



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

**EFFECTOS DEL CONSUMO DE ÁCIDOS GRASOS SOBRE
LA MEMORIA DE TRABAJO VERBAL**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADA EN PSICOLOGÍA
P R E S E N T A:
GABRIELA TAPIA JAIMES

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. CARMEN SELENE CANSINO ORTIZ

REVISORA DE TESIS:

DRA. AZALEA REYES AGUILAR

SINODALES:

DRA. IRMA YOLANDA DEL RÍO PORTILLA

DRA. ALICIA ELVIRA VÉLEZ GARCÍA

DR. JULIO ESPINOSA RODRÍGUEZ



CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX.

NOVIEMBRE, 2017.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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, Amparo y Pablo. Desde pequeña sembraron en mí las ganas de aprender, de cuestionar y de amar lo que hago. Gracias papá por plantar en mí la pasión por la psicología, por el arte y por la ciencia. Gracias por tus palabras de apoyo y por incitarme a no dudar y seguir con paso firme, segura de por dónde voy y con plena confianza de a dónde llegaré. Gracias por compartir tus pasiones conmigo y por tantas enseñanzas, siempre te llevo en mi mente y en mi corazón. Gracias mamá por tantos momentos juntas, por la confianza que me tienes y brindas; por enseñarme a ser una mujer de convicciones, de fuerza y amor, todo a la misma vez. Gracias por ser mi ejemplo a seguir y por ser mi compañera de vida, gracias por tanta complicidad. A ambos, por su confianza y apoyo incondicional y por instigar en mí esa pasión por vivir, ¡gracias por tanto!

A la Dra. Selene Cansino, quien fuera la persona que marcara una línea divisoria en mi vida, brindándome la oportunidad de entrar al mundo de la investigación, de una manera tan limpia, clara y organizada. Gracias por cambiar mi vida y por todas sus enseñanzas tanto académicas como personales.

A la Dra. Frine Torres, en quien encuentro a una mujer fuerte, inteligente y muy bella, que constantemente tiene una palabra de aliento y de confianza. Gracias por enseñarme a hacer las preguntas adecuadas y a encontrar un medio a través del cual lograr mis propósitos.

A la Dra. Azalea Reyes, quien a través de su método de enseñanza le dio al clavo de mis necesidades de aprendizaje y reflexión. Gracias por sembrar tantas dudas y tantas ganas de resolverlas. Te conocí hace ya muchos años, y desde ese primer encuentro no dejás de sorprenderme ni de enseñarme. Gracias por tu pasión y por tu nivel de exigencias, que lo único que provocó en mí fue el deseo de superar cada desafío que se me presente.

A mis sinodales. Al Dr. Julio Espinosa, por su voz entusiasta de aliento y su gran interés sobre la psicología y sobre el desarrollo de este trabajo. A la Dra. Alicia Vélez, por su visión estricta y exigente que ayudó a pulir hasta los más pequeños detalles de este trabajo. A la Dra. Yolanda del Río, por las diversas enseñanzas que me brindó desde que compartimos el aula; ahora tengo el agrado de poder compartirle este gran logro, gracias por enseñarme a tener una visión más amplia de la psicología.

Gracias a todos mi profesores y compañeros de estudio. A la maestra Norma Adriana, gracias por brindarme su amor, confianza y amistad, por no olvidar nuestro lazo y por haber colaborado a crear en mí una niña segura de lo que tiene y lo que quiere. A la maestra Anita, gracias por enseñarme tantas cosas a través del ejemplo, por toda su paciencia y por seguirme recordando a lo largo de los años. A mis profesores de la facultad, gracias por compartir tanto conocimiento y por brindar sus mejores esfuerzos para crear nuevas mentes sedientas de aprender. Al profesor Luis Mariano, gracias por mostrarme que se aprende más enseñando, gracias por tanto apoyo y por toda la confianza.

Finalmente, gracias a mi segundo hogar; la máxima casa de estudios, la UNAM. Mi universidad. Gracias por la oportunidad que me brindó desde que entré a la preparatoria de convertirme en la persona que soñaba con ser. Gracias por facilitar el camino del saber, pero también gracias por ser tan demandante y por no arrojarme, gracias por exigir tanto de mí. Gracias por convertirme en la persona que soy hoy. Gracias por ayudarme a estudiar al hombre, la cognición ¡y por permitirme hacer ciencia!

“Uso mi cerebro para entender al cerebro. Utilizo mi mente para comprender la mente. Tengo conductas para analizar conductas. Psicología”

Gabriela Tapia.

ÍNDICE

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN	9
2. ANTECEDENTES	11
Memoria	11
Lípidos y Ácidos Grasos	13
Ácidos Grasos Saturados e Insaturados	14
Ácidos Grasos Poliinsaturados (PUFA) – Omega 3 y Omega 6	14
Ácidos Grasos Monoinsaturados (MUFA) – Omega 9	16
Efectos Biológicos y Cognitivos de los Ácidos Grasos	16
Ácidos Grasos Poliinsaturados (PUFA) – Omega 3 y Omega 6	17
Omega 3	17
Omega 6	22
Ácidos Grasos Monoinsaturados (MUFA) – Omega 9	25
Adultos de Edad Media	27
Afectación de la Memoria Asociada a la Edad	28
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	30
Justificación	30
Pregunta de Investigación	30
4. MÉTODO	32
Objetivo	32
Hipótesis	32
Variables	32
Variables Dependientes	32
Variables Independientes	32
Variables Atributivas	33
Participantes	33

Aparatos	34
Instrumentos	34
Estímulos	35
Paradigma	35
Procedimiento	36
Análisis de Datos	37
5. RESULTADOS	38
6. DISCUSIÓN.....	42
7. CONCLUSIÓN.....	47
8. LIMITACIONES Y SUGERENCIAS.....	48
9. REFERENCIAS	49

RESUMEN

La adecuada alimentación del ser humano es factor clave para la cognición. Actualmente se sabe que hay factores nutrimentales específicos, como los ácidos grasos, que intervienen sobre el correcto funcionamiento neuronal y el adecuado desempeño cognitivo. No obstante a una buena alimentación, el adulto mayor presenta un deterioro cognitivo. El presente trabajo tuvo por objetivo comparar el desempeño en una tarea de memoria de trabajo verbal en adultos de la edad media que consumen altos niveles de omega 3, omega 6 y omega 9 con aquellos que consumen bajos niveles de estos ácidos grasos. La edad media constituye un posible período crítico para prevenir la disminución del deterioro cognitivo en edades posteriores, por lo que resulta relevante evaluar si en este período de la vida la ingesta de ácidos grasos beneficia a la memoria, la cual fue evaluada en dos niveles de complejidad. Participaron 250 personas sanas entre 51 y 60 años de edad a las que se les aplicó el Cuestionario de Frecuencia de Consumo de Alimentos para determinar su ingesta diaria de ácidos grasos omega 3, 6 y 9. De la muestra total se eligieron subgrupos de 50 participantes cuyo consumo de cada uno de estos omegas se ubicaba en el percentil inferior y superior. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre consumidores bajos y altos de ninguno de los ácidos grasos en ninguno de los niveles de complejidad de la tarea de memoria de trabajo verbal (*1-back* y *2-back*) tanto para el porcentaje de respuestas correctas como para los tiempos de reacción en ambos niveles de dificultad. Los resultados sugieren que en la edad media, época en la que los procesos de memoria de trabajo se encuentran solo ligeramente disminuidos, el consumo de omega 3, 6 y 9 a través de la dieta habitual no representa un beneficio para este tipo de memoria.

Palabras clave: Memoria de trabajo, n-back, omega 3, omega 6, omega 9, edad media.

INTRODUCCIÓN

El desempeño cognitivo del sistema nervioso depende de diversos nutrientes para su correcto funcionamiento. A pesar de que la nutrición se ha enfocado en individuos de edades tempranas o tardías debido a su impacto en la salud y en las funciones cognitivas, una correcta alimentación durante la edad media –la cual abarca, por convención, de los 40 a los 65 años de edad- podría prevenir un deterioro acelerado del funcionamiento cognoscitivo.

La dieta del ser humano es determinante para su desempeño en las numerosas tareas que ejecuta. Los ácidos grasos han sido reconocidos como relevantes para la salud, el funcionamiento cerebral y la eficiencia de procesos cognitivos superiores, tales como el aprendizaje y la memoria. El cuidado en la dieta durante la edad media o previa a ésta, podría ser un factor preventivo para el deterioro cognitivo-conductual de los adultos mayores.

El presente trabajo se enfoca en comparar el desempeño en una tarea de memoria de trabajo verbal en personas de edad media con altos niveles de ingesta de omega 3, 6 y 9 con personas que tienen un bajo nivel de ingesta de estos nutrientes. Los ácidos grasos se instauran en la neuromembrana, lo que potencializa su maleabilidad y flexibilidad; esto facilita diversos procesos celulares (tales como la sinapsis, la adhesión y liberación de neurotransmisores y procesos antiinflamatorios) que se ven implicados en tareas de demanda cognitiva, por lo que estos nutrientes podrían tener un efecto benéfico sobre tales tareas.

El objetivo del proyecto se concentra en los posibles factores pro-cognitivos y preventivos de una alimentación rica en ácidos grasos contra el declive cognitivo durante una etapa vital previa a que se presente dicha mengua cognitiva. En el capítulo 2 se cita a la literatura que ha abordado estos aspectos de estudio, buscando entablar similitudes con el presente trabajo. En los capítulos 3 y 4 se encuentra el planteamiento del problema, la pregunta de investigación e hipótesis y el método utilizado en esta investigación. Se describe la muestra estudiada, el paradigma n-back, así como los

instrumentos que fueron utilizados. En los capítulos 5 y 6 se muestran los resultados obtenidos y se discuten las semejanzas y diferencias que estos presentan en comparación con otros trabajos similares. En los capítulos 7 y 8 se brinda una conclusión y las limitaciones que muestra el presente trabajo; al igual que las sugerencias para futuras investigaciones.

Memoria

Alan Baddeley en su libro *Memory* (2015) mencionó que ésta funciona como un compendio de sistemas, como un agente que conjunta los diferentes dominios y sistemas psicológicos -como la atención, el lenguaje y el conocimiento- y no como un dominio psicológico aislado. Así pues, la memoria puede considerarse como un sistema que contiene dentro de sí mismo a otros sistemas. De acuerdo con este autor, un sistema de memoria requiere tres procesos y de su interacción para funcionar: la capacidad de *codificar* o introducir información al sistema, la capacidad de *almacenaje* o poder guardar y retener la información, y finalmente la capacidad de *evocación* o utilizar la información previamente almacenada.

Por su parte, la propuesta de Atkinson y Shiffrin (1968) afirma que la información proviene del medio ambiente y es procesada por una serie de sistemas de memoria, los cuales proveen una interfaz entre sensación, percepción y memoria. Estos autores dividen a la memoria en tres componentes: *el registro sensorial*, *el almacén a corto plazo* y *el almacén a largo plazo*. El registro sensorial es aquel que se encarga de recibir la información proveniente del medio, ésta es procesada según su modalidad física (visual, auditiva, cinestésica, etc) y perdura por un lapso corto hasta su posible paso hacia el almacén a corto plazo. Este último funciona como memoria de trabajo cuando es requerido y recibe información previamente seleccionada, tanto por el registro sensorial como por el almacén a largo plazo. La información en este nivel decae completamente y se pierde en un período aproximado de 30 segundos; no obstante, existen procesos control, como el *ensayo* o la repetición de la información, lo que ayuda al sistema a mantener una cantidad limitada de información por mayor tiempo y para su posible transmisión al almacén a largo plazo. Por su parte, el almacén a largo plazo representa el depósito por excelencia de información, la cual puede ser mantenida de manera permanente y transferida al almacén a corto plazo para nuevamente ser atendida y manipulada, la información puede ser compartida y utilizada por ambos componentes de manera simultánea y coordinada. Esta propuesta es conocida actualmente como el modelo modal de memoria.

No obstante, según Baddeley (2015), este modelo comenzó a tener dificultades porque el supuesto de que la información podía mantenerse en el reservorio a corto plazo por un período largo implicaba aprendizaje y esto no siempre ocurre. Asimismo, en la clínica se esperaba que los numerosos casos de pacientes con trastornos en el almacén a corto plazo presentaran dificultades en el aprendizaje a largo plazo y en funciones cognitivas complejas, tales como el razonamiento y la comprensión, lo cual no fue el caso.

Consecuentemente, Alan Baddeley (1992) propuso una nueva categorización de la memoria, la concibió como un sistema compuesto de múltiples elementos interactuantes que operan de manera organizada y jerarquizada. De acuerdo con él, la memoria está compuesta por al menos dos grandes modalidades: la *memoria a largo plazo* y la *memoria a corto plazo*. La primera consiste en un sistema (o conjunto de sistemas) que sustenta la capacidad de almacenar información por períodos largos de tiempo. Por otro lado, la memoria de corto plazo funciona como un almacén temporal de pequeñas cantidades de información, la cual es retenida por lapsos muy cortos. Sin embargo, Baddeley (1992) afirmó que el sistema mnemónico responsable de la memoria a corto plazo forma parte a su vez del sistema de *memoria de trabajo*. La cual tiene la capacidad de mantener presente la información durante una tarea compleja; es decir, la memoria de trabajo actúa como una plataforma mental que brinda un espacio que permite mantener y manipular información.

Así pues, la memoria de trabajo es un sistema cerebral que provee almacenamiento, retención y manipulación temporal de la información para realizar una tarea compleja, tal como la comprensión del lenguaje, el aprendizaje y el razonamiento (Baddeley, 1992). Este tipo de memoria se compone de tres elementos: El *Ejecutivo Central*, que es el gestante del control de la atención, y dos sistemas esclavos: el *Bucle Fonológico* y la *Agenda Visoespacial* (Baddeley & Hitch, 1974). El bucle fonológico se encarga de almacenar y repetir -a manera de ensayo- la información que posea un carácter verbal; está conformado por el *Almacén Fonológico*, el cual retiene la información lingüística y el *Ensayo Articulatorio*, que es un proceso que ayuda a retener la información verbal (Baddeley, 2012). La agenda visoespacial mantiene y manipula la información visual o

espacial; está conformada por dos componentes: el *Espacial*, que discrimina la ubicación de los estímulos, y el *Visual*, que identifica las características del estímulo, tales como color, forma, tamaño y textura (Baddeley, 1992). El ejecutivo central es el centro que controla, dirige, mantiene, alterna e incluso inhibe la atención según la demanda de la tarea. Esto lo logra recabando y coordinando la información de ambos subsistemas esclavos; para ello utiliza al *Sistema Atencional Supervisor*, cuya función es regular la actividad rutinaria de una acción mediante el monitoreo constante, por lo que el ejecutivo central representa un relevo entre la memoria a corto plazo y la de largo plazo.

Posteriormente, Baddeley (2000; 2015) añadió un componente más a su modelo multimodal: el *Buffer Episódico*, éste se trata de un sistema de almacenamiento que puede mantener alrededor de cuatro <chunks> (pedazos o trozos en español) de información en código multimodal. Este nuevo componente representa el eslabón entre el bucle fonológico y la agenda visoespacial, y de éstos con el almacén a largo plazo, con posibles influencias emocionales.

Lípidos y Ácidos Grasos

Los lípidos están formados por un gran número de compuestos orgánicos, entre los que se incluyen los ácidos grasos (AG). Tradicionalmente, los lípidos han sido definidos como moléculas insolubles en agua pero solubles en solventes orgánicos, tales como las grasas y los aceites. El organismo los emplea como aislantes en tejido subcutáneo o “relleno” alrededor de determinados órganos y como fuente de energía calórica, la cual puede ser empleada directamente o almacenada (Bhagavan, 1978). Asimismo, resultan esenciales para la digestión, absorción y transporte de vitaminas liposolubles (Otero, 2012). El sistema nervioso central posee la segunda concentración más alta de lípidos después del tejido adiposo (Heude, Ducimetière & Berr, 2003). Por su parte, los ácidos grasos son cadenas de carbono con un grupo metilo al final de la molécula –la que recibe el nombre de *omega*, ω o *n*- y de un grupo carboxilo en el otro extremo de la molécula (Rustan & Drevon, 2005). Los ácidos grasos tienen funciones metabólicas y

estructurales que actúan en la membrana celular, como su incorporación en la bicapa fosfolipídica (Castellanos & Rodríguez, 2015). La nomenclatura omega da cuenta del lugar donde aparece el primer doble enlace contando desde el grupo metilo, permitiendo así clasificar a los ácidos grasos como omega-9, omega-6 y omega-3 (Sanhueza, Durán, & Torres, 2015).

Ácidos Grasos Saturados e Insaturados

Los ácidos grasos pueden catalogarse como saturados e insaturados, dependiendo de su estructura química. Los primeros (SFA por sus siglas en inglés) son aquellos que sus moléculas de carbono se encuentran saturadas de hidrógeno y no poseen dobles enlaces (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO- y Fundación Iberoamericana de Nutrición –FINUT-, 2012). Por su parte, los ácidos grasos insaturados (UFA por sus siglas en inglés) se subdividen a su vez en ácidos grasos monoinsaturados (MUFA por sus siglas en inglés) y poliinsaturados (PUFA por sus siglas en inglés).

Los ácidos grasos saturados son muy estables, mientras que los insaturados son más susceptibles a la oxidación. Esto es, a mayor número de dobles enlaces, mayor la susceptibilidad de oxidación (Rustan & Drevon, 2005).

Ácidos Grasos Poliinsaturados (PUFA) – Omega 3 y Omega 6

En los PUFAs existen múltiples dobles enlaces de carbono, si el primer doble enlace de la molécula se encuentra entre el tercer y el cuarto carbono, ésta es llamada Omega-3 (n-3). Si el primer doble enlace se halla entre el sexto y el séptimo átomo de carbono, entonces se llama Omega-6 (n-6) (FAO y FINUT, 2012). Los PUFAs se subdividen a su vez en ácidos grasos esenciales y no-esenciales, cuya diferencia es que los primeros no pueden ser sintetizados por el ser humano, ya que éste no cuenta con la maquinaria enzimática necesaria para ello. Por lo tanto, es necesaria la incorporación externa de estos nutrientes al organismo a través de la dieta.

Entre los PUFAs esenciales dentro de la familia n-3, se encuentra el Ácido Alfa-linolénico (AAL), que es precursor de los Ácidos Eicosapentanoico (EPA) y Docosahexanoico (DHA). El EPA es a su vez un precursor metabólico del DHA. Dentro de la familia n-6, el Ácido Linoleico (AL) es el precursor del Ácido Araquidónico (AA) (Tabla 1). El contenido de DHA en el cerebro es del 12 al 15%; 10 a 20 veces mayor que el de EPA. El nivel de AA cerebral es comparable al de DHA, del 8 al 11%, varias veces más alto que cualquier otro PUFA n-6, ya que el contenido de AL cerebral es del 1% (Whelan, 2008).

Tabla 1. Tipos de ácidos grasos poliinsaturados.

ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS	
Omega-3	Omega-6
ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES	
Ácido Alfa-linolénico (AAL)	Ácido Linoleico (AL)
FÓRMULA ESTRUCTURAL	
ÁCIDOS GRASOS NO-ESENCIALES	
Ácido Eicosapentanoéico (EPA) Ácido Docosahexanoéico (DHA)	Ácido Araquidónico (AA)
FÓRMULA ESTRUCTURAL	

(Tabla modificada de Pérez & Lorenzo, 2006, pág. 15).

El AAL se encuentra presente en los aceites de lino, canola y soya, mientras que el EPA y el DHA se hallan en pescados de aguas frías, tales como el azul y el salmón (FAO & FINUT, 2012). Esta fauna se alimenta de fitoplancton y zooplancton, criaturas unicelulares que viven en los niveles superiores del océano y utilizan la energía solar para sintetizar moléculas de DHA, por lo que son los productores primarios de dicho nutriente (Hashimoto, Hossain, Mamun, Matsuzaki & Arai, 2016). Por su parte, el AL se encuentra principalmente en la mayoría de los aceites vegetales y el AA es posible encontrarlo en grasas de origen animal, tales como el hígado, huevo y pescado (FAO y FINUT, 2012).

Ácidos Grasos Monoinsaturados (MUFA) – Omega 9

Los MUFAs poseen solo un doble enlace de carbono, localizado entre los carbonos noveno y décimo, por lo cual reciben el nombre de Omega-9 (n-9). El ácido oleico (AO) es el MUFA más común y se encuentra en fuentes vegetales y animales, especialmente en el aceite de oliva, canola, girasol y cártamo.

Efectos Biológicos y Cognitivos de los Ácidos Grasos.

Los ácidos grasos insaturados son un componente importante de las células neuronales, promueven numerosas funciones cerebrales, influyen en la fluidez de la membrana y en la mielinización (Nemeth, Millesi, Wagner & Wallner, 2015). Además, estos ácidos grasos poseen efectos sobre procesos inflamatorios, los cuales surgen como un mecanismo de defensa del organismo debido a estímulos del ambiente (Castellanos & Rodríguez, 2015), lo que les permite tener injerencia en alteraciones del crecimiento, en procesos cancerígenos y en trastornos neurodegenerativos (Sanhueza *et al.* 2015).

Ácidos Grasos Poliinsaturados (PUFA) – Omega 3 y Omega 6

Los PUFAs desempeñan un papel importante en la composición de todas las membranas celulares, ya que éstos mantienen la función de la proteína de la membrana e influyen en la fluidez de la misma, regulando así los procesos de señalización de los receptores, las funciones celulares y la expresión génica (Das, 2006, citado por Patterson, Wall, Fitzgerald, Ross & Stanton, 2011).

En una mirada general sobre los efectos de los ácidos grasos omega-6 y omega-3 se puede considerar que a veces son contrapuestos. Al menos, los resultados metabólicos producidos por los omega-6 se comportan como proinflamatorios, mientras que los producidos por los omega-3 tienen efectos antiinflamatorios (Sanhueza *et al.* 2015). Asimismo, de acuerdo con Rustan y Devron (2005), los ácidos grasos esenciales n-3 y n-6 son importantes para el desarrollo fetal, en particular para el Sistema Nervioso Central, por lo que influyen en la agudeza visual y en las funciones cognitivas. Otro aspecto importante es su papel en la inhibición de la proliferación de ciertas células cancerígenas *in vitro*, así como en la reducción del progreso de tumores en experimentos animales. No obstante, esto no ha podido ser extrapolado en el cáncer humano. La falta de estos ácidos grasos promueve inflamaciones cutáneas y retrasa la cicatrización.

Omega 3

Los ácidos grasos omega-3 son nutrientes fundamentales para el funcionamiento del organismo, ellos mejoran la calidad de vida y minimizan el riesgo de muerte prematura (Kidd, 2007). Uno de los primeros estudios que abordó la importancia del consumo de los ácidos grasos omega-3 fue realizado por Scott (1956), quien detalla la dieta rica en pescados de los esquimales de Alaska. Más tarde, Bang, Dyerberg y Sinclair (1980) estudiaron a esta misma población y concluyeron que su dieta con altos niveles de omega-3 y omega-6 se asoció a una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares.

El omega-3 puede ejercer numerosos beneficios sobre el sistema cardiovascular, ya que resuelve procesos inflamatorios celulares a través de las resolvinas (RVS) (Sanhueza *et al.* 2015). Asimismo, el n-3 minimiza ligeramente la presión sanguínea (Rustan & Devron, 2005) y puede fungir como un nutriente determinante para la prevención y/o el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, psiquiátricas y neurodegenerativas (Valenzuela, Bascuñan, Valenzuela & Chamorro, 2009). De esta manera, el omega-3 contribuye con acciones neuroprotectoras contra la atrofia cerebral y el declive cognitivo. Hecho que fue confirmado por Cutuli *et al.* (2016), quienes encontraron que los ratones que recibieron suplementos de omega-3 mostraron mejores funciones mnémicas que los ratones control. Estos autores sugirieron que el n-3 podría tener funciones pro-cognitivas.

Por consiguiente, el omega-3 juega un papel muy importante en el proceso cognitivo. Waitzberg y Garla (2014) sugirieron que el n-3 posee un rol protector en el deterioro cognitivo leve, la demencia, y el riesgo o progreso de la enfermedad de Alzheimer. De acuerdo con Connor y Connor (2007), los cerebros de los pacientes con enfermedad de Alzheimer tuvieron niveles más bajos de DHA en la materia gris en comparación con aquellos que no padecían dicha enfermedad. Esto concuerda con los hallazgos de Morris *et al.* (2003), quienes realizaron un seguimiento promedio durante 3.9 años de 815 personas. En este estudio los participantes que consumían pescado y suplementos de n-3 tuvieron un menor riesgo de padecer Alzheimer en comparación con aquellos que no los consumían. Además, las personas que consumían pescado al menos una vez a la semana tuvieron 60% menor riesgo de padecer dicha enfermedad en comparación con aquellos que consumían este alimento de manera remota o nula. Asimismo, estos autores concluyeron que solo el DHA tuvo efectos protectores, ya que no se observaron beneficios de protección proveniente del EPA –posiblemente por su bajo nivel de consumo: 30 mg por día- .

En un estudio epidemiológico (Kalmjin *et al.* 2003) en el que participaron 1,631 personas entre 45 y 70 años de edad, se indagó la posible relación entre diversas funciones cognitivas y el consumo habitual de alimentos. En este estudio evaluaron a los participantes al inicio y después de cinco años mediante una extensa batería de

pruebas cognitivas. Las funciones cognitivas incluían dominios específicos tales como flexibilidad cognitiva, memoria y la velocidad de procesos cognitivos. Se utilizaron las pruebas fueron: La prueba de aprendizaje verbal (visual), la tarea de cambio de concepto y una versión abreviada de Stroop. El consumo de alimentos se recabó gracias a un cuestionario que incluía 178 ítems de alimentos, y las respuestas debían ser dadas en función del último año. El consumo de nutrientes fue calculado multiplicando la frecuencia del consumo de los alimentos por el tamaño de la porción y la cantidad de nutrientes contenidas por cada gramo de cada alimento. Los participantes que obtuvieron menores puntajes cognitivos globales tenían un menor consumo de omega-3 (DHA/EPA) o de pescado graso (aproximadamente el 10% de los participantes de la muestra total). Del mismo modo, el rendimiento cognitivo global se correlacionó positivamente con el consumo de n-3, por lo que los autores concluyeron que el consumo de omega-3 se asoció a un menor riesgo de deterioro cognitivo, incluso en adultos de edad media. En un estudio similar (Beydoun, Kaufman, Satia, Rosamond & Folsom, 2007), se observó en un grupo de 2,251 adultos de edad media (50 a 65 años de edad) que los niveles altos de omega-3 en plasma redujeron el riesgo de declive cognitivo en fluencia verbal, particularmente en personas que padecían hipertensión y dislipidemia. Dullemeijer *et al.* (2007) también encontraron que los niveles altos de omega-3 en plasma predijeron un menor declive cognitivo en adultos de 50 a 70 años de edad. Asimismo, existe evidencia (Eskelinen *et al.* 2008) que demuestra que el consumo de una dieta rica en grasas poliinsaturadas en adultos de edad media se relacionó con un mejor desempeño cognitivo, principalmente en memoria semántica.

Del mismo modo, se encontró (Narendran, Frankle, Mason, Muldoon & Moghaddam, 2012) que el suplemento de n-3 por seis meses mejoró el desempeño en tareas de memoria de trabajo verbal tipo *n-back* en adultos jóvenes de 18 a 25 años; sin embargo, esta mejora solo resultó significativa en la tarea de alta complejidad *3-back*, y no en las de menor complejidad *2-back* y *1-back*. Nemeth *et al.* (2015) encontraron que la ingesta de n-3 mejoró las capacidades de aprendizaje espacial en cobayos hembras y protegió a los machos del deterioro de memoria a largo plazo. Algunos autores (Suwa, Yamaguchi, Komori, Kajimoto & Kino, 2015) han sugerido que la ingesta de omega-3

podría prevenir o posponer el desarrollo de discapacidad cognitiva en personas de edad media o presenil que no presentan declive cognitivo actual. De modo similar, se observó (Witte *et al.* 2013) una mejora en funciones ejecutivas en adultos sanos de edad media y mayores (55 a 75 años de edad) que recibieron suplemento de omega-3 durante 26 semanas en comparación con el grupo control que recibió placebo. Por su parte, Nurk *et al.* (2007) encontraron una relación dosis dependiente entre el consumo de pescado y el desempeño cognitivo en adultos mayores (70-74 años de edad). De acuerdo con estos autores, las personas que comían pescado frecuentemente mostraron una mejor ejecución en tareas cognitivas, comparadas con aquellas cuyo consumo de dicho alimento era escaso o nulo. El mismo efecto se encontró en el estado general de salud, ya que los no consumidores padecían de un mayor número de enfermedades que aquellos que comían pescado regularmente.

Por su parte, el EPA y el DHA proporcionan una mayor fluidez a las membranas plasmáticas neuronales, por lo que participan en la regulación de la actividad de algunos receptores de membrana (Valenzuela *et al.* 2009). Se ha encontrado que el EPA tiene la capacidad de incorporarse a los fosfolípidos de la membrana celular y cambiar las propiedades de la misma, pudiendo inducir apoptosis, reducir la proliferación celular y promover la conversión a DHA (Piazzini *et al.* 2014). Los bajos niveles de EPA en plasma se han asociado a la hiperintensidad de la materia blanca (padecimiento asociado con la enfermedad de Alzheimer) (Suwa *et al.* 2015), por lo que el suplemento de EPA en pacientes con insuficiencia cognitiva podría resultar benéfico. A su vez se observó (Petursdottir, Farr, Morley, Banks & Skuladottir, 2008) en ratones SAMP8 –modelo animal de la enfermedad de Alzheimer- de 12 meses de edad que recibieron una dieta con alto contenido de DHA, una acumulación mayor de DHA en la membrana fosfolipídica del hipocampo y la amígdala. Esto podría estar asociado al mejoramiento de la cognición y a la prevención del declive del aprendizaje y la memoria.

Asimismo, se ha observado en niños de 8 a 10 años de edad que recibieron un suplemento de DHA durante ocho semanas, un incremento en la activación de la corteza prefrontal dorsolateral durante una tarea de atención (McNamara, 2010), área

que se asocia con las tareas de memoria de trabajo (Cohen & Miller, citado por Giles *et al.* 2015). Estos hallazgos son similares a los reportados por Baym *et al.* (2014), quienes encontraron mejor desempeño en tareas de memoria relacional en niños de 7 a 9 años que consumían más frecuentemente omega-3 que aquellos que lo hacían con poca frecuencia. Del mismo modo, se ha encontrado que el DHA puede reducir síntomas depresivos (Sinn, *et al.* 2011).

En un estudio (Yurko-Mauro *et al.* 2010) realizado con 485 personas sanas de 55 años de edad y mayores se observó que los participantes que recibieron un suplemento de DHA por 24 semanas tuvieron menos errores en una tarea de aprendizaje de pares asociados, y en tareas de memoria de reconocimiento verbal inmediato y retardado, Sin embargo, en las tareas de memoria de trabajo visoespacial no se observó una mejoría significativa. Incluso, en un estudio (Gamoh, *et al.* 1999) con ratas Wistar se encontraron resultados similares. Las ratas fueron alimentadas con una dieta deficiente en aceite de pescado durante tres generaciones. A las cinco semanas de edad, la mitad de las ratas de la tercera generación recibieron una dieta oral de DHA. Después de 10 semanas, las ratas que recibieron el suministro de DHA tuvieron un mejor desempeño en tareas de memoria relacional en comparación con las ratas control. Sin embargo, no se observó ninguna mejoría en las tareas de memoria de trabajo.

Por otro lado, existe evidencia opuesta a los hallazgos anteriormente citados. Por ejemplo, Giles *et al.* (2015) no encontraron indicios de una mejora sobre el procesamiento cognitivo después de suministrar suplementos de omega-3 en adultos jóvenes durante 35 días. En otro estudio (Fenton, Dickerson, Boronow, Hibbeln & Knable, 2001) tampoco se halló mejora cognitiva en pacientes con Alzheimer que recibieron suplementos de EPA. En este estudio se comparó el puntaje obtenido al inicio y después de 16 semanas en la batería repetible para la evaluación del estado neuropsicológico (RBANS) de Randolph de 87 pacientes diagnosticados con esquizofrenia, con un rango de edad de 18 a 65 años; quienes fueron divididos en dos grupos: el grupo control, quienes recibían placebo y el grupo que tomó 3 gr. De EPA por día.

Sin embargo, de acuerdo con Ikemoto *et al.* (2001), la deficiencia de n-3 provocó un deterioro significativo del aprendizaje en ratas. Asimismo, en un estudio (Chew *et al.* 2015) longitudinal en el que participaron personas mayores con degeneración macular asociada a la edad, enfermedad que constituye la principal causa de pérdida de visión central en la población mayor a los 55 años de edad en países desarrollados occidentales (López, 2005), el suplemento oral de n-3 no tuvo ningún efecto estadísticamente significativo sobre la función cognitiva de los participantes.

Omega 6

El omega-6 desempeña papeles claves en la regulación del flujo sanguíneo, los sistemas hormonales y el funcionamiento inmunológico (Richardson, 2003). El n-6 puede modular los canales iónicos, la captación de neurotransmisores, la transmisión sináptica, la apoptosis y muchos otros procesos biológicos (Richardson, 2003). Las grasas omega-6 -específicamente el ácido linoléico- incrementan su cadena de carbonos para formar el ácido araquidónico, éste se incorpora a las células y a sus membranas, por lo que interviene en la señalización celular y el soporte estructural (Tarka, 2009). El ácido araquidónico, por ser un derivado del ácido linoléico, sólo será indispensable si hay una deficiencia de su precursor (Coronado, Vega, Gutiérrez, García y Díaz, 2006). De acuerdo con Kotani *et al.* (2006), la concentración de AA en la membrana neuronal puede disminuir debido al aumento de su oxidación durante el envejecimiento, incluso si el consumo del mismo no se modifica.

Así pues, la relación del impacto de los ácidos grasos omega-6 sobre los efectos cognitivos ha sido poco estudiada de forma aislada, ya que la mayoría de los estudios (Coronado *et al.* 2006; Heude, Ducimetière & Berr, 2003; Ikemoto *et al.* 2001; Sheppard & Cheatham, 2013; Suwa *et al.* 2015; Whelan, 2008; Yehuda & Carasso, 1993) que abordan a este nutriente lo hacen en conjunto con otros ácidos grasos. Hay que mencionar además, que los resultados biológicos y psicológicos del omega-6 en el cuerpo no son concluyentes, ya que parece ser que sus efectos pueden variar

dependiendo de múltiples factores, tales como la edad, el sexo y la cantidad del nutriente.

Por un lado, destaca la evidencia sobre los efectos nulos o negativos del omega-6 sobre el organismo y la cognición; por ejemplo, un estudio (Nemeth *et al.* 2015) no encontró una relación entre habilidades cognitivas y niveles de n-6 en plasma. Estos hallazgos concuerdan con los reportados por Ikemoto *et al.* (2001), quienes observaron que el aumento de los niveles cerebrales de omega-6, aunado a una deficiencia de omega-3, representa un factor crítico que afecta al aprendizaje. De manera similar, Patterson *et al.* (2011) encontraron que la ingesta alta de n-6, junto con la baja ingesta de n-3, cambia el estado fisiológico regular a uno que es proinflamatorio, con incrementos en espasmos y constricciones en los vasos sanguíneos, acompañados de viscosidad sanguínea y del desarrollo de enfermedades asociadas con estas condiciones. De forma similar, Heude *et al.* (2003) encontraron que los niveles bajos de n-3 y altos de n-6 se asociaron a un mayor riesgo de declive cognitivo.

El impacto del metabolismo del AA ha sido mayormente vinculado con desórdenes y padecimientos neuropsicológicos, en comparación con sus posibles efectos pro-cognitivos (Whelan, 2008). Algunos derivados de AA son proinflamatorios y otros son antiinflamatorios (Sanhueza, *et al.* 2005). En algunos padecimientos como la depresión se han observado cantidades mayores de citosinas proinflamatorias derivadas del ácido araquidónico (Coronado, *et al.* 2006).

Por otro lado, también existe evidencia sobre los beneficios que se obtienen del n-6. Por ejemplo, Rapoport (2008) propuso que las cascadas cíclicas de metabolización del AA en el cerebro estabilizan los episodios maníacos y depresivos recurrentes, similares a los observados en la enfermedad bipolar. Asimismo, se ha observado (Rustan & Drevon, 2005) que el reemplazo de las grasas saturadas por el n-6 disminuyó la concentración del nivel de colesterol LDL (lipoproteínas de alta densidad). El mecanismo para estos efectos puede ser el incremento de la captación del LDL por el

hígado. Asimismo, el ácido linoleico presenta múltiples efectos benéficos sobre diversas enfermedades cardiovasculares (Rustan & Drevon, 2005).

Acorde con lo anterior, Sheppard y Cheatham (2013) señalaron que la relación en la proporción de ácidos grasos n-6 y n-3 es importante debido a que comparten enzimas similares durante su metabolización. Una proporción equilibrada del consumo de omegas 3 y 6 es relevante para la función cerebral, ya que cualquier alteración en estos niveles puede ser perjudicial para la cognición (Sheppard & Cheatham, 2013). Estos autores encontraron en niños de 7 a 9 años de edad que la media de consumo de n-6 y n-3 se asoció con tiempos de reacción más cortos en tareas de memoria de trabajo espacial y en tareas de planificación. Sin embargo, cuando el ratio en la proporción de ingesta de ambos nutrientes es tomado en cuenta, la ingesta más alta de omega-3 con respecto a la de omega-6 se asoció a un mejor desempeño en tareas de memoria de trabajo y de planificación. Del mismo modo, cuando las ingesta de ambos, n-3 y n-6, fue baja, las habilidades cognitivas también se favorecieron. En cambio, cuando las ingesta de ambos ácidos grasos fueron altas, las habilidades cognitivas se vieron afectadas. Los autores de este estudio sugirieron que si los ácidos grasos influyen en la comunicación neuronal, sus efectos deberían de ser más evidentes en las puntuaciones de velocidad y latencia de las pruebas cognitivas, en lugar de en las puntuaciones de errores o aciertos.

Existe evidencia sobre los efectos positivos del omega-6 en estudios con ratas. Por ejemplo, en uno de ellos se encontró (Yehuda & Carasso, 1993) que la administración de AAL y de AL (n-3 y n-6) en proporciones que iban de 1:3.5 a 1:1.5 tuvieron un efecto significativo positivo sobre el aprendizaje en ratas de un mes de edad. Del mismo modo, Fukaya *et al.* (2007) observaron que el suministro en ratas ancianas de un suplemento de n-6 por más de tres meses mantuvo por largo plazo la fluidez de la membrana en neuronas del hipocampo, lo cual fue evidencia por la concentración intramembranal de PUFAs como el AA.

Asimismo, en una investigación llevada a cabo por Lynch y Voss (1994) observaron que el AA está implicado en la génesis y el mantenimiento de la potenciación a largo plazo (LTP por sus siglas en inglés). La LTP es una intensificación duradera de la transmisión de señales entre dos neuronas, la cual resulta de la estimulación sincrónica entre ambas. Este proceso subyace a la plasticidad sináptica, por lo que se considera un mecanismo que subyace a los procesos de aprendizaje y memoria (Milner, Squire & Kandel, 1998). Lynch y Voss (1994) encontraron que una disminución del AA debido a la edad se correlacionó con una menor capacidad para sostener la LTP. Este hallazgo sugiere que los niveles adecuados de n-6 en el organismo podrían beneficiar a la salud y a la cognición. Existe otra evidencia (McGahon, Clements & Lynch, 1997) a favor de que el suplemento de ácido araquidónico pudiera restaurar la concentración de dicho nutriente en la membrana de células de ratas envejecidas. En este estudio, ratas de 22 meses de edad recibieron suministros de n-6 para igualar sus niveles de AA a los observados en animales jóvenes (4 meses). En estos niveles, los animales envejecidos fueron capaces de sostener la LTP. Estos datos brindan una importante evidencia sobre el papel del AA en la expresión y mantenimiento de la LTP.

En humanos, Kotani *et al.* (2003) observaron que el suministro de un suplemento de AA se asoció a un mejor desempeño en tareas de memoria inmediata y atención en pacientes que sufrieron una lesión cerebral; sin embargo, no se observó ningún beneficio en pacientes con deterioro cognitivo leve ni en pacientes con enfermedad de Alzheimer.

Ácidos Grasos Monoinsaturados (MUFA) – Omega-9

Existe poca información exclusiva de los ácidos grasos tipo omega-9, sin embargo Nemeth *et al.* (2015) sugirieron que un suplemento en la dieta de n-9 y n-3 en conejillos de indias impacta positivamente en funciones de aprendizaje y memoria. Esto se debe a que ambos nutrientes influyen sobre la estructura y función de la neuromembrana; aunque los mecanismos a través de los cuales se gesta este efecto, continúa en aras de la investigación. Por ejemplo, se encontró (Naqvi, *et al.* 2011) que un consumo alto

en MUFAs se asoció con un declive cognitivo menor en mujeres de 60 años o mayores; en particular se beneficiaron las funciones visuales y de memoria. Por otro lado, en otro estudio (Heude *et al.* 2003) no se encontró asociación entre el nivel total de MUFA (ácido oleico) y el declive cognitivo en 264 adultos con un rango de edad entre 63 y 74 años de edad, quienes fueron evaluados durante cuatro años.

Existen numerosas investigaciones (Panza *et al.* 2004; Solfrizzi *et al.* 1999; Berr *et al.* 2009, Capurso *et al.* 1997) que se enfocan en determinar la influencia de la dieta mediterránea sobre la salud. Una dieta mediterránea refleja los hábitos dietéticos y los alimentos que se consumen comúnmente en los países que rodean al mar mediterráneo (Matsumoto, *et al.* 2017). Se caracteriza por una alta proporción de alimentos vegetales (frutas, verduras, granos, legumbres, nueces, semillas y aceite de oliva) y un bajo contenido de carne roja y productos lácteos, así como un modesto consumo de alcohol (Matsumoto, *et al.* 2017). Panza *et al.* (2004) estudiaron a una muestra de adultos de edad avanzada del sur de Italia que llevaban una dieta mediterránea típica. Los autores observaron que la ingesta alta de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) se asoció a un mayor nivel de protección contra el declive cognitivo asociado a la edad. Estos autores concluyeron que el consumo alto de MUFAs está asociado a la preservación de las funciones cognitivas en adultos mayores sanos debido a que los ácidos grasos mantienen el funcionamiento de la membrana neuronal.

De igual forma, Solfrizzi *et al.* (1999) estudiaron a adultos sanos de 65 a 84 años de edad provenientes del sur de Italia, cuya dieta era mediterránea, y encontraron que los altos contenidos de MUFAs en esta dieta funcionaron como protectores contra la disminución cognitiva relacionada con la edad. De modo semejante, Berr *et al.* (2009) realizaron un estudio de seguimiento durante cuatro años en tres ciudades distintas de Francia. Los autores observaron que los adultos mayores de 65 años de edad que consumieron aceite de oliva regularmente mostraron menores probabilidades de padecer un déficit cognitivo en fluidez verbal y memoria visual, en comparación con aquellos que no consumieron este aceite. No obstante, en un estudio realizado por Capurso *et al.* (1997) encontraron que en 278 adultos mayores con un promedio de 74

años de edad, aquellos con un nivel educativo bajo (menor a 5 años de estudio), el consumo de MUFAs no tuvo un efecto protector contra el declive cognitivo. Además, no se encontraron asociaciones entre las variables nutricionales y la memoria episódica en este estudio.

Adultos de Edad Media

De acuerdo con Craig y Baucum (2009), la madurez es un período intermedio, un puente entre dos generaciones. Las personas de edad media se percatan de estar separadas de los jóvenes y de las personas mayores. Por convención, la edad media – o edad madura- abarca aproximadamente de los 40 a los 60 o 65 años de edad. Durante esta etapa los cambios más evidentes son de carácter físico, esto incluye deterioro de las funciones corporales y de las capacidades físicas: habilidades sensoriales y motoras, funcionamiento interno del organismo, funciones biológicas, tales como la menopausia en la mujer o la disminución de la agudeza visual en ambos sexos. Según estos autores, las capacidades visuales son bastante estables hasta principios de los años 50, donde comienzan a mermar. El tiempo de reacción y las habilidades motoras suelen disminuir, aunque esto puede variar en función de las experiencias que ejerciten estas habilidades. De manera interna, la actividad del sistema nervioso se reduce. Dentro de los principales padecimientos de la edad media se encuentran las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y la diabetes. Las funciones cognitivas aún se encuentran preservadas, sin embargo, comienza a manifestarse cierto deterioro intelectual.

Papalia, Wendkos y Duskin (2015) también coincidieron en que las personas de edad media se encuentran en sus mejores años desde el punto de vista cognoscitivo. Estos autores proponen que desde el punto de vista cronológico, la edad media abarca de los 40 a los 65 años de edad, aunque este rango es arbitrario, ya que existen varios factores que pueden incidir en esta etapa de la vida, por ejemplo, el estado físico, socioeconómico, psicológico, emocional y de salud de los individuos.

Desde el punto de vista físico, a pesar de que la salud por lo general es estable, ésta puede afectarse por enfermedades como la hipertensión, la diabetes y la obesidad (Davys & Palladino, 2008). Asimismo los niveles de estrés destacan en esta edad, de acuerdo con Davys y Palladino, (2008), el abandono de los hijos puede impactar en los niveles de estrés del adulto de edad media. La posición socioeconómica también influye, las personas de posición socioeconómica baja presentan estados más deteriorados de salud, una expectativa de vida más baja y menor bienestar físico (Spiro, 2001, en Papalia *et al.* 2015). En cambio, las personas con una mejor posición socioeconómica tienen un mayor control sobre su proceso de envejecimiento, por ejemplo, optan por estilos de vida más sanos y solicitan atención médica y apoyo social cuando lo necesitan (Lachman & Firth, 2004; Marmoy & Fuhrer, 2004; Whitbourne, 2001; citados en Papalia *et al.* 2015).

Las emociones también son importantes; de acuerdo con Papalia *et al.* (2015) propusieron que es más probable que las personas con un punto de vista emocional positivo adopten hábitos más sanos (como sueño adecuado y ejercicio frecuente) y presten más atención a su salud. En esta etapa también se presenta la crisis de madurez. Se trata de un período estresante que se presenta a la mitad de la década de los 40 años y surge al evaluar los logros propios. A veces se acompaña de insatisfacción con la propia vida y del sentimiento de que es necesario actuar con rapidez para solucionar dicha situación, lo cual puede propiciar cambios relevantes en la vida de las personas.

Afectación de la Memoria Asociada a la Edad

Una de las áreas cognitivas más afectadas por el paso del tiempo es la memoria. De acuerdo con Román y Sánchez (1998), la queja más frecuente que suelen tener las personas cuando envejecen están asociadas con su memoria en la vida cotidiana. Estas quejas, aunque se presentan con una amplia variabilidad debido a las diferencias individuales, conllevan a fallas reales de la memoria, por lo que a este conjunto de quejas se le ha denominado “afectación de la memoria asociada a la edad”. Esta

afectación podría iniciar desde los 50 años de edad, y se caracteriza por pérdida de memoria en actividades de la vida diaria, sin presencia de demencia (Crook y colaboradores, 1986; citados en Román & Sánchez, 1988).

En un estudio (Dobbs & Rule, 1989) en el que participaron 228 adultos entre 30 y 99 años de edad, se observó que el declive cognitivo en tareas de memoria de trabajo comenzó a partir de los 60 años de edad. Los autores concluyeron que el envejecimiento puede afectar la capacidad de manipular y procesar la información; sin embargo, los procesos pasivos de la memoria, como el almacenamiento, no sufren un deterioro e incluso pueden quedar intactos. Por su parte, Fisk y Warr (1996) encontraron en una muestra de adultos entre 60 y 80 años de edad una menor velocidad perceptiva y un menor desempeño en una tarea de memoria de trabajo - particularmente del ejecutivo central- en comparación con adultos jóvenes. Sin embargo, cuando controlaron la velocidad perceptual, las diferencias entre los grupos desaparecieron. Los autores atribuyeron los déficits observados en el grupo de adultos mayores a una desaceleración general en la velocidad de procesamiento de la información dentro del sistema de memoria de trabajo y no propiamente a déficits del ejecutivo central. De forma similar, Cansino *et al.* (2013) evaluaron el desempeño en tareas de memoria de trabajo de 1,500 personas entre 21 y 80 años de edad, y encontraron que el rendimiento en las tareas de memoria de trabajo de tipo visoespacial mostró un descenso más pronunciado que en tareas de memoria de trabajo del dominio verbal. Sin embargo, la tasa de disminución de la precisión fue superior en las tareas de alta complejidad (*2-back*) comparadas a las de baja complejidad (*1-back*), independiente del dominio de las tareas, por lo que los autores concluyeron que los efectos del envejecimiento en la memoria de trabajo son más dependientes de los recursos demandados por la tarea que del tipo de información que es procesada en este sistema de memoria.

No obstante, Park *et al.* (2002), tras realizar una investigación con 345 personas de entre 20 y 92 años de edad, observaron que la memoria de trabajo (tanto verbal como espacial) presenta un declive uniforme desde los 20 años de edad como resultado del envejecimiento natural.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Justificación

Con base en la literatura existente, es posible señalar que los ácidos grasos constituyen un factor neuroprotector -ya que se instauran en la neuromembrana, potencializando su maleabilidad y flexibilidad- que favorece los procesos sinápticos y los del aprendizaje, por lo que pueden repercutir en las capacidades cognitivas. La mayoría de los estudios (McNamara *et al.* 2010; Jackson, Reay, Scholey & Kennedy, 2011; Fenton, 2001) se enfocan en los grupos de edad extremos del período vital, los adultos jóvenes que gozan de plenitud cognitiva y los adultos mayores que presentan declive cognitivo. Así pues, debido a que es posible que las funciones fisiológicas del organismo consumidor funcionen de manera diferente en las diversas etapas vitales, los efectos de estos nutrientes podrían verse modificados en función del período en el cual sean consumidos. Esta laguna de datos entre estos dos períodos de la vida humana motivó el interés del presente trabajo por estudiar el periodo de la vida comprendido entre los 51 y 60 años de edad. Los ácidos grasos podrían tener un efecto benéfico sobre la memoria de trabajo verbal en este grupo de edad, lo que sería indicador de que su consumo podría lentificar el clásico deterioro de este tipo de memoria que ocurre con la edad. En particular, se examinará el consumo de AAL (omega 3), AL (omega 6) y AO (omega 9) a través de un cuestionario de consumo de alimentos, y se comparará la memoria de trabajo verbal entre altos y bajos consumidores de ácidos grasos en dos niveles de complejidad, lo que permitirá definir a su vez, si los efectos de los ácidos grasos afectan solo a los procesos de memoria de alta demanda o a ambos, los de baja y alta demanda. Además se analizarán los efectos de los ácidos grasos en los tiempos de reacción al realizar las tareas, variable que rara vez se ha estudiado en este tipo de estudios.

Pregunta de investigación

¿Existirán diferencias significativas en el porcentaje de respuestas correctas y en los tiempos de reacción de estas respuestas en la tarea de memoria de trabajo *n-back* verbal en dos niveles de complejidad (*1-back*, *2-back*) entre personas con alta ingesta

de omega 3, omega 6 y omega 9 en comparación con las personas con baja ingesta de estos ácidos grasos?

MÉTODO

Objetivo

Comparar el desempeño en una tarea de memoria de trabajo entre personas de edad media con bajo y alto consumo de Omega 3, Omega 6 y Omega 9.

Hipótesis

Las personas con alta ingesta de omega 3, 6 y 9 obtendrán un porcentaje mayor de respuestas correctas y menores tiempos de reacción en la tarea de memoria de trabajo verbal, en ambos niveles de complejidad, que las personas con bajo consumo de estos omegas.

Variables

Variables dependientes

Porcentaje de respuestas correctas en la tarea de memoria de trabajo verbal en dos niveles de complejidad (*1-back*, *2-back*).

Tiempo de reacción en las respuestas correctas de la tarea de memoria de trabajo verbal en dos niveles de complejidad (*1-back*, *2-back*). Medido en milisegundos (mseg) a partir del inicio de la presentación del estímulo.

Variables independientes

Complejidad de la tarea de memoria de trabajo

1-back: recordar la letra que se presentó en el ensayo anterior.

2-back: recordar la letra que se presentó dos ensayos antes

Variables atributivas

Alto consumo de omega 3: Personas cuyo consumo de Ácido Alfolinoleico se encuentra en el percentil superior.

Bajo consumo de omega 3: Personas cuyo consumo de Ácido Alfolinoleico se encuentra en el percentil inferior.

Alto consumo de omega 6: Personas cuyo consumo de Ácido Linoleico se encuentra en el percentil superior.

Bajo consumo de omega 6: Personas cuyo consumo de Ácido Linoleico se encuentra en el percentil inferior.

Alto consumo de omega 9: Personas cuyo consumo de Ácido Oleico se encuentra en el percentil superior.

Bajo consumo de omega 9: Personas cuyo consumo de Ácido Oleico se encuentra en el percentil inferior.

Participantes

Participaron 250 personas entre 51 a 60 años de edad (la mitad mujeres). Se obtuvieron los percentiles de consumo de ácidos grasos AAL, AA y AO y se seleccionaron sólo las personas que tuvieron un consumo de cada uno de estos ácidos grasos en los percentiles inferiores y superiores para los análisis. Los criterios de inclusión para la muestra total de 250 personas fueron visión normal o corregida a lo normal, escolaridad mínima de 8 años de estudio, puntaje mínimo de 26 en la subescala de Vocabulario del WAIS (Wechsler, 1981), puntaje mínimo de 24 en el Examen Estado Mini-Mental (MMSE) (Folstein, Folstein y McHugh, 1975), puntaje menor a 20 en la Escala de Depresión de *Beck* (Beck, Ward, Mendelson, Mock y Erbaug, 1961), no ser adictos a drogas y/o alcohol, no padecer enfermedades neurológicas o psiquiátricas y no consumir medicamentos que alteren el sistema nervioso central.

Aparatos

Dos computadoras, tres monitores de 17 pulgadas, una caja de respuestas, un televisor, una videocámara y el software *E-prime* v. 1.0.

Instrumentos

Subescala de Vocabulario de la Escala de Inteligencia para Adultos Revisada de Weschler (1981). La escala puede aplicarse desde los 18 años de edad y tiene un coeficiente de confiabilidad de 0.96 mediante el método test-retest. La Subescala de Vocabulario se correlaciona con el coeficiente intelectual general que se obtiene del WAIS así como otras pruebas de inteligencia. Permite evaluar la integridad de la habilidad mental general de los participantes.

Inventario de Depresión de Beck (1961).

Esta prueba evalúa el grado de depresión que pueden presentar las personas. Los puntajes de depresión se obtienen a través de sumar las respuestas dadas a las 21 categorías de síntomas o actitudes. Si el sujeto obtiene un puntaje mayor a 20, probablemente sufre depresión. Esta prueba se estandarizó con 409 sujetos entre 15 y 55 años de edad y tiene un coeficiente de confiabilidad de 0.86.

Escala de Estado Mini-Mental de Folstein (1975).

Esta prueba permite identificar la presencia de demencia en las personas. Consta de 11 ítems que evalúan la orientación, concentración, atención, cálculo, memoria y lenguaje. La confiabilidad test-retest es de 0.89 con el mismo aplicador, y de 0.83 con un aplicador diferente. El diagnóstico de sospecha de demencia se obtiene con puntajes menores a 24; además, permite distinguir entre personas con deficiencias cognitivas leves a severas. Es sensible al deterioro progresivo en pacientes con demencia. Por lo tanto, los sujetos que obtuvieron una puntuación ≤ 24 fueron excluidos del estudio.

Cuestionario de Frecuencia de Consumo de Alimentos (1998)

Instrumento desarrollado por Hernández,-Avila, Romieu, Parra, Hernández-Avila, Madrigal y Willett (1998) del Instituto de Salud Pública de México. El cuestionario explora la frecuencia de consumo durante los últimos 12 meses de 104 alimentos. Los alimentos están agrupados en 11 categorías: productos lácteos, frutas, huevos, carnes y embutidos, verduras, leguminosas, cereales, golosinas, bebidas, grasas y antojitos. La validez del cuestionario ha sido demostrada (Hernández,-Avila *et al.* 1998) mediante su comparación con recordatorios de consumo de alimentos de 24 horas. Los nutrientes que se encuentran en los alimentos se obtienen mediante el Sistema de Evaluación de Hábitos Nutricionales y Consumo de Nutrimientos del Instituto Nacional de Salud Pública (1998).

Estímulos

Doce letras en mayúscula, con un ángulo visual vertical y horizontal de aproximadamente 1.5° . Se llevaron a cabo 72 ensayos en cada nivel de complejidad y en el 33% de los ensayos las letras fueron estímulos blancos, es decir, la misma letra que se presentó en el ensayo anterior (*1-back*) o dos ensayos antes (*2-back*). Las letras fueron de color gris oscuro y se proyectaron sobre un fondo blanco.

Paradigma

Tarea de Memoria de Trabajo

En cada ensayo se presentó una letra al centro de la pantalla durante 300 ms, en seguida la pantalla permaneció en blanco durante 2700 ms (ver Figura 9). El participante podía responder desde el inicio de la presentación del estímulo durante un período de 3000 ms. En la tarea de baja complejidad (*1-back*) debía indicar a través de un botón (botón No. 1) de la caja de respuestas si la letra del ensayo era igual a la presentada en el ensayo anterior, o si no era igual, mediante otro botón (botón No. 2).

En la tarea de alta complejidad (*2-back*) el participante debía indicar mediante un botón (botón No. 1) si la letra del ensayo era la misma que se le presentó dos ensayos atrás, si no era igual lo indicaba mediante otro botón (botón No. 2).

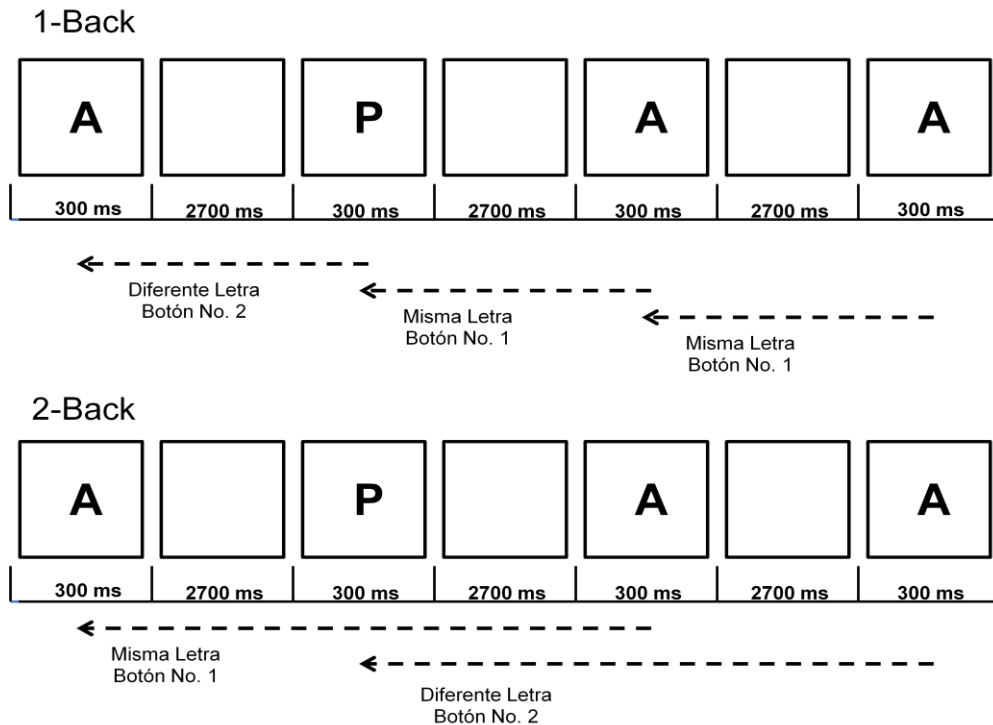


Figura 1. Tarea de memoria de trabajo verbal en sus dos niveles de complejidad.

Procedimiento

Los participantes asistieron a dos sesiones, cada una de aproximadamente 90 min. La primera sesión se realizó en un cubículo silencioso del Laboratorio de NeuroCognición de la Facultad de Psicología de la UNAM. El participante contestó la subescala de Vocabulario del WAIS, el Estado Mini-Mental de Folstein y el Inventario de Depresión de Beck. Asimismo, se evaluó la agudeza visual de las personas y si reunían todos los criterios de inclusión. Si las personas cumplían con estos criterios se les pedía que firmaran la carta de consentimiento informado. Posteriormente se aplicó el Cuestionario de Frecuencia de Consumo de Alimentos. La segunda sesión se realizó en una cámara

sonoamortiguada del Laboratorio de NeuroCognición con baja iluminación. En ella el participante realizó las tareas de memoria de trabajo verbal en sus dos niveles de complejidad en orden contrabalanceado. Antes de realizar las tareas, los participantes hicieron un breve entrenamiento de cada tarea.

Análisis de datos

Los datos se analizaron por separado para cada uno de los ácidos grasos (omega 3, omega 6 y omega 9) mediante un ANOVA mixto con los factores grupo (alto consumo de ácido graso y bajo consumo de ácido graso) y el factor complejidad (1-*back* y 2-*back*), tanto para el porcentaje de respuestas correctas, como para los tiempos de reacción.

RESULTADOS

Las muestras que se emplearon para el análisis de los efectos del consumo de cada ácido graso sobre la memoria estuvieron conformadas por 100 participantes, 50 consumidores altos y 50 consumidores bajos de cada ácido graso, la mitad hombres para cada grupo. Los valores de cada ácido graso se analizaron de forma independiente, por lo que un participante podía formar parte, o no, de cualquiera de los grupos de consumo (alto o bajo) para cada omega, dependiendo de la cantidad de consumo del ácido graso en cuestión. En la Tabla 2 se muestran los análisis descriptivos del consumo de omegas 3, 6 y 9 en consumidores altos y bajos de cada uno de estos ácidos grasos; así como, la cantidad de consumo que se empleó como corte para determinar el percentil inferior y superior de consumidores bajos y altos de cada omega.

Tabla 2. Consumo de ácidos grasos omega 3, 6 y 9 (gramos) en consumidores bajos y altos, y la cantidad de consumo utilizada para establecer los percentiles inferiores y superiores.

Consumo	Omega 3		Omega 6		Omega 9	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Cantidad de Consumo	< 0.78	> 1.78	< 5.86	> 14.13	< 14.53	> 29.63

En la Tabla 3 se muestran las características de los participantes y los puntajes que obtuvieron en las pruebas psicológicas en cada uno de los grupos, consumidores altos y bajos de cada uno de los ácidos grasos, omega 3, 6 y 9. Se llevaron a cabo pruebas *t* de *student* para determinar que no existieran diferencias en edad, años de estudio y en la subescala de vocabulario del WAIS entre consumidores altos y bajos de cada ácido graso. Del mismo modo, se empleó la prueba U de Mann Whitney para examinar que no hubiera diferencias significativa en el MMSE y la Escala de Depresión de Beck entre el grupo de bajo y alto consumo de cada ácido graso. Estos análisis demostraron que los grupos de bajo consumo no difirieron significativamente ($P > .05$) de los de alto

consumo para cada uno de los omegas 3, 6 y 9, en edad, años de estudio, ni en ninguna de las pruebas psicológicas.

Tabla 3. Características de los participantes y puntajes en las pruebas psicológicas ^a.

Consumo	Omega 3		Omega 6		Omega 9	
	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Edad	55.8 (3.2)	54.28 (4.5)	55.01 (2.94)	55.18 (3.2)	55.50 (3.01)	55.22 (2.85)
Escolaridad	14.3 (4.5)	13.82 (4.0)	14.92 (4.68)	14.12 (4.97)	13.92 (5.16)	14.6 (4.70)
Vocabulario	12.8 (4.5)	12.5 (1.7)	12.62 (1.64)	12.68 (1.83)	12.52 (1.6)	12.32 (1.85)
MMSE	29 (1)	29 (3)	29 (2)	29 (1)	28.5 (3)	29 (2)
Beck	4 (6)	4 (6)	4 (6)	6 (7)	5 (8)	6 (7)
	n=50	n=50	n=50	n=50	n=50	n=50

^a Se muestra la media y desviación estándar entre paréntesis para la Subescala de Vocabulario; así como, la mediana y el rango intercuartil entre paréntesis para los puntajes obtenidos en el MMSE y la escala de depresión de Beck.

Omega 3

El ANOVA mixto realizado para analizar la variable porcentaje de respuestas correctas con los factores grupo (alto y bajo consumo de ácido graso) y complejidad (1-back y 2-back) resultó significativo para el factor complejidad -para la modalidad 1-Back, que presenta un mayor número de aciertos en comparación con la modalidad 2-Back- [$F(1,98) = 108.54, p < .001, \eta^2 = .53$], pero no para el factor grupo [$F(1,98) = 0.16, p < .69$], ni para la interacción entre ambos factores [$F(1,98) = 0.38, p = .54$]. Tampoco el ANOVA mixto realizado con la variable tiempos de reacción en las respuestas correctas de las tareas de memoria de trabajo verbal resultó significativo para el factor grupo [$F(1,98) = 0.25, p = .62$] o la interacción entre ambos factores [$F(1,98) = .38, p < .54$] solo para el factor complejidad [$F(1,98) = 185.28, p < .001, \eta^2 = .65$]. La media y desviación estándar del porcentaje de respuestas correctas y tiempos de reacción obtenidos por los consumidores bajos y altos de omega 3 se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Porcentaje de respuestas correctas y tiempos de reacción en las tareas *n-back* en consumidores bajos y altos de omega 3.

Omega 3								
Consumo	Porcentaje de Respuestas Correctas				Tiempos de Reacción (mseg)			
	Bajo		Alto		Bajo		Alto	
Tarea	1-Back	2-Back	1-Back	2-Back	1-Back	2-Back	1-Back	2-Back
Media	93.83	77.34	92.03	77.37	865	1117	871	1146
DE*	8.63	15.14	12.96	15.35	171	229	172	225
	n=50	n=50	n=50	n=50	n=50	n=50	n=50	n=50

* DE = Desviación estándar

Omega 6

El ANOVA mixto realizado con la variable porcentaje de respuestas correctas resultó significativo para el factor complejidad -para la modalidad 1-Back, que presenta un mayor número de aciertos en comparación con la modalidad 2-Back- [$F(1,98) = 108.54$, $p < .001$, $\eta^2 = .53$] pero no para el factor grupo [$F(1,98) = 0.16$, $p = .69$], ni para la interacción entre ambos factores [$F(1,98) = 0.38$, $p = .54$]. Del mismo modo, el ANOVA mixto realizado con los tiempos de reacción en las respuestas correctas de las tareas de memoria de trabajo resultó significativo para el factor complejidad [$F(1,98) = 185.28$, $p < .001$, $\eta^2 = .65$] pero no para el factor grupo ($F(1,98) = 0.25$, $p = .62$) o la interacción entre ambos factores [$F(1,98) = 0.38$, $p = .54$]. La media y desviación estándar del porcentaje de respuestas correctas y tiempos de reacción obtenidos por los consumidores bajos y altos de omega 6 se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Porcentaje de respuestas correctas y tiempos de reacción en las tareas *n-back* en consumidores bajos y altos de omega 6.

Omega 6								
Consumo	Porcentaje de Respuestas Correctas				Tiempos de Reacción (mseg)			
	Bajo		Alto		Bajo		Alto	
Tarea	1-Back	2-Back	1-Back	2-Back	1-Back	2-Back	1-Back	2-Back
Media	93.21	77.57	92.65	77.14	867	1135	870	1128
DE*	10.46	14.92	11.60	15.56	154	213	187	241
	n=50	n=50	n=50	n=50	n=50	n=50	n=50	n=50

* DE = Desviación estándar

Omega 9

Al igual que para los otros omegas, el ANOVA mixto realizado con consumidores altos y bajos de omega 9 con la variable porcentaje de respuestas correctas solo resultó significativo para el factor complejidad -para la modalidad 1-Back, que presenta un mayor número de aciertos en comparación con la modalidad 2-Back- [$F(1,98) = 126.84$, $p < .001$, $\eta^2 = .56$] pero no para el factor grupo [$F(1,98) = 0.04$, $p = .84$], ni para la interacción entre ambos factores [$F(1,98) = 1.95$, $p = .17$]. El ANOVA mixto realizado con los tiempos de reacción en las respuestas correctas resultó significativo para el factor complejidad [$F(1,98) = 187.82$, $p < .001$, $\eta^2 = .66$] pero no para el factor grupo [$F(1,98) = 0.89$, $p = .35$] o la interacción entre ambos factores [$F(1,98) = 0.02$, $p = .90$]. La media y desviación estándar del porcentaje de respuestas correctas y los tiempos de reacción obtenidos por los consumidores bajos y altos de omega 9 se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Porcentaje de respuestas correctas y tiempos de reacción en las tareas *n-back* en consumidores bajos y altos de omega 9.

Omega 9								
Consumo	Porcentaje de Respuestas Correctas				Tiempos de Reacción (mseg)			
	Bajo		Alto		Bajo		Alto	
Tarea	1-Back	2-Back	1-Back	2-Back	1-Back	2-Back	1-Back	2-Back
Media	93.5	78.31	92.36	76.40	854	1110	882	1153
DE*	10.11	15.77	11.88	14.63	168	226	173	227
	n=50	n=50	n=50	n=50	n=50	n=50	n=50	n=50

* DE = Desviación estándar

DISCUSIÓN

El objetivo principal del presente estudio fue comparar el desempeño en una tarea de memoria de trabajo verbal (*n-back*), en dos niveles de complejidad (*1-back* y *2-back*), entre adultos de edad media con bajo y alto consumo de omegas 3, 6 y 9. Los resultados demostraron que el desempeño en tareas de memoria de trabajo verbal en consumidores altos de ácidos grasos omega 3, 6 y 9 no difirió significativamente del de aquellos cuyo consumo de estos ácidos grasos era bajo. Estos resultados se observaron tanto en el porcentaje de respuestas correctas, como en los tiempos de reacción en ambos niveles de complejidad de la tarea.

Estos hallazgos concuerdan con algunos estudios previos. Yurko-Mauro *et al.* (2010) no encontraron una mejoría significativa en el desempeño en tareas de memoria de trabajo verbal en adultos de edad media que recibieron un suplemento de DHA por 24 semanas. De igual forma, Gamog y su equipo (1999), no encontraron mejoría en tareas de memoria de trabajo en ratas que recibieron suplementos de DHA. Por su parte, Narendran *et al.* (2012) observaron un mejor desempeño en la tarea de memoria de trabajo *n-back* pero sólo en la condición *3-back*, y no en las condiciones *1-back* y *2-back*. Resulta importante mencionar que el nivel de dificultad *1-back* podría ser una tarea que no se enfoque únicamente en medir memoria de trabajo, sino que también podría llegar a considerarse como una tarea de tipo atencional, debido a la demanda temporal de los estímulos presentados y a la respuesta inmediata solicitada al participante; por lo que los hallazgos de estos autores concuerdan con los resultados obtenidos en la presente investigación en la que no se observaron resultados significativos en los niveles de complejidad *1-back* y *2-back*, y sugieren que el omega-3 (DHA) podría tener un efecto sobre la memoria de trabajo solo cuando ésta se emplea bajo condiciones de muy alta demanda.

Del mismo modo, existe evidencia de que la cognición en general no se beneficia del consumo de suplementos de omega-3 (Giles *et al.* 2015; Fenton *et al.* 2001; Chew *et al.*

2015). Por su parte, Nemeth *et al.* (2015) tampoco observaron evidencia de que los niveles de omega-6 en plasma se asociaran a mayores habilidades cognitivas; resultados similares fueron reportados por Ikemoto *et al.* (2001). Heude *et al.* (2003) concluyeron que la deficiencia de omega-3, aunado a niveles altos de omega-6, afecta al aprendizaje y se asocia a un mayor riesgo de declive cognitivo; así mismo, concluyeron que no existe asociación entre el nivel total de consumo de MUFAs y el declive cognitivo. Los hallazgos del presente estudio concuerdan con los de varios estudios previos que tampoco encontraron beneficio alguno en la cognición por el consumo de omega-3 y omega-6. Sin embargo, la presente investigación aporta mayor precisión a esta área de estudio porque permitió establecer que en la edad media en particular, el consumo de omegas 3, 6 y 9 no incide sobre la memoria de trabajo verbal específicamente, y no sobre la cognición en general, que representa un concepto amplio e indeterminado.

No obstante los resultados nulos descritos, la relación entre la ingesta de omega 3 y omega-6 y su impacto sobre la cognición también ha sido observada. Por ejemplo, Sheppard y Cheatman (2013) mostraron que cuando la ingesta de omega-3 es superior a la de omega-6 se observó un mejor desempeño en tareas de memoria de trabajo y planificación que cuando la proporción entre ambos omegas es equivalente o la ingesta de omega 6 es superior a la de omega-3. Por el contrario, Yehuda y Carasso (1993) encontraron que la administración de AAL y de AL (n-3 y n-6) en proporciones que iban de 1:3.5 a 1:1.5 tuvieron un efecto significativo positivo sobre el aprendizaje en ratas de un mes de edad. Estos estudios sugieren que debe existir un equilibrio entre el consumo de ácidos grasos omega 3 y 6 para obtener beneficios de ellos; sin embargo, no existe un consenso sobre los niveles ideales de cada uno de estos nutrientes para el organismo. De acuerdo con el *Institute of Medicine* (2002, citado por CISAN, 2015), del 5% al 10% de las calorías totales deben provenir del ácido linoleico (n-6) para obtener efectos benéficos en el organismo. Sin embargo, de acuerdo con este Instituto, el equilibrio entre ambos omegas no debe buscarse reduciendo el consumo de omega-6 sino aumentando la ingesta de omega-3. En el presente estudio, la media de consumo

de n-6 en el grupo de alto consumo fue cinco veces mayor a la media de consumo de n-3 en el grupo de alto consumo. Por lo tanto, el consumo de n-6 se encontraba sustancialmente por encima del consumo de n-3; esta ausencia de balance entre ambos nutrientes pudo haber mermado los efectos benéficos de estos omegas sobre la memoria de trabajo.

Por otro lado, existe evidencia (Kalmjin *et al.* 2003; Beydoun *et al.* 2007; Dullemeijer *et al.* 2007; Yurko-Mauro *et al.* 2010) de que el consumo alto de omega-3 en adultos de edad media se relaciona con un menor riesgo de declive cognitivo. Así mismo, Eskelinen *et al.* (2008) concluyeron que los adultos de edad media que tienen una dieta rica en PUFAs tuvieron un mejor desempeño cognitivo que los individuos con pobre consumo, particularmente en memoria semántica. Asimismo, otros estudios (Naqvi *et al.* 2011; Panza *et al.* 2004; Solfrizzi *et al.* 1999; Berr *et al.* 2009) observaron que a partir de los 60 años de edad, las personas con alto consumo de MUFAs, en comparación con un bajo consumo, tuvieron un menor declive cognitivo y un mejor desempeño en tareas de memoria en edad avanzada. Por su parte, Kotani *et al.* (2003) observaron que ingerir un suplemento de AA tenía efectos benéficos en la atención y la memoria inmediata.

De tal forma que existen discrepancias en los resultados obtenidos en las distintas investigaciones, lo que puede deberse a los diferentes procesos cognitivos que se han evaluado, procedimientos para medir la ingesta de ácidos grasos, cantidad de ácidos grasos suministrada o muestras utilizadas. Por ejemplo, en las investigaciones con modelos animales, la cantidad suministrada resulta copiosa en comparación con sus pesos corporales; por lo que para lograr la extrapolación al humano, sería necesario que se consumieran cantidades muy altas de dichos nutrientes.

En cambio, los niveles de consumo de ácidos grasos observados en esta investigación son los que se encuentran en el consumo cotidiano, por lo que los participantes no presentaron un nivel de consumo acentuado de estos nutrientes, como ocurre cuando es inducido a través de suplementos en ciertas investigaciones. Es por ello que los resultados del presente estudio no son directamente comparables con los resultados obtenidos en varios de los estudios citados en los que utilizaron procedimientos metodológicos distintos. Sin embargo, la presente investigación junto con la de Yurko-Mauro *et al.* (2010), quienes suministraron DHA a adultos de edad media, coinciden en que la memoria de trabajo verbal de los adultos de esta edad no se beneficia del consumo de ácidos grasos omega cuando éstos son consumidos a través de la dieta o a través de suplementos.

Estos hallazgos podrían explicarse por el hecho de que la memoria de trabajo verbal en la edad media aún no se encuentra seriamente afectada como para beneficiarse de alguna dieta especial a base de ácidos grasos omega 3, 6 y 9, ya que esta memoria se encuentra en constante ejercicio a lo largo de las actividades cotidianas. Por ejemplo, Dobbs y Rule (1989; citado por Cansino *et al.*, 2013) encontraron que la memoria de trabajo comienza a declinar a los 60 años; por su parte, Park *et al.* (2002; citado por Cansino *et al.*, 2013) sugieren que este tipo de memoria declina uniformemente después de los 20 años. Cansino *et al.* (2013) observaron que la habilidad para procesar información de índole verbal en la memoria de trabajo declina más lentamente que para la información visoespacial, y situaron el inicio de su declive a partir de los 30 años de edad. Independientemente de cuando inicie el declive de la memoria de trabajo en la vida adulta, en la edad media este declive es mínimo.

Los ácidos grasos DHA y EPA, derivados del consumo de omega-3, han sido los más estudiados por sus efectos protectores del sistema cardiovascular. La *American Heart Association* recomienda consumir un mínimo de 1.0 g por día a los pacientes con enfermedades coronarias (Kidd, 2007). En el presente estudio la media de consumo de

omega-3 fue de 0.6 g, y de 2.9 g para los grupos de bajo y alto consumo, respectivamente. Debido a que solo una proporción pequeña de omega-3 se convertirá en DHA y EPA, es posible que aún en el grupo de alto consumo su ingesta fuera por debajo de la ingesta adecuada de acuerdo a recomendaciones internacionales. Esto pudo haber influido en que no se obtuvieran diferencias en el desempeño en la tarea de memoria de trabajo entre los grupos de bajo y alto consumo de omega-3.

Por otro lado, la dieta habitual en la Ciudad de México se encuentra lejos de ser una dieta tipo mediterránea, la cual se caracteriza por el alto consumo de frutas, vegetales, pescados y poca carne, proporcionado así, altos niveles de omega-3. Por el contrario, la dieta habitual de la mayoría de los habitantes de la Ciudad de México es rica en carnes rojas, huevos y aceite de cártamo, fuentes importantes de omega-6. También se consumen con frecuencia alimentos que son fuentes de omega 9, como el aceite de oliva y el aguacate. Este consumo habitual se reflejó claramente en la muestra estudiada en la que el consumo de omega-9 y omega-6 fue superior al consumo de omega-3. Sin embargo, a pesar del alto consumo de estos nutrientes en la muestra estudiada, tampoco tuvieron un beneficio sobre la memoria de trabajo.

CONCLUSIÓN

El consumo de ácidos grasos omegas 3, 6 y 9 no tiene efectos sobre el desempeño de adultos de edad media en tareas de memoria de trabajo verbal ni sobre los tiempos de reacción para responder en dichas tareas. Es posible que el alto consumo de omegas 3, 6 y 9 no tuvieran un efecto benéfico sobre la memoria de trabajo debido a que la memoria de trabajo verbal en los adultos de edad media aún es altamente funcional por lo que éste no era susceptible de mostrar un beneficio. Del mismo modo, la falta de beneficios en la memoria en los consumidores de omega-3 puede deberse a que aun en el grupo de alto consumo, la ingesta de este nutriente era menor a las recomendaciones internacionales. Sin embargo esta explicación no aplica al consumo de omega-6 y omega-9, ya que su ingesta en la muestra estudiada fue muy superior a la de omega-3.

LIMITACIONES Y SUGERENCIAS

En el presente estudio se investigó si el consumo habitual de los omegas 3, 6 y 9 a través de una dieta cotidiana tenía beneficio en la memoria de trabajo verbal en adultos de edad media. Una limitación del presente trabajo fue la modalidad de la tarea *1-back*, ya que debido a su demanda temporal y cognitiva, puede llegar a considerarse como una tarea que no solo mide memoria de trabajo, sino que también podría incluir un componente atencional. Así pues, se sugiere añadir el siguiente nivel de complejidad en la tarea (*3-back*) para corroborar si el alto desempeño de los participantes de edad media abarca hasta dicho nivel, o si por lo contrario, éste se ve disminuido y así pudiera ser posible que los ácidos grasos omega 3, 6 y 9 beneficiaran dicho desempeño en estas tareas con un nivel más alto de complejidad. Otra limitación del estudio fue que los niveles de omegas que los participantes consumían de manera natural quizá fueron inferiores al esperado para obtener beneficios en la memoria; particularmente la ingesta de omega-3 no era muy abundante, y este es el omega que más se ha vinculado con probables beneficios para la cognición. Una forma de controlar esto sería a través de un plan alimenticio y/o de la administración de suplementos de omegas; sin embargo, este procedimiento también tiene sus inconvenientes, como controlar que los participantes realmente ingieran el suplemento así como que sigan el plan de alimentación. Se sugiere investigar el efecto de los omegas 3, 6 y 9 en edades posteriores en donde el declive cognitivo es más marcado y determinar si el consumo de estos nutrientes tiene algún efecto sobre la memoria o la cognición en general.

A manera de hipótesis, se sugiere que el efecto pro-cognitivo de los ácidos grasos podría identificarse de manera más efectiva a través de un suministro controlado del nutriente o nutrientes en cuestión, a la vez que podría existir un efecto más evidente si el período a evaluar fuera una ventana más larga de tiempo -a manera⁷ de un estudio longitudinal-, de tal forma que pudieran realizarse comparaciones a lo largo del tiempo y saber de esta manera, si el consumo prolongado de estos nutrientes tiene efectos benéficos para la salud y la cognición.

REFERENCIAS

- Atkinson, R., Shiffrin, R. (1968). *Human memory: A proposed system and its control processes*. Stanford California, 89-195.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.
- Baddeley, A. (2012). Working Memory: Theories, Models and Controversies. *Annual Reviews Psychology*, 63, 1-9.
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory: The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory. *Academic Press*, 8, 47-89.
- Baddeley, A., Eysenck, M., & Anderson, M. (2015). *Memory*. Nueva York: Psychology Press.
- Bang H., Dyerberg, J. & Sinclair, H. (1980). The composition of the Eskimo food in north western Greenland. *American Journal of Clinical Nutrition*, 33(12), 2657-61.
- Baym, C., Khan, N., Monti, J., Raine, L., Drollette, E., Moore, D... Cohen, N. (2014). Dietary lipids are differentially associated with hippocampal-dependent relational memory in prepubescent children. *American Journal of Nutrition*, 99, 1026-1033.
- Beck, A., Ward, C., Mendelson, M., Mock, J., & Erbaugh, J. (1961). An inventory for measuring depression. *Archives of General Psychiatry*, 4, 561-571.
- Berr, C., Portet, F., Carriere, I., Akbaraly, T., Feart, C., Gourlet, V... Ritchie, K. (2009). Olive oil and cognition: results from the three-city study. *Dement Geriatric Cognition Disorders*, 28,357-364.
- Beydoun, M., Kaufman, J., Satia, J., Rosamond W., & Folsom, A. (2007). Plasma n-3 fatty acids and the risk of cognitive decline in older adults: the atherosclerosis risk in communities study. *American Journal of Clinical Nutririon*, 85, 1103-1111.
- Bhagavan, N. (1978). *Bioquímica*. México, D.F: Interamericana. Pág. 547-552.

- Cansino, S., Hernández-Ramos, E., Estrada-Manilla, C., Torres-Trejo, F., Martínez-Galindo, J., Ayala-Hernández, M., Rodríguez-Ortiz, M. (2013). The decline of verbal and visuospatial working memory across the adult life span. *Age*, 35, 2283-2302.
- Capurso, A., Solfrizzi, V., Panza, F., Torres, F., Mastroianni, F., Grassi, A., Misciagna, G. (1997). Dietary patterns and cognitive functions in elderly subjects. *Aging Clinical Experimental Researches*, 4, 45-47.
- Chew, E., Clemons, T., Agrón, E., Launer, L., Grodstein, F. & Bernstein, P. (2015). Effect of Omega-3 fatty acids, lutein/zeaxanthin, or other nutrient supplementation on cognitive function the AREDS2 randomized clinical trial. *Journal of American Medical Association*, 314(8), 791-801.
- Connor, W. & Connor, S. (2007). The importance of fish and docosahexaenoic acid in Alzheimer disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2007(85), 929-930.
- Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., García, B. & Díaz, G. (2006). Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: nutrición, bioquímica y salud. *REB*, 25(3), 72-79.
- Craig, G., & Baucum, D. (2009). *Desarrollo Psicológico*. México: Pearson.
- Cutuli, D., Pagani, M., Caporali, P., Galbusera, A., Laricchiuta, D., Foti, F., Gozzi, A. (2016). Effects of omega-3 fatty acid supplementation on cognitive functions and neural substrates: a voxel-based morphometry study in aged mice. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 8(38), 1-14.
- Davys, S. & Palladino, J. (2008). *Psicología*. México: Pearson.
- Dobbs, A. & Rule, B. (1989). Adult age differences in working memory. *Psychol Aging*, 4, 500-503.
- Dullemeijer, C., Durga, J., Brouwer, I., van de Rest, O., Kok, F., Brummer, R., Verhoef, P. (2007). n3 Fatty acid proportions in plasma and cognitive performance in older adults. *American Journal of Nutrition*, 86, 1479-1485.

- Eskelinen, M., Ngandu, T., Helkala, E., Tuomilehto, J., Nissinen, A., Soininen, H. & Kivipelto, M. (2008). Fat intake at midlife and cognitive impairment later in life: a population-based CAIDE study. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 2008(23), 741-747.
- Fenton, W., Dickerson, F., Boronow, J., Hibbeln, J., & Knable, M. (2001). A placebo-controlled trial of omega-3 fatty acid (Ethyl eicosapentaenoic acid) Supplementation for residual symptoms and cognitive impairment in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 158(12), 2071–2074.
- Fisk, J. & Warr, P. (1996). Age and working memory: the role of perceptual speed, the central executive, and the phonological loop. *Psychology and Aging*, 11(2), 316-323.
- Folstein, M., Folstein, S., McHugh, P. (1975). “Mini-Mental State” a Practical Method for Grading the Cognitive State of Patients for the Clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3); 189-198.
- Fukaya, T., Gondaira, T., Kashiyae, Y., Kotani, S., Ishikura, Y., Fujikawa, S... Sakakibara, M. (2007). Arachidonic acid preserves hippocampal neuron membrane fluidity in senescent rats. *Neurobiology of Aging*, 1179-1186.
- Fundación del Consejo Nacional de Información Alimentaria (CISAN), (2010). Ácidos grasos omega 6. *Consejo para la información sobre seguridad de alimentos y nutrición*. Argentina. Recuperado de <http://cisan.org.ar>
- Gamoh, S., Hashimoto, M., Sugioka, K., Shahdat, M., Hata, N., Misawa, Y. & Masumura, S. (1999). Chronic administration of docosahexaenoic acid improves reference memory-related learning ability in young rats. *Neuroscience*, 93(1), 237-241.
- Giles, G., Mahoney, C., Urry, H., Brunyé, T., Taylor, H., & Kanarek, R. (2015). Omega-3 fatty acids and stress-induced changes to mood and cognition in healthy individuals. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 9(12), 10-19.

- Hashimoto, M., Hossain, S., Mamun, A., Matsuzaki, K., & Arai, H. (2016). Docosahexanoic acid: one molecule diverse functions. *Critical Reviews in Biotechnology*, 1-20.
- Hernández-Ávila, M., Romiue, I., Parra, S., Hernández-Ávila, J., Madrigal, H. y Willet, W. (1998). Validity and reproducibility of a food frequency questionnaire to assess dietary intake of women living in Mexico City. *Salud Pública de México*, 39, 133-140.
- Heude, B., Ducimetière, P. & Berr, C. (2003). Cognitive decline and fatty acid composition of erythrocyte membranes – The EVA study. *American Journal of Nutrition*, 77, 803-808.
- Ikemoto, A., Ohishi, M., Sato, Y., Hata, N., Misawa, Y., Fujii Y., & Okuyama, H. (2001). Reversibility of n-3 fatty acid deficiency-induced alterations of learning behavior in the rat: level of n-6 fatty acids as another critical factor. *Jornal of Lipid Research*. 42(10),1655–1663.
- Instituto Nacional de Salud Pública (1998). Sistema de Evaluación de Hábitos Nutricionales y Consumo de Nutrientes.
- Jackson, P., Reay, J., Scholey, A., & Kennedy, D. (2011). DHA-rich oil modulates the cerebral haemodynamic response to cognitive tasks in healthy young adults: a near IR spectroscopy pilot study. *British Journal of Nutrition*, 107, 1093–1098.
- Kalmjin, S., van Boxtel, M., Ocké, M., Verschuren, W., Kromhout, D. & Launer, L. (2003). Dietary intake of fatty acids and fish in relation to cognitive performance at middle age. *Neurology*, 2004(62), 275-280.
- Kidd, P. (2007). Omega-3 DHA and EPA for cognition, behavior, and mood: clinical findings and structural- functional synergies with cell membrane phospholipids. *Alternative Medicine Review*, 12(3), 207-227.

- Kotani, S., Nakazawa, H., Tokimasa, T., Akimoto, K., Hawashima, H., Toyoda-Ono, Y...Sakakibara, M. (2003). Synaptic plasticity preserved with arachidonic acid diet in aged rats. *Neuroscience Research*, 46, 452-461.
- Kotani, S., Sakaguchi, E., Warashina, S., Matsukawa, N., Ishikura, Y., Kiso, Y...Yamashima, T. (2006). Dietary supplementation of arachidonic and docosahexanoic acids improves cognitive dysfunction. *Neuroscience Research*, 56(2006), 159-164.
- López, J. (2005). Degeneración macular relacionada con la edad (DMRE). *Boletín de la Escuela de Medicina*30(1), 40-45.
- Lynch, M. & Voss, K. (1994). Membrane arachidonic acid concentration correlates with age and induction of long-term potentiation in the dentate gyrus in the rat. *European Journal of Neuroscience*, 6, 108-1014.
- Matsumoto, Y., Sugioka, Y., Tada, M., Okano, T., Mamoto, K., Inui, K... Koike, T. (2017). Monounsaturated fatty acids might be key factors in the Mediterranean diet that suppress rheumatoid arthritis disease activity: the tomorrow study. *Clinical Nutrition*, 2017, 1-6.
- McGahon, B., Clements, M. & Lynch, M. (1997). The ability of aged rats to sustain long term potentiation is restored when the age-related decrease in membrane arachidonic acid concentration is reverse. *Neuroscience*, 81(1), 9-17.
- McNamara, R., Able, J., Jandacek, R., Rider, T., Tso P., Eliassen, J., Alfieri, D., Weber, W., Jarvis, K., DelBello, M., Strakowski, S., & Adler, C. (2010). Docosahexaenoic acid supplementation increases prefrontal cortex activation during sustained attention in healthy boys: a placebo-controlled, dose-ranging, functional magnetic resonance imaging study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 91, 1060–1067.
- Milner, B., Squire, L. & Kandel, E. (1998). Cognitive neuroscience and the study of memory. *Neuron*, 20, 445-458.

- Morris, M., Evans, D., Bienias, J., Tangney, C., Bennet, D., Wilson, R... Shneider, J. (2003). Consumption of fish and n-3 fatty acids and risk of incident Alzheimer disease. *Archives of Neurology*. 60, 940-946.
- Naqvi, A, Harty, B, Mukamal, K, Stoddard, A, Vitolins M, & Dunn, J. (2011). Monounsaturated, trans & saturated fatty acids and cognitive decline in women. *Journal of the American Geriatric Society*, 59(5), 837–843.
- Narendran, R., Frankle, W., Mason, N., Muldoon, M., & Moghaddam, B. (2012). Improved working memory but no effect on striatal vesicular monoamine transporter type 2 after omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation. *PLoS ONE* 7(10), 1-7.
- Nemeth, M, Millesi, E, Wagner, K, & Wallner, B. (2015). Sex-specific effects of diets high in unsaturated fatty acids on spatial learning and memory in guinea pigs. *PLoS ONE*, 10(10), 1-16.
- Nurk, E., Drevon, C., Refsum, H., Solvoll, K., Vollset, S., Nygård, O... Smith, D. (2007). Cognitive performance among the elderly and dietary fish intake: the Hordaland Health Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2007(86), 1470-1478.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Fundación Iberoamericana de Nutrición (FINUT). (2012). Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. *Estudio FAO alimentación y nutrición*, 91, 21-25
- Otero, B. (2012). *Nutrición*. México: Red Tercer Milenio.
- Panza, F., Solfrizzi, V., Colacicco, A., D'Introno, A., Capurso, C., Torres, F... Capurso, A. (2004). Mediterranean diet and cognitive decline. *Public Health Nutrition*, 7(7), 959–963.
- Papalia, D., Wendkos, S. & Duskin, R. (2015). *Desarrollo Humano*. México: McGraw Hill.

- Park, D., Lautenschlager, G. Hedden, T. Davidson, N., Smith, D. & Smith, P. (2002) Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychol Aging, 17*, 299– 320.
- Patterson, E, Wall, R, Fitzgerald, G, Ross R, & Stanton, C. (2011). Health implications of high dietary omega-6 polyunsaturated fatty acids. *Journal of Nutrition and Metabolism, 2012*, 1-16.
- Pérez, M., y Lorenzo, E. (2006). *Ácidos grasos poliinsaturados: Relación con el funcionamiento de diferentes órganos, y su implicación en el proceso de pérdida de memoria en el envejecimiento*. (Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Madrid). U.A.B, Madrid. Recuperado de <http://www.semcc.com/master/files/Acidos%20grasos%20%20Dras.%20Perez%20y20Lorenzo.pdf>
- Petursdottir, A., Farr, S., Morley, J., Banks, W. & Skuladottir, G. (2008). Effect of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids on brain lipid fatty acid composition, learning ability, and memory of senescence-accelerated mouse. *Journal of Gerontology: Biological Sciences, 63A*(11), 1153–1160.
- Piazzzi, G., D'Argenio, G., Prossomariti, A., Lembo, V., Mazzone, G., Candela, M.,... Ricciardiello, L. (2014). Eicosapentaenoic acid free fatty acid prevents and suppresses colonic neoplasia in colitis-associated colorectal cancer acting on Notch signaling and gut microbiota. *International Journal of Cancer, 135*, 2004-2013.
- Rapoport, S. (2008). Arachidonic acid and the brain. *Journal of Nutrition, 138*, 2515–2520.
- Richardson, A. (2003). The importance of omega-3 fatty acids for behaviour, cognition and mood. *Scandinavian Journal of Nutrition, 47*(2), 92-98.
- Román, F. & Sánchez, J. (1988). Cambios neuropsicológicos asociados al envejecimiento normal. *Anales de Psicología 14*(1). 27-43.

- Rustan, A., Drevon, C. (2005). Fatty Acids: Structures and properties. *Encyclopedia of Life Sciences. Sin volumen*, 1-7.
- Sanhueza, J., Durán, S. y Torres, J. Los ácidos grasos dietarios y su relación con la salud. *Nutrición Hospitalaria*, 32(3),1362-1375.
- Scott, E. (1956). Nutrition of alaskan eskimos. *Nutrition Reviews*, 14(1), 1-3.
- Sheppard, K. & Cheatham, C. (2013). Omega-6 to omega-3 fatty acid ratio and higher-order cognitive functions in 7- to 9-y-olds: a cross-sectional study. *American Journal of Nutrition*, 98, 659-667.
- Sinn, N., Milte, C., Street, S., Buckley, J., Coates, A., Petkov, J. & Howe, P. (2011). Effects of n-3 fatty acids, EPA vs. DHA, on depressive symptoms, quality of life, memory and executive function in older adults with mild cognitive impairment: a 6-month randomised controlled trial. *British Journal of Nutrition*, 107, 1682–1963.
- Solfrizzi, V., Panza, F., Torres, F., Mastroianni, F., Del Parigi, A., Venezia, A. & Capurso, A. (1999). High monounsaturated fatty acids intake protects against age-related cognitive decline. *Neurology*, 52, 1563-1569.
- Suwa, M., Yamaguchi, S., Komori, T., Kajimoto, S. & Kino, M. (2015). The Association between Cerebral White Matter Lesions and Plasma Omega-3 to Omega-6 Polyunsaturated Fatty Acids Ratio to Cognitive Impairment Development. *Biomedical Research International*, 2015, 1-7.
- Tarka, M. (5 de junio de 2009). Hoja de datos sobre ácidos grasos omega 6 y salud de la fundación del consejo internacional de información alimentaria [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.foodinsight.org/articles/hoja-de-datos-sobre-acidos-grasos-omega-6-y-salud-de-la-fundacion-del-consejo-internacional>.
- Valenzuela, R, Bascuñan, K, Valenzuela, A, Chamorro, R. (2009). Ácidos grasos omega-3, enfermedades psiquiátricas y neurodegenerativas: un nuevo enfoque preventivo y terapéutico. *Revista Chilena de Nutrición*, 36(4), 1120-1128.

- Waitzberg, D. & Garla, P. (2014). Contribución de los ácidos grasos omega-3 para la memoria y la función cognitiva. *Nutrición Hospitalaria*, 30(3), 467-477.
- Weschler, D. (1981). *WAIS-R: Manual: Weschler adult intelligence scale--revised*. New York, NY: Harcourt Brace Jovanovich for Psychological Corp.
- Whelan, J. (2008). (n-6) and (n-3) Polyunsaturated fatty acids and the aging brain: food for thought. *Journal of Nutrition*, 138, 2521–2522.
- Witte, A., Kerti, L., Hermannstädter, H., Fiebach, J., Schreiber, S. Schuchardt, J... Flöel, A. (2013). Long-Chain Omega-3 fatty acids improve brain function and structure in older adults. *Cerebral Cortex*, 1-10.
- Yehuda, S. & Carasso, R. (1993). Modulation of learning, pain thresholds, and thermoregulation in the rat by preparations of free purified α -linolenic and linoleic acids: Determination of the optimal w3-to-o6 ratio. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 90, 10345-10349.
- Yurko-Mauro, K., McCarthy, D., Rom, D., Nelson, E., Ryan, A., Blackwell, A... Stedman, M. (2010). Beneficial effects of docosahexanoic acid on cognition in age-related cognitive decline. *Alzheimer's & Dementia*, 6, 1-9.