memoria episódica (Milner *et al.* 1998; Schacter y Tulving, 1994; Squire, 1992; Squire *et al.*, 1991; Squire *et al.*, 1996; Squire, Stark y Clark, 2004).

En cuanto a las diferencias de la memoria explícita, el modelo HERA (por sus siglas en inglés *Hemispheric encoding/retrieval asymmetry*) o modelo de asimetría hemisférica (Habib, Nyberg, Tulving, 2003; Tulving, Kapur, Craik, Moscovitch, Houle, 1994), señala que en adultos jóvenes la CPF es utilizada diferenciadamente, para la memoria semántica y episódica. Concretamente, la CPF izquierda es necesaria para la recuperación semántica y la codificación episódica, mientras que la CPF derecha es necesaria para la recuperación episódica, independientemente del tipo de material (Tirapu-Ustárroz y Grandi, 2016).

2.2.2 Memoria episódica

Endel Tulving (1972) definió a la memoria episódica a través de contrastarla con la memoria semántica y la memoria de procedimiento. A partir de entonces, la evidencia experimental que apoya la existencia de dos tipos de memoria explícita: episódica y semántica, ha sido extensamente corroborada. Esto ha permitido un mayor control y conocimiento de los procesos de codificación y recuperación que operan en ambos tipos de memoria pero que no necesariamente se aplican al recuerdo en la vida real, debido a que se trata de estudios realizados en el contexto de laboratorio (Byrne, 2003; Conway, 2008).

La memoria episódica se define como la memoria consciente para eventos autobiográficos que construye un puente temporal entre pasado, presente y futuro, esto

permite que la experiencia pasada informe al pensamiento actual y prospectivo sobre decisiones y acciones (Tulving, 1985, citado en Uncapher y Wagner, 2009). El reconocimiento del recuerdo episódico como propio fue llamado por Tulving (2001) como “conciencia auto-noética”, mientras que al sentido subjetivo del tiempo se conoce como “cronestesia” (Tulving, 2002), ambas cualidades están interrelacionadas y son distintivas de este tipo de memoria.

Dado que la memoria episódica refiere a acontecimientos personales (en estudios de laboratorio los eventos son llamados *ítems*, estímulos, elementos, artículos o contenido) que ocurren en lugares, momentos y origen particulares, es posible responder al “qué”, “dónde”, “cuándo” y “cómo” suceden (Cabeza, 1999; Clayton y Dickinson, 1998). Por lo tanto, operacionalmente se define como la memoria para un *ítem* junto con el contexto espacio-temporal en el que el *ítem* fue experimentado (Cansino, Maquet, Dolan y Rugg, 2002).

2.2.3 Paradigmas experimentales en el estudio de la memoria episódica

La memoria episódica se puede evaluar mediante tareas que son susceptibles a la manipulación experimental, ya sea a través de diferentes procesos de codificación (clasificación semántica o fonológica), mediante estímulos de diferente modalidad (pictórica, auditiva), por la forma de presentar los estímulos (palabras no relacionadas o relacionadas en categorías semánticas), mediante cuestionarios autobiográficos, a través de las condiciones en que se evalúa la memoria posterior (recuerdo libre, recuerdo con claves,

reconocimiento) o mediante diferentes intervalos de recuerdo (inmediato o diferido) (Dudai, 2002).

El paradigma *remember/know* (recordado/conocido) consiste en presentar diversos estímulos al participante durante la fase de codificación y posteriormente solicitarle que clasifique cuáles de ellos *recuerda* con los detalles contextuales asociados al estímulo, o si simplemente *sabe* que el estímulo fue presentado previamente pero no recuerda más detalles asociados al mismo (Noulhiane *et al.*, 2007; Tulving, 1985; Yonelinas, 2002).

Una alternativa al procedimiento recordado/conocido para distinguir la recuperación (el *ítem* y el contexto) de la familiaridad (el *ítem*) es mediante un procedimiento desarrollado por Yonelinas (2001). A través de una tarea de reconocimiento *old/new* (viejo/nuevo), los estímulos identificados correctamente como viejos (reconocimiento correcto) se representan en función de aquellos identificados incorrectamente como nuevos (falsas alarmas) y mediante funciones quasi-exponenciales basadas en el nivel de confianza, se estima la participación de ambos procesos en la tarea (Dere, Easton, Nadel y Huston, 2008).

El paradigma de reconocimiento viejo/nuevo es muy utilizado, consiste en presentar al participante una serie de estímulos durante la fase de codificación y más tarde en la fase de reconocimiento, solicitarle que indique qué estímulo se le presentó durante la codificación (viejo) y cuál no (nuevo). Se piensa que la familiaridad contribuye al desempeño de este paradigma, al considerarse un proceso automático y rápido (Jacoby, 1991; Yonelinas, 1999). Según la teoría de detección de señales puede haber cuatro posibles respuestas ante la presencia o ausencia de un estímulo y nuestra detección o no detección de éste (Sternberg y Rodríguez, 2011), las respuestas en las tareas de reconocimiento suelen clasificarse en estímulos reconocidos correctamente como viejos (*hits*, aciertos o

reconocimiento correcto), nuevos identificados correctamente (*correct rejections*, rechazos correctos o nuevos correctos), estímulos viejos clasificados como nuevos (*misses*) y falsas alarmas, estímulos nuevos clasificados incorrectamente como viejos (Henson, Hornberger y Rugg, 2005).

Efecto de memoria subsecuente

El efecto de memoria subsecuente (EMS) se refiere a la actividad neuronal que predice eventos que serán recordados, en comparación con aquellos que no. Consiste en presentar a los participantes una serie de estímulos durante la codificación y en una tarea de memoria subsecuente. Se analiza la actividad cerebral durante la codificación en función de los estímulos que fueron recordados en la tarea de memoria (Kim, 2011). En tareas de reconocimiento, el EMS se puede evaluar comparando los estímulos subsecuentemente reconocidos correctamente con los estímulos nuevos correctamente identificados (Henson *et al.*, 2005).

EL ESM se ha estudiado con PRE y con imagen por RMf relacionada a eventos (Brewer Zhao, Desmond, Glover y Gabrieli, 1998; Paller y Wagner, 2002; Wagner, Poldrack, Eldridge, Desmond, Glover, 1998a; Wagner *et al.*, 1998b). Uncapher y Wagner (2009) reportaron poco más de 100 estudios con RMf en los que analizaron el EMS. En varias regiones se muestra mayor activación para los estímulos subsecuentemente recordados que para aquellos que no lo fueron, lo que indica la presencia de actividad neuronal que soporta una codificación satisfactoria. Asimismo, se ha analizado el efecto de olvido subsecuente que muestra regiones cerebrales con mayor actividad ante los estímulos

ulteriormente olvidados, lo que indica actividad neuronal que interfiere con la codificación exitosa.

Kim (2011) reportó varias regiones cerebrales que se asocian al EMS y las agrupó por función en tres tipos:

- 1) Procesamiento de contenido. Según Paller y Wagner (2002) son las regiones cerebrales que median la transformación de información sensorial en representaciones internas. La CPF, el giro frontal inferior izquierdo y la corteza fusiforme (e.g. Dickerson *et al.*, 2007; Garoff, Slotnick y Schacter, 2005; Kim y Cabeza, 2007) son ejemplos canónicos de tales regiones (Kirchhoff, Wagner, Maril y Stern, 2000).
- 2) Almacenamiento. Regiones que enlazan las representaciones de contenido en una representación de memoria duradera a la que el individuo puede acceder y recuperar posteriormente. El LTM, en particular la formación hipocampal, es una región clave de esta función (Diana, Yonelinas y Ranganath, 2007; Squire *et al.*, 2004). Los estudios de neuroimagen que examinan el EMS tradicionalmente se han centrado en la CPF y LTM (e.g., Buckner, Wheeler y Sheridan, 2001; Fernandez y Tendolkar, 2001; Simons y Spiers, 2003).
- 3) Atención. La atención durante la codificación selecciona un evento entre otros que generan competencia y sesgan el procesamiento en línea. El modelo que actualmente lidera la atención visual (Corbetta, Kincade y Shulman, 2002; Corbetta *et al.*, 2008) ha implicado a la red frontoparietal, que incluye la corteza premotora (Kao, Davis y Gabrieli, 2005; Morcom, Good, Frackowiak, y Rugg, 2003) y a la CPP (Sommer, Rose, Glascher, Wolbers y Büchel, 2005a; Sommer, Rose, Weiller y Büchel, 2005b; Uncapher y Wagner, 2009), como estructuras críticas durante la atención.

2.2.4 Codificación Episódica

Lo que determina si una experiencia se recordará o se olvidará es la codificación. Esta operación es la etapa inicial del procesamiento de la información en todos los tipos de memoria. Mediante diversos procesos que se activan en el momento de la experiencia, dan lugar a una representación mental que registra algunos aspectos de dicha experiencia (Smith, Michael, Platón, Smith y Kosslyn, 2008; Tulving, 1983).

Paller y Wagner (2002) destacan que la codificación depende de al menos dos componentes. El primero media la transformación de la entrada sensorial en representaciones internas que son interpretadas o comprendidas, lo que a menudo implica la recuperación de conocimientos asociados y pertinentes a los objetivos actuales. El segundo componente une estas representaciones (fragmentos perceptivos, conceptos, pensamientos autogenerados o detalles contextuales) en un trazo mnémico que en última instancia pueda ser recuperado conscientemente.

La codificación está influida por otros factores como en qué grado se atiende la información y hasta qué nivel se elaboran o profundizan sus cualidades perceptuales y conceptuales. De acuerdo con la teoría de los niveles de procesamiento (Craik y Tulving, 1975), la elaboración superficial incluye las características estructurales, la elaboración o procesamiento intermedio incluye componentes fonológicos, mientras que la elaboración profunda incluye las categorías semánticas. Asimismo, hay factores que refuerzan la codificación como la recuperación consciente de la información y el repaso distribuido en el tiempo de aquello que se codificó (Smith *et al.*, 2008).

El rasgo distintivo de la codificación episódica es ligar las diversas características de un estímulo o acontecimiento formando una representación de memoria integral (Tulving, 1983). Se ha demostrado que este ligamento de características literalmente sucede en el LTM, región de convergencia que recibe entradas de información desde muchas otras áreas del cerebro (Squire *et al.*, 2004). Según reportan Uncapher, Otten, y Rugg (2006), las propuestas sobre las bases neuronales del ensamble de la memoria se han centrado principalmente en las interacciones entre el hipocampo y las regiones corticales implicadas en el procesamiento en línea de un estímulo (Alvarez y Squire, 1994; Marr, Willshaw y McNaughton, 1991; Norman y O'Reilly, 2003; Rolls, 2000). Acorde con estas propuestas, un evento está representado en el hipocampo en términos del patrón de actividad cortical que se generó cuando éste fue codificado, lo que permite que los componentes del evento que fueron procesados y representados en diferentes regiones corticales estén unidos por el hipocampo en una representación de memoria común (Lavenex y Amaral, 2000; Suzuki y Amaral, 1994; Uncapher *et al.*, 2006).

Hallazgos de estudios con RMf manifiestan que la codificación de elementos en la memoria se asocia con actividad en el hipocampo, la corteza temporal medial adyacente (Ranganath *et al.* 2004), las cortezas occipital, parietal y parahipocampal (Sommer *et al.*, 2005b; Sommer, Rose y Büchel 2006), y los giros frontales superior e inferior izquierdos (Cansino *et al.*, 2002). El ensamble de características mnémicas se apoya del sistema colinérgico del cerebro basal anterior que inerva de manera importante la formación hipocampal. Estudios de lesiones en fibras colinérgicas (para una revisión, consultar Abe, Inokawa, Kashiwagi y Yanagihara, 1998; Hasselmo, Wyble y Wallenstein, 1996; Zaborszky, Pang, Somogyi, Nadasdy y Kallo, 1999) de la corteza entorrinal generan

interferencia en la formación de la memoria declarativa, por lo que esta estructura podría considerarse como una de las interfases entre la atención y la formación de la memoria episódica (Ruiz-Contreras y Cansino, 2005).

La actividad de los lóbulos frontales implicados en la atención modula la codificación, lo que favorece el procesamiento de la información y sus características. Esto mejora la entrada de información al LTM y aumenta la probabilidad de que dichas características se incorporen en una representación de memoria episódica integral (Buckner, Logan, Donaldson y Wheeler, 2000; Shimamura, 1995). No obstante, la competencia por los recursos compartidos entre la atención selectiva visual y las demandas de codificación de la memoria de trabajo pueden limitar el procesamiento de la información cuando ésta excede a la capacidad de la memoria de trabajo (Mayer *et al.*, 2007).

En este sentido, se sugiere (Blanchet, Gagnon y Schneider, 2010) que la CPDL derecha juega un rol muy importante en la codificación exitosa cuando existe una tarea concomitante, sin importar el tipo de material. Algunos investigadores (e.g. Postle, Berger, Goldstein, Curtis y D'Esposito, 2001; D'Esposito y Postle, 2002) consideran que existe un período de demora en el que la información no es accesible e intervienen el sector dorsolateral y ventrolateral de la CPF (Figura 7).

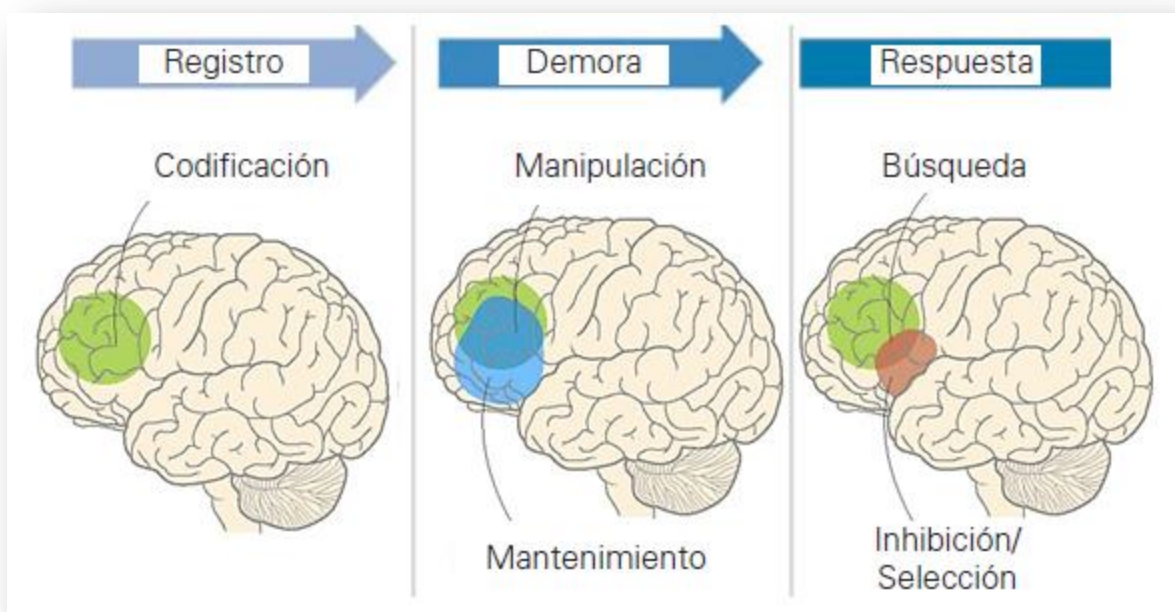


Figura 7: Superposición de sustratos neuronales en la CPF durante la atención visual y procesos que ocurren en la codificación durante las etapas de registro, demora y respuesta. La codificación y la manipulación de la información dependen preferentemente del sector dorsolateral, mientras que el mantenimiento de dicha información se relaciona más con la actividad del sector ventrolateral. En la respuesta, el sector orbitofrontal inhibe la interferencia y permite la selección hacia un objetivo particular. Imagen tomada de Tirapu-Ústarroz y Muñoz-Céspedes (2005, pág. 478).

La activación sostenida de las neuronas prefrontales funge como puente temporal entre la señal y la respuesta (Fuster, 1973). La CPF regula las representaciones necesarias para contrarrestar las respuestas previamente asociadas a un estímulo (Koechlin *et al.*, 2000). De esta manera, la CPF regula el mantenimiento de representaciones internas necesarias y el freno de respuestas dominantes innecesarias para la adecuada selección de respuestas pertinentes en un momento o contexto concreto (Tirapu-Ústarroz *et al.*, 2008a).

La evidencia de que la atención es decisiva para la codificación podría sugerir que es necesaria la volición para que se establezca eficazmente la memoria, sorprendentemente, esto no es así, la codificación episódica puede ser intencional o incidental. Aunque el intento voluntario de codificar información puede motivar la atención, no es necesaria para

que la codificación sea efectiva (Golby *et al.*, 2001; Smith *et al.*, 2008). La codificación es una consecuencia inmediata del hecho de atender a un estímulo y procesarlo (Craik y Lockhart, 1972); lo que influye en la eficacia de la codificación es el modo en el que se procesa el estímulo, no la razón por la que se realizó el procesamiento.

2.5.4 Primacía de imágenes en la codificación

Varios investigadores (Meade, 2015; Mintzer y Snodgrass, 1999; Nelson, 1976; Paivio, 1971; Stock, Roder, Burke, Bien y Rosler, 2009) han sugerido que la información visual se almacena en la memoria a largo plazo mediante distintos códigos de representación. Datos de neuroimagen, reportados por Stock *et al.*, (2009), confirmaron que la información se almacena en la memoria a largo plazo mediante una representación específica basada en la modalidad de los estímulos. Estos autores encontraron que las palabras que habían sido codificadas con objetos visuales produjeron una mayor activación en áreas sensoriales visuales, en el giro frontal superior izquierdo, el SIP y el LPS de ambos hemisferios, en comparación con palabras codificadas con estímulos táctiles o acústicos. Estos hallazgos indican que la información pictórica se codifica mediante un código de representación visual en la memoria a largo plazo. Esto fortalece la interpretación de que las imágenes se recuerdan significativamente mejor que las palabras (“efecto de superioridad de la imagen”). Efecto propuesto por la teoría de doble código (Paivio, 1971) que postula que las palabras se codifican verbalmente en la memoria, mientras que las imágenes se codifican verbal y visualmente.

Otra visión influyente del proceso de codificación, conocida como la hipótesis de codificación de la novedad (Tulving , Markowitsch, Craik, Habib y Houle, 1996), brinda

evidencia de que el EMS es mayor durante la codificación de material pictórico en comparación con la de material verbal, lo que apoya la teoría de doble código. El código visual adicional que las imágenes adquieren sobre las palabras mejora el trazo de memoria debido a la redundancia del código. Aunque las palabras como las imágenes pueden codificarse visualmente, el código sensorial visual es cualitativamente superior para las imágenes (Meade, 2015).

2.3 Atención dividida y codificación de memoria episódica

Estudios conductuales (Anderson, Craik y Naveh-Benjamin, 1998; Baddeley *et al.*, 1984; Craik *et al.*, 1996; Craik, Naveh- Benjamin, Ishaik y Anderson, 2000; Fernandes y Moscovitch, 2000; Naveh-Benjamin, Craik, Gavrilescu y Anderson, 2000a; Naveh-Benjamin, Craik, Guez y Dori, 1998; Naveh-Benjamin, Guez y Marom, 2003; Naveh-Benjamin, Craik, Peretta y Tonev, 2000b; Trejo-Morales y Cansino, 2011) y neurofisiológicos (Anderson *et al.*, 2000; Blanchet *et al.*, 2010; Curran, 2004; Fletcher *et al.*, 1995, Fletcher, Shallice, y Dolan, 1998; Iidaka *et al.*, 2000; Kensinger *et al.*, 2003; Mangels, Picton y Craik, 2001; Shallice *et al.*, 1994; Uncapher y Rugg, 2008; Uncapher y Rugg, 2009) han demostrado que la codificación de información episódica (generalmente listas de palabras) en condiciones de atención dividida reduce la disponibilidad de los recursos para la atención y la memoria.

Craik *et al.*, (1996) examinaron los efectos de dividir la atención en 32 adultos jóvenes a quienes se les pidió que recordaran palabras presentadas auditivamente en dos condiciones (atención completa [AC] y atención dividida [AD]). En la condición de AC la tarea de los participantes consistió en codificar las palabras; mientras que en la condición

de AD, además de codificar las palabras, los participantes debían responder al cuadrante en el que se presentaba un asterisco. En la fase de recuperación se utilizaron los paradigmas de recuerdo libre, recuerdo con claves y reconocimiento. Los resultados mostraron mayores tiempos de reacción y menor desempeño en las tareas de memoria en la condición de AD en comparación con la condición de AC.

Naveh-Benjamin y colaboradores (1998) evaluaron las fases de codificación y de recuperación de memoria episódica en condiciones de atención completa y dividida. Con el fin de evitar interferencia por la modalidad de los estímulos, la tarea secundaria se realizó en modalidad visual y la de memoria en modalidad verbal. En la fase de codificación se presentaron pares de palabras sin relación semántica mientras que en la fase de recuperación se realizó una tarea de recuerdo con claves. La tarea secundaria en ambas fases consistió en determinar en qué cuadrante se proyectaba un asterisco y sólo cuando la respuesta manual coincidía con el cuadrante, el asterisco cambiaba de ubicación. Cuando se manipuló la atención en la fase de codificación se observó un menor desempeño en la tarea de memoria y mayores tiempos de reacción cuando la información se adquirió en condiciones de AD en comparación con la condición de AC. En cambio, cuando se manipuló la atención en la fase de recuperación, no se encontraron diferencias significativas en el desempeño en la tarea de memoria entre las condiciones de AD y AC. Los autores concluyeron que la codificación es un proceso controlado que utiliza recursos de atención, ya que bajo condiciones de atención dividida, disminuyó el desempeño en la tarea de memoria y en la tarea secundaria.

Los procesos de recuperación de la información son más resilientes a las manipulaciones de la atención que los de codificación (Baddeley *et al.*, 1984; Naveh-Benjamin *et al.*, 2000b). No obstante, existen datos conductuales que sugieren la afectación

notoria de la recuperación en condiciones de AD cuando la tarea secundaria o concurrente utiliza el mismo material que la tarea de memoria. Por ejemplo, se ha observado que el recuerdo libre de una lista de palabras no relacionadas se ve afectado cuando en la tarea concurrente también se utilizan palabras, en comparación a la presentación de números o imágenes (Fernandes y Moscovitch, 2000, 2002). Fernandes y Moscovitch (2000) sugieren que la distinción radica en que la división de la atención en la recuperación propicia la competencia por el acceso específico de la representación del material utilizado (en este caso, palabras); mientras que en la codificación las tareas concurrentes compiten por recursos generales de procesamiento, por lo que los efectos de la interferencia son mayores sin importar cuál sea la tarea distractora.

En un estudio posterior, Naveh-Benjamin *et al.*, (2000a) corroboraron que en condiciones de AD la codificación se ve más afectada que la recuperación, pues se observó una disminución del 20% en la tarea de memoria cuando la atención se dividió durante la codificación y sólo del 3% cuando ésta se dividió durante la recuperación. Los autores plantearon que la disminución observada en la memoria, luego de codificar la información bajo condiciones de AD, se debe a que la información se registra de forma superficial o a que las estrategias empleadas en la codificación no son lo suficientemente elaboradas (Naveh-Benjamin *et al.*, 2000a). Sin embargo, la asociación entre estímulos como estrategia para una codificación exitosa también parece ser susceptible a los efectos de la división de la atención. En una serie de experimentos (Naveh-Benjamin *et al.*, 2003) se determinó si los efectos adversos de la división de la atención sobre la codificación de memoria episódica variaban si se codificaban estímulos asociados o estímulos aislados. Los resultados indicaron que la AD no produjo un déficit diferencial en la memoria de estímulos asociados o no asociados; ambos procesos (asociativos y no asociativos) sufrieron el mismo

decremento en el desempeño en la tarea de memoria, lo que sugiere que los efectos de dividir la atención impactan en procesos distintos a los asociativos.

En los estudios descritos (Naveh-Benjamin *et al.*, 1998; Naveh-Benjamin *et al.*, 2000a; Naveh-Benjamin *et al.*, 2003) se observó que los recursos disponibles de atención para la tarea principal son determinados por qué tan exigentes son las demandas de la tarea secundaria y sugieren que probablemente hay diferentes *loci* en los que las demandas de atención actúan durante la codificación y la recuperación.

Uno de los primeros estudios que exploró los efectos de manipular los recursos de atención sobre la actividad cerebral durante la codificación de memoria episódica fue el de Shallice *et al.*, (1994). En este estudio participaron 12 adultos jóvenes que fueron registrados mediante la técnica de tomografía por emisión de positrones (TEP), la mitad de ellos durante la codificación y el resto durante la recuperación. En la tarea principal se prestaron auditivamente pares de palabras (por ejemplo, “poeta-bronceado”) y en la tarea secundaria se emplearon dos niveles de dificultad: en el nivel sencillo, un cursor se movía en cuatro cuadrantes de una pantalla de manera que el patrón de cambio de ubicación era predecible y cuando se detenía, los participantes debían indicar hacia dónde se desplazaría; en el nivel complejo, el patrón de movimiento del cursor entre los cuadrantes era al azar. La división de la atención en la codificación propició un mayor desempeño en la tarea de memoria en el nivel sencillo (83%) que en el nivel complejo (68%). En ambos niveles de complejidad, se observó activación en el giro temporal izquierdo, la CCA y el área retrospinal, esta última se ha relacionado con la capacidad de localizar sonidos (Seltzer y Pandya, 2009). En el nivel sencillo de complejidad se observó activación en el giro frontal medial y la CPDL.

Otros estudios de TEP con diseño de bloques también han contrastado la actividad cerebral durante la codificación entre condiciones de AC y AD con tareas secundarias fáciles y difíciles (Anderson *et al.*, 2000; Fletcher *et al.*, 1995; Fletcher *et al.*, 1998; Iidaka *et al.*, 2000). Un hallazgo consistente en estos estudios es la atenuación de la actividad relacionada con la codificación episódica en la CPDL (BA 9/46) en las tareas secundarias difíciles en comparación con las fáciles.

Anderson *et al.*, (2000) sugirieron que la forma en que la AD interrumpe la codificación episódica se asemeja a la disminución del rendimiento en los adultos mayores durante el envejecimiento normal bajo condiciones de atención completa. Por lo que estos autores proponen que hay un mecanismo neurocognitivo común durante el envejecimiento y en condiciones de atención dividida en adultos jóvenes que perturba la codificación de información; esto se manifiesta en la disminución de la actividad cerebral en la CPF izquierda y en el LTM.

En el estudio de Iidaka *et al.*, (2000) participaron 12 adultos a los que se les pidió que aprendieran pares de palabras sin relación semántica presentadas visualmente (por ejemplo, “dentista-guante”). En la recuperación se les presentaba una palabra como clave (“dentista”) y los participantes debían recordar el par correspondiente (“guante”). La tarea secundaria era auditiva y de dos niveles de complejidad: en la simple (considerada por los autores como altamente automatizada) los participantes debían responder cuando escucharan un mismo tono bajo dos veces; en el nivel difícil debían responder ante dos tonos iguales que podían ser altos o bajos. Los resultados mostraron más actividad cerebral en la condición de AC en comparación con la condición de AD en áreas occipito-temporales, frontomediales y frontoventrales. En la condición de AD, con respecto a la AC,

se observó un incremento de la actividad en el cerebelo, la CCA izquierda y la CPDL bilateral, así como un decremento de la actividad en áreas prefrontales izquierdas.

Fletcher *et al.*, (1998) también reportaron una disminución de la actividad prefrontal (particularmente en la CPDL izquierda) durante la codificación mediante estrategias semánticas y asociativas en condiciones de atención dividida.

La activación de la CPDL no se asocia a tareas cognitivas unitarias sino a procesos ejecutivos diversos (Bechara *et al.*,2000; D'Esposito y Postle, 2002; Fletcher y Henson,2001; MacDonald *et al.*,2000; Mayer *et al.*, 2007; Postle *et al.*, 2001;Tirapu-Ustárroz *et al.*, 2008b); entre ellos, codificar información independientemente del tipo de material (Blanchet *et al.*, 2010, Fletcher *et al.*, 1998) y dirigir la atención selectiva independientemente del dominio: motor, sensorial o mnemónico (Rowe, Friston, Frackowiak y Passingham, 2002).

Con la técnica de PRE, en un par de estudios (Curran, 2004; Mangels *et al.*, 2001) se evaluaron los efectos de dividir la atención sobre la codificación de la memoria episódica. En el estudio de Curran (2004) se presentaron listas de palabras en la condición de AC y en la de AD, además de las listas de palabras, los participantes tenían que presionar una tecla cuando escuchaban tres números noes seguidos. En este estudio el reconocimiento se evaluó con el paradigma viejo/nuevo y observaron predominantemente activación en áreas parietales. En el estudio de Mangels *et al.*, (2001) también se presentaron listas de palabras y la tarea secundaria de modalidad auditiva consistió en dos niveles de complejidad determinados por la frecuencia en que se presentaban tonos a los que los participantes debían responder; la memoria se evaluó mediante el paradigma recordado/conocido. Mangels *et al.*, (2001) concluyeron que la interacción sostenida entre

regiones frontales y parietales es necesaria para que tengan lugar los procesos de recuperación.

La intervención de la corteza parietal en procesos de codificación (Elman, Rosner, Cohn-Sheehy, Cerreta y Shimamura, 2013; Sommer *et al.*, 2005a ; Sommer *et al.*, 2005b; Uncapher y Wagner 2009) y recuperación (Cabeza, 2008; Hutchinson, Uncapher y Wagner, 2009; Shimamura, 2011; Wagner, Shannon, Kahn y Buckner 2005) de la memoria episódica ha sido un hallazgo sistemático en diversos estudios de neuroimagen. Algunos teóricos (Cabeza, 2008; Cabeza, Ciaramelli, Olson y Moscovitch, 2008; Shimamura, 2011; Wagner *et al.*, 2005) sugieren que el papel que la corteza parietal puede estar jugando durante el recuerdo es equivalente al que juega durante la percepción visual.

Una de las hipótesis en este sentido, es la presentada por Cabeza y colaboradores (Cabeza, 2008; Cabeza *et al.*, 2008) conocida como "Atención a Memoria" (AtoM), la cual propone que la corteza parietal en su porción dorsal, asociada con el procesamiento *top-down* y con la red FPD (Corbetta y Shulman, 2002), brinda el soporte de atención necesario para el recuerdo voluntario de información (véase Hutchinson *et al.*, 2009 para una contra-evidencia y Cabeza *et al.*, 2011 para su respuesta). Otra hipótesis sugiere que la corteza parietal puede desempeñar un papel análogo al *buffer* de la memoria de trabajo sugerido por Baddeley, en la medida de que sea necesario tomar decisiones y acciones en función de la información almacenada (Wagner *et al.*, 2005).

Finalmente, la hipótesis más reciente, conocida como COBRA (siglas en inglés por *Cortical Binding of Relational Activity*), sugiere que la corteza parietal puede modular la reactivación de componentes sensoriales desvinculados para unirlos en un todo que se experimenta durante el recuerdo (Shimamura, 2011).

Investigaciones pioneras del EMS con la técnica de RMf demostraron que la actividad de la CPF y el LTM predicen la formación de la memoria exitosa (Brewer *et al.*, 1998; Kirchoff *et al.*, 2000; Wagner *et al.*, 1998b). Wagner *et al.* (1998b) utilizaron un diseño por bloques para investigar cómo la manipulación sistemática de la tarea de codificación mediante la realización de una tarea semántica (abstracta/concreta) y una tarea no semántica (mayúsculas/minúsculas) de palabras influye en la activación del LTM y de la CPF. Los tiempos de reacción fueron mayores en la tarea semántica (873ms) que en la no semántica (539ms), y el recuerdo fue superior para las palabras aprendidas en la tarea semántica (83%) que en la no semántica (47%). Los análisis de RMf revelaron una mayor activación en la CPF inferior, el giro fusiforme y en la corteza parahipocampal del LTM izquierdo para las palabras que subsecuentemente se reconocieron en comparación con aquellas que no se reconocieron. Estas regiones también se activaron durante la codificación exitosa de imágenes (Brewer *et al.*, 1998) pero en la CPF derecha y en el LTM bilateral.

Por lo tanto, la activación en áreas cerebrales en el momento de la codificación se produce de manera diferencial cuando los elementos se recuerdan subsecuentemente en comparación a cuando no. Dentro del LTM, esta activación diferencial en el momento de la codificación ocurre en las cortezas parahipocampal y perirhinal, las cuales predicen el reconocimiento posterior del contexto y de *ítems*, respectivamente (Davachi, Mitchell y Wagner, 2003).

La actividad cerebral durante el proceso de codificación de la memoria episódica en condiciones de AD se ha evaluado mediante el EMS con la técnica de RMf. Kensinger *et al.* (2003) realizaron un experimento con 17 adultos jóvenes a los que se les presentó visualmente una lista de sustantivos, los participantes debían clasificarlos semánticamente

(abstracto/concreto) y simultáneamente, en la condición de AD debían realizar una discriminación auditiva en dos niveles de complejidad. En la condición simple debían presionar un botón cuando el patrón rítmico del sonido cambiaba; en la condición difícil también tenían que responder a un cambio en los patrones rítmicos pero éstos eran sutiles y por lo tanto, difíciles de discriminar. Se observó una disminución de la actividad en regiones del hipocampo anterior y del giro frontal inferior izquierdo durante la condición de AD, en comparación con la condición de AC en la que se detectó un patrón consistente de activación de la CPF izquierda.

Por su parte, en el estudio de Uncapher y Rugg (2005), 17 adultos jóvenes realizaron una tarea de clasificación semántica de palabras (animado/no animado) durante la codificación y una tarea secundaria en dos posibles niveles de complejidad. En la condición menos compleja los participantes debían presionar un botón cuando un dígito era pronunciado por una voz de mujer, y en la condición de alta complejidad, independientemente de la voz, debían prestar atención a que los dígitos fueran congruentes (nones o pares) y presionar un botón para indicar cuando el dígito presentado fuese incongruente con respecto al que se presentó en el ensayo inmediatamente anterior (por ejemplo, non-par: “1 antes de 8”). Estos autores no reportaron cambios en la actividad cerebral de los participantes bajo la condición de AD en comparación con la condición de AC, en ninguno de los dos niveles de complejidad.

Es importante destacar que Kensinger *et al.* (2003) presentaron las tareas primaria y secundaria al mismo tiempo, mientras que Uncapher y Rugg (2005) presentaron la tarea secundaria 300 ms después de la tarea de memoria, lo que puede ser una razón por la que difirieron los resultados entre estos dos estudios.

Uncapher y Rugg (2008) utilizaron un paradigma de AD en el que manipularon la competencia por diferentes tipos de recursos de atención. Se escanearon 15 participantes jóvenes con la técnica de RMf mientras hacían juicios (animado/no animado) de palabras presentadas visualmente y simultáneamente realizaban una tarea concurrente con palabras presentadas auditivamente. Emplearon tres tareas secundarias: discriminar la voz (hombre/mujer) (tarea de control), comparación de voz 1-*back* (discernir si la voz en la que se presentó la palabra era igual a la que se presentó en el ensayo previo) y juicios sobre la ubicación habitual de sustantivos (interiores/exteriores) (tarea semántica). Las tareas 1-*back* y semántica (difíciles) se implementaron con el objetivo de competir por recursos genéricos y específicos de la tarea, respectivamente. La memoria para las palabras de estudio se evaluó mediante el procedimiento recordado/conocido. En la condición control se identificó mayor actividad relacionada al EMS en el giro frontal dorsal inferior e hipocampo izquierdos. El EMS se atenuó en las dos condiciones de AD difíciles en comparación con la condición control. La tarea 1-*back* se asoció con activación en el giro frontal inferior ventral bilateral e hipocampo izquierdo; mientras que la tarea semántica se asoció con activación sólo en el giro frontal inferior ventral izquierdo. El patrón de estos hallazgos sugiere que la AD puede afectar la memoria posterior de diferentes maneras y en consecuencia, los diferentes recursos de atención, genéricos y específicos de las tareas, contribuyen de manera distinta a la codificación episódica exitosa.

Otros estudios de memoria posteriores han proporcionado resultados menos consistentes en cuanto a los patrones de reclutamiento neuronal asociados a eventos recordados (Kim, 2011). Un mayor compromiso de la actividad prefrontal bilateral para eventos recordados ha sido observado en tareas verbales independientemente del grupo etario de los participantes (*e.g.*, Daselaar *et al.*, 2003; Morcom, Good, Frackowiak y Rugg.,

2003; Duverne, Motamedinia y Rugg, 2009); la información visual por su parte, se ha asociado preferentemente a la activación de la CPF derecha (Brewer *et al.*, 1998; Wagner *et al.*, 1998a) y de la corteza frontal inferior bilateral (Gutchess *et al.*, 2005). La mayoría de los estudios que han examinado los costos de dividir la atención en la memoria episódica han utilizado principalmente palabras como estímulos en la tarea principal y han empleado tareas secundarias de diferente modalidad sensorial.

3. Justificación

Existe suficiente evidencia empírica (Baddeley *et al.*, 1984, Craik *et al.*, 1996; Naveh-Benjamin *et al.*, 1998; Fernandes y Moscovitch, 2000) que sugiere que los recursos de atención son necesarios para la codificación de los recuerdos episódicos, y que este proceso es vulnerable a los efectos de la atención dividida, incluso más que cuando se divide la atención durante la recuperación de información episódica. Estudios con la técnica de RMf han evaluado los efectos de la atención dividida sobre la memoria episódica durante la recuperación (Fernandes, Pacurar, Moscovitch y Grady, 2006) y la codificación (Kensinger *et al.*, 2003; Uncapher y Rugg, 2005). Sin embargo, estos últimos muestran resultados que difieren entre sí, por lo que aún se desconoce la naturaleza neurofuncional asociada a la relación entre atención y memoria.

Por otro lado, varios estudios (Anderson *et al.*, 2000; Fletcher *et al.*, 1995, Fletcher *et al.*, 1998; Shallice *et al.*, 1994) con técnicas neurofisiológicas han usado diseños por bloques que no permiten la caracterización de la actividad asociada a elementos individuales. Los estudios que han utilizado un diseño por eventos con PRE (Curran, 2004; Mangels *et al.*, 2001) o RMf (Fernandes *et al.*, 2006; Kensinger *et al.*, 2003; Uncapher y

Rugg, 2005; Uncapher y Rugg, 2008), han evaluado los efectos de la atención dividida sobre la memoria episódica con distintas modalidades sensoriales para la tarea principal (generalmente visual) y la tarea secundaria (generalmente auditiva), así como el uso de palabras (no imágenes) como estímulos de la tarea principal.

Si bien existen estudios (Duncan, Martens y Ward, 1997; Fagot y Pashler, 1992) que han empleado en la tarea principal y secundaria la misma modalidad, éstos han evaluado los efectos de la AD sobre procesos de discriminación visual o *priming* (Soldan, Mangels y Cooper y 2008) pero no sobre procesos de memoria episódica. Las investigaciones que han empleado tareas de la misma modalidad son estudios conductuales (Fernandes y Moscovitch, 2000, 2002; Trejo-Morales y Cansino, 2011) o bien son neurofisiológicos pero no manipulan los recursos de atención (Brewer *et al.*, 1998; Kirchoff *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2013; Wagner *et al.*, 1998b).

Fernandes y Moscovitch (2000, 2002) generaron interferencia utilizando tareas de la misma modalidad pero solamente en la recuperación. Sólo un estudio (Trejo-Morales y Cansino, 2011) ha abordado los efectos de la AD sobre la memoria episódica, tanto en la codificación como en la recuperación, en adultos jóvenes y mayores, utilizando la misma modalidad sensorial en las tareas. Esto es importante porque emplear la misma modalidad en la tarea principal y secundaria garantiza que ambas tareas comparten los mismos códigos (Pashler, 1990) al utilizar la misma vía sensorial, lo que genera interferencia entre las tareas cuando compiten por los recursos de atención. No obstante, los correlatos neuronales de la codificación de memoria episódica bajo condiciones de competencia/interferencia generada por tareas de la misma modalidad no han sido estudiados.

Otro inconveniente de algunos de los estudios neurofisiológicos previos que han estudiado los efectos de la atención dividida sobre la memoria episódica, es que las tareas primaria y secundaria no se llevan a cabo simultáneamente. Por ejemplo, en el estudio de Uncapher y Rugg (2005) los estímulos de la tarea secundaria se presentaron después de los estímulos de la tarea de memoria, mientras que en otros (Curran, 2004; Mangels *et al.*, 2001), los estímulos de la tarea secundaria se presentaron aleatoriamente y sólo en algunos ensayos. Por otro lado, si se desea estudiar los efectos neurofisiológicos de dividir la atención es necesario controlar, no sólo la modalidad, sino el nivel de complejidad entre las condiciones de atención dividida y completa, control que no se ha llevado a cabo en las investigaciones neurofisiológicas previas (Curran, 2004; Fernandes *et al.*, 2006; Kensinger *et al.*, 2003; Mangels *et al.*, 2001; Uncapher y Rugg, 2005; Uncapher y Rugg, 2008). Es decir, en estos estudios la condición de atención dividida difiere de la condición de atención completa en más de una variable, la complejidad y la división de la atención, por lo que no es posible discernir qué actividad cerebral se asocia a cada una de estas variables.

En el presente estudio se abordó el efecto de dividir la atención en la actividad cerebral durante codificación de memoria episódica mediante el empleo de tareas principal y secundaria de la misma modalidad (visual), con el propósito de garantizar que la tarea secundaria interfiriera en la tarea principal de memoria. Además, los estímulos de la tarea secundaria se presentaron de manera simultánea con los estímulos de la tarea principal y en todos los ensayos, con la finalidad de mantener una alta demanda durante la presentación de todas las imágenes en la fase de codificación.

El nivel de complejidad fue equivalente entre las condiciones de atención dividida y completa, es decir, el nivel de reconocimiento entre ambas condiciones se igualó mediante el uso de un número diferente de ensayos en cada experimento. En particular, se

presentaron menos imágenes en la condición de atención dividida que en la condición de atención completa. Este control de la complejidad permitió analizar la actividad cerebral asociada sólo a los procesos de dividir la atención y no a la mezcla de atención y complejidad.

Por último, se comparó la actividad cerebral entre las dos condiciones de codificación (atención dividida y completa) en función del EMS, el cual consiste en comparar el nivel dependiente de la oxigenación sanguínea BOLD durante la codificación de imágenes que fueron ulteriormente reconocidas en la fase de reconocimiento con la actividad de aquellas que fueron identificadas correctamente como nuevas en la fase de reconocimiento.

3.1 Pregunta de investigación

¿Existirán diferencias en el EMS entre la condición de atención completa y la condición de atención dividida en la que los recursos cognitivos se ven comprometidos para atender y responder a dos tareas de la misma modalidad?

4. Método

4.1 Objetivo

Determinar los efectos neurofisiológicos de dividir la atención durante la codificación de la memoria episódica.

4.2 Hipótesis

Se observarán diferencias en el EMS entre las condiciones de atención completa y de atención dividida en regiones asociadas a este efecto, como la CPDL y el hipocampo.

4.3 Variables

4.3.1 Variable Independiente

Condición de atención durante la codificación

- Atención completa (AC): Los participantes realizaron la tarea de clasificación semántica de imágenes (natural/artificial).
- Atención dividida (AD): Los participantes realizaron la tarea de clasificación semántica y la tarea secundaria de discriminación visual (si cambió o no el color del marco en el que se presentaron las imágenes).

4.3.2 Variable Dependiente

- EMS: diferencia en la actividad cerebral en la codificación ante estímulos que posteriormente fueron recordados de aquellos que fueron identificados correctamente como nuevos en la fase de reconocimiento.

4.4 Participantes

Participaron 20 personas diestras, 10 mujeres y 10 hombres, entre 21 y 30 años (media \pm desviación estándar: 23.94 años \pm 2.35). La Tabla 3 muestra las características de los participantes. Los criterios de inclusión fueron escolaridad mínima de doce años, visión normal o corregida a lo normal, puntuación \leq 20 en el Inventario de Depresión de Beck

(Beck, Ward, Mendelson, Mock y Erbaug, 1961), puntaje ≥ 24 en la Escala de Estado Mini-Mental (Folstein, Folstein y McHung, 1975), puntaje natural ≥ 26 en la Subescala de Vocabulario de la Escala de Inteligencia para Adultos de Weschler (Weschler, 1981), no padecer enfermedades psiquiátricas o neurológicas, sin adicción a drogas o alcohol, no consumir medicamentos que alteraren al sistema nervioso central al menos seis meses antes de participar en el estudio, y cubrir los requisitos para ser escaneados con la técnica de resonancia magnética (ausencia de metales en el cuerpo como marcapasos, dispositivo intrauterino, implantes cocleares, perforaciones o tatuajes; y no estar en periodo de gestación). Los participantes recibieron una compensación económica de \$500 por su participación voluntaria y firmaron su consentimiento informado. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Tabla 3. Características de los participantes.

	Escolaridad (años)	WAIS (normalizado) Media \pm DE	BDI Mediana \pm RQ	MMSE Mediana \pm RQ
Participantes	16.15 (2.97)	12.15 (1.75)	5.00 (10.00)	29.00 (4.00)

Se muestran la media y desviación estándar (DE) de la escolaridad, los puntajes normalizados de la subescala de Vocabulario del WAIS. Asimismo, la mediana y el rango intercuartil de los puntajes obtenidos en la Escala de Depresión de Beck (BDI) y en el Estado Mini -Mental de Folstein (MMSE).

4.5 Instrumentos

Subescala de vocabulario de la Escala de Inteligencia para Adultos Revisada de Weschler (1981). El WAIS es un instrumento que se utiliza para valorar el estado

cognoscitivo de las personas, se divide en las escalas verbal y manual. La subescala de vocabulario está incluida en la parte verbal y su tiempo de aplicación es de 10 a 30 minutos. El coeficiente de confiabilidad de la escala verbal es de 0.96, mientras que el de la escala manual es de 0.93 a 0.94. La subescala de vocabulario se correlaciona con el coeficiente intelectual del WAIS y con otras pruebas de inteligencia; además, permite evaluar la habilidad mental general de los individuos.

La prueba de Estado Mini Mental (1975). Este instrumento consta de 11 ítems que incluyen la valoración de la orientación, concentración, atención, cálculo, memoria y lenguaje. La confiabilidad del test-retest (24 horas) es de 0.89 con el mismo aplicador y de 0.83 con uno distinto. La prueba permite identificar la presencia de demencia en las personas con puntajes menores a 24 en el 75% de los casos, y discriminar entre pacientes con deficiencias cognoscitivas (moderadas o graves). También es sensible al deterioro progresivo en pacientes con demencia.

El Inventario de Depresión de Beck (1961) valora las manifestaciones conductuales de la depresión a través de la presencia de actitudes o síntomas que son específicos de los pacientes deprimidos. El inventario se desarrolló con dos muestras de pacientes psiquiátricos con una edad entre 15 y 55 años, la primera con 226 pacientes (134 mujeres y 92 hombres) y la segunda con 183 pacientes (115 mujeres y 68 hombres). El tiempo requerido para su aplicación es de 5 a 15 minutos. El coeficiente de confiabilidad de la prueba es de 0.86 y se considera que una persona está deprimida cuando el puntaje obtenido es mayor a 20.

4.6 Aparatos y materiales

Las imágenes anatómicas y funcionales se registraron a través de un equipo de resonancia magnética Philips modelo Achieva de 3 Teslas ubicado en el Instituto de Psiquiatría Ramón de la Fuente. Los participantes proporcionaron su respuesta través de dos cajas de respuesta con dos teclas cada una de Lumina Systems. Los estímulos se presentaron mediante el software E-prime versión 2.0 de *Psychological Software Tools Inc.* mediante una computadora. Dentro del escáner los estímulos se proyectaron a través de *goggles* del sistema MRI *Vision* de AVOTEC Inc.

4.7 Estímulos

Se emplearon un total de 660 imágenes a color de objetos comunes, la mitad de ellas representaban objetos naturales y el resto objetos artificiales. Con el propósito de igualar la complejidad de la tarea en ambas condiciones, se emplearon un número de imágenes diferente en cada condición, AC y AD (Tabla 4). Se seleccionaron al azar la mitad de las imágenes empleadas en cada fase para ser presentadas en la codificación, mientras que en la fase de reconocimiento se empleó el total de imágenes de cada condición. Los estímulos se proyectaron sobre un fondo blanco al centro de la pantalla. Cada imagen tuvo un ángulo visual horizontal y vertical entre 2.5° y 4°. Todas las imágenes, en ambas condiciones experimentales, se presentaron dentro de un marco con un ángulo visual horizontal de 0.4° de grosor. En el 50% de los ensayos de codificación y de reconocimiento, los cuadrados se presentarán al inicio en color negro y en el resto en color rojo. En el 50% de los ensayos en la fase de codificación, los cuadrados cambiaron de color y en el resto se mantuvo del mismo color.

Tabla 4. Distribución de las imágenes empleadas en cada fase y condición

Condiciones	Bloques	Tareas	
		Codificación	Reconocimiento
		Imágenes	Imágenes
AC	1	140	280
AD	1	80	160
Total de imágenes por fase		220	440

Debido a que el número de ensayos en la condición de atención completa fue superior al de la condición de atención dividida, para mantener el mismo grado de dificultad entre las condiciones, se seleccionaron al azar de la condición de atención completa 80 imágenes de la fase de codificación. Esto para mantener la misma proporción de ensayos entre las condiciones para su análisis.

4.8 Registro

Los datos de las imágenes estructurales se obtuvieron utilizando una secuencia tridimensional T1 TFE (siglas en inglés por *Turbo Field Echo*) con volúmenes de vóxeles de 1 mm x 1 mm x 1 mm. Las imágenes funcionales, sensibles al contraste BOLD, se obtuvieron utilizando una secuencia ecoplanar EPI (siglas en inglés por *Echo-planar imaging*) T2* (píxeles de 64 x 64, 3 x 3 mm, tiempo de eco [TE] = 40). Cada volumen funcional estuvo constituido por 36 cortes axiales de 3 mm de grosor, separadas por 1 mm. Las sesiones funcionales fueron adquiridas de manera continua con un tiempo de repetición (TR) de 2296 ms por volumen. Se obtuvieron para cada participante en la condición de

atención completa 368 volúmenes en la fase de codificación y 676 volúmenes en la fase de reconocimiento. En la condición de atención dividida se obtuvieron 212 volúmenes en la fase de codificación y 386 en la fase de reconocimiento.

4.9 Procedimiento

Los participantes asistieron a dos sesiones, en la primera sesión se determinó si el participante cumplía los criterios de inclusión para participar en el estudio. Esta sesión tuvo una duración aproximada de 80 minutos y se realizó en un cubículo del Laboratorio de NeuroCognición de la Facultad de Psicología. Se entrevistó a cada participante para conocer su estado de salud, aplicarle los instrumentos y realizar una prueba visual que consistió en que el participante identificara algunas imágenes impresas en una hoja de papel, éstas tenían las mismas características que las que se presentarían durante la tarea de memoria. En esta sesión los participantes también llevaron a cabo una breve sesión de práctica en la que realizaron la tarea de memoria que llevarían a cabo dentro del escáner en la segunda sesión. Las prácticas se realizaron en una computadora y éstas permitieron que los participantes se familiarizaran con la tarea y adquirieran la habilidad para proporcionar dos respuestas en un mismo ensayo. Al final de cada fase de práctica se le informó a cada participante el porcentaje de respuestas correctas, incorrectas y no respuestas que tuvo para ambos estímulos (imagen y marco).

En la segunda sesión, los participantes hicieron nuevamente una pequeña versión de las tareas como práctica en una computadora portátil, antes de ingresar al escáner. Posteriormente realizaron las tareas de memoria dentro del escáner en el Instituto Nacional de Psiquiatría Dr. Ramón de la Fuente Muñiz. En la condición de AC los participantes realizaron una sola tarea en la fase de codificación, indicar si la imagen representaba un

objeto natural o artificial. En la condición de AD los participantes realizaron simultáneamente dos tareas en la fase de codificación, la tarea de clasificación (natural/artificial) y la tarea de discriminación visual, indicar si cambió o no el color del marco alrededor de la imagen. Después de cada fase de codificación, los participantes realizaron la fase de reconocimiento que consistió en indicar si la imagen se presentó en la fase de codificación (vieja) o no (nueva). El orden en que los participantes realizaron las condiciones de atención completa y dividida fue contrabalanceado. En la condición de atención completa y en la tarea de reconocimiento los participantes sólo usaron el dedo índice de cada mano para responder. En la condición de atención dividida emplearon su dedo índice y medio de cada mano para responder. Se contrabalanceó la mano asignada para cada tarea, la mitad de los participantes realizaron la tarea de clasificación con el dedo índice y medio de la mano derecha y la tarea de discriminación visual con los dedos índice y medio de la mano izquierda, en la otra mitad se invirtió la mano asignada para cada tarea.

En las fases de codificación y reconocimiento de ambas condiciones cada ensayo comenzó con la presentación durante 1000 mseg de la imagen y del marco en color negro o rojo alrededor de la imagen (Figura 8), que podía cambiar o no de color. Después de la desaparición de la imagen y del marco, la pantalla permaneció en blanco por 3000 mseg. Desde el inicio de la presentación de la imagen y durante los siguientes 3000mseg (4000 mseg en total), los participantes debían brindar una o dos respuestas, según fuera la condición de atención completa o dividida, respectivamente. Después de este periodo aparecía la imagen del siguiente ensayo. Se mezclaron al azar los ensayos nulos de la misma duración que los ensayos experimentales en los cuales la pantalla permaneció en blanco. Se proyectaron como máximo tres ensayos nulos seguidos. En la condición de

atención completa se proyectaron 70 eventos nulos en la fase de codificación y 105 en la fase de reconocimiento. En la condición de atención dividida se proyectaron 40 eventos nulos en la codificación y 60 en el reconocimiento.

Estos ensayos nulos permitieron la comparación de las respuestas dependientes del nivel de oxigenación sanguínea (BOLD) provocadas por cada evento experimental frente a una línea base sin estímulo (Cansino *et al.*, 2002).

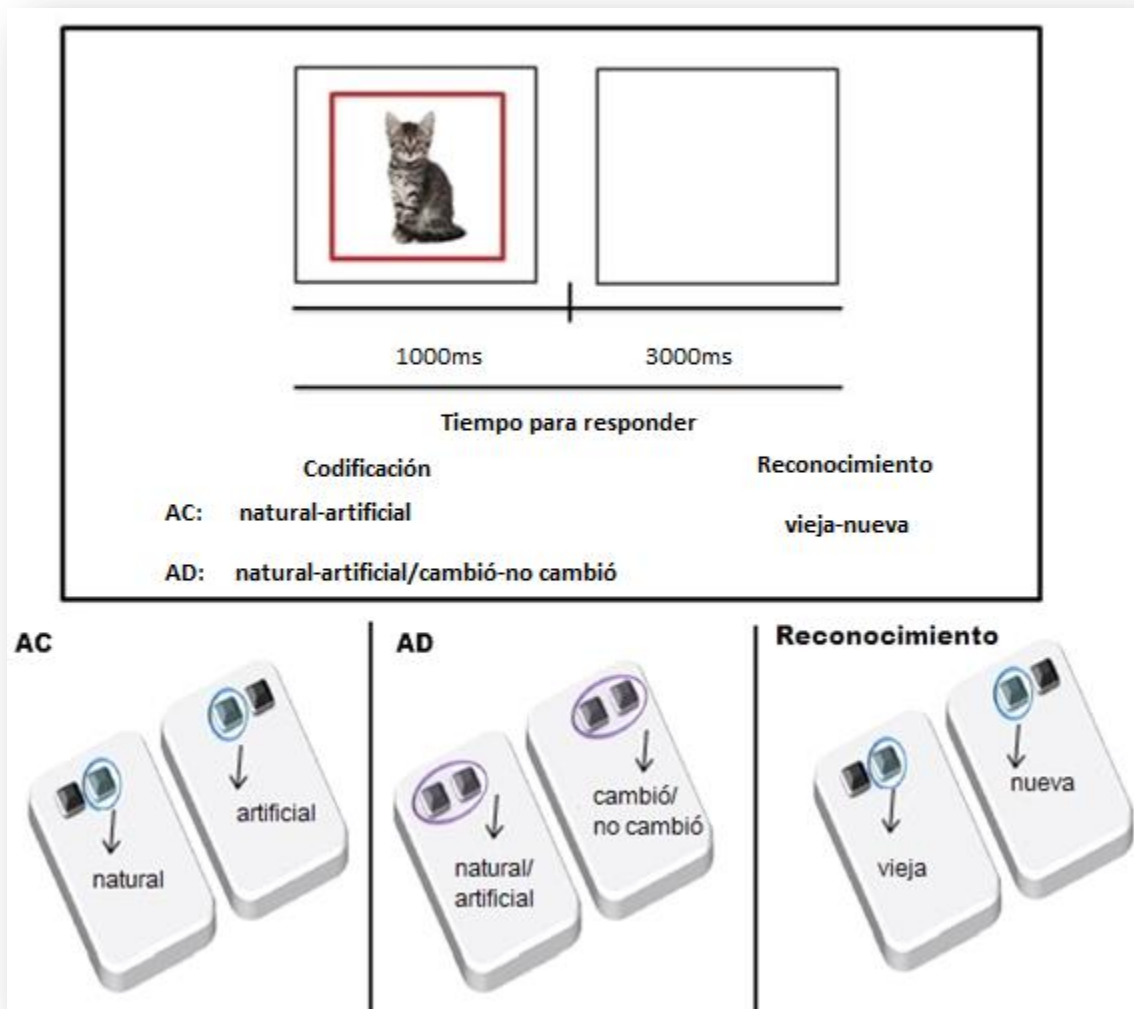


Figura 8. Eventos que ocurrieron en la fase de codificación (en atención completa [AC] o atención dividida [AD]) y en la fase de reconocimiento, así como la forma en la que se respondió en cada una de las tareas y condiciones experimentales.

5. Análisis de datos

En todos los análisis en los que se incluyeron datos de las condiciones de atención dividida, sólo se analizaron aquellos ensayos en los que los participantes proporcionaron dos respuestas. Las respuestas correctas en la tarea de reconocimiento en las condiciones de AC y AD se analizaron mediante una t de student relacionada. También se analizaron de esta forma los tiempos de reacción en las respuestas correctas. Además, se calculó el índice de discriminación Pr (reconocimiento correcto menos falsas alarmas) para corregir la ejecución de los participantes en la prueba de reconocimiento (Snodgrass y Corwin, 1988).

El procesamiento de las imágenes funcionales se realizó mediante el software *Statistical Parametric Maps* (SPM) versión 12 del *Wellcome Department of Cognitive Neuroscience*, Londres, Reino Unido (Friston *et al.*, 1995). El análisis consistió en los siguientes pasos: se realinearon los diferentes volúmenes de cada participante al primer volumen utilizando una interpolación sinc en el espacio. Esto corrige los movimientos de la cabeza de los participantes, con la finalidad de que cada vóxel corresponda a la misma ubicación en el cerebro en todas las imágenes.

El volumen de la secuencia T1, volumen estructural, se normalizó y coregistró con la imagen media realineada obtenida de las secuencias EPI. Para corregir las diferencias de señal en el tiempo de adquisición se cambió la señal medida en cada imagen en relación con la adquisición de la imagen central de cada volumen por medio de una interpolación sinc en el tiempo. Cada volumen se normalizó utilizando una base de funciones no lineales al templete EPI estándar del *Montreal Neurological Institute* (MNI) *Reference Brain*; los volúmenes normalizados se conformaron de vóxeles de 3 mm x 3 mm x 3mm en el espacio de Talairach y Tournoux (1988), sistema de coordenadas (x, y, z) cuyo origen se encuentra

en la comisura anterior. Finalmente, los volúmenes fueron suavizados con un filtro kernel isotrópico Gaussiano utilizando una anchura máxima de 8 mm. Como se esquematiza en la Figura 9.

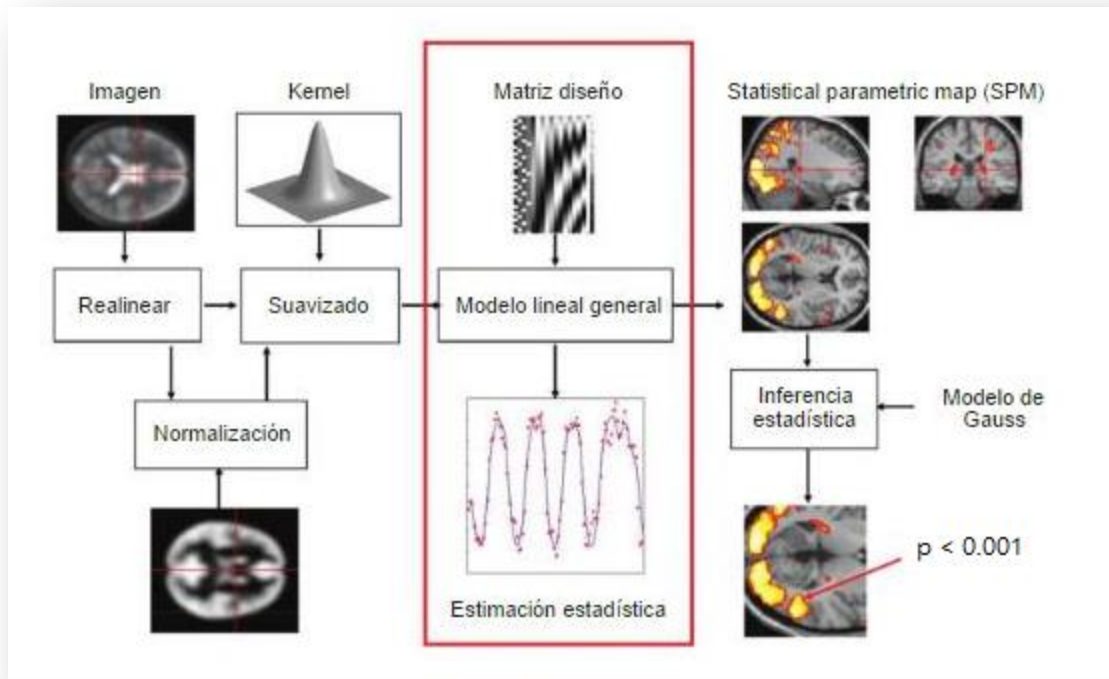


Figura 9: Esquema del análisis de datos para la señal BOLD en RMf. Tomado de Redolar (2014, pág. 792).

La respuesta hemodinámica se modeló a partir del inicio de cada ensayo para cada uno de los eventos. Los datos se ingresaron en un modelo general lineal en función de cada uno de los eventos para cada condición (ensayos correctos e incorrectos). Los datos del EMS se analizaron mediante contrastes que se generaron a través de la substracción de la actividad cerebral entre ensayos cuyos estímulos fueron subsecuentemente reconocidos y ensayos cuyas imágenes nuevas fueron identificadas correctamente, en las condiciones de atención completa y atención dividida. Los contrastes se sometieron a una prueba *t* de

medidas repetidas de una sola muestra. Las imágenes se convirtieron en puntajes z y se identificaron las regiones cuya actividad excedía una $p < 0.001$ sin corrección para medidas repetidas.

6. Resultados

En la tarea de clasificación semántica (natural/artificial), durante la condición de atención completa los participantes tuvieron un mayor ($t_{(19)} = 2.089, p = 0.05$) porcentaje de respuestas correctas (media \pm error estándar: $96.75\% \pm 2.48$) que en la condición de atención dividida ($94.62\% \pm 5.16$). Asimismo, los participantes tuvieron menores tiempo de reacción ($t_{(19)} = -6.56, p < 0.001$) cuando codificaron la información en la condición de atención completa ($883 \text{ ms} \pm 213$) que cuando lo hicieron en la condición de atención dividida ($1073 \text{ ms} \pm 286$). El porcentaje de respuestas correctas en la tarea secundaria (discriminación del cambio/no cambio del color del marco) fue de $94.67\% \pm 4.88$. Los tiempos de reacción fueron menores ($t_{(19)} = 8.45, p < 0.001$) cuando los participantes respondieron correctamente a la tarea de clasificación semántica ($1033 \text{ ms} \pm 184$) que cuando lo hicieron a la tarea secundaria ($1394 \text{ ms} \pm 277$).

En la Tabla 5 se muestran el desempeño de los participantes en las condiciones de atención completa y dividida. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de respuestas de reconocimiento correcto ($t_{(19)} = 5.08, p < 0.001$), en el índice de discriminación Pr (Reconocimiento - falsas alarmas) ($t_{(19)} = 3.15, p = 0.005$) y en las respuestas correctas ante las imágenes nuevas ($t_{(19)} = -2.70, p < 0.001$). No hubo diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de falsas alarmas ($t_{(19)} = 2.06, p = 0.053$) entre

las condiciones. En los tiempos de reacción entre ambas condiciones, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > .05$) para ninguna de las respuestas.

Tabla 5. Desempeño de los participantes en la tarea de reconocimiento en la codificación de atención completa (AC) y atención dividida (AD).

Respuestas	Condición	Porcentaje de respuestas (%)		Tiempos de reacción (mseg)	
		Media	<i>D.E</i>	Media	<i>D.E</i>
Reconocimiento	AC	74.21	11.69	1010	216
	AD	63.18	13.71	1033	184
Falsas alarmas	AC	13.92	8.66	1171	303
	AD	11.31	8.15	1118	452
Nuevas correctas	AC	87.81	8.45	1021	232
	AD	84.25	9.79	1066	256
Reconocimiento-falsas alarmas	AC	60.29	15.26		
	AD	51.87	15.92		

D.E = Desviación Estándar

Las regiones cerebrales que mostraron actividad asociada al EMS (imágenes ulteriormente reconocidas en la fase de reconocimiento vs imágenes correctamente rechazadas) en la condición de atención completa se muestran en la Tabla 7. La Figura 10 muestra algunas de estas regiones cerebrales. No hubo activación significativa para este efecto en la condición de atención dividida.

Tabla 7: Regiones cerebrales que mostraron activación asociada al EMS (reconocimiento subsecuente correcto [aciertos] > respuestas correctas ante estímulos nuevos [rechazo correcto]) en la condición de atención completa (AC). No se observó EMS en la condición de atención dividida (AD).

Región cerebral	Hemisferio I/D	No. de vóxeles	BA*	Coordenadas Talairach y Tornoux			Puntaje Z
				x	y	z	
<i>Aciertos > Rechazo correcto</i>							
Giro fusiforme	D	32	37	27	-78	0	3.88
Cíngulo Anterior	D	11	32	6	12	21	3.83
Ínsula	I	6	13	-24	24	15	3.71
Giro fusiforme	I	66	37	-30	-39	-24	3.56
Giro frontal inferior	I	13	45	-45	36	6	3.23

I=izquierdo; D= derecho * BA = Áreas de Brodmann.

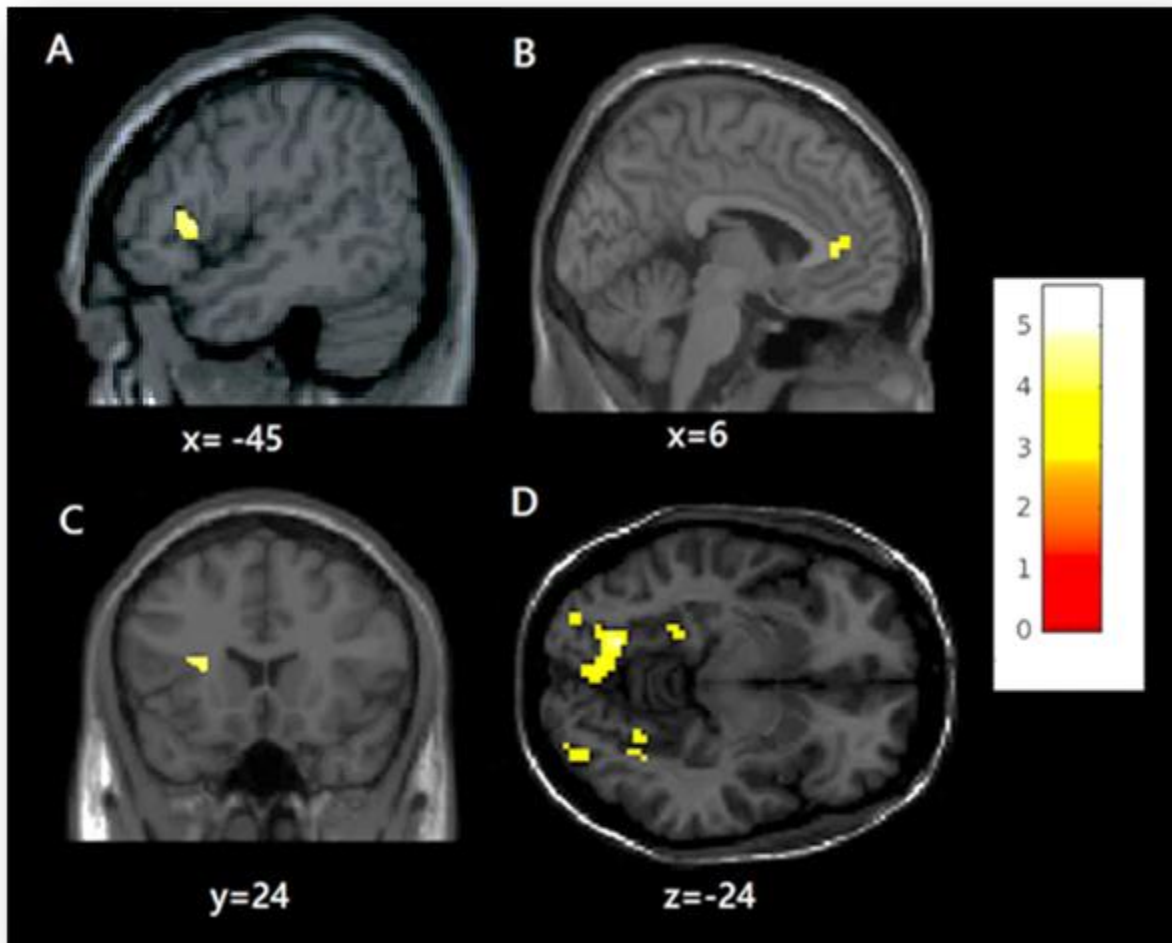


Figura 10: Regiones cerebrales que mostraron activación asociada al EMS. Vista sagital: A) giro frontal inferior izquierdo; B) cíngulo anterior. Vista coronal: C) ínsula izquierda. Vista axial: D) giro fusiforme izquierdo. La barra de color muestra el nivel de señal de BOLD (puntajes Z), $p < 0.001$.

En la Tabla 8 se muestran las regiones cerebrales que mostraron EMS mayores en la condición de atención completa en comparación con la condición de atención dividida. En la Figura 11 se muestran una selección de estas regiones. En el contraste inverso (AD>AC) no se observaron activaciones significativas.

Tabla 8: Regiones cerebrales que mostraron mayor EMS mayores en la condición de atención completa (AC) versus atención dividida (AD).

Región cerebral	Hemisferio I/D	No. de vóxeles	BA *	Coordinadas Talairach y Tornoux			Puntaje Z
				x	y	z	
AC > AD							
Giro lingual	D	127	17	21	-69	-6	4.27
Giro occipito-temporal medial	D	47	18	-33	-87	0	4.14
Ínsula	I	15	13	-30	-24	18	4.08
Parietal inferior	I	28	40	-24	-42	33	3.82
Fisura calcarina	I	13	17	-21	-66	3	3.70
Cerebelo	D	7		27	-39	-36	3.62
Cerebelo	I	18		-9	-66	-24	3.59
Giro fusiforme	I	39	37	-30	-63	-9	3.57
Fisura calcarina	D	40	17	12	-75	12	3.54
Surco intraparietal	I	6	40	-63	-36	18	3.52
Parahipocampo	D	11	28	24	-36	-9	3.46
Giro temporal superior	I	6	22	-33	-30	3	3.36
Parietal inferior	D	14	40	27	-54	51	3.34
<i>Cuneos</i>	D	8	19	15	-72	30	3.25
Giro fusiforme	D	5	37	33	-60	-12	3.24
<i>Precuneus</i>	I	5	7	-18	-51	0	3.20
Vermis		8		0	-57	-15	3.12

I=izquierdo; D= derecho * BA = Áreas de Brodmann.

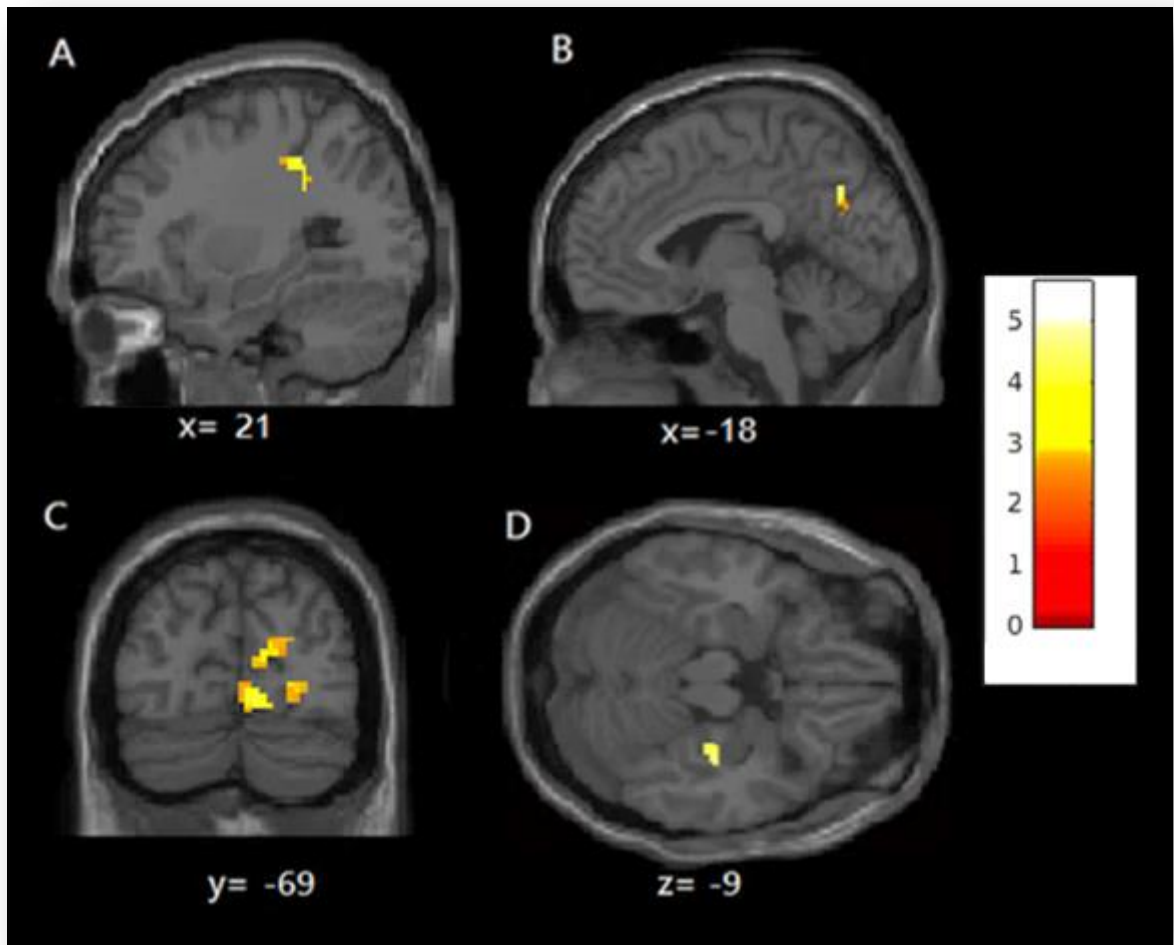


Figura 11. Regiones cerebrales que mostraron EMS de mayor activación en la condición de atención completa en comparación con la condición de atención dividida (AC>AD). Vista sagital: A) surco intraparietal izquierdo; B) *precuneus* izquierdo. Vista coronal: C) giro lingual derecho. Vista axial: D) parahipocampo derecho. La barra de color muestra el nivel de señal BOLD (puntajes Z), $p < 0.001$.

7. Discusión

El propósito del presente estudio fue determinar los efectos de dividir la atención durante la codificación de la memoria episódica sobre la actividad cerebral, en particular sobre el EMS. Con base en las investigaciones neurofisiológicas anteriores (Anderson *et al.*, 2000; Blanchet *et al.*, 2010; Fletcher *et al.*, 1995, Fletcher *et al.*, 1998; Iidaka *et al.*, 2000; Uncapher y Rugg, 2005; Kensinger *et al.*, 2003), se esperaba observar diferencias en la actividad cerebral durante la codificación de la memoria episódica entre ambas condiciones de atención (dividida y completa), en regiones asociadas al EMS, ubicadas en la CPF y el LTM, en particular, en la CPDL e hipocampo, respectivamente. El contraste de la actividad cerebral entre atención completa versus atención dividida (Tabla 8) mostró que varias áreas cerebrales tuvieron mayor activación cuando la codificación de información en la memoria episódica se realizó en condiciones de atención completa en comparación a cuando se realizó en condiciones de atención dividida; sin embargo, ninguna región cerebral mostró mayor activación en la condición de atención dividida con respecto a la condición de atención completa.

Del mismo modo, los análisis del EMS por separado en cada condición, mostraron que varias regiones asociadas al EMS mostraron mayor activación ante las imágenes subsecuentemente recordadas en comparación con las imágenes nuevas correctamente identificadas en la condición de atención completa; no obstante, no se observó este efecto en ninguna región cerebral en la condición de atención dividida. Estos resultados demuestran que cuando el cerebro realiza dos actividades simultáneamente los recursos para llevar a cabo la codificación exitosa de los estímulos disminuyen a tal grado que el

EMS no se manifiesta. En la condición de atención dividida, la ausencia del EMS demuestra que las imágenes no fueron procesadas enteramente para su posterior reconocimiento y por lo tanto, el EMS fue mayor en la condición de atención completa en comparación con el de la condición de atención dividida.

Los hallazgos neurofisiológicos coinciden con los resultados conductuales, ya que a pesar de que se intentó mantener el mismo grado de dificultad entre las condiciones de atención a través de presentar menos imágenes en la condición de atención dividida que en la de atención completa, el reconocimiento fue superior en la condición de atención completa. Hallazgo que confirma la noción de que la codificación es un proceso altamente susceptible a la competencia de recursos de atención (Naveh-Benjamin *et al.*, 2000b).

Otra evidencia a favor de que los recursos de atención fueran menores en la condición de atención dividida es el hecho de que los participantes tuvieron un menor desempeño en la tarea de clasificación semántica bajo la condición de atención dividida que cuando realizaron esta tarea bajo la condición de atención completa. Asimismo, los tiempos de reacción en esta tarea difirieron significativamente en la condición de atención dividida en comparación con los de la condición de atención completa. Estas diferencias en el desempeño entre condiciones de atención en la tarea de clasificación semántica proporcionan una clara evidencia de que los recursos de atención en la condición de atención dividida se limitaron de tal forma que fueron insuficientes para propiciar el EMS y repercutieron en el reconocimiento ulterior de las imágenes. La competencia de recursos de atención impactó no sólo en el desempeño de las tareas, sino también en la velocidad de procesamiento y por lo tanto, en el grado de profundidad con el que se realizó la codificación (Naveh-Benjamin *et al.*, 2000a), en el presente trabajo esto se observó en una

tarea de clasificación semántica (natural/artificial) que se considera, promueve una codificación profunda de la información (Craik y Tulving, 1975).

Los resultados en la tarea de reconocimiento mostraron diferencias significativas en el porcentaje de respuestas correctas para las imágenes viejas y nuevas (Tabla 5). Las imágenes codificadas bajo condiciones de atención completa fueron mejor recordadas que aquellas codificadas bajo condiciones de atención dividida; resultados que coinciden con varios estudios (Baddeley *et al.*, 1984; Craik *et al.*, 1996; Curran, 2004; Fernandes y Moscovitch, 2000; Naveh-Benjamin *et al.*, 1998; Naveh-Benjamin *et al.*, 2000a; Trejo-Morales y Cansino, 2011). Los tiempos de reacción en el reconocimiento no mostraron diferencias significativas para ninguna de las respuestas. En una tarea de reconocimiento, las respuestas pueden proporcionarse mediante procesos de familiaridad o de recuperación, y aunque la atención dividida suele afectar a ambos (Yonelinas, 2002), el hecho de no observarse diferencias significativas es un hallazgo esperado puesto que esta tarea se realizó siempre bajo condiciones de atención completa. Si bien, la tarea de reconocimiento no ofrece información concreta para distinguir entre dichos procesos (familiaridad o recuperación), puede asumirse que la familiaridad predomina en las tareas de reconocimiento debido a que generalmente éstas se realizan de manera veloz y automatizadas (Jacoby, 1991; Yonelinas, 1999).

En el presente estudio el EMS fue imperceptible en la condición de atención dividida, lo cual coincide con los hallazgos de estudios previos (Fletcher *et al.*, 1995; Fletcher *et al.*, 1998; Idaka *et al.*, 2000; Kensinger *et al.*, 2003; Shallice *et al.*, 1994; Uncapher y Rugg, 2005; Uncapher y Rugg, 2008) en los que se ha observado que la activación cerebral durante la codificación de información episódica se reduce en

condiciones de atención dividida debido a la interferencia que provoca la tarea secundaria (Fernandes y Moscovitch, 2000). Es posible que la interferencia de la tarea secundaria fuera más intensa en el presente estudio que en estudios previos, al grado de anular el EMS, debido a que la tarea de clasificación semántica y la tarea secundaria (discriminar si el marco alrededor de la imagen había cambiado o no de color) se presentaron de manera simultánea, con la misma duración y en la misma modalidad sensorial (visual), mientras que los estudios previos utilizan tareas de diferente modalidad y no siempre se presentan de manera simultánea (Naveh-Benjamin *et al.*, 1998). La interferencia causada en el presente estudio se considera atención dividida multitarea, pues incluye la multifujo y multimodal (Clapp y Gazzaley, 2012; Zanto y Gazzaley, 2014), ya que dos estímulos se presentaron en la misma modalidad sensorial simultáneamente (imagen y marco) y las tareas requerían del mismo tipo de respuesta motora (manual).

La hipótesis de que el EMS se observaría en el hipocampo se sustentó en numerosos estudios que han observado activación en esta región durante el EMS cuando se trata de codificar información pictórica (para un metaanálisis ver Kim, 2011), como los estímulos usados en el presente estudio; pese a ello, no se encontró evidencia del EMS en el hipocampo o en alguna otra región del LTM en ninguna de las condiciones con respecto a este efecto. Este resultado, aunque inesperado, tiene precedentes. Otten y Rugg (2001a) no encontraron EMS en el hipocampo izquierdo como habían reportado anteriormente (Otten, Henson y Rugg, 2001) en una tarea cuyos estímulos fueron palabras a codificar semánticamente. En otro estudio (Cansino *et al.*, 2002) donde se codificaron imágenes mediante un juicio semántico similar al nuestro, tampoco se observó EMS en esta región.

La activación de la CPF durante la predicción exitosa de información en la memoria episódica se ha observado frecuentemente (Brewer *et al.*, 1998; Cansino *et al.*, 2002; Kirchhoff *et al.*, 2000; Wagner *et al.*, 1998b). En específico, la CPDL se ha asociado con el proceso de codificación (Anderson *et al.*, 2000; Blanchet *et al.*, 2010; Fletcher *et al.*, 1995; Fletcher *et al.*, 1998; Iidaka *et al.*, 2000 y Uncapher y Rugg, 2005) sin importar el tipo de material utilizado (Blanchet *et al.*, 2010; Fletcher *et al.*, 1998), en el procesamiento ejecutivo y estrategias compensatorias (Gutchess *et al.*, 2005). Uncapher y Rugg (2005) reportaron una menor actividad de la CPDL durante la codificación de memoria episódica en condiciones de atención dividida; esta región también se ha reportado en la predicción de un fallo ulterior de la memoria cuando los recursos de atención se desvían de la tarea principal (Otten y Rugg, 2001b). Con estos antecedentes se propuso que se observaría activación en esta área durante la codificación en atención completa o bien en atención dividida, en la que dos clases de estímulos compitieron por recursos de procesamiento común (Wager y Smith, 2003), sin embargo, en el presente estudio no se observó activación en la CPDL en ninguna de las condiciones de atención.

Algunos estudios (Daselaar, Prince y Cabeza, 2004) interpretan la actividad neurofisiológica durante condiciones de atención dividida como la reasignación eficiente de los recursos neurocognitivos. Aunque, en el presente estudio el menor desempeño en condiciones de atención dividida indica que la demanda de la tarea secundaria limitó los recursos para la tarea principal de codificación. Esto ocurrió a pesar de que los participantes hicieron primero la tarea principal y luego la tarea secundaria, ya que los tiempos de reacción en ambas tareas así lo indican. Por ello, algunos autores (Fernandes y Moscovitch,

2002; Naveh-Benjamin *et al.*, 2000b) sugieren evaluar el costo de dividir la atención sobre la memoria, a partir de la ejecución de los participantes en la tarea secundaria.

Entre las regiones que mostraron EMS en la condición de atención completa (Tabla 7), sobresale la activación de CPF ventrolateral anterior, en particular, en el giro frontal inferior izquierdo (Figura 10A), activación que probablemente refleja el mantenimiento en línea de la información (Postle *et al.*, 2001; D'Esposito y Postle, 2002) y cuya lateralización esté influenciada por demandas de tareas específicas del proceso (codificación) y específicas del material (imágenes) (Golby *et al.*, 2001). Esta región se ha asociado a la “memoria de trabajo semántica” (Gabrieli, Poldrack y Desmond, 1998) que beneficia la codificación de información en la memoria episódica al propiciar el procesamiento controlado y elaborado (semánticamente) de los estímulos. Este EMS en el giro frontal inferior izquierdo, se ha reportado anteriormente durante la codificación de imágenes (Cansino *et al.*, 2002) y palabras (Buckner, Kelley, Petersen, 1999; Kensinger *et al.*, 2003, Morcom *et al.*, 2003; Otten, Henson y Rugg, 2001; Uncapher y Rugg 2005; Wagner *et al.*, 1998b). El procesamiento semántico observado en el giro frontal inferior izquierdo, presumiblemente suministra parte del *input* cortical a la formación hipocampal (Buckner *et al.*, 2000, Gabrieli *et al.*, 1998). El EMS en alguna de estas regiones o en ambas es consecuencia del principio de “dependencia a la tarea” que supone que los procesos de dominio específicos y sus correlatos neuronales dependen de la naturaleza de la tarea de codificación, un ejemplo es que en tareas fonológicas se ha observado escasa o nula actividad en la CPF ventrolateral anterior (Otten y Rugg, 2001a), pero sí en su porción posterior (Kapur *et al.*, 1996; Poldrack *et al.*, 1999; Simons y Spiers, 2003).

La activación en la ínsula (Figura 10C) observada en este trabajo se ha reportado como EMS para imágenes (Uncapher y Rugg, 2009) aunque predomina en paradigmas con material verbal-asociativo (Kim, 2011) pues en las tareas de reconocimiento asociativo normalmente se presenta más información y se requiere de una codificación elaborada de la información. La activación en la región insular también se asocia a las demandas de procesamiento semántico durante la codificación (Kirwan, Wixted y Squire *et al.*, 2008).

El EMS que se observó en el giro fusiforme (Figura 10D) podría representar procesos de análisis y diferenciación visuoperceptual (Garoff, Slotnick y Schacter, 2005), los cuales son críticos para la codificación exitosa de material pictórico. Tanto el giro frontal inferior izquierdo como el giro fusiforme son regiones ampliamente conocidas por estar involucradas en el procesamiento de información sensorial para su representación interna (Dickerson *et al.*, 2007; Garoff *et al.*, 2005; Kim y Cabeza, 2007; Kirchoff *et al.*, 2000; Paller y Wagner 2002).

Por otro lado, el cíngulo anterior (Figura 10B) no se ha reportado frecuentemente como región con efectos prominentes de memoria subsecuente (Kim, 2011); no obstante, la activación de esta región se asocia con tareas de atención (Botvinick *et al.*, 1999; Carter *et al.*, 1998; Kensinger *et al.*, 2003; Shallice *et al.*, 1994), de control voluntario de la atención (Kiernan, 2014) y de selección de objetivos (Fletcher y Henson 2001). Creciente evidencia (Corbetta y Shulman, 2002; Raz y Buhle, 2006) sugiere que la atención (no dividida) depende de redes de regiones cerebrales que interactúan entre sí. En el presente estudio, varias regiones, como el SIP (Figura 11A) y el LPS en el *precuneus* (Figura 11B), corresponden a la red FPD, involucrada en la selección (voluntaria) y modulación (*top down*) de la atención según la teoría dual de las redes de orientación de la atención (Bestmann *et al.*, 2007; Bressler *et al.*, 2008; Corbetta *et al.*, 2008; Ruff *et al.*, 2006, 2009).

La activación de regiones de esta red indica que la orientación voluntaria hacia las características del estímulo imperó en la condición de atención completa.

Investigaciones previas (Kim, 2011) demuestran que se propicia mayor activación en regiones parietales cuando la información que se codifica consiste en un solo elemento (como las imágenes de este estudio) porque el foco de atención se mantiene constante, situación que no ocurre cuando se codifican varios elementos. En el presente estudio, la activación de la corteza parietal durante la codificación de información en la memoria episódica en condiciones de atención completa es acorde con la propuesta de que esta región refleja la asignación de recursos de atención durante la codificación (Cabeza, 2008; Cabeza *et al.*, 2008). Los presentes hallazgos coinciden con la teoría que propone que la memoria es un rastro perdurable del procesamiento de información por la atención (Chun *et al.*, 2011), y con el supuesto de que la atención es fundamental para la formación de huellas de memoria duradera (e.g., Broadbent, 1958; Cherry, 1953; James, 1890; Norman, 1968).

Del mismo modo, la codificación de información pictórica en el presente estudio se asoció a una mayor activación en áreas sensoriales parietales y visuales (Tabla 8), lo cual coincide con otros estudios (Stock *et al.*, 2009). El procesamiento de la información semántica visual se relaciona tanto con el giro temporal superior izquierdo como con el giro fusiforme bilateral (Cappa, Perani, Schnur, Tettamanti y Fazio, 1998; Thompson-Schill, Aguirre, D'Esposito, y Farah, 1999).

Una de las áreas en las que se observó mayor activación durante la codificación exitosa en la condición de atención completa fue el giro lingual derecho (Figura 11C), también se observó activación en el *cuneos* (separado del giro lingual por la fisura calcarina) y se aprecia la actividad del giro fusiforme ubicado inferolateralmente al giro

lingual. El giro lingual continúa anteriormente como giro parahipocampal (Figura 11D), cuya actividad durante la codificación se ha caracterizado por predecir el reconocimiento posterior y por mostrar mayor activación cuando el material que se codifica son objetos en comparación con palabras (Davachi, *et al.*, 2003; Martin, Wiggs y Weisberg, 1997). En conjunto con el giro fusiforme, estas regiones se denominan como giro occipitotemporal medial, que forma parte de la vía visual ventral que se ocupa la identificación del “qué”, es decir, de identificar los estímulos visuales y sus características inherentes como la forma y color (FitzGerald, Mtui, Fitzgerald, Gruener y Mtui, 2012).

8. Conclusiones

Los resultados constituyen una valiosa aportación para entender la relación entre los procesos de atención y memoria. En particular, proporcionan evidencia de que la codificación de información en la memoria episódica depende del reclutamiento de recursos de atención. Adquirir información en condiciones de atención dividida tiene un efecto perjudicial en la memoria, pues en tales condiciones, se observó una disminución en el desempeño y mayores tiempos de reacción en la tarea principal (clasificación semántica), así como un menor porcentaje de imágenes reconocidas posteriormente.

Los mecanismos neurofuncionales por los cuales la atención dividida interfiere con la codificación no se pudieron analizar completamente porque el EMS fue imperceptible en esta condición; no obstante, este hecho en sí proporciona evidencia de que la activación cerebral durante la codificación de información episódica disminuye en condiciones de atención dividida, situación que es consecuencia de la interferencia ocasionada por la tarea

secundaria. La competencia entre la tarea principal y la tarea secundaria por los recursos de procesamiento común (modalidad visual) y generales, o de dominio no específico, como la atención selectiva y sostenida, la memoria de trabajo, la velocidad de procesamiento, las respuestas motoras y las demandas de codificación en sí mismas, interfirieron conductual y neurofisiológicamente en la codificación de la información en la memoria episódica.

El patrón de hallazgos neurofisiológicos observados en el EMS en la condición de atención completa coincide con el principio de "dependencia a la tarea", el cual sugiere que la codificación exitosa no depende de un conjunto de regiones "fijas" en el cerebro sino de los requisitos particulares de procesamiento determinados por la tarea y por lo tanto, de regiones cerebrales específicas que serán funcionalmente críticas para la codificación correcta.

9. Limitaciones y Sugerencias

Los resultados del presente estudio sobre las regiones asociadas al EMS, podrían enriquecerse con estudios posteriores que también utilicen el registro de la actividad electroencefalográfica durante la fase de codificación en condiciones de atención dividida, ya que permitiría examinar el EMS con una definición temporal superior, además de la elevada resolución espacial que brinda la RMf.

Por otro lado, la ausencia del EMS en la condición de atención dividida no implica que no haya habido activación alguna, más bien no fueron detectables. Por lo que una comprensión más amplia de los correlatos neurofuncionales de la codificación de información episódica en condiciones de atención dividida podría basarse en otras estrategias experimentales, como delimitar *a priori* regiones de interés. Otra aproximación podría ser evaluar qué regiones cerebrales generan una mayor señal BOLD para los estímulos ulteriormente no reconocidos en comparación con aquellos que sí lo fueron, pues esto indicaría qué actividad cerebral interfiere con la codificación satisfactoria.

Asimismo, cabe mencionar que el efecto de memoria subsecuente, es sólo una de las maneras de operacionalizar el estudio de la codificación episódica, otras podrían incluir la comparación entre tipos materiales, niveles de procesamiento o lateralización de los procesos de codificación, cada uno de estos enfoques probablemente destacaría distintos aspectos de la codificación de información episódica, como la detección, percepción, evaluación y categorización de los estímulos.

10. Referencias

- Abe K, Inokawa M, Kashiwagi A, Yanagihara T. Amnesia after a discrete forebrain lesion. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1998; 65: 126-30.
- Alexander, G. E., Crutcher, M. D., & DeLong, M. R. (1991). Basal ganglia-thalamocortical circuits: parallel substrates for motor, oculomotor, “prefrontal” and “limbic” functions. *Progress in brain research*, 85, 119-146.
- Álvarez, J., Ríos, M., Hernández, J. A., Bargalló, N., & Calvo-Merino, B. (2008). Resonancia magnética I. Resonancia magnética funcional. En F. Maestú, M. Ríos, R. Cabestrero (Coords.). *Neuroimagen. Técnicas y procesos cognitivos*. Barcelona: Elsevier. Masson, 27-64.
- Alvarez, P., & Squire, L. R. (1994). Memory consolidation and the medial temporal lobe: a simple network model. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(15), 7041-7045.
- Anderson, N. D., Craik, F. I. M. & Naveh-Benjamin, M. (1998). The attentional demands of encoding and retrieval in younger and older adults: I. Evidence from divided attention costs. *Psychology and Aging*, 13, 405-423.
- Anderson, N.D., Iidaka, T., Cabeza, R., Kapur, S., McIntosh, A. R. & Craik, F. I. M. (2000). The effect of divided attention on encoding and retrieval related brain activity: A PET study of younger and older adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12.
- Andrews-Hanna, J. R. (2012). The brain’s default network and its adaptive role in internal mentation. *The Neuroscientist*, 18(3), 251-270.

- Armony, J. L., Trejo-Martínez, D., & Hernández, D. (2012). Resonancia magnética funcional (RMf): Principios y aplicaciones en neuropsicología y neurociencias cognitivas. *Neuropsicologia Latinoamericana*, 4(2).
- Arrington, C. M., Carr, T. H., Mayer, A. R., & Rao, S. M. (2000). Neural mechanisms of visual attention: Object-based selection of a region in space. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(Suppl 2), 106–117.
- Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory: A proposed system and its control processes. In Spence, K. W. & Spence, J. T. (Eds.). *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Vol. II, New York: Academic Press.
- Baddeley AD., (1997). Human memory. Theory and practice. San Francisco:Taylor & Francis.
- Baddeley AD., Hitch GJ. (1974). Working memory. In Bower GA, Ed. The psychology of learning and cognition. New York: Academic Press.
- Baddeley AD., The episodic buffer: a new component of working memory. *Trends Cogn Sci* 2000; 4: 417-23.
- Baddeley, AD., (1981). The concept of working memory : A view of its current state and probable future development. *Cognition*, 10, 17–23.
- Baddeley, AD., (1966). Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic, and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18: 362-365.

- Baddeley, A.D., Lewis, V., Eldridge, M., & Thomson, N. (1984). Attention and retrieval from long-term memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113(2), 518-540.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (Eds.). (2016). *Neuroscience: exploring the brain*. Philadelphia, US: Wolters Kluwer.
- Bechara, A., Damasio, H., & Damasio, A. R. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral cortex*, 10(3), 295-307.
- Beck, A. T., Ward, C. H., Mendelson, M., Mock, J. & Erbaugh, J. (1961). An inventory for measuring depression. *Archives of General Psychiatry*, 4, 561-571.
- Beckmann, M., Johansen-Berg, H., & Rushworth, M. F. (2009). Connectivity-based parcellation of human cingulate cortex and its relation to functional specialization. *Journal of Neuroscience*, 29(4), 1175-1190.
- Bestmann, S., Ruff, C. C., Blakemore, C., Driver, J., & Thilo, K. V. (2007). Spatial attention changes excitability of human visual cortex to direct stimulation. *Current Biology: CB*, 17, 134-139.
- Blanchet, S., Gagnon, G., & Schneider, C. (2010). The contribution of the dorsolateral prefrontal cortex in full and divided encoding: A paired-pulse transcranial magnetic stimulation study. *Behavioural neurology*, 23(3), 107-115.
- Botvinick, M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological review*, 108(3), 624.

- Botvinick, M., Nystrom, L. E., Fissell, K., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (1999). Conflict monitoring versus selection for action in anterior cingulate cortex. *Nature*, 402(6758), 179-181.
- Bressler, S. L., Tang, W., Sylvester, C. M., Shulman, G. L., & Corbetta, M. (2008). Top-down control of human visual cortex by frontal and parietal cortex in anticipatory visual spatial attention. *Journal of Neuroscience*, 28, 10056–10061.
- Brewer, J., Zhao, Z., Desmond, J., Glover, G. & Gabrieli, J., (1998.) Making memories: brain activity that predicts how well visual experience will be remembered. *Science*, 281, 1185–1187.
- Broadbent, D. E. (1958). Perception and communication. London: Pergamon Press.
- Brown, S. C., & Craik, F. I. (2000). Encoding and retrieval of information. The Oxford handbook of memory, 93-107. En Sternberg, R. J., & Rodríguez, J. E. (2011). Psicología cognoscitiva. Cengage Learning.
- Buckner, R. L., Andrews-Hanna, J. R., & Schacter, D. L. (2008). The brain's default network. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124(1), 1-38.
- Buckner, R. L., Bandettini, P. A., O'Craven, K. M., Savoy, R. L., Petersen, S. E., Raichle, M. E., & Rosen, B R. (1996). Detection of cortical activation during averaged single trials of a cognitive task using functional magnetic resonance imaging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93, 14878–14883.
- Buckner, R. L., Kelley, W., Petersen, S., (1999). Frontal cortex contributes to human memory formation. *Nat. Neurosci.* 2, 311–314.

- Buckner, R. L., Logan, J., Donaldson, D. I., & Wheeler, M. E. (2000). Cognitive neuroscience of episodic memory encoding. *Acta psychologica*, 105(2), 127-139.
- Buckner, R.L., Wheeler, M.E., Sheridan, M.A.,(2001). Encoding processes during retrieval tasks. *J. Cogn. Neurosci.* 13, 406–415.
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in cognitive sciences*, 4(6), 215-222.
- Byrne, J. H. (2003) *Learning and Memory: MacMillan Psychology Reference Series: Gale Group.*
- Cabeza, R. (1999). Functional neuroimaging of episodic memory retrieval. In Tulving (2013) *Memory, Consciousness, and the Brain: The Tallinn Conference* (pp. 76-90).
- Cabeza, R. (2008). Role of posterior parietal regions in episodic memory retrieval: the dual attentional process hypothesis. *Neuropsychologia*, 46, 1813–1827.
- Cabeza, R., Ciaramelli, E., Olson, I. R., & Moscovitch, M. (2008). The parietal cortex and episodic memory: an attentional account. *Nat.Rev. Neurosci.* 9, 613–625.
- Cabeza, R., Mazuz, Y. S., Stokes, J., Kragel, J. E., Woldorff, M. G., Ciaramelli, E., Olson, I. R., & Moscovitch, M. (2011). Overlapping parietal activity in memory and perception: evidence for the attention to memory model. *J. Cogn. Neurosci.* 11, 3209-3217.
- Cansino, S., Maquet, P., Dolan, R. J., & Rugg, M. D. (2002). Brain activity underlying encoding and retrieval of source memory. *Cerebral Cortex*, 12(10), 1048-1056.

- Cappa, S. F., Perani, D., Schnur, T., Tettamanti, M., & Fazio, F. (1998). The effects of semantic category and knowledge type on lexical-semantic access: a PET study. *Neuroimage*, 8(4), 350-359.
- Carpenter, R. H. S. (2004). Contrast, probability, and saccadic latency: evidence for independence of detection and decision. *Current Biology*, 14(17), 1576-1580.
- Carter, C. S., Braver, T. S., Barch, D. M., Botvinick, M. M., Noll, D., & Cohen, J. D. (1998). Anterior cingulate cortex, error detection, and the online monitoring of performance. *Science*, 280(5364), 747-749.
- Cherry, E. C. (1953). Some experiments in recognition of speech with one or two ears. *J Acoust Soc Am*, 25, 975-979.
- Chun, M., Golomb, J., & Turk-Browne, N. B. (2011). A taxonomy of external and internal attention. *Annu. Rev. Psychol.* 62, 73–101.
- Clapp, W. C., & Gazzaley, A. (2012). Distinct mechanisms for the impact of distraction and interruption on working memory in aging. *Neurobiology of aging*, 33(1), 134-148.
- Clapp, W. C., Rubens, M. T., & Gazzaley, A. (2009). Mechanisms of working memory disruption by external interference. *Cerebral Cortex*, 20:859–872.
- Clayton, N. S., & Dickinson, A. (1998). Episodic-like memory during cache recovery by scrub jays. *Nature*, 395(6699), 272-274.
- Cohen, J. D., Braver, T. S., & O'Reilly, R. C. (1996). A computational approach to prefrontal cortex, cognitive control and schizophrenia: recent developments and

current challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 351(1346), 1515-1527.

Cohen, R. A., Sparling-Cohen, Y. A., & O'Donnell, B. F. (1993). *The neuropsychology of attention*. New York: Plenum Press.

Conway, M. A. (2008). Exploring episodic memory. *Handbook of behavioral neuroscience*, 18, 19-29.

Corbetta, M. & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3 (3), 201-215.

Corbetta, M. (1998). Frontoparietal cortical networks for directing attention and the eye to visual locations: Identical, independent, or overlapping neural systems? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95, 831–838.

Corbetta, M., Akbudak, E., Conturo, T. E., Snyder, A. Z., Ollinger, J. M., Drury, H. A. *et al.* (1998). A common network of functional areas for attention and eye movements. *Neuron*, 21, 761–773.

Corbetta, M., Kincade, J. M., Ollinger, J. M., McAvoy, M. P., & Shulman, G. L. (2000). Voluntary orienting is dissociated from target detection in human posterior parietal cortex. *Nature Neuroscience*, 3, 292–297.

Corbetta, M., Kincade, J., Shulman, G., (2002). Neural systems for visual orienting and their relationships to spatial working memory. *J. Cogn. Neurosci.* 14, 508–523.

- 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., Patel, G., Shulman, G., (2008). The reorienting system of the human brain: from environment to theory of mind. *Neuron* *58*, 306–324.
- Coull, J. T. (1998). Neural correlates of attention and arousal: insights from electrophysiology, functional neuroimaging and psychopharmacology. *Progress in neurobiology*, *55*(4), 343-361.
- Craik, F. I. M., Govoni, R., Naveh-Benjamin, M., & Anderson, N. D. (1996). The effects of divided attention on encoding and retrieval processes in human memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, *125*(2), 159_180.
- Craik, F. I. M., Naveh-Benjamin, M., Ishaik, G. & Anderson, N.D (2000) Divided attention during encoding and retrieval:Differential control effects? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol 26 (6):1744-1749.
- Craik, F. I.,M & Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of experimental Psychology: general*, *104*(3), 268.
- Craik, F. I.,M & Jacoby, L. L. (1975). A process view of short-term retention. *Cognitive theory*, *1*, 173-192.
- Cummings, J. L. (1985). *Clinical neuropsychiatry*. Boston: Allyn & Bacon; 1985. 615-56.
- Cummings, J.L. (1993). Frontal-subcortical circuits and human behavior. *Archives of neurology*, *50*(8), 873-880.

- Curran, T. (2004). Effects of attention and confidence on the hypothesized ERP correlates of recollection and familiarity. *Neuropsychologia*, 42(8), 1088-1106.
- Daselaar, S.M., Prince, S. E., & Cabeza, R. (2004). When less means more: Deactivations during encoding that predict subsequent memory. *Neuroimage*, 23, 921–927.
- Daselaar, S.M., Veltman, D.J., Rombouts, S.A., Lazeron, R.H., Raaijmakers, J.G., & Jonker, C. (2003). Neuroanatomical correlates of episodic encoding and retrieval in young and elderly subjects. *Brain*, 126, 43–56.
- Davachi, L., Mitchell, J. P., & Wagner, A. D. (2003). Multiple routes to memory: Distinct medial temporal lobe processes build item and source memories. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 100, 2157–2162.
- Dere, E., Easton, A., Nadel, L., & Huston, J. P. (Eds.). (2008). Handbook of episodic memory (Vol. 18). UK: Elsevier.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 193–222.
- D'Esposito, M. D., Detre, J. A., Alsop, D. C., & Shin, R. K. (1995). The neural basis of the central executive system of working memory. *Nature*, 378(6554), 279.
- D'Esposito, M., Postle, B. R. (2002). Working memory function in lateral prefrontal cortex. In Stuss DT, Knight RT, eds. Principles of frontal lobe function. New York: Oxford University Press; 2002.
- Deutsch, J. A., y Deutsch, G. (1963). Attention: some theoretical considerations. *Psychol rev*, 70, 80-90.

- Diana, R., Yonelinas, A., Ranganath, C., (2007). Imaging recollection and familiarity in the medial temporal lobe: a three-component model. *Trends Cogn. Sci.* 11,379–386.
- Dickerson, B.C., Miller, S.L., Greve, D.N., Dale, A.M., Albert, M.S., Schacter, D.L., Sperling, R.A.,(2007). Prefrontal-hippocampal-fusiform activity during encoding predicts intraindividual differences in free recall ability: an event-related functionalanatomic MRI study. *Hippocampus* 17, 1060–1070.
- Dove, A., Pollmann, S., Schubert, T., Wiggins, C. J., & von Cramon, D. Y. (2000). Prefrontal cortex activation in task switching: an event-related fMRI study. *Cognitive brain research*, 9(1), 103-109.
- Downar, J., Crawley, A. P., Mikulis, D. J., & Davis, K. D. (2000). A multimodal cortical network for the detection of changes in the sensory environment. *Nature Neuroscience*, 3, 277–283.
- Dudai, Y. (2002). *Memory from A to Z. Keywords, Concepts and Beyond.* UK:Oxford.
- Duncan, J. (1986). Disorganization of behaviour after frontal-lobe damage. *Cognitive Neuropsychology*, 3, 271-290.
- Duncan, J., Martens, S. & Ward, R. (1997). Restricted attentional capacity within but not between sensory modalities. *Nature*, 387, 808-810.
- Duverne, S.,Motamedinia,S.,& Rugg, M.D.(2009).The relationship between aging, performance ,and the neural correlates of successful memory encoding. *Cerebral Cortex*, 19, 733–744.

- Elman, J. A., Rosner, Z. A., Cohn-Sheehy, B. I., Cerreta, A. G., & Shimamura, A. P. (2013). Dynamic changes in parietal activation during encoding: implications for human learning and memory. *Neuroimage*, 82, 44-52.
- Estévez-González, A., García-Sánchez, C., y Junqué, C. (1997). La atención: una compleja función cerebral. *Revista de neurología*, 25(148), 1989-1997.
- Everitt, B. J., y Robbins, T. W. (1997). Central cholinergic systems and cognition. *Annual review of psychology*, 48(1), 649-684.
- Fagot, C. & Pashler, H. (1992). Making two responses to a single object: Implications for the central attentional bottleneck. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 1058-1079.
- Fernandes, M. A. & Moscovitch, M. (2002). Factors modulating the effect of divided attention during retrieval of words. *Memory & Cognition*, 30 (5), 731-744.
- Fernandes, M. A., & Moscovitch, M. (2000). Divided attention and memory: evidence of substantial interference effects at retrieval and encoding. *Journal of Experimental Psychology: General*, 129(2), 155.
- Fernandes, M. A., Pacurar, A., Moscovitch, M. & Grady, C. (2006). Neural correlates of auditory recognition under full and divided attention in younger and older adults. *Neuropsychologia*, 44, 2452-2464.
- Fernandez, G. & Tendolkar, I., (2001). Integrated brain activity in medial temporal and prefrontal areas predicts subsequent memory performance: human declarative memory formation at the system level. *Brain Res. Bull* 55, 1-9.

- FitzGerald, M. J., Mtui, G., Fitzgerald, E. J. T., Gruener, G., & Mtui, E. (2012). *Neuroanatomía clínica y neurociencia* (No. 611.8). Elsevier.
- Fletcher P.C., Shallice T, Dolan RJ. (1998). The functional roles of prefrontal cortex in episodic memory. I. Encoding, *Brain*; 121: 1239–48.
- Fletcher, P. C., & Henson, R. N. (2001). Frontal lobes and human memory: insights from functional neuroimaging. *Brain J. neurol.* 124 (5), 849–881.
- Fletcher, P. C., Frith, C. D., Grasby, P. M., Shallice, T., Frackowiak, R. S., & Dolan, R. J. (1995). Brain systems for encoding and retrieval of auditory–verbal memory. An in vivo study in humans. *Brain*, 118, 401–416.
- Folstein, M., Folstein, S. & McHugh, P. (1975). Mini Mental State: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal Psychiatry Research*, 12, 189-198.
- Friston, K. J., Holmes, A. P., Worsley, K. J., Poline, J. B., Frith, C. D. & Frackowiak, R. S. J., (1995). Statistical parametric maps in functional imaging: a general linear approach. *Human Brain Mapping*, 2, 189-210.
- Fuentes, J. J. (2004). Inhibitory processing in the attentional networks. In M. I. Posner (Ed.), *Cognitive neuroscience of attention* (pp.45–55). New York: Guilford. Posner, M. I., & Raichle, M. E. (1994). *Images of mind*. New York: Sci. Am.
- Fuster, J. M. (1973). Unit activity in prefrontal cortex during delayed-response performance: neuronal correlates of transient memory. *Journal of Neurophysiology*. 36: 61-78.

- Gabrieli, J. D., Poldrack, R. A., & Desmond, J. E. (1998). The role of left prefrontal cortex in language and memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.*, 95, 906–913.
- García de la Rocha, M. L. (2007). Negligencia especial y síndromes relacionados. En J. Peña Casanova, *Neurología de la Conducta y Neuropsicología*, Madrid: Panamericana.
- Garrido, A. A. G., y Loyo, J. R. (2006). La atención y sus alteraciones: del cerebro a la conducta. E. M. Orta (Ed.). UNAM.
- Garoff, R.J., Slotnick, S.D., Schacter, D.L., (2005). The neural origins of specific and general memory: the role of the fusiform cortex. *Neuropsychologia* 43, 847–859.
- Gazzaley, A., Cooney, J. W., Rissman, J., & D'esposito, M. (2005). Top-down suppression deficit underlies working memory impairment in normal aging. *Nature neuroscience*, 8(10), 1298-1300.
- Gazzaniga, M. S. (2014). *The cognitive neurosciences*. Cambridge: MIT press.
- Gehring, W. J., Goss, B., Coles, M. G., Meyer, D. E., & Donchin, E. (1993). A neural system for error detection and compensation. *Psychological science*, 4(6), 385-390.
- Gillund, G. (1984). A retrieval model for both recognition and recall. *Psychological Review*, 91 (1): 1-67.
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., & Rapoport, J. L. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during

childhood through early adulthood. *Proceedings of the National academy of Sciences of the United States of America*, 101(21), 8174-8179.

Golby, A. J., Poldrack, R. A., Brewer, J. B., Spencer, D., Desmond, J. E., Aron, A. P., & Gabrieli, J. D. (2001). Material-specific lateralization in the medial temporal lobe and prefrontal cortex during memory encoding. *Brain*, 124(9), 1841-1854.

Gore, J. C. (2003). Principles and practice of functional MRI of the human brain. *Journal of Clinical Investigation*, 112(1), 4.

González ,B. , Jodar, M., y Muñoz, E. (2013). Neuropsicología de la memoria. En Jodar, M. (Coord.), Redolar, D.,Blázquez, J.L., González, B., Muñoz, E., Periañez, J.A., y Viejo,R. *Neuropsicología* (Manual). Barcelona: UOC.

Gutchess, A. H., Welsh, R. C., Hedden, T., Bangert, A., Minear, M., Liu, L. L., & Park, D. C. (2005). Aging and the neural correlates of successful picture encoding: frontal activations compensate for decreased medial-temporal activity. *Journal of cognitive neuroscience*, 17(1), 84-96.

Habib, R., Nyberg, L., & Tulving, E. (2003). Hemispheric asymmetries of memory: the HERA model revisited. *Trends in cognitive sciences*, 7(6), 241-245

Hasselmo M.E., Wyble P, Wallenstein GV. (1996)Encoding and retrieval of episodic memories: role of cholinergic and GABAergic modulation in the hippocampus. *Hippocampus*; 6: 693-708.

Hasselmo, M. E. (2012). How we remember: Brain mechanisms of episodic memory. MIT press.

- Hazeltine, E., Ruthruff, E., & Remington, R. W. (2006). The role of input and output modality pairings in dual-task performance: Evidence for content-dependent central interference. *Cognitive psychology*, 52(4), 291-345.
- Henson, R. N., Hornberger, M., & Rugg, M. D. (2005). Further dissociating the processes involved in recognition memory: an fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(7), 1058-1073.
- Hopf, J. M., Boehler, C. N., Schoenfeld, M. A., Mangun, G. R., & Heinze, H. J. (2012, May). The Neuroscience of Attention: Attentional Control and Selection. In Oxford University Press.
- Hopfinger, J. B., Buonocore, M. H., & Mangun, G. R. (2000). The neural mechanisms of top-down attentional control. *Nature Neuroscience*, 3, 284–291.
- Hutchinson, J. B., Uncapher, M. R., & Wagner, A. D. (2009). Posterior parietal cortex and episodic retrieval: convergent and divergent effects of attention and memory. *Learn. Mem.* 16, 343–356.
- Iidaka, T., Anderson, N. D., Kapur, S., Cabeza, R., & Craik, F. I. M. (2000). The effect of divided attention on encoding and retrieval in episodic memory revealed by positron emission tomography. *J Cogn Neurosci* 12 (2), 267–280.
- Jack, A. I., Shulman, G. L., Snyder, A. Z., McAvoy, M., & Corbetta, M. (2006). Separate modulations of human V1 associated with spatial attention and task structure. *Neuron*, 51, 135–147.
- Jacoby, L. (1991). A process dissociation framework: Separating automatic from intentional uses of memory. *Journal of Memory and Language*, 30, 513-541.

- James, W. (1890). *The principles of psychology* (Vol. 1). New York: Henry-Holt & Co. En Sternberg, R. J., y Rodríguez, J. E. (2011). *Psicología cognoscitiva*. Cengage Learning.
- Jodar, M., Periañez, J.A., y Viejo, R., (2013). *Neuropsicología de la atención*. En Jodar, M. (Coord.), Redolar, D., Blázquez, J.L., González, B., Muñoz, E., Periañez, J.A., y Viejo, R. *Neuropsicología* (Manual). Barcelona: UOC.
- Johnson Jr, R., Nessler, D., & Friedman, D. (2013). Temporally specific divided attention tasks in young adults reveal the temporal dynamics of episodic encoding failures in elderly adults. *Psychology and aging*, 28(2), 443.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort* (Vol. 1063). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kanwisher, N., & Wojciulik, E. (2000). Visual attention: insights from brain imaging. *Nature Reviews Neuroscience*, 1(2), 91-100.
- Kao, Y.-C., Davis, E.S. & Gabrieli, J.D.E., (2005). Neural correlates of actual and predicted memory formation. *Nat. Neurosci.* 8, 1776–1783.
- Kapur, S., Tulving, E., Cabeza, R., McIntosh, A. R., Houle, S., & Craik, F. I. (1996). The neural correlates of intentional learning of verbal materials: a PET study in humans. *Cognitive Brain Research*, 4(4), 243-249.
- Kastner, S., Pinsk, M. A., De Weerd, P., Desimone, R., & Ungerleider, L. G. (1999). Increased activity in human visual cortex during directed attention in the absence of visual stimulation. *Neuron*, 22, 751–761.

- Kensinger, E. A., Clarke, R.J. & Corkin, S. (2003). What neural correlates underlie successful encoding and retrieval? A functional magnetic resonance imaging study using a divided attention paradigm. *The Journal of Neuroscience*, 23 (6):2407-2415.
- Kiernan, J. A. (2014). Barr. El sistema nervioso humano. Una perspectiva anatómica. Barcelona: Wolters Kluwer.
- Kim, H. (2011). Neural activity that predicts subsequent memory and forgetting: a meta-analysis of 74 fMRI studies. *Neuroimage*, 54(3), 2446-2461.
- Kim, H. & Cabeza, R., (2007). Differential contributions of prefrontal, medial temporal, and sensory-perceptual regions to true and false memory formation. *Cereb. Cortex* 17, 2143–2150.
- Kirchhoff, B.A., Wagner, A.D., Maril, A., & Stern, C. (2000). Prefrontal-temporal circuitry for episodic encoding and subsequent memory. *Journal of Neuroscience*, 20, 6173–6180.
- Kirwan, C., Wixted, J., Squire, L., 2008. Activity in the medial temporal lobe predicts memory strength, whereas activity in the prefrontal cortex predicts recollection. *J. Neurosci.* 28, 10541–10548.
- Koechlin, E., Basso, G., Pietrini, P., Panzer, S., & Grafman, J. (1999). The role of the anterior prefrontal cortex in human cognition. *Nature*, 399(6732), 148-151.
- Kolb, B. y Whishaw, I. (2003) *Fundamentals of Human Neuropsychology* (5a ed.). Worth Publishers.

- Kramer, A. F. & Madden, D. J. (2008). Attention. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.). *The handbook of aging and cognition* (pp. 189-250). Nueva York: Psychology Press.
- Laberge, D. (1995). Computational and anatomical models of selective attention in object identification. In Gazzaniga MS, ed. *The cognitive neurosciences*. Cambridge: MIT Press; p. 649-63.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, 21(3), 451.
- Lavenex, P., & Amaral, D. G. (2000). Hippocampal-neocortical interaction: A hierarchy of associativity. *Hippocampus*, 10, 420-430.
- Liu, H., Stufflebeam, S. M., Sepulcre, J., Hedden, T., & Buckner, R. L. (2009). Evidence from intrinsic activity that asymmetry of the human brain is controlled by multiple factors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 20499–20503.
- Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (2000). The operation of selective attention at multiple stages of processing: Evidence from human and monkey electrophysiology. *The new cognitive neurosciences*, 687-700.
- Luria, A. R. (1980). *Higher Cortical Functions in Man* (2a. ed.). New York, NY: Basic Books.
- Macaluso, E., Frith, C. D., & Driver, J. (2002). Supramodal effects of covert spatial orienting triggered by visual or tactile events. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 389–401.

- MacDonald, A. W., Cohen, J. D., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2000). Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science*, 288(5472), 1835-1838.
- MacLeod, C. M. (1992). The Stroop task: The “gold standard” of attentional measures. *J Exp Psychol Gen*, 121(1), 12–14.
- Mangels, J. A., Picton, T. W., & Craik, F. I. (2001). Attention and successful episodic encoding: an event-related potential study. *Cognitive Brain Research*, 11(1), 77-95.
- Mangun, George R. (Ed.) (2012). *The Neuroscience of Attention: Attentional Control and Selection*. Oxford: University Press.
- Marr, D., Willshaw, D., & McNaughton, B. (1991). Simple memory: a theory for archicortex. In *From the Retina to the Neocortex* (pp. 59-128). Birkhäuser Boston.
- Martin, A., Wiggs, C. L., & Weisberg, J. (1997). Modulation of human medial temporal lobe activity by form, meaning, and experience. *Hippocampus*, 7(6), 587-593.
- Masterman, D. L., & Cummings, J. L. (1997). Frontal-subcortical circuits: the anatomic basis of executive, social and motivated behaviors. *Journal of Psychopharmacology*, 11(2), 107-114.
- Maunsell, J.H.R. y Cook, E.P. (2002). The role of attention in visual processing. *Philosophical Transactions. Royal Society of London B*, 357, 1063-1072.
- Mayer, J. S., Bittner, R. A., Nikolić, D., Bledowski, C., Goebel, R., & Linden, D. E. (2007). Common neural substrates for visual working memory and attention. *Neuroimage*, 36(2), 441-453. In Zanto, T. P., & Gazzaley, A. (2009).

- Neural suppression of irrelevant information underlies optimal working memory performance. *Journal of Neuroscience*, 29(10), 3059-3066.
- Mesulam, MM (1991). Large-scale neurocognitive networks and distributed processing for attention, language and memory. *Ann Neurol*; 28: 597-613.
- Miller, E. K. & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167-202.
- Milner, B. (1959). The memory defect in bilateral hippocampal lesions. *Psychiatric Research Reports*, 11, 43-58.
- Milner, B., Squire, L. R., & Kandel, E. R. (1998). Cognitive neuroscience and the study of memory. *Neuron*, 20(3), 445-468.
- Mintzer, M.& Snodgrass, J., (1999). The picture superiority effect: support for the distinctiveness model. *Am. J. Psychol.* 112, 113–146.
- Mishra, J., Anguera, J. A., Ziegler, D. A., & Gazzaley, A. (2013). A cognitive framework for understanding and improving interference resolution in the brain. *Progress in brain research*, 207, 351.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100.

- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of experimental psychology: General*, 130(4), 621.
- Morcom, A.M., Good, C.D., Frackowiak, R.S., & Rugg, M.D. (2003). Age effects on the neural correlates of successful memory encoding. *Brain*, 126, 213–229.
- Naveh-Benjamin, M., Craik, F.I.M., & Perratta, J. (2000b). The effects of divided attention on encoding and retrieval processes: the resiliency of retrieval processes. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 53, 609-626.
- Naveh-Benjamin, M., Guez, J., & Marom, M. (2003). The effects of divided attention at encoding on item and associative memory. *Memory & Cognition*, 31(7), 1021-1035.
- Naveh-Benjamin, M., Craik, F.I.M., Guez, J. & Dori, H. (1998) Effects of divided attention on encoding and retrieval processes in human memory: further support for an asymmetry. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 24 (5):1091-1104.
- Naveh-Benjamin, M., Craik, F.I.M., Gavrilesco, D. y Anderson, N. D. (2000a). Asymmetry between encoding and retrieval processes: Evidence from divided attention and calibration analysis. *Memory and Cognition*, 28 (6), 965-976.
- Neisser, U. (1964). Visual search. *Scientific American*, 210, 94-102.
- Nelson, H. E. (1976). A modified card sorting test sensitive to frontal lobe defects. *Cortex*, 12(4), 313-324.

- Nessler D, Johnson R, Bersick M, & Friedman D. (2006). On why the elderly have normal semantic retrieval but deficient episodic encoding: A study of left inferior frontal ERP activity. *NeuroImage*. 30:299–312.
- Nobre, A. C. (2001). The attentive homunculus: now you see it, now you don't. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 25 (6), 477-496.
- Norman, D.A., (1968). Toward a theory of memory and attention. *Psychol rev*, 75, 522-536.
- Norman, D.A., & Bobrow, D. G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive psychology*, 7(1), 44-64.
- Norman, D.,A. & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. Davidson, G. Schwartz y D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and Self Regulation: Advances in Research and Theory* (Vol. 4, pp. 1-18). New York: Plenum.
- Norman, K. A., & O'reilly, R. C. (2003). Modeling hippocampal and neocortical contributions to recognition memory: a complementary-learning-systems approach. *Psychological review*, 110(4), 611.
- Noulhiane, M., Piolino, P., Hasboun, D., Clemenceau, S., Baulac, M. and Samson, S. (2007) Autobiographical memory after temporal lobe resection: neuropsychological and MRI volumetric findings. *Brain*, 130: 3184–3199.
- Ollinger, J. M., Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2001b). Separating processes within a trial in event-related functional MRI: II. Analysis. *NeuroImage*, 13, 218–229.

- Ollinger, J. M., Shulman, G. L., & Corbetta, M. (2001a). Separating processes within a trial in event-related functional MRI: I. *The Method. NeuroImage*, 13, 210–217.
- Otten, L. J., & Rugg, M. D. (2001a). Task-dependency of the neural correlates of episodic encoding as measured by fMRI. *Cerebral Cortex*, 11, 1150–1160.
- Otten, L. J., & Rugg, M. D. (2001b). When more means less: Neural activity related to unsuccessful memory encoding. *Current Biology*, 11, 1528–1530.
- Otten, L. J., Henson, R. N., & Rugg, M. D. (2001). Depth of processing effects on neural correlates of memory encoding. *Brain*, 124(2), 399-412.
- Paivio, A. (1971). Imagery and language. *Imagery: Current Cognitive Approaches*, 7-32.
- Paller, K. A., & Wagner, A. D. (2002). Observing the transformation of experience into memory. *Trends in cognitive sciences*, 6(2), 93-102.
- Parasuraman R, Greenwood PM, Kumar R, Fossella J. (2005). Beyond heritability—neurotransmitter genes differentially modulate visuospatial attention and working memory. *Psychol. Sci.* 16:200–7.
- Park, D. C. (1998). Cognitive Aging, Processing Resources, and Self-Report. In Schwarz, N., Park, D., Knauper, B., & Sudman, S. (Eds.) *Cognition, aging and self-reports* (pp. 3-22). *Psychology Press*.
- Park, H., Kennedy, K. M., Rodrigue, K. M., Hebrank, A., & Park, D. C. (2013). An fMRI study of episodic encoding across the lifespan: changes in subsequent memory effects are evident by middle-age. *Neuropsychologia*, 51(3), 448-456.

- Pashler, H. (1990). Do response modality effects support multiprocessor models of divided attention? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 826-842.
- Pérez, J. A. P., y Alba, J. G. (2014). Neuropsicología de la atención, las funciones ejecutivas y la memoria. Madrid: Síntesis.
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual review of neuroscience*, 35, 73-89.
- Piguet, O., & Corkin, S. (2008). Memory: Structure, function, and dysfunction. In Mariën, P., & Abutaleb, J. (Eds.). *Neuropsychological research: A review*. Psychology Press.
- Poldrack, R. A., Wagner, A. D., Prull, M. W., Desmond, J. E., Glover, G. H., & Gabrieli, J. D. (1999). Functional specialization for semantic and phonological processing in the left inferior prefrontal cortex. *Neuroimage*, 10(1), 15-35.
- Portellano, J. A. (2005) *Introducción a la Neuropsicología*. Madrid: McGraw-hill.
- Posner MI, Rothbart MK. (2007). *Educating the Human Brain*. Washington, DC: Am. Psychol. Assoc.
- Posner, M. I. & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-42.
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2007). Research on attention networks as a model for the integration of psychological science. *Annu. Rev. Psychol.*, 58, 1-23.

- Postle, B. R., Berger, J. S., Goldstein, J. H., Curtis, C. E., & D'Esposito, M. (2001). Behavioral and neurophysiological correlates of episodic coding, proactive interference, and list length effects in a running span verbal working memory task. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 1(1), 10-21.
- Prabhakaran, V., Narayanan, K., Zhao, Z., & Gabrieli, J. D. E. (2000). Integration of diverse information in working memory within the frontal lobe. *Nature neuroscience*, 3(1), 85-90.
- Ranganath, C., Yonelinas, A. P., Cohen, M. X., Dy, C. J., Tom, S. M., & D'Esposito, M. (2004). Dissociable correlates of recollection and familiarity within the medial temporal lobes. *Neuropsychologia*, 42(1), 2-13.
- Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink?. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, 18(3), 849.
- Raz, A. y Buhle, J. (2006). Typologies of attentional networks. *Nature Reviews Neuroscience*, 7 (5), 367-379.
- Reber, A.S. (1992). The cognitive unconscious: An evolutionary perspective. *Consciousness and cognition*, 1 (2), 93-133.
- Redolar, D. (2014). Neurociencia cognitiva. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Redolar, D., Blázquez, J.L., González, B., Muñoz, E., Periañez, J.A., Viejo, R., y Jodar, M. (2013). Neuropsicología. Barcelona: UOC.

Rees, G., & Lavie, N. (2001). What can functional imaging reveal about the role of attention in visual awareness?. *Neuropsychologia*, 39(12), 1343-1353.

Ríos, M., Periañez, J. A., y Muñoz-Cespedes, J. M. (2004). Attentional control and slowness of information processing after severe traumatic brain injury. *Brain Injury*, 18(3), 257-272.

Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (1997). Parietal cortex: From sight to action. *Current Opinion in Neurobiology*, 7, 562–567.

Rolls, E. T. (2000). Memory systems in the brain. *Annual review of psychology*, 51(1), 599-630.

Rowe, J., Friston, K., Frackowiak, R., & Passingham, R. (2002). Attention to action: specific modulation of corticocortical interactions in humans. *Neuroimage*, 17(2), 988-998.

Ruff, C. C., Blankenburg, F., Bjoertomt, O., Bestmann, S., Freeman, E., Haynes, J. D. *et al.* (2006). Concurrent TMS-fMRI and psychophysics reveal frontal influences on human retinotopic visual cortex. *Current Biology: CB*, 16, 1479–14788.

Ruff, C. C., Blankenburg, F., Bjoertomt, O., Bestmann, S., Weiskopf, N., & Driver, J. (2009). Hemispheric differences in frontal and parietal influences on human occipital cortex: Direct confirmation with concurrent TMS-fMRI. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 1146–11461.

Ruiz-Contreras, A., y Cansino, S. (2005). Neurofisiología de la interacción entre la atención y la memoria episódica: revisión de estudios en modalidad visual. *Revista de Neurología*, 41(12), 733-743.

Ruiz-Vargas, J. M. (1994). *La memoria humana: función y estructura*. Madrid: Alianza Editorial.

Ruiz-Vargas, J. M. (2000). La organización neurocognitiva de la memoria. *Anthropos*, 189(190), 73-101.

Schacter, D.L., & Tulving, E. (1994). What are the memory systems of 1994? In *Memory Systems 1994*, D.L. Schacter and E. Tulving, eds. (Cambridge, MA: the MIT Press) pp. 1–38.

Seltzer, B., y Pandya, D.N. (2009). Posterior cingulate and retrosplenial cortex connections of the caudal superior temporal region in the rhesus monkey. *Exp. Brain Res.* 195:1432-1106. En Clark, D. L., Boutros, N. N., & Méndez, M. F. (2012). *El cerebro y la conducta: neuroanatomía para psicólogos*. Editorial El Manual Moderno.

Shallice T, Fletcher P, Frith CD, Grasby P, Frackowiak RS, Dolan RJ.(1994) Brain regions associated with acquisition and retrieval of verbal episodic memory. *Nature*; 368: 633–5.

Shallice, T., (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge University Press.

Shallice, T., Fletcher, P., Frith, C. D., Grasby, P., Frackowiak, R. S., & Dolan, R. J. (1994). Brain regions associated with acquisition and retrieval of verbal episodic memory. *Nature*, 368(6472), 633.

Shiffrin, R. M. & Atkinson, R. C. (1969). Storage and retrieval processes in long term memory. *Psychological Review*, 76: 179-193.

Shiffrin, R.M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: 2. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychology Review*, 84, 127-190.

Shimamura, A. P. (1995). Memory and frontal lobe function. In M. S Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences* (pp.203-813). Cambridge, MA: The MIT Press.

Shimamura, A. P. (2011). Episodic retrieval and the cortical binding of relational activity. *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 11, 277–291.

Shulman, G. L., Astafiev, S. V., Franke, D., Pope, D. L., Snyder, A. Z., McAvoy, M. P., & Corbetta, M. (2009). Interaction of stimulus-driven reorienting and expectation in ventral and dorsal frontoparietal and basal ganglia-cortical networks. *Journal of Neuroscience*, 29, 4392–4407.

Shulman, G. L., Ollinger, J. M., Akbudak, E., Conturo, T. E., Snyder, A. Z., Petersen, S. E., & Corbetta, M. (1999). Areas involved in encoding and applying directional expectations to moving objects. *Journal of Neuroscience*, 19, 9480–9496.

Silva-Pereyra, J. (2011). *Métodos en neurociencias cognoscitivas*. México: Manual Moderno.

Simons, J.& Spiers, H., (2003). Prefrontal and medial temporal lobe interactions in long term memory. *Nat. Rev. Neurosci.* 4, 637–648.

Smith, E. E. K., Michael, S., Platón, R., Smith, M. J. E. E., y Kosslyn, S. M. (2008). *Procesos cognitivos: modelos y bases neurales*. Madrid: Pearson Educación.

Snodgrass, J.G., & Corwin J., (1988) Pragmatics of measuring recognition memory: applications to dementia and amnesia. *J Exp Psychol Gen*;117:134–50.

Solcoff, K. (2011). El origen de la Memoria Episódica y de Control de Fuente: Su relación con las capacidades de Teoría de la Mente. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Madrid.

Soldan, A., Mangels, J. A., & Cooper, L. A. (2008). Effects of dividing attention during encoding on perceptual priming of unfamiliar visual objects. *Memory* 16, 873–895.

Sommer, T., Rose, M., & Büchel, C. (2005a). Dissociable contributions within the medial temporal lobe to encoding of object – location associations. *Learn. Mem.* 12, 343-351.

Sommer, T., Rose, M., & Büchel, C. (2005b). Contributions of occipital, parietal and parahippocampal cortex to encoding of object – location associations. *Neuropsychologia*, 43(5), 732-743.

Sommer, T., Rose, M., & Büchel, C. (2006). Dissociable parietal systems for primacy and subsequent memory effects. *Neurobiology of learning and memory*, 85(3), 243-251.

Squire, L. R., Stark, C. E., & Clark, R. E. (2004). The medial temporal lobe. *Annu. Rev. Neurosci.*, 27, 279-306.

Squire, L.R. (1992). Memory and the hippocampus: a synthesis from basis of addiction. *Science* 278, 58–63. findings with rats, monkeys, and humans. *Psychol.Rev.* 99, 195–231.

Squire, L.R., & Zola-Morgan, S. (1991). The medial temporal lobe memory system. *Science* 253, 1380–1386.

Squire, L.R., & Zola-Morgan, S. (1996). Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93, 13515–13522.

Sternberg, R. J., & Rodríguez, J. E. (2011). *Psicología cognoscitiva*. México: Cengage Learning.

Stock, O., Röder, B., Burke, M., Bien, S., & Rösler, F. (2009). Cortical activation patterns during long-term memory retrieval of visually or haptically encoded objects and locations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(1), 58-82.

Stuss, D.T. (1995). The Frontal Lobes and Executive Functions: An Overview of Operational Definitions, Theory and Assesment. Program and Abstracts, 5th Nordic Meeting in neuropsychology, Uppsala. En Portellano, J. A. (2005) *Introducción a la Neuropsicología*. Madrid: McGraw-hill.

Styles, E. (2006). *The psychology of attention*. New York: Psychology Press.

Suzuki, W. L., & Amaral, D. G. (1994). Perirhinal and parahippocampal cortices of the macaque monkey: cortical afferents. *Journal of comparative neurology*, 350(4), 497-533.

Sylvester, C. M., Shulman, G. L., Jack, A. I., & Corbetta, M. (2007). Asymmetry of anticipatory activity in visual cortex predicts the locus of attention and perception. *Journal of Neuroscience*, 27, 14424–14433.

Talairach, J & Tournoux, P. (1988). A Co-planar stereotaxic Atlas of the Human Brain. Stuttgart: Theme Medical Publishers.

Thompson-Schill, S. L., Aguirre, G. K., D'Esposito, M., & Farah, M. J. (1999). A neural basis for category and modality specificity of semantic knowledge. *Neuropsychologia*, 37(6), 671-676.

Tirapu-Ustárróz, y Grandi, F. (2016). Sobre la memoria de trabajo y la memoria declarativa: propuesta de una clarificación conceptual. *Cuadernos de Neuropsicología/Panamerican Journal of Neuropsychology*, 10(3).

Tirapu-Ustárróz, J., y Luna-Lario, P. (2008). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. *Manual de neuropsicología*, España: Viguera Editores ,219-249.

Tirapu-Ustárróz, J., y Muñoz-Céspedes, J. M. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Revista de neurología*, 41(8), 475-484.

Tirapu-Ustárróz, J., García-Molina, A., Luna-Lario, P., Roig-Rovira, T., y Pelegrín-Valero, C. (2008a). Modelos de funciones y control ejecutivo (I). *Rev neurol*, 46(684), 92.

Tirapu-Ustárróz, J., García-Molina, A., Luna-Lario, P., Roig-Rovira, T., y Pelegrín-Valero, C. (2008b). Modelos de funciones y control ejecutivo (II). *Revista de neurología*, 46(12), 742-750.

Tirapu-Ustárróz, J., Muñoz-Céspedes, J. M., y Pelegrín-Valero, C. (2002). Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Revista de neurología*, 34(7), 673-685.

Trejo-Morales, P. (2012). Efectos de la atención dividida sobre la memoria episódica y sus respuestas neurofisiológicas en adultos jóvenes y en adultos mayores. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México.

Trejo-Morales, P. y Cansino, S. (2011). Efectos de la atención dividida sobre la memoria episódica en el envejecimiento. *Revista Colombiana de Psicología*, 20(2): 181-191.

Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In: Tulving, E. & Donaldson, W. (Eds.), *Organization of memory*. New York: Academic Press, pp. 382–403.

Tulving, E. (1983). *Elements of episodic memory*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Tulving, E. (1985) Memory and consciousness. *Canadian Psychology*, 26, 1–12. En Dere, E., Easton, A., Nadel, L., & Huston, J. P. (Eds.). (2008). *Handbook of episodic memory* (Vol. 18). *Elsevier*.

Tulving, E. (2001). The origin of autoevidence in episodic memory. In Roediger, H., Nairne, J., Neath, I. y Surprenat, A. (Eds.). *The nature of remembering: Essays in Honor of Robert G. Crowder*. Washington: APA, pp. 17-34.

Tulving, E. (2002). Chronoesthesia: awareness of subjective time. En Stuss, D. y Knight, R. (Eds.). *Principles of frontal lobe functions*. New York: Oxford University Press, pp. 311-325.

Tulving, E., Kapur, S., Craik, F. I., Moscovitch, M., & Houle, S. (1994). Hemispheric encoding/retrieval asymmetry in episodic memory: positron emission tomography findings. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(6), 2016-2020.

Tulving, E. & Schacter, D.L. (1990). Priming and human memory systems. *Science*, 247, 301-306.

Tulving, E., Markowitsch, H. J., Craik, F. I., Habib, R., & Houle, S. (1996). Novelty and familiarity activations in PET studies of memory encoding and retrieval. *Cerebral Cortex*, 6(1), 71-79.

Uncapher, M. R., & Wagner, A. D. (2009). Posterior parietal cortex and episodic encoding: insights from fMRI subsequent memory effects and dual-attention theory. *Neurobiology of learning and memory*, 91(2), 139-154.

Uncapher, M. R., & Rugg, M. D. (2008). Fractionation of the component processes underlying successful episodic encoding: a combined fMRI and divided-attention study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(2), 240-254.

Uncapher, M. R., Otten, L. J., & Rugg, M. D. (2006). Episodic encoding is more than the sum of its parts: an fMRI investigation of multifeatured contextual encoding. *Neuron*, 52(3), 547-556.

Uncapher, M., Rugg, M., (2009). Selecting for memory? The influence of selective attention on the mnemonic binding of contextual information. *J. Neurosci.* 29, 8270–8279.

Uncapher, M.R. & Rugg, M. D. (2005) Effects of divided attention and fMRI correlates of memory encoding. *Journal of Neuroscience*, 17 (12):1923-1935.

Van Veen, V., & Carter, C. S. (2002). The timing of action-monitoring processes in the anterior cingulate cortex. *Journal of cognitive neuroscience*, 14(4), 593-602.

Van Zomeren, A. H. & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical Neuropsychology of Attention*. New York: Oxford University Press.

Varela, M., Ávila-Costa, M. R., y Van der Goes, T. I. F. (2005). La memoria: definición, función y juego para la enseñanza de la medicina. Médica Panamericana.

Vega, M. (1986). *Introducción a la Psicología cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial.

Wager, T. D., & Smith, E. E. (2003). Neuroimaging studies of working memory: A meta-analysis. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 3, 255–274.

Wagner, A. D., Shannon, B. J., Kahn, I., & Buckner, R. L. (2005). Parietal lobe contributions to episodic memory retrieval. *Trends Cogn. Sci. (Regul. Ed.)* 9, 445–453.

Wagner, A., Poldrack, R., Eldridge, L., Desmond, J., Glover, G., (1998a). Material-specific lateralization of prefrontal activation during episodic encoding and retrieval. *NeuroReport* 9, 3711–3717.

Wagner, A.D., Schacter, D.L., Rotte, M., Koutstaal, W., Maril, A., Dale, A.M., Rosen, B.R., & Buckner, R. L., (1998b). Building memories: Remembering and forgetting of verbal experiences as predicted by brain activity. *Science*, 281, 1188–1191.

Waxman, S. G. (2011). *Neuroanatomía clínica* (26a. ed) Mexico: McGraw Hill.

Wechsler, D. (1981). *Manual WAIS-R Español*. México: Manual Moderno.

Wheeler, M. A., Stuss, D. T. y Tulving, E. (1997) Toward a theory of episodic memory: The frontal lobes and autonoetic consciousness, *Psychological Bulletin*, 121, 331-354.

Yantis, S. (2000). The attentive brain (pp. 221-56). R. Parasuraman (Ed.). Cambridge, MA: MIT Press.

Yonelinas, A.P. (1999). The contribution of recollection and familiarity to recognition and source-memory judgments: a formal dual-process model and an analysis of receiver operating characteristics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 1415–1434.

Yonelinas, A.P. (2001) Components of episodic memory: the contribution of recollection and familiarity. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.*, 356: 1363–1374.

Yonelinas, A.P. (2002). The nature of recollection and familiarity; A review of 30 years of research. *Journal of memory and Language*, 46, 441-517.

Zambrano, D. (2014). Efectos de la atención voluntaria e involuntaria en la memoria episódica. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México

Zanto, T.P. & Gazzaley, A (2014). Attention and Ageing . En Adam Nobre, K. y Kastner, S. (Eds.), *The Oxford handbook of attention*. Oxford: University Press.

Zanto, T.P., Rubens, M. T., Thangavel, A., & Gazzaley, A. (2011). Causal role of the prefrontal cortex in top-down modulation of visual processing and working memory. *Nature neuroscience*, 14(5), 656-661.

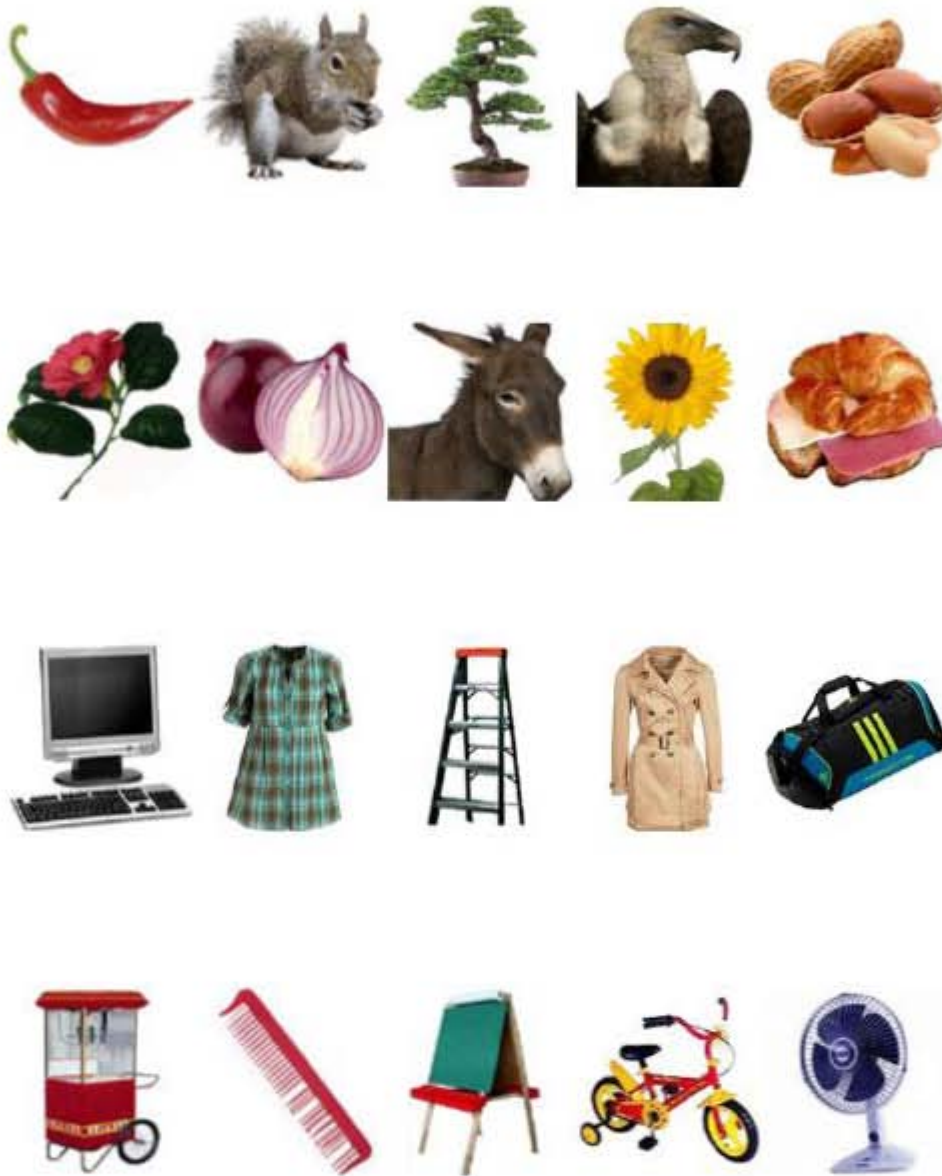
11. Anexos

11.1 Abreviaturas

AC	Atención Completa
AD	Atención Dividida
AToM	Atención a memoria
BA	Áreas de Brodmann
BDI	Inventario de Depresión de Beck
BOLD	<i>Blood Oxygen Level Dependent</i>
CCA	Corteza cingulada anterior
CFV	Corteza frontal ventral
COBRA	<i>Cortical Binding of Relational Activity</i>
COF	Campos oculares frontales
CPDL	Corteza prefrontal dorsolateral
CPF	Corteza prefrontal
CPFL	Corteza prefrontal lateral
CPP	Corteza parietal posterior
<i>D.E</i>	Desviación estándar
DMN	<i>Default mode network</i>
EMS	Efecto de memoria subsecuente
EPI	<i>Echo-planar imaging</i>
FPD	Red de atención frontoparietal dorsal
FPV	Red de atención frontoparietal ventral
HERA	<i>Hemispheric encoding/retrieval asymmetry</i>
LPS	Lóbulo parietal superior
LTM	Lóbulo temporal medial
MMSE	Escala de Estado Minimental de Folstein
MNI	<i>Montreal Neurological Insitute</i>
PRE	Potenciales relacionados a eventos

RMf	Resonancia Magnética funcional
SAS	Sistema de atención supervisor
SIP	Surco intraparietal
SPM	<i>Statistical Parametric Maps</i>
TE	Tiempo de eco
TEP	Tomografía por emisión de positrones
TFE	<i>Turbo Field Echo</i>
TR	Tiempo de repetición
UTP	Unión temporoparietal
WAIS	Escala de inteligencia para adultos de Weschler

11.2 Ejemplos de imágenes de objetos comunes (naturales y artificiales).



Selección de imágenes de Zambrano (2014, pág. 73).