

**Los ácidos grasos esenciales en la nutrición infantil y su
Importancia para el desarrollo de las capacidades
Cognitivas: una evaluación para los programas escolares del municipio de
Medellín**

**Trabajo de grado como requisito para optar al título de Especialista en
Alimentación y Nutrición**

Andrés Descanse Vargas

Asesora

Zoraida Cañas Ángel

MSc Ciencia y Tecnología de Alimentos

Corporación universitaria lasallista

Facultad de ingeniería

Especialización en alimentación y nutrición

Caldas – Antioquia

2016

Tabla de contenido

Resumen	7
Introducción	9
Justificación	11
Objetivo general	14
Objetivos específicos.....	14
Marco de referencia.....	15
Nutrición y desarrollo cognitivo	15
El cerebro y sus funciones cognitivas.....	16
lipidos	18
lipidos simples	18
lipidos compuestos	18
lipidos derivados	18
esteroles y terpenos	19
acidos grasos trans	19
Ácidos grasos Omega 3	21
Importancia de la inclusión del DHA y el EPA en los programas de alimentación infantil en nuestro país	30
Metodología.....	33
Resultados.....	34

Función del DHA y EPA en el desarrollo cognitivo del niño	34
Beneficios de DHA y EPA en el desarrollo cognitivo	36
Trastornos de aprendizaje y agudeza visual	37
Comportamiento social e hiperactividad.....	40
Otros beneficios de los ácidos grasos Omega-3, DHA y EPA.....	44
Evaluación de DHA y EPA en sangre	49
Antecedentes de los programas de alimentación en Colombia	50
Generalidades del Programa de Alimentación Escolar en la ciudad de Medellín y su cobertura en el 2015	52
Alimentos usados en el Programa de Alimentación Escolar (PAE)	57
Micronutrientes relacionados con el desarrollo cognitivo	61
Requerimientos de DHA y EPA según estamentos relacionados con la salud y la alimentación	66
Requerimientos diarios de DHA y EPA para un posible efecto benéfico en el desarrollo cognitivo de los niños.....	67
Análisis del contenido de nutrientes esenciales de los alimentos del Programa de Alimentación Escolar de Medellín.....	69
Fuentes de DHA y EPA, como posibilidades de consumo de estos ácidos grasos	77
Conclusiones.....	79
Referencias	82

Lista de tablas

Tabla 1 Ácidos grasos – omega 3 en pescados y crustáceos crudos	24
Tabla 2 Contenido de ácidos grasos Omega 3 en moluscos y delfín	26
Tabla 3 Ácidos grasos omega 3 en aceites de pescado	27
Tabla 4 Contenido de ácidos grasos omega-3 en vegetales	28
Tabla 5 Ácidos grasos omega 3 en leche materna y bovina.....	29
Tabla 6 Ácidos grasos omega 3 en algunas formulas lacteas comerciales.....	29
Tabla 7 Ácidos grasos omega 3 en huevos.....	30
Tabla 8 Efectos del DHA y EPA sobre el desarrollo cognitivo	46
Tabla 9 Dependencias de cobertura del PAE	52
Tabla 10 Proyectos de Alimentación Escolar y población inscrita	56
Tabla 11 Aporte calórico por grado escolar, de acuerdo a la modalidad	57
Tabla 12 Alimentos suministrados semanalmente, para cada modalidad del PAE	58
Tablas 13 Alimentos suministrados en el Programa de Alimentación Escolar (PAE) y contenido de nutrientes esenciales.....	71
Tabla 14 Nutrientes esenciales en frutas suministradas por el PAE	72
Tabla 15 Necesidades diarias de nutrientes.....	73

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Configuración Ácidos grasos (trans).....	20
Ilustración 2 Configuración Ácidos grasos (cis).....	20
Ilustración 3 Configuración Ácido docosahexaenoico (DHA).....	21
Ilustración 4 Configuración Ácido eicosapentaenoic (EPA).....	22

Lista de gráficos

Grafico 1 tasa de mortalidad infantil para Colombia	11
---	----

Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo realizar una revisión bibliográfica sobre la importancia de los ácidos grasos esenciales, docosahexaenoico (DHA, 22:6(n-3)) y el eicosapentaenoico (EPA, 20:5(n-3)), en el desarrollo de las habilidades cognitivas de los niños y la necesidad de incorporación en los programas de alimentación escolar del municipio de Medellín.

El DHA y EPA son ácidos grasos esenciales que forman parte de las estructuras neurales, lo que los hace fundamentales para el desarrollo del cerebro y su mantenimiento. De ahí, que la deficiencia de los ácidos grasos esenciales se relaciona con consecuencias importantes en el aprendizaje.

Según investigaciones realizadas, se considera que para que exista un posible efecto en el desarrollo de las habilidades cognitivas, la ingesta diaria de la sumatoria de DHA y EPA debería ser de 400 a 800 mg, para obtener una posible mejoría en habilidades de lectura, escritura, agudeza visual, desenvolvimiento en el lenguaje y un óptimo comportamiento social. Además, también se tiene referencia que otros micronutrientes esenciales como el zinc, el hierro, vitamina A y yodo en una proporción adecuada, están relacionados también con el óptimo desarrollo cognitivo.

Los programas de alimentación escolar de la alcaldía de Medellín en sus tres modalidades: Desayuno - Algo Viveres, Almuerzo Viveres y Desayuno Sencillo, Desayuno – Algo Preparado; que cubren todos los colegios y jardines infantiles públicos del área metropolitana de Medellín, en sus menús diarios no cuentan con la ingesta

requerida de micronutrientes esenciales, para que exista un posible efecto en el desarrollo cognitivo en los niños en edad escolar.

Palabras clave: DHA, EPA, desarrollo cognitivo, programa de alimentación escolar Medellín, ácidos grasos esenciales.

Introducción

La desnutrición es uno de los problemas más importantes durante la infancia, ya que en los primeros años de vida es cuando el crecimiento es intensivo y todavía hay madurez de diversos órganos. Por lo tanto, la desnutrición en un niño trae consigo consecuencias graves, la cual es el resultado de una dieta pobre, que está relacionada con diversos factores biológicos, socioeconómicos y culturales.

Las principales deficiencias nutricionales estudiadas en los niños se encuentran en la deficiencia de proteínas, hierro y ácidos grasos esenciales omega 3, y muchas de estas investigaciones tienden a centrarse en los dos primeros años de vida, porque se cree que el cerebro se desarrolla intensamente durante esos años. En este complejo proceso, los ácidos grasos, como principales componentes de los lípidos cerebrales, tienen importantes funciones, y en el caso específico del desarrollo cerebral los ácidos grasos omega-3: el docosahexaenoico (DHA, 22:6(n-3)) y el eicosapentaenoico (EPA, 20:5(n-3)) (Hashimoto, Shahdat & Katakura, 2011).”Tienen un rol fundamental y muy específico en la estructura y funcionalidad del tejido nervioso, ayudando con las funciones de aprendizaje y de adaptación de los niños al medio” (Innis, 2007).

Además, se conoce que el DHA y EPA intervienen en el crecimiento infantil por su efecto sobre la transcripción genética. Influyen en la fluidez de la membrana en células endoteliales y en la función cognitiva, protegen el desarrollo mitocondrial en la apoptosis de retina y actúan en la agudeza visual, su deficiencia puede provocar desórdenes en el comportamiento

infantil, dislexia o esquizofrenia. Intervienen en la neurotransmisión cerebral y por lo tanto afectan a la función cerebral (Innis, 2007).

En concreto, el DHA y EPA son los únicos ácidos grasos n-3 con aplicación clínica demostrados. “La mayor concentración de DHA está en la retina, El DHA se acumula muy rápidamente en el cerebro humano” (Colombo, 2001).

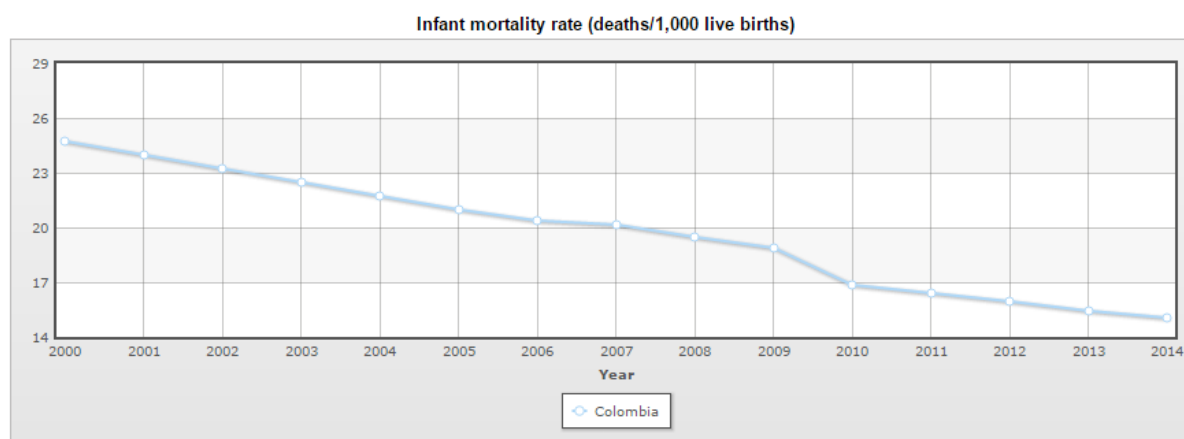
El DHA es el ácido graso más fluido para su tamaño ya que es el más poliinsaturado y el más sensible a la oxidación por su cantidad elevada de enlaces insaturados, “la retina es donde se hallan los coiniciadores más potentes de la oxidación: el oxígeno y la luz; por lo que necesita el sistema antioxidante más eficaz, particular y único en el todo el organismo” (Hidalgo, Rizo-Baeza, Aguilar & Gil, 2013).

Los pescados grasos son algunas de las fuentes dietéticas más ricas de DHA y EPA. Sin embargo, el consumo de pescado por los niños menores de 12 años de edad en Colombia en condiciones marginadas es muy bajo, por consiguiente el consumo de DHA y EPA es casi nulo. Tampoco hay suplementos asequibles económicamente que proporcionen la ingesta requerida.

Justificación

Los problemas alimentarios dentro de la población Colombiana no se han solucionado en su totalidad. Uno de los factores de este problema se debe a que los programas alimentarios del gobierno tienen algunas dificultades que no se han resuelto todavía, los problemas de desnutrición aún persisten, los índices de mortalidad infantil se siguen presentando como lo indica la tasa de mortalidad infantil para Colombia

Grafico 1



Country	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Colombia	24.7	23.96	23.21	22.47	21.72	20.97	20.35	20.13	19.51	18.9	16.87	16.39	15.92	15.46	15.02

Número de muertes de niños menores de un año de edad entre el 2000 y 2014 por cada 1.000 nacidos vivos en el mismo año; se incluye la tasa de mortalidad total, y los fallecimientos por sexo, masculino y femenino.

Fuente: Mundi, 2014.

Además los niños tienen pocas capacidades para razonar e interpretar problemas cotidianos de la escuela. No se cuenta con una alimentación adecuada que facilite el aprendizaje y la creatividad, la escasez de alimentos esenciales en muchas poblaciones es preocupante.

A todo esto se le suma problemas de absorción de nutrientes debido a la mala nutrición que se tiene en los primeros meses de gestación.

Los programas de alimentación del gobierno no tienen una cobertura diaria dentro de la población, solo en época escolar, en algunas ocasiones. Además, que estos programas, como los de la alcaldía de Medellín, no cuentan en algunos casos con alimentos que suplan todas las necesidades nutricionales requeridas para un óptimo desarrollo de las capacidades cognitivas.

El aprendizaje infantil es un proceso que depende de múltiples factores sociales y culturales, que favorecen o desfavorecen el desarrollo cognitivo de los niños a temprana edad. Uno de estos factores es el consumo de nutrientes desde la etapa de gestación hasta los primeros años de edad, que es cuando más se requiere de éstos para alcanzar un mejor desarrollo cerebral.

Los programas de alimentación implementados por el gobierno al parecer no cuentan con una ingesta adecuada de nutrientes que contribuya a fortalecer el aprendizaje de los niños menores de 12 años. Estos programas tienen una cobertura casi total de la población escolar en el país, de jardín infantil, primaria y secundaria; llegando a zonas marginales donde el acceso a los alimentos básicos es mínimo, por lo que se hace necesario reconocer la importancia de los ácidos grasos DHA y EPA en el desarrollo cerebral de los niños de 0 a 12 años y el deber del estado para brindar complementos alimentarios con la fortificación con estos ácidos grasos ya que no existen políticas públicas de seguridad alimentaria y nutricional donde se incorporen en

éstos alimentos nutrientes capaces de favorecer el óptimo desarrollo de aprendizaje en la población infantil.

Por lo tanto es importante realizar un estudio detallado sobre los programas alimentarios que son ejecutados por la alcaldía de Medellín enfocado a evaluar la clase de nutrientes que aportan estos alimentos y qué beneficios traen para mejorar el desarrollo cognitivo.

Objetivos

General

Evaluar la importancia de los ácidos grasos esenciales DHA y EPA en la nutrición infantil y su influencia en el desarrollo de las capacidades cognitivas; y la necesidad de su inclusión en los programas de alimentación escolar del Municipio de Medellín

Específicos

Identificar la importancia de los ácidos grasos esenciales DHA y EPA en la nutrición infantil y su ingesta adecuada para el desarrollo cognitivo.

Reconocer algunos programas alimentarios en nuestro país y su impacto dentro de la población intervenida.

Evaluar la influencia de los nutrientes de los alimentos que proporcionan los programas de alimentación escolar de la alcaldía de Medellín, sobre las capacidades de aprendizaje de los niños y niñas.

Aportar a los programas de alimentación escolar del Municipio de Medellín, con relación a la necesidad de inclusión del DHA y EPA en la nutrición infantil.

Marco de Referencia

Nutrición y desarrollo cognitivo

La nutrición y rendimiento intelectual de los niños en edad escolar, aún tiene grandes vacíos de conocimiento, debido quizá a la complejidad de los factores comprometidos (genéticos, hereditarios, ambientales, psicosociales, educativos y nutricionales), que dificultan su evaluación e interpretación y, por tanto, el diseño de investigaciones relevantes sobre el tema (Daza, 1997). Por esta razón, se puede asumir que la función cognitiva está influida por el estado nutricional y la falta de ingesta de algunos nutrientes esenciales como lo son los ácidos grasos omega-3.

A largo plazo, “la desnutrición puede causar un daño de las funciones cognitivas y la disminución del rendimiento académico” (Grantham et al., 2007). Además, en términos socio-económicos, los países pobres son los más afectados por los estragos de la desnutrición, “lo que dificulta su desarrollo “(Branca, 2006).

Muchos estudios han demostrado los efectos negativos de la malnutrición y déficit de nutrientes, “en el aprendizaje y la cognición, modificando o interfiriendo con la fisiología del cerebro o con la estructura cerebral” (Goulet et al., 2006).

“Un déficit en nutrientes esenciales afectan gravemente la coordinación sensorio motriz, la cual es esencial para el desarrollo cognitivo normal; incluso una corrección del déficit nutricional puede dejar efectos persistentes a largo plazo en el sistema auditivo” (Goulet et al., 2006).

El cerebro y sus funciones cognitivas

Estudios recientes han concluido que mientras que el cerebro sufre un rápido desarrollo durante la infancia, “la maduración del cerebro no es completa aun, la maduración del cerebro en algunas áreas no es uniforme, y diferentes áreas maduran en distintas edades, las áreas que son mediadoras del desarrollo cognitivo maduran tarde post infancia” (Branca, 2006).

“Hay varios indicadores de la maduración del cerebro, tales como la sinaptogénesis, formación de mielina y formación de dendritas” (Koizumi, 2004) varias técnicas como la tomografía o resonancia magnética demuestran el desarrollo del cerebro hasta bien entrado el período preescolar (Giedd et al., 1996), y la prueba de la utilización de glucosa, “muestra una mayor tasa de metabolismo de la glucosa cerebral en el período posterior a la infancia que en la edad adulta” (Chugani, 1998).

Las dos regiones cerebrales que miden la mayor parte de las funciones cognitivas, son la corteza frontal y pre frontal y el hipocampo, que maduran durante la post infancia o después. “Varias investigaciones han correlacionado la aparición de diferentes tipos de cognición y memoria con la tasa de maduración de áreas específicas del cerebro” (Foreman, Arber & Savage, 1984).

Algunas investigaciones estiman que la corteza frontal alcanza su maduración a una edad aproximada de 11 años (Sowell et al., 2004; Gómez, Ostrosky & Próspero, 2003; Casey, Giedd, & Thomas, 2000; Fuster, 2002).

Insultos al proceso de la sinaptogénesis o a la tasa de mielinización inducen un grave retraso en el desarrollo y la maduración de las áreas del

cerebro, lo que resulta en un desarrollo cognitivo retardado, dado que el sistema sensorial madura antes de que el sistema cognitivo, retraso en la madurez (por ejemplo, perturbación en el proceso de formación de la mielina) en el sistema visual o auditivo (Goulet et al., 2006).

Las neuronas construyen los tejidos del sistema nervioso, el pensamiento, el lenguaje. Todas nuestras actividades cognitivas están asociadas a la posibilidad que tienen esas neuronas para establecer una red de comunicación con las otras en los primeros años de vida, la cual establece ramificaciones llamadas dendritas y son las que permiten que se comuniquen entre sí. La sinapsis es la conexión de esas neuronas que permite llevar ese impulso nervioso de una neurona a otra, todos los conocimientos y los pensamientos que tenemos a lo largo de nuestras vidas se encuentran relacionados con la conexión sináptica, si no existe esta comunicación no hay estímulo neuronal. De ahí, que las membranas neuronales tienen que romperse para que la vacuola libere los neurotransmisores y exista la comunicación neuronal. Para que esto suceda, las membranas deben ser muy fluidas y los ácidos grasos muy insaturados, como el DHA y EPA, que son los principales ácidos grasos que componen estas membranas (Londoño, 2015).

Los ácidos grasos esenciales (AGE) son importantes para el desarrollo cerebral, además de estar involucrados en la mayoría de los aspectos del desarrollo del cerebro y su mantenimiento, son capaces de inducir el índice de fluidez de la membrana. Los ácidos grasos esenciales también están implicados en los neurotransmisores y la producción de péptidos, la deficiencia de AGE establece que la membrana no puede llevar a cabo sus funciones (Yehuda, 2003).

Lípidos

“Los lípidos son un grupo de moléculas biológicas cuya característica común es la de ser insolubles en agua, mientras son solubles en grasas y disolventes orgánicos como el benceno” (Albert et al, 2006).

Los lípidos tienen 3 roles principales.

- 1) proveen una forma importante de almacenamiento de energía.
- 2) son los principales componentes de las membranas celulares.
- 3) desempeñan roles importantes en la señalización celular

Los lípidos también cumplen funciones reguladoras tanto como hormonas esteroideas (como estrógeno y testosterona) “como moléculas mensajeras que llevan señales desde la superficie celular hasta los blancos dentro de la célula” (Cooper & Hausman, 2008).

Según Pond & church, 2006 los lípidos pueden clasificarse en:

Lípidos simples: estos lípidos son ésteres de ácidos grasos con varios alcoholes, las grasas, los aceites y las ceras son lípidos simples

Lípidos compuestos: estos lípidos son ésteres de ácidos grasos que se encuentran unidos a sustancias que no son lípidos como el fósforo, carbohidratos y proteínas. Ejemplos de ellos son los fosfolípidos, glucolípidos y lipoproteínas.

Lípidos derivados: Estos compuestos son sustancias derivadas de los lípidos, como ácidos grasos, glicerol y otros alcoholes

Esteroles: Los esteroides son estructuras del tipo de la fenantreno.

Terpenos: Los terpenos son compuestos que tiene la estructura del isopreno.

Los lípidos aportan ácidos grasos que no son sintetizados por los organismos animales, reciben el nombre de esenciales (ácidos grasos poliinsaturados con dobles enlaces en posición cis; “en el ser humano es esencial ingerir dos series de estos ácidos, la serie del ácido linoleico serie ω -6 y la del ácido linoleico serie ω -3” (Badui, 2006).

La importancia de los ácidos grasos esenciales radica fundamentalmente en ser precursores de ácidos grasos de mayor longitud de cadena y grado de insaturación (ácido araquidónico -AA- y ácido docosahexaenoico -DHA-), los que poseen potentes efectos biológicos. De esta forma, los Alfa Linoleico y Alfa Linolenico pudieran ser prescindibles en la dieta si los AA y DHA son ingeridos en cantidad suficiente (Gibson & Makrides, 2000).

“Los no esenciales, son producidos por el metabolismo animal por tanto no necesitan ser ingeridos” (Badui, 2006).

Ácidos grasos trans

Los ácidos grasos trans (AGT) son ácidos grasos no saturados con al menos un doble enlace en configuración trans, que se caracteriza porque los dos átomos de hidrógeno de los carbonos adyacentes al doble enlace se encuentran en direcciones opuestas (ilustración 1) a diferencia de lo que ocurre en los ácidos grasos cis que forman parte de las células humanas y poseen los grupos semejantes o idénticos

(generalmente grupos –H) en el mismo lado de un doble enlace (ilustración 2). “Son, por tanto, isómeros geométricos, cuya estructura molecular resulta más rígida y les confiere diferentes propiedades físicas, fundamentalmente un punto de fusión más elevado y una mayor estabilidad termodinámica” (Valenzuela & Morgado ,1999).

Ilustración 1

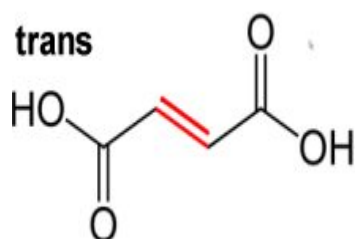
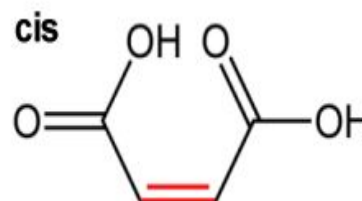


Ilustración 2



Los AGT aparecen de forma natural en productos lácteos y otras grasas animales. En efecto, en el estómago de los rumiantes se produce un fenómeno de hidrogenación de ácidos grasos insaturados procedentes de plantas por acción de bacterias anaerobias, cuyo significado fisiológico es aún poco claro (Valenzuela,2008).

El principal AGT que contiene la leche, la mantequilla y la carne grasa del ganado vacuno es el ácido vaccénico (trans 18:1n-11), isómero del ácido linoleico (Valenzuela ,2008).

“Los AGT son muy similares a los ácidos grasos saturados, y por lo tanto ejercen su influencia de la misma manera sobre la estructura y función de las membranas celulares” (Colandré, Diez & Bernal, 2003).

La cantidad y el tipo de AGT que se incorpora a los distintos tejidos, así como su distribución, es diferente, ya que algunos tejidos discriminan más que otros en la incorporación de estos isómeros. El corazón y el cerebro, prácticamente no los

incorporan, a diferencia del tejido adiposo y del hígado que lo hace en forma muy dinámica.”Se ha sugerido que la ingesta de AGT podría interferir con el desarrollo fetal y el crecimiento postnatal. Sin embargo, se ha demostrado que la placenta impide el paso de los AGT hacia los tejidos fetales” (Valenzuela, 2008), por lo cual la incorporación de AGT al tejido cerebral fetal sería mínima.

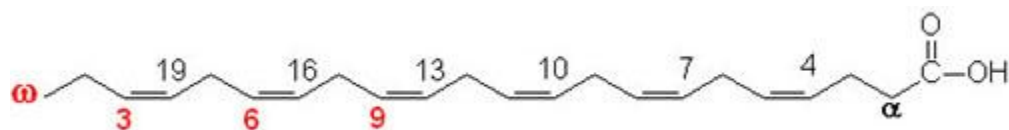
Ácidos grasos Omega 3: el docosahexaenoico (DHA) y el eicosapentaenoico (EPA)

Los ácidos grasos son moléculas que contienen un esqueleto de átomos de carbono de longitud variable, con un grupo carboxílico en un extremo y un grupo metilo en el otro.

Se habla de ácidos grasos insaturados, si existen dobles enlaces entre los átomos de carbono. Los ácidos grasos mono insaturados (AGMI) sólo contienen un doble enlace, y los poliinsaturados (AGPI), 2 o más.

Ilustración 3

Ácido docosahexaenoico (DHA)



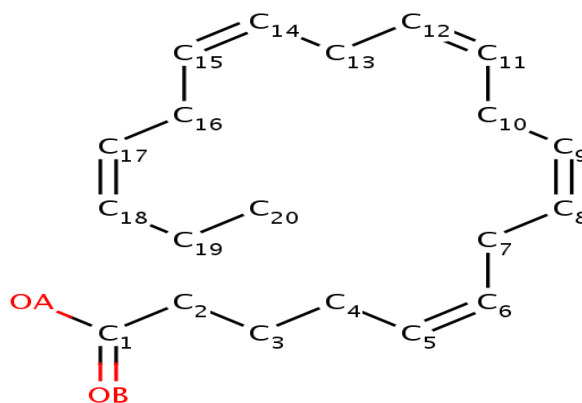
C 20:6 n: 3

Formula: $C_{22}H_{32}O_2$

Masa molar: Masa molar: 328,488 g/mol

Ilustración 4

Ácido Eicosapentaenoico (EPA)



C 20:5 n: 3

Formula $C_{20}H_{30}O_2$

Masa molar: 302,451 g/mol

Como se ha mencionado anteriormente los ácidos grasos omega 3 son nutrientes esenciales para la salud, y el cuerpo no los puede generar por lo que hay que adquirirlos a partir de la dieta, necesitamos omega 3 para numerosas funciones corporales habituales (Hernández, 2015).

Hay 3 tipos principales de ácidos grasos omega 3 en la dieta: Un tipo es el ácido alfa linoleico, que se encuentra en algunas fuentes vegetales como la linaza, nueces, canola, soya, semillas de chía y aceites vegetales, y los otros dos son el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), que se encuentran presentes en aceite del pescado (Hernández, 2015) además de algunas fórmulas como leches y huevos (tabla 6 y tabla 7).

El DHA y el EPA sólo se pueden derivar directamente a través de las fuentes menos abundantes como los pescados grasos y azules (tabla 1) o por medio de la conversión de otra cadena corta de ácidos grasos omega-3 alfa linoleico.

Sin embargo, “este proceso es relativamente ineficaz en el cuerpo humano” (Pawlosky, Hibbeln, Novotny & Salem, 2001), de ahí que es importante el consumo directo de alimentos suplementados con DHA y EPA.

La alimentación del ser humano se ha concentrado en alimentos con grandes cantidades de grasas saturadas y con un pequeño porcentaje de ácidos grasos esenciales omega 3 (Dangardt et al., 2010). La comida de mar es una fuente rica en omega 3. El pescado o aceite de pescado contribuyen con dos importantes fuentes biológicas del omega 3: EPA y DHA (Leaf & Hatcher, 2009; Saito et al., 2008).

Tabla 1. Ácidos grasos – omega 3 en pescados y crustáceos crudos

Ácidos grasos - omega 3 - en pescados y crustáceos crudos (g/100g Porción comestible)			
PRODUCTO	ALA	EPA	DHA
Abadejo	Nr	0,1	0,4
Alosa	Nr	tr	tr
Alosa muroaji	0,1	0,5	1,5
Anchoas europeas	Nr	0,1	0,1
Anguila europea	0,7	0,1	0,1
Arenque atlántico	0,1	0,7	0,9
Arenque pacífico	0,1	1,0	0,7
Arenque redondo	1,0	0,4	0,8
Atún albacora	0,2	0,3	1,0
Atún de aleta azul	Nr	0,4	1,2
atún	Nr	0,1	0,4
Atún skipjack	Nr	0,1	0,3
Bacalao Atlántico	tr	0,1	0,2
Bacalao Pacífico	tr	0,1	0,1
Bagre café	0,1	0,2	0,2
Bagre de canal	tr	0,1	0,2
Macarela Atlántico	0,1	0,9	1,6
Macarela equina	tr	0,3	0,3
Macarela japonesa	0,1	0,5	1,3
Macarela gorda	0,3	0,9	1,0
Macarela rey	Nr	1,0	1,2
Capelina	0,1	0,6	0,5
Carpa	0,3	0,2	0,1
Cazón	0,1	0,7	1,2
Cisco	0,1	0,1	0,3
Eperlano arcoíris	0,1	0,3	0,4
Eperlano estanque	Nr	0,1	0,2
Eperlano dulce	0,3	0,2	0,1
Esturión común	0,1	0,2	0,1
Esturión Atlántico	tr	1,0	0,5

Fice Europeo	tr	tr	0,1
Huauchinango	tr	tr	0,2
Hipogloso Groenlandia	tr	0,5	0,4
Hipogloso Pacífico	0,1	0,1	0,3
Lenguado cola amarilla	tr	0,1	0,1
Lenguado europeo	tr	tr	0,1
Lenguado	tr	0,1	0,1
Lobina de agua dulce	tr	0,1	0,2
Lobina japonesa	tr	0,1	0,3
Lobina rayada	tr	0,2	0,6
Lucio septentrional	tr	tr	0,1
Lucio walleye	tr	0,1	0,2
Mantarraya Atlántico	Nr	0,007	0,06
Mantarraya del Sur	tr	0,01	0,08
Merluza	tr	0,1	0,1
Mero o cherna	tr	tr	0,3
Mero rojo	Nr	tr	0,2
Mujol o lisa	tr	0,5	0,6
Mujol rayado	0,1	0,3	0,2
Mustela	Nr	0,1	0,1
Pampano de Florida	Nr	0,2	0,4
Papagayo canario	tr	0,2	0,3
Papagayo	tr	0,2	0,3
Papagayo pardo	tr	0,3	0,4
Perca amarilla	tr	0,1	0,2
Perca blanca	0,1	0,2	0,1
Perca de océano	tr	0,1	0,1
Tambor negro	tr	0,1	0,1
Tiburón picudo	tr	0,01	0,07
Tiburón de aleta negra	tr	0,02	0,06
Tiburón	Nr	tr	0,5
Trucha arcoíris	0,1	0,1	0,4
Trucha Ártica	tr	0,1	0,5
Trucha de arena	tr	0,1	0,2
Trucha de arroyo	0,2	0,2	0,2
Trucha de lago	0,4	0,5	1,1

Trucha manchada	tr	0,1	0,1
Camarón Atlántico	tr	0,2	0,2
Camarón del norte	tr	0,3	0,2
Camarón	tr	0,2	0,1
Camarón kuruma	tr	0,3	0,2
Camarón pardo Atlántico	tr	0,2	0,1
Cangrejo azul (Jaiba)	tr	0,2	0,2
Cangrejo Dúngenes	tr	0,2	0,1
Cangrejo reina	tr	0,2	0,1
Cangrejo de Alaska	tr	0,2	0,1
Langosta sureña	tr	0,2	0,1
Langosta del Caribe	tr	0,2	0,1
Langosta Europea	tr	0,1	0,1
Langosta septentrional	tr	0,1	0,1
tr=trazas (menos de 0,05 g por 100 de alimento)			
Fuente: Carrero et al. (2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta.			
NR: No hay referencia o dato despreciable.			

Tabla 2. Contenido de ácidos grasos Omega 3 en moluscos y delfín

ÁCIDOS GRASOS omega-3 EN MOLUSCOS Y DELFÍN (g/100g)			
Producto	ALA	EPA	DHA
Almeja de concha blanda	tr	0,2	0,2
Almeja de cuello angosto	tr	tr	tr
Almeja de surf	tr	0,1	0,1
Almeja japonesa	Nr	0,1	0,1
Almeja de concha dura	tr	tr	tr
Almeja de río	Nr	tr	tr
Calamar de aleta corta	tr	0,2	0,4
Calamar del Atlántico	tr	0,1	0,3
Caracola	tr	0,6	0,4
Litorina caracolillo común	0,2	0,5	tr

Mejillón azul	tr	0,2	0,3
Mejillón del Mediterráneo	Nr	0,1	0,1
Ostión del Pacífico	tr	0,4	0,2
Ostión europeo	0,1	0,3	0,2
Ostra oriental	tr	0,2	0,2
Pulpo común	Nr	0,1	0,1
Venera calico	tr	0,1	0,1
Delfín g/100g	Nr	<0,05	0,1
tr=trazas (menos de 0,05 g por 100 de alimento)			
Fuente: Carrero et al. (2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta.			
Nr: No hay referencia o dato despreciable.			

Tabla 3 ácidos grasos- omega 3 en aceites de pescado

Ácidos grasos omega -3 en aceites de pescado (g/100g)			
Aceite de pescado	ALA	EPA	DHA
Abadejo	Nr	1,0	12,7
Salmón	Nr	1,0	8,8
Max EPA, concentrados de cuerpo de pez	Nr	17,8	11,6
Arenque	Nr	0,6-16,7	7,1-9
sardina	Nr	16	10
Anchoveta	Nr	11	10
Hígado bacalao	Nr	0,7-11	9-12
Hígado bacalao (mg/cápsula)	Nr	173	120
Fuente: Carrero et al. (2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta.			
Nr: No hay referencia o dato despreciable.			

Tabla 4 Contenido de ácidos grasos omega-3 en vegetales

Contenido de ácidos grasos omega-3 EN VEGETALES (mg/g)			
Vegetales	ALA	EPA	DHA
Verdolaga	4,04	0,01	Nr
Espinaca	0,89	Nr	Nr
Lechuga	0,26	Nr	0,001
Lechuga roja	0,31	Nr	0,002
Mostaza	0,48	Nr	0,001
Hojas de cacahuate	49,0	Nr	2,2
Quínoa	8,35 g/100g	Nr	Nr
Germinado de frijol	0,3 g/100g	Nr	Nr
Brócoli	0,1 g/100g	Nr	Nr
Coliflor	0,1 g/100g	Nr	Nr
Rábano	0,7 g/100g	Nr	Nr
Espirulina	0,8 g/100g	Nr	Nr
Soya cruda	0,1 g/100g	Nr	Nr
Soya cocida	2,1 g/100g	Nr	Nr
Almendras	0,4	Nr	Nr
Nuez de haya	1,7	Nr	Nr
Nuez mantequilla	8,7	Nr	Nr
Chía	3,9	Nr	Nr
Lino	22,8	Nr	Nr
Hickory	1,0	Nr	Nr
Cacahuate	0,003	Nr	Nr
Pecana	0,7	Nr	Nr
Nuez de Nogal	6,8	Nr	Nr
Frijol Seco	0,6	Nr	Nr
Garbanzo	0,1	Nr	Nr
Chicharos de vaca	0,3	Nr	Nr
Lentejas	0,1	Nr	Nr
Frijol lima	0,2	Nr	Nr
Salvado de cebada	0,3	Nr	Nr
Maíz germinado	0,3	Nr	Nr
Avena germinada	1,4	Nr	Nr
Salvado de arroz	0,2	Nr	Nr

Salvado de trigo	0,2	Nr	Nr
Trigo germinado	0,7	Nr	Nr
Aguacate de california	0,1	Nr	Nr
Frambuesa	0,1	Nr	Nr
Fresa	0,1	Nr	Nr

Fuente: Carrero et al. (2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta.

Nr: No hay referencia o dato despreciable.

Tabla 5. Ácidos grasos omega 3 en leche materna y bovina

Porcentaje ácidos grasos omega-3 en leche materna y bovina		
Ácidos grasos omega -3	% Leche materna /dieta occidental	% Leche bovina
DHA	0,23	0,09
EPA	0,5	0,08

Fuente: Carrero et al. (2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta.

Tabla 6. Ácidos grasos omega-3 en algunas fórmulas lácteas comerciales

Porcentaje ácidos grasos omega-3 en algunas fórmulas lácteas comerciales				
Alimento	mg de DHA en 100g de alimento	mg EPA en 100g de alimento	mg de alfa linolenico En 100g de alimento	Precio en pesos colombianos
NAN 1(400g)	60		51	37.000
NAN comfort (400g)	48		500	40.900
NAN comfort (800g)	48		500	89.600
Enfamil confort (400g)	80		390	63.000

Enfamil confort (900g)	80		390	133.400
Comfort Gold(400g)	11		63	52.900
Baby plus Alpina (400g)	45,5	30	600	33.250
Similac (400g)	53,5		105	40.800
Similac confort (820g)	52		421	84.200
Nestrogeno 2 (800g)			400	37.600
Ensoy niño defense (400g)	50			36.400

Tabla 7. Ácidos grasos omega-3 en huevos

Porcentaje ácidos grasos omega-3 en huevos				
Alimento	mg de DHA en una unidad	mg EPA en una unidad	mg de alfa linolenico en una unidad	Precio en pesos colombianos
Huevos avícola oriente (12 unidades)	111	8		5.350

Importancia de la inclusión del DHA y el EPA en los programas de alimentación infantil en nuestro país

Conociendo los beneficios que tiene el DHA y EPA para la salud de los niños, en Colombia, dada la diversidad cultural y socioeconómica, existen diferencias de

desarrollo entre cada región; lo cual incide en la alimentación y el crecimiento de los menores, y peor aún en una menor productividad de los jóvenes y adultos y una poco saludable vejez para los adultos mayores.

En esta medida, las prevalencias más altas del retardo de crecimiento se encuentran en la zona rural del país y en la subregión Cauca y Nariño. Las dos regiones costeras (Atlántica y Pacífica) y la zona rural, son las más afectadas por la insuficiencia de algunos micronutrientes (Red de gestores sociales, 2015), lo que hace que se pierda la seguridad alimentaria, que es el acceso material y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos para todas las personas, de manera que puedan ser utilizados adecuadamente para satisfacer sus necesidades nutricionales y llevar una vida sana, sin correr riesgos indebidos de perder dicho acceso.

Además, no hay una ingesta adecuada de nutrientes que favorezcan el desarrollo cognitivo de los niños, iniciando desde las madres gestantes hasta los primeros años de vida. Cabe destacar los avances que han logrado algunas gobernaciones departamentales como el caso de Antioquia con el programa MANÁ, que tienen como objetivo mejorar y mantener el estado nutricional de los menores de cinco años, a través de acciones de complementación y estrategias de formación para sus familias en hábitos alimentarios y estilos de vida saludable, para mejorar sus condiciones nutricionales en cuanto a la disponibilidad de alimentos proteicos y el 65% de ellos, mejoren el indicador de desnutrición.

Estos programas alimentarios estatales no alcanzan a ser suficientes en una población que carece de medios económicos para satisfacer necesidades vitales como

la alimentación. La ausencia parcial de ésta puede traer consigo consecuencias como la desnutrición, disminución en el coeficiente intelectual, problemas de aprendizaje, retención y memoria (Montes, 2014); ocasionando un círculo vicioso de desnutrición-pobreza-desnutrición, que es difícil romper. En este contexto, es de suma importancia que los Programas Alimentarios que buscan reducir, e incluso eliminar este problema, incluyan alimentos suplementados con ácidos grasos poli insaturados DHA y EPA, que favorezcan las capacidades cognitivas desde la gestación hasta la adolescencia

Metodología

- Revisión bibliográfica de los efectos del DHA y EPA en los niños de 0 meses hasta los 12 años, para demostrar su importancia en la nutrición infantil y su incidencia en el desarrollo cognitivo y mejoramiento de aprendizaje.
- Visión general de los diferentes programas alimentarios que se vienen desarrollando en Colombia, y más específicamente los que se están realizando en la ciudad de Medellín.
- Recopilación y análisis del Programa de Alimentación Escolar en la ciudad de Medellín, en aspectos como: Cobertura (Comunas intervenidas), Modalidades de atención, Tipo de población, Ciclos de Menú y Alimentos suministrados.
- Dar a conocer los resultados de este trabajo a los estamentos gubernamentales locales encargados de los programas alimentarios, y entidades no gubernamentales, mediante intervención del representante a la cámara por Antioquia; Víctor Correa y su equipo de trabajo, los cuales me pondrán en contacto con los coordinadores de la secretaria de inclusión social y familia, quienes son los responsables directos del programa de alimentación escolar para Medellín y la presidenta del consejo de Medellín Daniela Maturana; con el fin de generar puntos de vista frente a las necesidades nutricionales de los niños de la ciudad de Medellín, con el propósito de aportar alternativas y soluciones a las problemáticas de aprendizaje que hoy padece la población en edad escolar.

Resultados

Función del DHA y EPA en el desarrollo cognitivo del niño

En los últimos años han aumentado las investigaciones de los beneficios de los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), principalmente los ácidos grasos Omega-3, ácido docosahexaenoico (DHA) y ácido eicosapentaenoico (EPA) (Portillo et al., 2014; Kuratko, Barrett, Nelson & Salem, 2013; Richardson et al., 2012; McNamara et al., 2010; Milte et al., 2012; Sinn et al., 2011; Kirby et al., 2010; Ryan & Nelson, 2008).

Estos ácidos Omega-3 son esenciales para las funciones cerebrales. Muchos estudios han demostrado que su ingesta mejora la atención, el estado de ánimo, el comportamiento, la concentración y el aprendizaje en niños y niñas en edad escolar. Los Ácidos grasos Omega-3 son los principales componentes estructurales de las membranas celulares en todo el cuerpo, especialmente en el cerebro de los seres humanos (Neuringer & Connor, 1988). El DHA por sí solo, “representa aproximadamente el 15% de los ácidos grasos en el tejido cerebral”(Chalon, Vancassel, Zimmer, Guilloteau & Durand, 2001).

El DHA se acumula más rápidamente en áreas de alto crecimiento neuronal durante el último trimestre de embarazo y los dos primeros años de vida del niño, el cerebro experimenta un período de rápido crecimiento; en donde el DHA, en particular, se acumula rápidamente durante este período de crecimiento cerebral (Martínez, 1992).

En el útero, el DHA es aportado desde las reservas de la madre. Esto hace que la concentración de DHA en el cerebro (donde llega a constituir el 40% del contenido de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga)

sea mayor que la concentración en el plasma fetal y ésta, a su vez, mayor que la de la placenta y del plasma materno. Durante el embarazo, las madres pueden llegar a un estado de depleción de ácidos grasos Omega-3, debido a que traspasan sus reservas para el desarrollo del cerebro fetal (Woodward & Jackson, 2010).

Los ácidos grasos omega 3 son muy activos y se concentran en el cerebro y sistema nervioso. El ácido graso poliinsaturado más abundante que hay en el cerebro, es el ácido docosahexaenoico (DHA), del grupo n-3, que está particularmente concentrado en las células nerviosas sinapsis, donde parece ser que participa en las células neuronales en procesos de señalización y de neurotransmisores (Chalon et al., 2001), (Youdim, Martin & Joseph, 2000).

“EL DHA es el principal AGE (ácido graso esencial) en la materia gris del cerebro de los mamíferos, y representa del 15-20% del total de ácidos grasos en la composición de la corteza pre-frontal de los humanos adultos” (McNamara et al., 2010); “siendo allí, donde el DHA se acumula rápidamente entre el nacimiento y los 20 años de edad, correspondiendo con la rápida maduración neuronal, sinaptogénesis y la expansión de la materia gris” (McNamara et al., 2010 ; Sheppard & Cheatham, 2013 ; Giedd et al., 1999). Incluso, diversos estudios evolutivos de los registros fósiles han demostrado que la incorporación del pescado en la dieta del hombre primitivo (en el paleolítico), coincidió con un aumento de la materia gris en la corteza cerebral (Yuasa, et al., 2001; Del Giudice et al., 2000).

Por otro lado, “el DHA actúa como segundo mensajero en los sistemas de neurotransmisión, especialmente en la mielinización y en la eficiencia sináptica” (en la velocidad de transmisión) (Gil & Sánchez, 2010; Sheppard & Cheatham, 2013; Giedd et al., 1999)

La deficiencia de n-3 conlleva a una disminución significativa en el tamaño de las neuronas en el hipocampo, el hipotálamo y la corteza; además de las áreas del cerebro que miden el campo espacial y el aprendizaje. La deficiencia de los n-3 induce a una reducción significativa de las catecolaminas cerebrales, de la capacidad de transporte de la glucosa y su utilización en el cerebro y de la tasa de mielinización (Yehuda, Rabinovitz, Mostofsky, Huberman, & Sredni, 1997). Cada uno de estas variables puede ser responsable de los déficits de aprendizaje (Yehuda, Rabinovitz, Carasso & Mostofsky, 2002).

Claramente, los diversos ácidos grasos sirven para diferentes funciones en el sistema nervioso y en toda la maquinaria del cuerpo. “La deficiencia de ácidos grasos son capaces de inducir alteraciones del comportamiento, incluso en el período preescolar” (Branca, 2006).

Beneficios de DHA y EPA en el desarrollo cognitivo

Muchos investigadores han estudiado la administración de los ácidos grasos omegas 3 y han demostrado una asociación positiva entre la ingesta de éstos y el desarrollo de las habilidades cognitivas de los niños en edad escolar. “Con ello se recalca la importancia de los ácidos grasos poliinsaturados para el desarrollo saludable del cerebro del infante” (Milte, Sinn & Howe, 2009).

Se ha encontrado que los ácidos grasos poliinsaturados se asocian con mejoras significativas en la lectura, la ortografía; en niños de 3 a 14 años, después de 12 semanas de suplementación con DHA y EPA. También han evidenciado mejorías en el aprendizaje (Sinn, Cooper & O'Dea, 2011). Las mejoras en la lectura en niños suplementados con los omega-3 han sido aproximadamente un 20% más que en niños sin suplementación. En estudios similares, la ganancia adicional en la lectura ha sido aproximadamente un 50% mayor de lo esperado (Richardson, Burton, Sewell, Spreckelsen & Montgomery, 2012).

Investigaciones en Australia muestran que niños en edad escolar, después de 12 meses de suplementación con omega-3, han mejorado el aprendizaje verbal y la memoria, pero no se han encontrado efectos significativos en las pruebas de inteligencia o de la atención general (Wilson et al., 2007).

Niños de 10 a 12 años suplementados con DHA han realizado más rápido tareas de reconocimiento de palabras y de aprendizaje con pruebas de Cognitive Drug Research (CDR) (Kennedy et al., 2009).

Trastornos de aprendizaje y agudeza visual

Los suplementos con ácidos grasos esenciales como el DHA y EPA mejoran significativamente la atención visual y la impulsividad, según pruebas de modelo estadístico de estilos cognitivos como las Matching Familiar Figures Test-20 (MFFT-20) el cual consiste en presentarle a los niños estímulos (una figura dibujada), y se le pide seleccione una imagen idéntica de seis posibles coincidencias. Para este estudio, los niños se les dan cuatro posibilidades de obtener la respuesta correcta antes de

proceder a la siguiente prueba, el número total de errores y el número total de aciertos se registran (Kirby, Woodward, Jackson, Wang & Crawford, 2010).

Además, con el análisis de Exposición y Prevención de la Respuesta (ERP), que es un método de terapia cognitiva-conductual, sistemático y estructurado; que ha sido probado científicamente y experimentalmente, mostrando ser efectivo en diferentes trastornos conductuales; se evidenció, que a mayores niveles de DHA en los niños hay una relación positiva en el procesamiento de la información visual y la actividad cerebral en la infancia, así como el consumo de DHA es asociado positivamente con la actividad cerebral durante la realización de una tarea específica, que implique destrezas de memoria (Boucher et al., 2011).

Estudios realizados en Quebec Canadá, con niños cuyas madres se alimentaron de alimentos marinos, presentaron mejores niveles de DHA y EPA durante el desarrollo fetal y primeros años de vida; asociándose éstos notablemente con la función cognitiva y particularmente con una percepción visual más óptima. La mayoría de los estudios previos en este campo se han centrado en la etapa posnatal. “La suplementación con ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs n-3) durante los primeros meses de vida puede mejorar la agudeza visual hasta finalizar la infancia” (Jacques et al., 2011), “protegen el desarrollo mitocondrial en la apoptosis de la retina, actuando en la agudeza visual” (Politi, Rotstein & Carri, 2001). “El DHA es el único ácido graso con aplicación clínica demostrada ya que la mayor concentración de DHA está en la retina, especialmente en los fotorreceptores y en sus segmentos externos” (80-90% de los ácidos grasos) (Brenna, Salem, Sinclair & Cunnane, 2009).

También la suplementación con ácidos grasos esenciales se asocia con una correcta velocidad de procesamiento, capacidad de percepción visual, atención y el componente de actualización de la función ejecutiva; estas mejoras son clínicamente significativas y se han obtenido con niños de 8 años a 12 años (Portillo, Pérez, Loya & Puente, 2014).

Se ha encontrado que un gran porcentaje de niños con trastornos de aprendizaje tienen deficiencia de ácidos grasos esenciales, y en algunos se estableció que la deficiencia nutricional fue la causa inequívoca de las alteraciones de la conducta, debido a que los niños tienden a ser anoréxicos o a consumir grandes cantidades de comida chatarra. “El déficit nutricional provoca la alteración del comportamiento”. (Branca, 2006).

Como se ha dicho, “el DHA es un componente de la materia gris cerebral” (Innis, 2007), “concentrado particularmente en las células nerviosas sinápticas, y parece estar involucrado en los procesos de señalización entre las células neuronales” (Youdim et al., 2000), “el control de la actividad de los neurotransmisores y los factores de crecimiento neuronal” (Yehuda et al., 2002). Por lo que se podría decir que el DHA es esencial para las funciones cognitivas normales (Sinn & Bryan, 2007). Cualquier desviación de los niveles fisiológicos de DHA se asocia con el deterioro cognitivo (Yehuda, Rabinovitz, & Mostofsky, 1999) y con algunos trastornos del desarrollo, “tales como el trastorno por déficit de atención, autismo y problemas motores” (Raz & Gabis, 2009), (Richardson y Ross, 2000), (Sinn y Bryan, 2007).

En general, todas las variables antes mencionadas pueden afectar al rendimiento de aprendizaje del niño (Branca, 2006). Por lo que la mayoría de estudios que abordan la administración de suplementos de Omega-3, para mejorar las habilidades cognitivas, se centran en los bebés y en la primera infancia (Helland et al., 2003), (Innis, 2007).

Comportamiento social e hiperactividad

Un gran porcentaje de niños se ven afectados por problemas del comportamiento y aprendizaje, numerosas investigaciones aportan una evidencia elevada de la eficacia y efectividad de la intervención farmacológica en estos trastornos, aunque con posibles efectos adversos (Herranz & Argumosa, 2000). Por lo tanto, la utilización de suplementos con ácidos grasos poliinsaturados omega 3, puede ser un tratamiento eficaz en los trastornos de conducta, con mínimos efectos secundarios.

Los ácidos grasos esenciales (AGE) juegan un papel importante en las facultades y el comportamiento en la infancia y adolescencia (Johnson, Ostlund, Fransson, Kadesjo & Gillberg, 2009; Yehuda, Rainovitz & Mostofsky, 2005). Estudios realizados sobre suplementación nutricional con omega 3, presentan cada vez mayor evidencia científica sobre su utilidad en la regulación conductual, mejoría de la atención y del rendimiento académico en niños (Sastry, 1985; Sprecher, 2000).

Según estudios realizados, los ácidos grasos DHA y EPA juegan un papel importante en el sistema nervioso central, siendo esenciales para el normal funcionamiento del cerebro, incluyendo la atención y otras habilidades neuropsicológicas. Esto es debido a que los ácidos grasos forman parte de los fosfolípidos y glucolípidos, moléculas que conforman la bicapa lipídica de las

membranas celulares, incluidas las membranas de las neuronas (Sastry, 1985; Sheppard & Cheatham, 2013).

La suplementación nutricional con omega 3 se utiliza en algunos trastornos mentales infantiles relacionados con el neurodesarrollo. La mayoría de las investigaciones al respecto se centran en su utilidad en el Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH), en niños en edades escolares (Suárez, Quintana & Esperón, 2006).

El TDAH, es uno de los trastornos del desarrollo más prevalentes en la infancia, y la búsqueda de tratamientos seguros y eficaces representa un desafío para los profesionales y los padres. Más comúnmente diagnosticado en los niños, los síntomas principales incluyen poco control de impulsos y emociones, hiperactividad, y/o dificultad para mantener la atención. Los problemas asociados con el TDAH pueden afectar adversamente el rendimiento escolar, las relaciones con otros niños e interacciones familiares (Sinn & Bryan, 2007; Birmaher, Sawyer & Storm, 2000).

El TDAH también se asocia con déficits cognitivos y dificultades específicas de aprendizaje en matemáticas, lectura y ortografía. Estos niños pueden tener una pobre auto-disciplina y baja autoestima, y al menos la mitad de los niños con TDAH presentan problemas psiquiátricos como ansiedad, trastornos del estado de ánimo, y problemas antisociales como trastornos de conducta y de oposición desafiante (Sinn & Bryan, 2007; Birmaher et al., 2000).

Hay pruebas que el TDAH y otros trastornos del neurodesarrollo como dispraxia, dislexia, y el autismo, así como los trastornos del humor, están asociados con

deficiencias en ácidos grasos omega-3 (Richardson, 2003 ; Ward et al., 2000). “La deficiencia de estos ácidos grasos poliinsaturados puede provocar desórdenes en el comportamiento infantil, dislexia o esquizofrenia” (Colombo, 2001).

En el año 2012, Milte y Cols publican un ensayo controlado aleatorizado, con una muestra de 90 niños entre 7 y 12 años diagnosticados de TDAH, en el que comparan los efectos de la suplementación con omega 3 (distribuidos en 2 grupos: DHA y EPA) frente a un placebo. La duración del estudio fue de 4 meses donde se analizó el efecto de la suplementación sobre la cognición, alfabetización y comportamiento, mediante distintas escalas que los padres y profesores evaluaron. Además, se midió el nivel de EPA y DHA en eritrocitos, mediante estudios de correlación, en los cuales se pudo observar que un aumento de DHA en los niños fue asociado a una mejoría en lectura, ortografía y mayor capacidad de concentración; también se asoció con puntuaciones más bajas en oposicionismo desafiante e hiperactividad. El mayor beneficio de este estudio se pudo observar en niños con dificultades de aprendizaje en situación de comorbilidad (Milde et al., 2012).

Los niños con el trastorno de déficit de atención e hiperactividad (TDAH) han presentado menores niveles de PUFAs en la sangre, en comparación con la población infantil que no padece de estos trastornos (Burgess, Stevens, Zhang & Peck, 2000).

El aumento del rendimiento bioquímico neuronal (Fontani et al., 2005), relacionado con una ingesta rica en ácidos grasos insaturados DHA y EPA mejoran significativamente las funciones del cerebro, incluyendo sensación de bienestar,

atención, rendimiento cognitivo y el estado de ánimo en los jóvenes y adultos (Kean et al., 2013).

El DHA, se encuentra relacionado con una mejora significativa en el comportamiento social, además de mejoras significativas en el desarrollo cognitivo y problemas de hiperactividad. Los niños suplementados con DHA experimentan mejoras significativas en ocho de las catorce escalas de los CPRS (Escala o Test de Conners para Padres) (Richardson et al., 2012; Adams, Lawson, Sanigorski & Sinclair, 1996).

Las ingestas relativamente bajas de Omega-3 en los niños están ligadas a alteraciones neurológicas. “Esta disminución en la ingesta se asocia a cambios olfatorios, cognitivos, en la visión, y pérdidas de memoria espacial” (Salem, Litman, Kim & Gawrisch, 2001). “En este mismo sentido, se ha demostrado claramente, que dicha relación puede servir como biomarcador de estados de autismo” (El-Ansary, Bacha & Al-Ayahdi, 2011). Es importante tener al EPA como un marcador debido a su relación con la depresión (Adams et al, 1996), “ya que la depresión se asocia a menudo con TDAH” (Drabick, Gadow & Sprafkin, 2006).

En estudios realizados se ha concluido que la falta de atención, hiperactividad, problemas cognitivos, comportamiento de confrontación desafiante y trastorno de conducta; mejoraron significativamente con el consumo de suplementos con DHA (Hallowell, Hutchins y Sears, 2007).

Altas concentraciones de DHA en niños aumentaron significativamente la activación funcional en la corteza prefrontal dorso lateral (CPF DL) durante la ejecución de la tarea de atención sostenida (CPT-IP). Los eritrocitos de los niños con altos niveles

de DHA se correlacionan positivamente con la activación del córtex prefrontal dorso lateral y se correlacionan inversamente con el tiempo de reacción durante la tarea de atención. (McNamara et al., 2010).

Estudios han demostrado que las ratas con deficiencia de n-3, exhiben un pobre aprendizaje y disminución del potencial de la memoria en una variedad de tareas, incluyendo el rendimiento de Morris en el laberinto de agua y el aprendizaje basado en memoria olfativa, además de los déficits sensoriales, tales como funciones visuales seleccionadas (Yehuda et al., 2002).

Otros beneficios de los ácidos grasos Omega-3, DHA y EPA

La suplementación con ácidos grasos Omega-3 DHA y EPA puede beneficiar a los niños, especialmente a aquellos con trastornos de desarrollo, además puede reducir el riesgo de enfermedades coronarias (Bang, Dyerberg & Nielsen, 1986). “Resultados de estudios epidemiológicos y de intervención indican que el consumo de ácidos grasos n-3 puede afectar favorablemente a la salud cardiovascular; incluso una ingesta pequeña de pescado (una vez por semana) puede reducir el riesgo de Enfermedades Cardiovasculares” (ECV) (Carrero et al., 2005). “El consumo de DHA y EPA produce una disminución importante de los triglicéridos, llegando a disminuir de 10 a 40%” (Guías Colombianas de Cardiología, 2009).

Los ácidos grasos insaturados intervienen en distintas actividades fisiológicas. Hay estudios que muestran su actividad anticonvulsivante y anti arrítmica en corazón y cerebro (Chung, 2008). Los ácidos grasos n-3 juegan un papel importante en la

regulación del proceso de inflamación y regulación de la inmunidad (Rodríguez et al., 2010) e intervienen en el crecimiento infantil (Lapillonne & Carlson, 2001).

“Es necesario tener en cuenta que las terminales sinápticas del cerebro y de las membranas neuronales están enriquecidas con DHA, y la deficiencia de dicho ácido graso está relacionada con la encefalopatías” (Lukiw & Bazan, 2006). En este sentido, está demostrado que el agotamiento con la edad de DHA en membranas neuronales, son casusa de erosión progresiva de la función cognitiva en ancianos (Bazan, Molina & Gordon, 2011).

Los ácidos grasos n-3 se han mostrado eficaces en muchos procesos, como la prevención de enfermedades cardiovasculares, enfermedades inmunitarias e inflamatorias, descenso de la tasa de mortalidad por enfermedad cardiovascular, disminución de proliferación celular en cáncer colorrectal y reducción de la inflamación en artritis reumatoide, entre otras (Palou et al., 2008; Carrillo, Serra, Martínez, Alberich & Jiménez, 2011).

En Muchos estudios se han examinado los efectos de los ácidos grasos poliinsaturados DHA y EPA sobre el desarrollo cognitivo en niños en edad escolar. La siguiente revisión (tabla 8) presenta la evidencia de los efectos ya mencionado por el consumo del DHA y EPA durante la infancia.

Tabla 8. Efectos del DHA y EPA sobre el desarrollo cognitivo

Autores referencia	Participantes	Tratamiento	Duración	Resultados
Adams et al., 1996	201 niños del sur de Australia, de 7 a 12 años. Problemas: falta de atención e hiperactividad	Alimento con EPA (93 mg) y DHA (29 mg)	30 semanas	La suplementación por más de 15 semanas dio lugar a mejoras significativas en el núcleo de déficit de atención e hiperactividad, en comparación con placebo. Mejora significativa en el desarrollo cognitivo.
Boucher et al., 2011	154 niños de 10-13 años, del norte de Quebec	Madres alimentadas con pescado. Concentración de los niveles de DHA durante el desarrollo fetal.		La alta concentración de DHA se asoció positivamente con la actividad cerebral durante pruebas que implicaban destrezas con la memoria.
Dalton et al., 2009.	183 niños de 7-9 años, de Northern Cape, provincia del Sur de África. De hogares con bajos ingresos, y marginalmente nutridos.	Alimento hecho a base de harina de pescado con 892 mg de DHA / semana. Comparado con un placebo	24 semanas	Los niños suplementados con DHA no experimentaron mejoría en la ortografía, pero se observó una mejoría en la lectura, comparado con el grupo placebo.
Jacques et al., 2011	171 niños en edades comprendidas entre 10 y 13 años, del norte de Canadá	Concentración de los niveles de DHA durante el desarrollo fetal, con madres alimentadas con pescado.		El aumento de los niveles de DHA durante el desarrollo fetal y primeros años de vida se asocian con la función cognitiva y percepción más óptima, particularmente la visión. La suplementación con DHA puede mejorar la agudeza visual durante los primeros meses de vida hasta finalizar la infancia, como se ha mostrado en este estudio.
Kennedy et al., 2009.	90 niños sanos de 10-12 años, de Newcastle Inglaterra	400 mg y 1000 mg de DHA / día, y un placebo	8 semanas	Después de 8 semanas, los niños suplementados con 400 mg de DHA / día realizaron más rápido la tarea de

				reconocimiento de palabras, comparado con los niños que recibieron el placebo; mientras que los niños suplementados con 1.000 mg de DHA / día, realizaron más lentamente la tarea que los niños que recibieron el placebo. Los niños suplementados con DHA mostraron más destrezas visuales, que los niños del grupo placebo.
Kirby et al., 2010.	450 niños de 8-10 años de edad	400 mg de DHA y 56 mg de EPA / día. Comparado con un placebo	24 semanas	La suplementación con DHA y EPA mejoró significativamente la atención visual y redujo la impulsividad en niños, con respecto a un grupo placebo. Los niños también presentaron una leve mejoría en el comportamiento social y en el aprendizaje, según los profesores.
McNamara et al., 2010.	33 niños sanos de Estados Unidos, de 8-10 años	400 mg y 1200 mg de DHA / día, y un placebo	8 semanas	Los grupos suplementados con 400 mg y 1200 mg de DHA, aumentaron significativamente la activación funcional en la corteza prefrontal dorsolateral durante la ejecución de las tareas, que implicaban concentración, en comparación con el grupo placebo.
Milte et al., 2012.	90 niños australianos de 7 a 12 años de edad	Suplemento rico en DHA y EPA. Comparado con un placebo	30 semanas	Un aumento de los niveles de DHA se asocia a una mejoría en lectura, ortografía y mayor capacidad de concentración. También se asocia con puntuaciones más bajas en oposicionismo e hiperactividad. El mayor beneficio se observa en los niños que tienen dificultades de aprendizaje.
Portillo et al., 2014	59 niños entre 8 y 12 años	Tres cápsulas (cada cápsula con 60 mg de DHA y 90 mg de EPA). Comparado con un	12 semanas	La suplementación con DHA y EPA mejoró la velocidad de procesamiento, capacidad de percepción visual, la atención y el componente de actualización de la función ejecutiva.

		placebo		
Sinn Bryan., 2007	Y 201 niños de Australia de 7 a 12 años de edad.	400 mg aceite de pescado que contenían 100 mg de (EPA) ácido eicosapentaenoico y 93 mg de ácido docosahexaenoico (DHA)	15 semanas	Los problemas relacionados con el TDAH, con la falta de atención, hiperactividad e impulsividad; respondieron positivamente al tratamiento con PUFAs y las mejoras pudieron continuar con la administración de suplementos que se extendieron hasta las 30 semanas.
Richardson et al., 2012.	362 niños entre 7-9 años, de escuelas en Oxfordshire. De bajo rendimiento en lectura.	600 mg DHA / día. Comparado con un placebo	16 semanas	La suplementación con DHA mejoró significativamente la lectura y el comportamiento, según la calificación de los padres.
Ryan & Nelson, 2008	175 niños sanos, de 4 años, de Estados Unidos	400mg/ día de DHA	16 semanas	Existe evidencia para una asociación significativa entre los niveles altos de DHA en la sangre y la mejora de las calificaciones, en una prueba de comprensión oral y de vocabulario, en niños preescolares sanos.
Sinn et al., 2011.	47 niños de Australia, con edades entre 3-14 años.	Se administró 558 mg de EPA y 174 mg de DHA /día	12 semanas	Después de 12 semanas de suplementación, mejoraron significativamente la lectura, las puntuaciones ortográficas y el rendimiento en el test de Matrices Progresivas Coloreadas de Raven.
Wilson et al., 2007.	396 niños bien nutridos de Australia y 384 niños alimentados marginalmente de Jakarta, Indonesia	Mezcla de ácidos grasos omega-3 que proporciona 88 mg DHA / día y 22 mg EPA / día. Comparado con un placebo	12 semanas	Los resultados mostraron que, los niños presentaron una mejora del aprendizaje verbal y de la memoria, pero no hubo efecto con relación a las pruebas de inteligencia o de la atención general. La suplementación con ácidos grasos omega-3 no afectó la función cognitiva o el rendimiento escolar. Los niños de Indonesia mostraron una mejoría en el aprendizaje verbal y con relación a la memoria, hubo mejoría en las niñas pero no en los niños.

Evaluación de DHA y EPA en sangre

Hay poca información de la relación de DHA y EPA en sangre y el desarrollo del aprendizaje de los niños , aun así existen métodos para determinar la deficiencia de ácidos grasos DHA y EPA en plasma relacionada con pacientes con depresión, cirrosis y niños Fenilquetunuricos (Tapia & Masson, 2008 ; López et al., 2013 ;Cornejo , Concha, Raimann Ballas, & Cabello, 2005).

Los método consisten en Obtención de plasma y membranas eritrocitarias: partiendo de la toma de sangre anti coagulada con EDTA-K, la toma de muestra se realizan en la yema de los dedos de los pacientes (López et al., 2013)

Las membranas eritrocitarias se obtienen tras un lavado con PBS y posterior lisado por choque osmótico con agua destilada fría para el posterior Análisis de EPA y DHA por cromatografía de gases y detección por espectroscopia de masas (López et al., 2013).

Los ácidos grasos se derivatizan en medio alcalino y ácido para formar los esteres metílicos. Se emplea para la separación una columna de sílica fundida BPX70 de 50 m, Cromatógrafo HP 5890, con detector FID. La identificación se realiza empleando estándares Sigma y Merck (Tapia & Masson, 2008)

Antecedentes de los programas de alimentación en Colombia

Los programas alimentario-nutricionales en Colombia se vienen desarrollando desde los años sesenta, “inicialmente con el Programa Integrado de Nutrición Aplicada (PINA) del Instituto Nacional de Nutrición (INS) y es partir de 1968 que el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) asumió la administración de los programas alimentario-nutricionales” (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2005).

Así mismo, las Secretarías Departamentales de Salud ejecutaban programas que posteriormente fueron acogidos por el Ministerio de Salud, hoy llamado Ministerio de la Protección Social. “Las Secretarías de Salud continúan ejecutando programas de nutrición y complementación alimentaria, pero como apoyo y seguimiento de las actividades que implementa el ICBF, ya que ésta es la entidad que suministra los complementos y las acciones de nutrición” (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2005).

Proyectos liderados por el ICBF: programa Materno Infantil, Hogares FAMI (Familia, mujer e infancia), Hogares Comunitarios de Bienestar (familiares, grupales, múltiples, empresariales), Hogares Infantiles Lactantes y Preescolares, Jardines Comunitarios, Desayunos Infantiles, Restaurantes Escolares, Programa Nacional de Alimentación para el Adulto Mayor. Como puede observarse, las acciones impulsadas por el Estado a través del ICBF se orientan principalmente al suministro de complementación alimentaria, formación en temas de nutrición y la promoción de la lactancia materna. Los beneficiarios suelen ser población infantil y mujeres lactantes o en estado de gestación que pertenecen a los estratos sociales más bajos (SISBEN 1 y 2), tanto de áreas urbanas como rurales aunque, y es necesario señalarlo, la mayor

incidencia de los programas se da en los sectores urbanos. Si bien la cobertura del ICBF y sus programas es nacional, para muchos es notorio que en las zonas más alejadas del país los impactos de estas acciones se ven restringidos por las limitaciones presupuestales y de recursos humanos (Morales, 2010).

Artículo 136, Parágrafo 4º: Con el propósito de alcanzar las coberturas universales en el Programa de Alimentación Escolar PAE, a través del Gobierno Nacional; se trasladó el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) al Ministerio de Educación Nacional (MEN), que orienta, ejecuta y articula el programa, sobre la base de estándares mínimos de obligatorio cumplimiento para su prestación, de manera concurrente con las entidades territoriales. (MinEducación, 2014).

Para tal efecto, el MEN realizará la revisión, actualización y definición de los lineamientos técnico-administrativos de los estándares y de las condiciones para la prestación del servicio para la ejecución del Programa, que serán aplicados por las entidades territoriales, los actores y operadores del programa.

El PAE se financiará con recursos de diferentes fuentes. El MEN cofinanciará sobre la base de los estándares mínimos definidos para su prestación, “para lo cual podrá celebrar contratos de aporte en los términos del artículo 127 del Decreto 2388 de 1979 y promoverá esquemas de bolsa común con los recursos de las diferentes fuentes que concurren en el financiamiento del Programa” (MinEducación, 2014).

Para el caso de Medellín, es la Secretaria de Inclusión Social y Familia la que coordina el PAE en los colegios públicos de la ciudad.

Generalidades del Programa de Alimentación Escolar en la ciudad de Medellín y su cobertura en el 2015

Desde la secretaria de Inclusión Social y Familia, asignaron cinco (5) dependencias ubicadas en sitios estratégicos de la ciudad, para la atención en las diferentes comunas como se muestra en la tabla 9

Tabla 9. Dependencias de cobertura del PAE

Dependencias	Comunas intervenidas
Aranjuez	Popular, Santa Cruz, Manrique y Aranjuez.
Castilla	Castilla, Doce de Octubre, Robledo.
Candelaria	Villa Hermosa, Buenos Aires, Candelaria, Santa Elena
América	Laureles, La América, San Javier, Palmitas, San Cristóbal
Belén	Poblado, Guayabal, Belén, AltaVista, San Antonio de Prado.
Fuente: <i>Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional. (2015).</i>	

El Programa de Alimentación Escolar (PAE) del Municipio de Medellín, se ejecuta en aproximadamente 478 establecimientos educativos, tanto oficiales como de cobertura contratada de la Secretaría de Educación, ubicados en los diferentes barrios y corregimientos de la ciudad, pudiendo contar un mismo establecimiento educativo con más de una modalidad de atención, con el objetivo de tener una mayor cobertura en la atención de los escolares (Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional, 2015).

Este programa desarrolla los proyectos de Restaurantes Escolares para la Infancia y la Adolescencia y Vaso de Leche Escolar, con el objetivo de

contribuir a la seguridad alimentaria de niños, niñas y adolescentes entre los 5 a 17 años de edad del sistema de matrícula oficial del Municipio de Medellín, a través del suministro de un complemento alimentario durante el calendario académico, que favorezca el desempeño estudiantil, disminuya la deserción escolar, promueva adecuados hábitos alimentarios y estilos de vida saludables, con la participación activa de la familia y de la comunidad educativa en general (Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional, 2015).

El proyecto de Restaurantes Escolares consta de tres modalidades de atención: desayuno-algo víveres, desayuno-algo preparado y almuerzo víveres que se acompaña con una ración de desayuno sencillo para la zona rural (Unidad de Seguridad Alimentaria y Nutricional, 2015).

El proyecto Vaso de Leche Escolar, consta de una sola modalidad de atención. Tanto el desayuno víveres como el desayuno preparado, será denominado “algo” para la ración servida en horas de la tarde, haciendo la diferenciación de víveres o preparado (Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional, 2015).

“El complemento alimentario ofrecido bajo alguna de las modalidades, es suministrado de lunes a viernes en los días hábiles escolares, el cual complementa la alimentación que el escolar debe recibir diariamente en su hogar” (Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional, 2015).

En la zona rural, la modalidad de almuerzo víveres se acompaña de la entrega de un desayuno sencillo durante la jornada de la mañana, considerando ambos servicios como único beneficio al escolar, “esto con el fin de garantizar un mayor aporte nutricional en esta población, dado que en la ruralidad se presentan altos niveles de

inseguridad alimentaria, de acuerdo a los resultados del Perfil Alimentario y Nutricional para Medellín 2010” (Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional, 2015).

“El proyecto Vaso de Leche Escolar, es implementado en aquellos establecimientos educativos que no cuentan con la cobertura suficiente con las modalidades que ofrece el proyecto de Restaurante Escolar” (Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional, 2015).

Los titulares de derecho para los proyectos de restaurante escolar y vaso de leche son focalizados, de acuerdo a los siguientes criterios:

Escolares matriculados en establecimientos educativos oficiales y de cobertura educativa del Municipio de Medellín, dando prioridad a los que se encuentran en las siguientes condiciones:

- “Escolares en situación de desplazamiento, víctimas del conflicto armado, pertenecientes a comunidades étnicas y en condiciones de discapacidad independiente del grado escolar”.
- “Estudiantes con diagnóstico de riesgo nutricional reportados por personal de salud idóneo para el tema”.
- “Escolares adolescentes en estado de gestación o lactancia”.
- “Escolares con vulnerabilidad socioeconómica, detectados por el establecimiento educativo o remitidos por la Secretaría de Inclusión Social y Familia identificados por alguna derivación de los profesionales de la misma Secretaría”.
- “Escolares clasificados con puntajes de SISBEN versión III inferiores a 48.49 para 14 ciudades y 45.34 para resto urbano”.

- “Escolares desde los grados inferiores hasta los grados superiores, según disponibilidad de cupos contratados”.

“La asignación de cupos en el proyecto Vaso de leche Escolar, será preferiblemente, más no determinante, para la población matriculada en secundaria, aplicando los mismos criterios de priorización mencionados en el párrafo anterior” (Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional, 2015).

La población a atender se observa en las tablas¹⁰. Cabe anotar, que los titulares de derecho atendidos con la modalidad almuerzo víveres en el área rural a su vez se benefician con el desayuno sencillo, por lo tanto, los titulares de derecho del proyecto restaurantes escolares son 196.593 para el proyecto de vaso de leche 95.614, para un total de escolares beneficiados por el Programa de Alimentación Escolar de 292.207 (Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional, 2015).

Tabla 10. Proyectos de Alimentación Escolar y población inscrita

Proyectos		Cupos		
Restaurantes Escolares para la Infancia y Adolescencia		196.593		
Vaso de Leche Escolar		95.614		
TOTAL		292.207		

Modalidad	Preescolar	Primaria	Secundaria	Total
Desayuno - Algo Víveres	19.304	40.415	25.556	85.275
Almuerzo Víveres	9.043	18.997	7.060	35.100
Desayuno Sencillo	2.229	5.542	2.890	10.661
Desayuno - Algo Preparado	12.520	30.957	22.080	65.557
Subtotal RE	43.096	95.911	57.586	196.593
Vaso de Leche	8.561	24.481	62.572	95.614
Total PNE	51.657	120.392	120.158	292.207

Fuente: *Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional. (2015).*

“los ciclos de menú que se ofrece en el Programa de Alimentación Escolar, obedece a los lineamientos técnicos definidos por la Administración Municipal basados en los estándares mínimos establecidos por el Ministerio de Educación” (Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional , 2015).

Los ciclos de menú están diseñados para cubrir un porcentaje de las recomendaciones diarias de energía de acuerdo a la modalidad y grupo de edad (tabla 11).

Tabla 11. Aporte calórico por grado escolar, de acuerdo a la modalidad

APORTE CALÓRICO POR GRADO ESCOLAR				
Modalidad	Preescolar (5 a 6 años)	Primaria (7 a 11años)	Secundaria (12 a 17años)	Promedio
Desayuno - Algo Viveres	31,5%	31,4%	26,9%	29,9%
Almuerzo Viveres	34,4%	36,9%	33,2%	34,8%
Desayuno Sencillo	20,5%	17,0%	15,3%	17,8%
Vaso de leche	14,9%	12,4%	9,6%	12,3%
Fuente: <i>Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional. (2015).</i>				

Alimentos usados en el Programa de Alimentación Escolar (PAE)

Los alimentos a suministrar según los ciclos de menú deben ser de primera calidad, cumpliendo con lo exigido en las características generales de los alimentos tabla 12.

Tabla 12. Alimentos suministrados semanalmente, para cada modalidad del PAE

Alimentos suministrados en la semana, para cada modalidad del PAE					
Desayuno vivieres	Cantidad g/cc	Desayuno preparado	Cantidad g/cc	Vaso de leche	Cantidad g/cc
Bebida Chocolatada fría o caliente	220	Refresco de Fruta	200	Leche líquida	200
Sorbete de Fruta	220	Leche líquida saborizada fortificada	200	Leche líquida saborizada fortificada	200
Yogurt	200	Yogurt	200	Yogurt	200
Jugo de Fruta	200	Leche líquida saborizada fortificada	200	Cereal de maíz en hojuelas con vitaminas y minerales.	30
Malteada	200	Hamburguesa de Res	68	Leche Chocolatada	200
Pollo en salsa criolla	70	Pan relleno con crema pastelera	42	Bocadillo relleno de arequipe	20
Croquetas de Zanahoria	42	Pastel hojaldrado de piña	68	Mini croissantt	50
Brazuelo de cerdo en salsa de piña	42	Pandebono con relleno de guayaba	47	Pandebono	25
Hamburguesa de Res	68	Cereal soplado de colores con sabor a frutas	100	Galleta de mantequilla	20
Fruta picada	100	Fruta entera	100	NR	NR
Fruta entera	100	postre	100	NR	NR
Postre	100	Perro	68	NR	NR
Goulash de Carne de Cerdo	80	Croissan de queso cubierto con chocolate	60	NR	NR
Cereal Enriquecido	100	Rollo hojaldrado de jamón y queso	68	NR	NR
Salchipapas	200	Pastel de	47	NR	NR

		arequipe y queso			
Agua de panela con leche	220	Empanada horneada de jamón y queso	68	NR	NR
Café en leche caliente o frío	220	Cereal dulce en hojuelas	100	NR	NR
Arepa de queso	80	Cochinito hojaldrado	50	NR	NR
Arroz con Huevo y Salchicha	200	Cereal tostado con sabor a chocolate dulce	100	NR	NR
Chorizo de ternera sofrito	80	Sánduche	1/2und	NR	NR
Carne de Res desmechada	80	Pastel hojaldrado de fresa y queso	68	NR	NR
Sánduche	80	Almojábana	39	NR	NR
Aborrajado de Maduro	80	Ponqué con sabor a limón	40	NR	NR
Patacón maduro	80	NR	NR	NR	NR
Coladilla para el aborrajado	100	NR	NR	NR	NR
Arroz con leche	100	NR	NR	NR	NR
Galleta de mantequilla o queso	30	NR	NR	NR	NR
Papas a la francesa	80	NR	NR	NR	NR
Papa rellena con Atún	80	NR	NR	NR	NR
Ensalada de Frutas	200	NR	NR	NR	NR
Coladilla para la papa rellena	100	NR	NR	NR	NR
Croissant con queso y margarina	100	NR	NR	NR	NR

Fuente: *Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional. (2015).*

NR: No hay referencia o dato despreciable.

En cada uno de los ciclos del menú se deberá fortificar con la pre-mezcla de minerales los productos especificados, según los parámetros establecidos, así:

- “Fortificación y enriquecimiento de yogurt: Se deberá fortificar con pre mezcla mineral de Calcio Lácteo y Hierro aminoquelado que garantice un aporte final mínimo de 320 mg de calcio y de 2,4 mg de hierro en una porción de 200 cc. de producto terminado”. (Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional 2015).
- Fortificación y enriquecimiento de leche saborizada: “Se deberá fortificar con pre mezcla mineral de Calcio Lácteo y Hierro amino quelado que garantice un aporte final mínimo de 340 mg de calcio y de 2,6 mg de hierro en una porción de 200 cc. de producto terminado” (Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional 2015).
- Fortificación y enriquecimiento de leche natural: “Se deberá fortificar con pre mezcla mineral de Calcio Lácteo y Hierro amino quelado que garantice un aporte final mínimo de 300 mg de calcio y de 2,6 mg de hierro en una porción de 200 cc. de producto terminado”. (Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional 2015).
- Fortificación de refresco de frutas: “Se deberá fortificar con pre mezcla mineral de Calcio Lácteo y Zinc amino quelado que garantice un aporte final mínimo de 100 mg de calcio y de 2 mg de Zinc en una porción de 200 cc de refresco de fruta”. (Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional 2015).

- Fortificación de pulpas de fruta: Se deberá fortificar con pre mezcla mineral de Calcio Lácteo y Zinc amino quelado que garantice un aporte final mínimo de 100 mg de calcio y de 2 mg de Zinc en una porción de 60 gr de pulpa de fruta de producto terminado (Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional 2015).

Micronutrientes relacionados con el desarrollo cognitivo

Los programas de alimentación escolar proporcionan una gran oportunidad para mejorar la salud y el bienestar de los niños a futuro, ya que estos programas alimentarios pueden llegar a casi todos los niños y pueden mejorar el aprendizaje y proporcionar beneficios que mejoran la salud durante los períodos críticos del crecimiento y la maduración, además de poder reducir el riesgo de enfermedades crónicas en la edad adulta (Veugelers & Fitzgerald, 2005).

Nutricionalmente, se tiene referencia epidemiológica que para que exista un desarrollo cognitivo debe haber un equilibrio entre todos los micronutrientes de una alimentación balanceada, por ejemplo vitaminas y minerales, ya que el déficit de éstas puede llevar a enfermedades como osteoporosis en el caso de la deficiencia de calcio, vitamina K, vitamina B12, vitamina B6 o afectaciones cerebrales por la ausencia de tiamina o dermatitis por la deficiencia de niacina; lo que ocasiona enfermedades que afectan la calidad de vida de los niños y por consiguiente un bajo rendimiento en la escuela y dificultades en sus relaciones sociales. Las anteriores, son solo algunas de las muchas vitaminas, minerales y nutrientes que cualquier niño en proceso de crecimiento y de aprendizaje debería consumir. 4 micronutrientes esenciales que deben existir en la dieta diaria de los niños, para que tengan un óptimo desarrollo cognitivo son

el zinc, yodo, hierro y vitamina A. (A. Muñoz - comunicación personal, 22 de abril, 2016).

La deficiencia de micronutrientes, particularmente de zinc, “eleva el riesgo de sufrir de talla baja, mientras que la de otros micronutrientes como el hierro, vitamina A y el yodo afecta el desarrollo cognoscitivo y motor de los niños” (Neufeld, Rubio & Gutiérrez, 2012).

El déficit de hierro es el problema nutricional más frecuente en muchos países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo (afecta la mitad de los niños en los países en vía de desarrollo).

El hierro es un nutriente esencial para el ser humano, forma parte de la hemoglobina (transporte del oxígeno) y de la mioglobina (para almacenamiento del O₂ en el músculo). Forma parte de enzimas para el transporte de electrones para formar energía (ATP), además favorece el sistema inmune y la capacidad de memoria y concentración. “El hierro es un cofactor para la oxidación del combustible y de transporte de electrones, que se requiere para una amplia gama de funciones sistémicas, incluyendo la eritropoyesis, la linfopoyesis y la función de los linfocitos, y síntesis de neurotransmisores” (Chen et al., 2013).

Uno de los problemas más graves causado por el déficit de hierro es la anemia, cerca de dos mil millones de personas en el mundo la padecen, aproximadamente 30 % de la población mundial (Badham, Zimmermann & Kraemer, 2007, citado en Rojas et al., 2013). “La anemia provoca poca resistencia a las infecciones, limitaciones en el

desarrollo psicomotor, problemas en la función cognitiva, bajo rendimiento y fatiga, entre otros, afectando principalmente a los niños” (Rojas et al., 2013)

Varias comorbilidades se han asociado a la deficiencia de hierro, como problemas de desarrollo psicomotor (Chen et al., 2013) y una desventaja académica en los niños debido a que la función cognitiva se incrementa o se disminuye dependiendo de la concentración de hemoglobina (Veugelers et al., 2005).

El déficit de hierro puede ocasionar problemas en la concentración (trastornos de atención e hiperactividad van acompañados frecuentemente de niveles bajos de depósito de hierro), además, de la disminución de neurotransmisores (catecolaminérgicos y ácido gamma- aminobutínico - GABA) “importantes en aprendizaje, memoria, atención y actividad motora” (Otero, Pliego-Rivero, Contreras & Fernández, 2004)

En amplio estudio realizado a 3000 niños con deficiencia de hierro, encontraron una alta tasa de depresión, trastorno bipolar, trastorno de ansiedad, trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), tics, retraso en el desarrollo, y retraso mental (Chen et al., 2013).

Recomendación para la ingesta diaria de hierro según la Resolución 333 de 2011 del Ministerio de Protección Social de Colombia:

Niños mayores de 6 meses y menores de 4 años: 12 mg/día

Niños mayores de 4 años y adultos: 18 mg/día

El zinc es un oligoelemento de gran importancia para el desarrollo humano tanto prenatal como postnatal. Sus funciones más reconocidas que tienen que ver con el crecimiento y el desarrollo se relacionan con la síntesis de ARN y ADN, elementos que se consideran críticos para el crecimiento celular, la diferenciación y el metabolismo (Black, 1998).

La deficiencia de zinc puede afectar el desarrollo cognitivo, y provocar un déficit de la atención, de la actividad del niño y de su desarrollo neurofisiológico. El zinc es esencial para la neurogénesis, la migración neuronal y la sinaptogénesis, y su deficiencia puede interferir con la neurotransmisión y el comportamiento neurofisiológico (Black, 1998). La estructura y función del cerebro se ve afectada por el déficit de Zinc y su deficiencia puede alterar el desarrollo cognitivo por disminución de atención y actividad motora (Cuajungco & Lees, 1997).

En estudios realizados en China, la suplementación con Zinc (20 mg/día) en niños provenientes de familias de bajos ingresos, mejoró aspectos cognitivos tales como la atención, la percepción, el razonamiento y la función psico-motora (Rev Cubana Salud Pública, 2004).

Recomendación de ingesta diaria de zinc, según la Resolución 333 de 2011 del Ministerio de Protección Social de Colombia:

Niños mayores de 6 meses y menores de 4 años: 3 mg/día

Niños mayores de 4 años y adultos: 15 mg/día

“El déficit de yodo, constituye un problema de salud en más de 100 países, aproximadamente 740 millones de personas padecen de desórdenes por déficit de yodo en el mundo” según lo indica la Organización Mundial de la Salud, se calcula que el 10% de la población mundial padece de bocio por déficit de yodo y cerca de 40 millones de personas padecen de diversos grados de afectación del aprendizaje por su déficit (Instituto Nacional Endocrinología, 2001).

En estudios realizados en África, los niños con aumento de las concentraciones de yodo urinario que habían sido suplementados con este micronutriente, tuvieron el mayor incremento del rendimiento escolar, reflejando el efecto de la mejoría del estatus de yodo en la esfera cognitiva (Van Den Briel et al., 2000).

Necesidades diarias de yodo según la Resolución 333 de 2011 del Ministerio de Protección Social de Colombia:

Niños mayores de 6 meses y menores de 4 años: 110 microgramos

Niños mayores de 4 años y adultos: 150 microgramos

El déficit de vitamina A contribuye a la alta tasa de morbilidad de enfermedades respiratorias y diarreas que son factores condicionantes de la mortalidad en lactantes y preescolares. La vitamina A tiene una relación positiva con la memoria y el aprendizaje. El ácido retinoico y el retinol son formas de vitamina A, que regulan la expresión de muchas proteínas neuronales, por lo que se plantea que influencia en el funcionamiento del cerebro, promoviendo la diferenciación neuronal (Braier, 2000). Una de las principales funciones del retinol es sobre la visión: actúa en la oscuridad, para distinguir colores. Cuando hay carencia de retinol se afecta la estructura del ojo, si la carencia se

agrava mucho, puede hablarse de ablandamiento de la córnea y finalmente, de perforación (queratosquisis). La visión ocular se pierde definitivamente, lo que ocasiona problemas de aprendizaje (Braier, 2000).

Necesidades diarias de vitamina A, según la Resolución 333 de 2011 del Ministerio de Protección Social de Colombia:

Niños mayores de 6 meses y menores de 4 años: 1332 UI

Niños mayores de 4 años y adultos: 5000 UI

Estos 4 micronutrientes se encuentra directamente relacionados con el desarrollo cognitivo de los niños. Por lo que indica que la alimentación de los programas escolares debe contener estos micronutrientes para garantizar el aprendizaje de los niños en el país.

Los alimentos del programa de alimentación escolar en las modalidades de desayuno y algo preparado , así como vaso de leche , no cuentan con la cantidad requerida de zinc, hierro, vitamina A y yodo ,para un óptimo desarrollo cognitivo de los niños .

Requerimientos de DHA y EPA según estamentos relacionados con la salud y la alimentación

La resolución 333 de 2011 del Ministerio de Protección Social de Colombia, en capítulo V, artículo 17 dice que “para considerar un alimento alto en ácidos grasos omega-3: por 100 g y por 100 Kcal, el alimento debe contener al menos 0.6 g de ácido

alfa linolénico o al menos 80 mg de la suma de EPA y DHA”, ya que se requiere más cantidad de alfa linolénico para que aporte una ingesta adecuada de DHA y EPA.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda la ingesta aproximada de 400 - 1000 mg semanales en adultos y mujeres gestantes (Durán, Aguilar, Villanueva, Castillo, & Barrios, 2014).

El Instituto de Medicina de los Estados Unidos (IOM; siglas en inglés) “recomienda un rango de 0,6-1,2% de la dieta diaria para los ácidos grasos omega 3” (AGO3) (Durán, Aguilar, Villanueva, Castillo, & Barrios, 2014).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) publica en el año 2010, que la ingesta alimentaria recomendada de EPA + DHA, con el objetivo de prevenir enfermedades crónicas (ajustada a la edad) es de: “100-150 mg/día para 2-4 años 150-200 mg/día para 4-6 años y 200-300 mg/día para 6-10 años. Los niños con edades comprendidas entre los 2 y los 18 años podrían consumir pescado rico en grasa, al menos dos veces a la semana”.

Requerimientos diarios de DHA y EPA para un posible efecto benéfico en el desarrollo cognitivo de los niños

Los estudios realizados en diferentes investigaciones demuestran beneficios a nivel cognitivo (tabla 8) con la ingesta recomendada de DHA y EPA. Los resultados de la investigación realizada por Sinn et al. (2011), revelaron que los niños suplementados con 558 mg de EPA y 174 mg DHA/día por 12 semanas, tuvieron una mejor respuesta a pruebas relacionadas con la lectura y ortografía, además de mejorías en el aprendizaje;

sin embargo, los investigadores consideran que estos beneficios se pueden deber a una correlación de varios factores sociales positivos para los infantes.

En la investigación realizada por Kennedy et al. (2009) se encontró que en los niños suplementados con 400 mg/día de DHA se obtuvieron mejores respuestas a nivel de aprendizaje en cuanto a reconocimiento de palabras.

Al analizar la tabla 8 se puede observar que los autores realizaron los estudios con diferentes dosis de DHA y EPA. La cantidad de estos ácidos grasos es importante para obtener los beneficios esperados, ya que como ha sido demostrado en diversas investigaciones, el efecto es directamente proporcional a la dosis y la dosis incrementa la presencia de oxígeno en sangre (McNamara et al., 2010). Sólo en el estudio realizado por Wilson et al. (2007) se utilizó un suplemento con mezcla de ácidos grasos omega-3, relativamente bajo, pues se usó 88 mg DHA y 22 mg EPA / día durante 12 semanas, en niños de Australia e Indonesia. En esta investigación se obtuvieron resultados positivos para los niños de Australia en cuanto a aprendizaje verbal y memoria, pero no hubo una respuesta positiva en cuanto a inteligencia. Para los niños de Indonesia, sólo se obtuvo resultados positivos para las niñas, en aprendizaje verbal.

También en la tabla 8 se encuentran diferencias con relación al tiempo de tratamiento. En el estudio realizado por Milte et al. (2012), se suplementó durante 30 semanas con DHA y EPA, arrojando resultados positivos en niños con problemas de aprendizaje con respecto a mejoría en lectura, ortografía y mayor capacidad de concentración, y en los estudios realizados por Kennedy y McNamara, el suplemento fue sólo de 8 semanas, con resultados en una mejor concentración para el momento de

hacer actividades que implicaran destrezas mentales; con lo que se podría decir que para que exista un posible efecto en el desarrollo cognitivo, el tiempo mínimo de suplementación con DHA y EPA en los niños debe ser de 8 semanas.

En términos generales, y según investigaciones realizadas, se puede considerar que para que exista un posible efecto benéfico para el desarrollo cognitivo de los niños en edades comprendidas entre 3 y 14 años, la ingesta del EPA y DHA debería ser entre 400 y 800 mg/día; teniendo en cuenta que la suplementación debe incluir aspectos tanto culturales como fisiológicos, Índice de Masa Corporal (IMC) y edad, como lo indica Portillo et al. (2014). Además, tener un equilibrio con la ingesta de calorías al momento de la suplementación, ya que puede ocasionar un desequilibrio energético y con ello traer problemas de sobrepeso, como lo indica la Resolución 333 de 2011 del Ministerio de Protección Social de Colombia.

Análisis del contenido de nutrientes esenciales de los alimentos del Programa de Alimentación Escolar de Medellín

En la tablas 13 y 14 se relacionan los alimentos brindados en los programas de alimentación escolar y su contenido de nutrientes esenciales.

Los valores referencia de cada alimento se tomaron de acuerdo a lo establecido por la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos del 2005, del Instituto Colombiano de bienestar familiar (ICBF) ; lista de intercambio de la Facultad de Nutrición y Dietética de la universidad de Antioquia versión 2013 y la tabla de Composición de Alimentos del Centro de Atención Nutricional, Medellín, 2008 , además de dos revisión bibliográficas para el contenido de yodo en algunos alimentos como lo

fueron; la Importancia del yodo en nutrición humana y en la práctica clínica por Gascón, Berruezo, Castón, & Graciá (2006) y un trabajo realizado por farrell en el 2013 titulado “Aumentar el contenido de nutrientes de los huevos de gallina para mejorar la salud humana”.

Como el objetivo de este trabajo no era investigar la relación del zinc, hierro, yodo y vitamina A con el desarrollo de las capacidades cognitivas en los niños, no se tiene la bibliografía suficiente para considerar dosis mínima de ingesta que tenga un posible efecto en estos aspectos. Por lo tanto, para el análisis del aporte de éstos en el Programa de Alimentación Escolar, se tiene en cuenta la ingesta mínima diaria estipulada por la Resolución 333 de 2011 del Ministerio de Protección Social de Colombia.

Tabla 13. Alimentos suministrados en el Programa de Alimentación Escolar (PAE) y contenido de nutrientes esenciales

Alimentos	Nutrientes recomendados para un posible efecto en el desarrollo cognitivo				
	mg de Hierro en 100g de alimento comestible	mg de zinc en 100g de alimento comestible	µg de yodo en 100g de alimento comestible	VITAMINA A (UI de retinol) en 100g de alimento comestible	mg de DHA y EPA en 100g de alimento comestible
Leche	0,2	0,7	17	103,333	0,1 PUFAs
Yogurt	0,2	1,18	Nr	100	Nr
Cereales	3,30	4,50	25	Nr	Nr
Carne de res desmechada	2,40	4,3	3	Nr	0,2
Pollo en salsa	1,80	Nr	Nr	Nr	1,8 PUFAs
pan	4,22	Nr	0,8	Nr	1,36 PUFAs
Bocadillo	0,4	Nr	Nr	4	Nr
Brazuelo de cerdo	0,51	Nr	Nr	Nr	Nr
Carne de cerdo	1,84	1,83	Nr	3,333	0,7 PUFAs
Queso	1,0	2,87	Nr	1016,666	1,7 PUFAs
Galleta de mantequilla	1,04	Nr	Nr	Nr	Nr
Huevo	2,70	1,0	38	636,363	1,36 PUFAs
Salchicha	1,2	Nr	Nr	Nr	Nr
Chorizo	2,10	Nr	Nr	Nr	Nr
Papa rellena de atún	0,77	0,68	Nr	Nr	0.5
Chocolate	2,20	1,7	Nr	30	Nr
Cereal enriquecido	2,46	4,50	Nr	Nr	Nr
Leche fortificada	2,4	0,7	Nr	200	0,1 PUFAs

ER=Equivalente de Retinol Nr=No hay referencia o dato despreciable
PUFAs = ácidos grasos poliinsaturados

Fuente: Lista de intercambio de la Facultad de Nutrición y Dietética de la universidad de Antioquia versión 2013, Gascón, Berruezo, Castón, & Graciá (2006) Importancia del yodo en nutrición humana y en la práctica clínica, Farrell,. (2013) Aumentar el contenido de nutrientes de los huevos de gallina para mejorar la salud humana, Tabla de Composición de Alimentos Colombianos del 2005 y tabla de Composición de Alimentos del Centro de Atención Nutricional, Medellín, 2008.

Tabla 14. Nutrientes esenciales en frutas suministradas por el PAE

Frutas	Nutrientes esenciales (1 UNIDAD)				
	DHA y EPA	mg HIERRO	mg ZINC	µg YODO	Vitamina A (UI de retinol)
Naranja	Nr	0,10	0,10	Nr	100
Mandarina	Nr	0,20	0,25	Nr	350
Banano	Nr	0,20	0,10	Nr	16,666
Papaya	Nr	0,23	0,09	Nr	120
mango	Nr	0,10	0,04	Nr	1296,666
granadilla	Nr	0,93	0,79	Nr	Nr
Manzana	Nr	0,80	0,04	Nr	20

Fuente: lista de intercambio de la Facultad de Nutrición y Dietética de la universidad de Antioquia versión 2013.

Nr: No hay referencia o dato despreciable.

Tabla 15. Necesidades diarias de nutrientes

Necesidades diarias		
Nutriente	Niños entre 6 meses y 4 años	Niños mayores de 4 años y adultos
Hierro	12 mg	18 mg/día
Zinc	3 mg	15 mg/día
Yodo	110 microgramos	150 microgramos
Vitamina A	1332 UI	5000 UI
DHA y EPA	Nr	(400-800) mg/día

Fuente: Resolución 333 de 2011 del Ministerio de Protección Social de Colombia y revisiones bibliográficas.

Nr: No hay referencia o dato despreciable.

De acuerdo a lo descrito en la tablas 13 y 14, y tomando como valores referencia los resultados obtenidos de las revisiones bibliográficas para el DHA y EPA, en cuanto a la ingesta recomendada para un efecto en el desarrollo cognitivo en los niños; además, considerando los valores diarios de referencia de nutrientes establecidos en la Resolución 333 de 2011 del Ministerio de Protección Social de Colombia para hierro, zinc, yodo y vitamina A, como se muestra en la tabla 15; se puede decir que los alimentos que brinda el Programa de Alimentación Escolar en todas sus modalidades no son suficientes para garantizar una posible mejoría en las habilidades cognitivas de los niños, considerando además que la mayoría de éstos no contienen DHA y EPA.

El alimento que presentó concentración alta de DHA y EPA fue la papa rellena con atún, con un contenido de 0,5 mg por cada 100 g de ésta. Aun así, con esta cantidad no se tiene suficiente certeza de que pueda ayudar a un posible efecto en las habilidades cognitivas, pues según la mayoría de investigaciones el consumo debe ser

mínimo de 400 mg/día. Otro aspecto, es que este alimento sólo se ofrece algunos días en las modalidades de desayuno víveres y almuerzo víveres, con una cobertura de 85.275 niños de los 292.207 beneficiados del Programa de Alimentación Escolar. Las demás modalidades como vaso de leche y desayuno preparado no ofrecen este tipo de alimentos, de origen marino, que son en los que se encuentra más contenido de DHA y EPA.

Según Carrero et al 2005 y Connor 1991 citado en Nasiff & Meriño, 2003, las especies más ricas en ácidos grasos omega 3 (DHA y EPA) son los pescados de aguas profundas llamados pescados de carne azul, por cada 100 g de pescado crudo se tiene:

Sardina 3,3 g, Macarela 2,6 g, Arenque 1,6 g, Anchoa 1,4 g, Salmón 1,4 g Sable 1,4 g.

Los concentrados de aceites de pescado con mayor contenido en EPA/DHA por cada 100g de aceite son: Promega 44,2 g, MaxEPA29, 4 g, Aceite de salmón 19,9 g Aceite de hígado de bacalao 18,5 g, Aceite de arenque 11,4.9g.

El consumo de pescado en Colombia es de 6,7 kilos al año, siendo poco comparado con otros países como España de 38 kilos por persona y en Japón de 54 kilos por persona, según la Autoridad Nacional de Pesca y Acuicultura (Aunap) lo que hace que las fuentes de DHA y EPA sean limitadas.

Sumado a esto que en Colombia existe un gran daño ambiental causado por la minería extensiva que afecta los ríos donde los peces presentan concentraciones de metales pesados como cadmio, cobre, plomo y zinc que afectan severamente a los que

lo consumen, ya que los metales pesados han constituido en uno de los elementos de contaminación más importantes con efectos sobre la salud alterando las funciones del sistema nervioso (Mancera, Rodríguez & Álvarez ,2006).

Otros alimentos como el queso, pollo, pan, leche y carne de cerdo, presentan contenidos de ácidos grasos poliinsaturados en concentraciones menores, muy por debajo de lo que establece la FAO para la prevención de enfermedades, y estas cantidades por lo tanto no serían suficientes para una posible mejora en las habilidades cognitivas. Hay que tener en cuenta además, que algunos de estos alimentos como la carne de cerdo y de pollo, sólo se ofrecen en dos de las cuatro modalidades del programa de alimentación escolar.

De los alimentos del Programa de Alimentación Escolar en sus diferentes modalidades, sólo algunos como Pollo, Pan, Carne de cerdo, Huevo, Cereal enriquecido, Chocolate, Leche fortificada; son buena fuente de hierro, al ser el contenido de éste mayor al 10% de la ingesta recomendada diaria.

Alimentos como: Yogurt, Cereales, Carne de res, Queso y Chocolate, son buena fuente de zinc, al ser el contenido de éste mayor al 10% de la ingesta mínima recomendada.

Las exigencias de Yodo son mínimas, sólo de 110 a 150 microgramos/día y se puede cubrir fácilmente, alimentos como: Leche, cereales y huevo cocido, son buena fuente de yodo, al ser el contenido de este mayor al 10 % de la ingesta mínima recomendada.

Los alimentos proporcionados por el Programa de Alimentación Escolar no son considerados como alimentos con alto contenido de vitamina A, a excepción de alimentos como: queso, huevo cocido y mango, que son buena fuente de vitamina A.

Es claro que estos alimentos brindados por los programas alimentarios sólo son un complemento de la ingesta que el niño requiere diariamente, el otro porcentaje de los requerimientos diarios se deben dar en el hogar. Aun así los programas alimentarios deben suplir gran parte de los requerimientos exigidos para un efecto benéfico, con un mayor desenvolvimiento en las actividades escolares.

No se trata de dar grandes porciones para cumplir la ingesta recomendada, sino de aportar los requerimientos diarios con alimentos fortificados o enriquecidos con los nutrientes necesarios en las cantidades estipuladas; para que ayuden en el desarrollo cognitivo. Si se proporciona grandes cantidades de alimento, no sólo se están consumiendo los micronutrientes deseados sino también macronutrientes que pueden ocasionar problemas de sobrepeso en los niños y posteriores problemas para salud.

Los alimentos que brinda el programa de alimentación escolar en sus modalidades desayuno preparado y vaso de leche aportan cantidades significativas de carbohidratos, que pueden contribuir a problemas de sobrepeso, según la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN) 2010 uno de cada 6 niños presenta problemas de sobre peso en Colombia y el 17% de los jóvenes de Medellín entre los 5 y 18 tiene sobre peso (ALCALDÍA, 2010).

Fuentes de DHA y EPA, como posibilidades de consumo de estos ácidos grasos

La fuente más importante de AGPI n-3 en forma de DHA y EPA es, sin duda, el pescado. Pocos aceites vegetales aportan una cantidad significativa, aunque las hortalizas de hoja verde, los cereales, las nueces, la soja, y otras semillas, pueden contribuir a aumentar la ingesta de forma natural (Castro González, 2002).

Algunos alimentos han sido enriquecidos o fortificados con ácidos grasos, configurando un tipo de alimentos funcionales.

Como lo son:

Aceites y grasas enriquecidas con un contenido 528 mg/100 g de EPA y DHA, Galletas donde algunas marcas comercial declaran en sus etiquetas 185 mg/100 g de DHA y EPA, Aceitunas rellenas enriquecidas en Omega-3, cerca de 99mg/100g y Bebida de soja enriquecidos en Omega-3 con un contenido de 44 mg/100 ml (de la Iglesia, 2011)

También, a partir de la alimentación de gallinas con DHA se han obtenido huevos que aportan por unidad, alrededor de 150 mg de este AGPI, aunque esto están muy propensos al fraude como el caso de Coren y Matines quienes incumplieron con la declaración que hacían en las etiquetas. En los de Matines la irregularidad es más grave, ya que los analizados (etiquetados como enriquecidos) eran huevos convencionales, no enriquecidos. La muestra de Coren ofrecía 245 mg/100 g de grasas DHA cuando indicaba en su etiqueta 300 mg/100, un 18% más. En Matines, la cantidad de DHA fue (lógicamente) muy inferior a la indicada: 36 mg/100 g, cuando declara 280 mg/100 g.

Otro ejemplo lo constituyen las leches adicionadas con omega-3 tabla 6.

La fortificación y enriquecimiento con DHA y EPA sigue siendo un gran reto para la investigación ya que los omega 3 al ser muy insaturados tiende a ser muy inestables y propensos a la oxidación lipídica causando malos sabores y olores.

Lo que hace que sea necesario pensarse nuevos envases y materiales de empaque capaces de contrarrestar la oxidación y hacer más larga la vida útil de los alimentos

Conclusiones

Los ácidos grasos esenciales DHA y EPA se asocian positivamente con la mejoría de las habilidades cognitivas de los niños en edad escolar. Los niños que tuvieron ingesta de estos ácidos grasos esenciales durante los tratamientos analizados en las revisiones bibliográficas, mostraron mejores resultados en el aprendizaje, así como mejorías en el comportamiento; teniendo en cuenta que hay otros factores que influyen en los aspectos anteriores, como el entorno social y ambiental que los rodea.

Los estudios analizados demuestran que a ingestas superiores de 400 mg/día de DHA y EPA se obtienen resultados positivos en los niños, en pruebas de comprensión oral y vocabulario. En general, en las investigaciones analizadas se manejan promedios de ingestas de 400 a 800 mg/día, sólo dos de estos estudios suplementaron en sus pruebas con ingestas menores de 100 mg /día. Aun así, estas pruebas también arrojaron resultados positivos, aunque no se pueden tomar éstos como punto de partida, puesto que no se tienen más evidencias de suplementación con estos porcentajes. Por lo tanto, se puede concluir que para que exista un posible efecto de beneficio en las habilidades cognitivas, las ingestas recomendadas se deben manejar entre 400 a 800 mg/día.

El Programa de Alimentación Escolar (PAE) tiene un impacto importante en la población infantil y juvenil, con una amplia cobertura en los colegios oficiales de Medellín. Estos programas son ejecutados solamente durante el calendario académico escolar, lo que no garantiza que se solucione algunos problemas nutricionales evidenciados de los jóvenes de la ciudad. Además, la mayoría de los alimentos

proporcionados no cubren las ingestas requeridas de nutrientes esenciales para una mejoría en el desarrollo de las habilidades cognitivas.

Se tiene referencia que una alimentación balanceada proporciona los nutrientes requeridos para obtener una salud adecuada de las personas, los niños requieren micronutrientes específicos para un óptimo desarrollo cognitivo, algunos de estos son el zinc, hierro, vitamina A y yodo, con ingestas específicas para cada uno. No todos los alimentos de las modalidades de los programas de alimentación escolar brindan estos micronutrientes esenciales con la ingesta requerida, lo que hace que sea importante que la alimentación en el hogar logre cubrir estos requerimientos.

Se puede observar que no todos los niños beneficiados con el complemento alimentario del programa de alimentación reciben los mismos alimentos, sino que todo se encuentra sujeto a las infraestructuras que brindan los establecimientos educativos para determinar si es restaurante (desayuno vivieres o almuerzo vivieres) o alimentos preparados (desayuno preparado o vaso de leche). Infraestructura que establecimientos educativos de estratos socioeconómicos bajos no tienen, ya que no hay suficiente espacio para la construcción de un restaurante escolar (desayuno vivieres o almuerzo vivieres), lo que hace que muchos niños que viven en estratos sociales con dificultades económicas, se priven de consumir alimentos que puedan mejorar sus capacidades cognitivas.

Sería de suma importancia suplementar con ácidos grasos esenciales DHA y EPA los alimentos del programa de alimentación escolar (PAE) en todas sus modalidades, para obtener mejorías en el desarrollo cognitivo de los niños y jóvenes de

Medellín, ya que la mayoría de los beneficiarios del programa de alimentación escolar son niños de un núcleo familiar de bajos ingresos económicos que no tienen como acceder a estos alimentos fortificados con los omega 3

Referencias

- Adams, P. B., Lawson, S., Sanigorski, A., & Sinclair, A. J., (1996). Arachidonic acid to eicosapentaenoic acid ratio in blood correlates positively with clinical symptoms of depression. *Lipids*, 31(1), S157-S161.
- Alberts, B., & Bray, D. (2006). Introducción a la biología celular. *Ed Médica Panamericana*.
- Alcaldía de Medellín. (2010). Caracterización de la Seguridad Alimentaria y Nutricional de los hogares del municipio de Medellín a través perfil alimentario y nutricional Medellín 2010. recuperado de https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/subportaldelciudadano_2/plandesarrollo_0_15/informaciongeneral/shared%20content/documentos/instrumentos/ps/PLAN_SEGURIDAD_ALIMENTARIA_2016-2028.pdf
- Badham J, Zimmermann M., & Kraemer, K. (2007). Guía sobre anemia nutricional. In guía sobre anemia nutricional. *Sight and Life*.
- Badui Dergal, S., Valdés Martínez, S. E., & Cejudo Gómez, H. (2006). *Química de los alimentos*. ciudad de México: Pearson educación.
- Bang, H. O., Dyerberg, J., & Nielsen, A. B. (1986). Plasma lipid and lipoprotein pattern in Greenlandic west-coast Eskimos. *Nutrition Reviews*, 44(4), 143-146.
- Bazan, N. G., Molina, M. F., & Gordon, W. C. (2011). Docosahexaenoic acid signalolipidomics in nutrition: significance in aging, neuroinflammation, macular degeneration, Alzheimer's, and other neurodegenerative diseases. *Annual review of nutrition*, 31, 321.
- Birleson, P., Sawyer, M., & Storm, V. (2000). The mental health of young people in Australia: Child and adolescent component of the national survey a commentary. *Australasian Psychiatry*, 8(4), 358-362.
- Black, M. M. (1998). Zinc deficiency and child development. *The American journal of clinical nutrition*, 68(2), 464S-469S
- Boucher, O., Burden, M. J., Muckle, G., Saint-Amour, D., Ayotte, P., Dewailly, E., & Jacobson, J. L. (2011). Neurophysiologic and neurobehavioral evidence of beneficial effects of prenatal omega-3 fatty acid intake on memory function at school age. *The American journal of clinical nutrition*, 93(5), 1025-1037
- Braier, L. O. (2000). Desnutrición infantil y aprendizaje escolar. *La Educación*, (134-135), 101.

- Branca, F. (2006). Nutritional solutions to major health problems of preschool children: How to optimise growth and development. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 3(43 Suppl.), S4–S7
- Brenna, J. T., Salem, N., Sinclair, A. J., & Cunnane, S. C. (2009). A-Linolenic acid supplementation and conversion to n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in humans. *Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids*, 80(2), 85-91
- Burgess, J. R., Stevens, L., Zhang, W., & Peck, L. (2000). Long-chain polyunsaturated fatty acids in children with attention-deficit hyperactivity disorder. *The American journal of clinical nutrition*, 71(1), 327S-330S
- Casey, B. J., Giedd, J. N., & Thomas, K. M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological psychology*, 54(1), 241-257.
- Carrero, J. J., Martín-Bautista, E., Baró, L., Fonollá, J., Jiménez, J., Boza, J. J., & López-Huertas, E. (2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutrición Hospitalaria*, 20(1), 63-69.
- Carrillo, L. M., Serra, J. D., Martínez, J. R., Alberich, R. S., & Jiménez, F. P. (2011). Grasas de la dieta y salud cardiovascular. *Atención primaria: Publicación oficial de la Sociedad Española de Familia y Comunitaria*, 43(3), 157.
- Castro González, M. I. (2002). Ácidos grasos omega-3: beneficios y Fuentes. *Interciencia*, 27(3), 128-136.
- Chalon, S., Vancassel, S., Zimmer, L., Guilloteau, D., & Durand, G. (2001). Polyunsaturated fatty acids and cerebral function: focus on monoaminergic neurotransmission. *Lipids*, 36(9), 937-944
- Chen, M. H., Su, T. P., Chen, Y. S., Hsu, J. W., Huang, K. L., Chang, W. H.,... & Bai, Y. M. (2013). Association between psychiatric disorders and iron deficiency anemia among children and adolescents: a nationwide population-based study. *BMC psychiatry*, 13(1).
- Chugani, H. T. (1998). Biological basis of emotions: Brain systems and brain development. *Pediatrics*, 102(Supplement E1), 1225-1229.
- Chung, M. K. (2008). Omega-3 fatty acid supplementation for the prevention of arrhythmias. *Current treatment options in cardiovascular medicine*, 10(5), 398-407.
- Colombo, J. (2001). Recent advances in infant cognition: implications for long-chain polyunsaturated fatty acid supplementation studies. *Lipids*, 36(9), 919-926.

- Colandré, M. E., Diez, R. S., & Bernal, C. A. (2003). Metabolic effects of Trans fatty acids on an experimental dietary model. , *British Journal of Nutrition* 89(05), 631-638.
- Connor, W. E. (1991). N-3 fatty acids: Effects on the plasma lipids and lipoproteins and on Neural Development. *Atherosclerosis Reviews*, 23, 191-220.
- Cooper GM, Hausman RE.(2008) *La célula*. 4a ed. Madrid: Marbán
- Cornejo Espinoza, V., Concha, M., Raimann Ballas, E., & Cabello, J. F. (2005). Composición lipídica de la dieta de niños fenilquetonúricos diagnosticados precozmente. *ALAN* ,55(4) ,332-5.
- Cortés, E., Hidalgo, M. J., Rizo-Baeza, M. M., Aguilar, M. J., & Gil, V. (2013). Índice elevado de ácidos grasos omega 6/omega 3 en niños con neuropatías causa o efecto. *Nutrición Hospitalaria*, 28(4), 1165-1170.
- Cuajungco, M. P., & Lees, G. J. (1997). Zinc metabolism in the brain: relevance to human neurodegenerative disorders. *Neurobiology of disease*, 4(3), 137-169.
- Dalton, A., Wolmarans, P., Witthuhn, R. C., van Stuijvenberg, M. E., Swanevelder, S. A., & Smuts, C. M. (2009). A randomised control trial in schoolchildren showed improvement in cognitive function after consuming a bread spread, containing fish flour from a marine source. *Prostaglandins, leukotrienes and essential fatty acids*, 80(2), 143-149.
- Dangardt, F., Osika, W., Chen, Y., Nilsson, U., Gan, L. M., Gronowitz, E., & Friberg, P. (2010). Omega-3 fatty acid supplementation improves vascular function and reduces inflammation in obese adolescents. *Atherosclerosis*,212(2), 580-585.
- Daza, C. H. (1997). Nutrición infantil y rendimiento escolar. *Colombia Médica*, 28(2), 92-98.
- De la Iglesia, P. (2011). *Los Aceites Omega 3*. Recuperado de <http://www.infobae.com/2011/10/13/611016-los-beneficios—cardiovasculares-los-omega-3/>
- Del Giudice, E., Grossi, D., Angelini, R., Crisanti, A. F., Latte, F., Fragassi, N. A., & Trojano, L. (2000). Spatial cognition in children. I. Development of drawing-related (visuospatial and constructional) abilities in preschool and early school years. *Brain and development*, 22(6), 362-367.
- Drabick, D. A., Gadow, K. D., & Sprafkin, J. (2006). Co-occurrence of conduct disorder and depression in a clinic based sample of boys with ADHD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 47(8), 766-774.

- Durán, A., Aguilar, T., Villanueva, I.C. Castillo, P. & Barrios de Tomasi, J. (2014) The intake of omega-3 fatty acids improve cognitive skills of healthy CHILDREN. *División de Ciencias de la Salud*. Universidad de Quintana Roo. México.
- El-Ansary, A. K., Bacha, A. G., & Al-Ayahdi, L. Y. (2011). Impaired plasma phospholipids and relative amounts of essential polyunsaturated fatty acids in autistic patients from Saudi Arabia. *Lipids Health Dis*, 10, 63.
- Farrell, D. (2013). Aumentar el contenido de nutrientes de los huevos de gallina para mejorar la salud humana. *Función de las aves de corral en la nutrición humana*, 7.
- Fontani, G., Corradeschi, F., Felici, A., Alfatti, F., Migliorini, S., & Lodi, L. (2005). Cognitive and physiological effects of Omega3 polyunsaturated fatty acid supplementation in healthy subjects. *European journal of clinical investigation*, 35(11), 691-699.
- Foreman, N. P., Arber, M., & Savage, J. (1984). Spatial memory in preschool infants. *Developmental Psychobiology*, 17(2), 129-137.
- Fuster, J. M. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of neurocytology*, 31(3-5), 373-385.
- Gascón, L. M., Berruezo, G. R., Castón, M. P., & Graciá, C. M. (2006). Importancia del yodo en nutrición humana y en la práctica clínica. *Alimentación nutrición y salud*, 13(2), 53.
- Gibson, R. A., & Makrides, M. (2000). n- 3 Polyunsaturated fatty acid requirements of term infants. *The American journal of clinical nutrition*, 71(1), 251s-255s.
- Giedd, J. N., Vaituzis, A. C., Hamburger, S. D., Lange, N., Rajapakse, J. C., Kaysen, D., ... & Rapoport, J. L. (1996). Quantitative MRI of the temporal lobe, amygdala, and hippocampus in normal human development: ages 4-18 years. *Journal of comparative neurology*, 336(2), 223-230.
- Giedd, J. N., Blumenthal, J., Jeffries, N. O., Castellanos, F. X., Liu, H., Zijdenbos, A., ... & Rapoport, J. L. (1999). Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nature neuroscience*, 2(10), 861-863
- Gil Hernández, Á., & Sánchez de Medina Contreras, F. (2010). Tratado de nutrición. *Médica Panamericana*. (No. 612.39).

- Grantham-McGregor, S., Cheung, Y. B., Cueto, S., Glewwe, P., Richter, L., & Strupp, B. (2007). Developmental potential in the first 5 years for children in developing countries. *Lancet*, 369(9555), 60–70
- Gómez-Pérez, E., Ostrosky-Solís, F., & Próspero-García, O. (2003). Desarrollo de la atención, la memoria y los procesos inhibitorios: relación temporal con la maduración de la estructura y función cerebral. *Revista de neurología*, 37(6), 561-567.
- Goulet, O., Lebenthal, E., Branski, D., Martin, A., Antoine, J. M., & Jones, P. J. (2006). Nutritional solutions to major health problems of preschool children: how to optimise growth and development. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 43, S1-S3.
- Guías Colombianas de Cardiología (2009). Qué debe saber un médico sobre los ácidos grasos omega-3. *Revista colombiana de Cardiología*. Editor: Jorge León Galindo. Volumen16 (Suplemento 1), 0120-5633.
- Hallowell, E. M., Hutchins, H. L., & Sears, B. (2007). Effects of an open-label pilot study with high-dose EPA/DHA concentrates on plasma phospholipids and behavior in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Nutrition Journal*, 616-8. Doi: 10.1186/1475-2891-6-16
- Hashimoto, M., Shahdat, H. M., & Katakura, M. (2011). Docosahexaenoic Acid and Cognitive Dysfunction. *In Handbook of Behavior, Food and Nutrition* (pp. 1797-1813). Springer New York
- Helland, I. B., Smith, L., Blomén, B., Saarem, K., Saugstad, O. D., & Drevon, C. A. (2008). Effect of supplementing pregnant and lactating mothers with n-3 very-long-chain fatty acids on children's IQ and body mass index at 7 years of age. *Pediatrics*, 122(2), e472-e479.
- Hernández, P. J. R. (2015). Omega 3 y neuro desarrollo. *Canarias pediátrica*, 39(2), 99-102.
- Herranz, J. L., & Argumosa, A. (2000). Trastorno con déficit de atención e hiperactividad. *bol Pediatr*, 40(172), 88-92.
- Innis, S. M. (2007). Dietary (n-3) fatty acids and brain development. *The Journal of nutrition*, 137(4), 855-859.
- Instituto colombiano de bienestar familiar. (2005). Diagnóstico de programas alimentarios Colombia. Bogotá: ICBF. Recuperado de [hpp/www.icbf.gov.co](http://www.icbf.gov.co)
- Instituto Nacional de Endocrinología (2001). Desórdenes por deficiencia de Yodo. Cuba.

Jacques, C., Levy, E., Muckle, G., Jacobson, S. W., Bastien, C., Dewailly, É. & Saint-Amour, D. (2011). Long-term effects of prenatal omega-3 fatty acid intake on visual function in school-age children. *The Journal of pediatrics*, 158(1), 83-90

J.Londoño, comunicación personal, 9 de octubre, 2015

Johnson, M., Ostlund, S., Fransson, G., Kadesjo, B. & Gillberg, Ch. (2009). Omega-3/Omega-6 fatty acids for Attention Deficit Hiperactivity Disorder: A randomized placebo-controlled trial in children and adolescents. *Journal of attention Disorders*. 12 (5), 394-401.

Kean, J. D., Camfield, D., Sarris, J., Kras, M., Silberstein, R., Scholey, A., & Stough, C. (2013). A randomized controlled trial investigating the effects of PCSO-524®, a patented oil extract of the New Zealand green lipped mussel (*Perna canaliculus*), on the behaviour, mood, cognition and neurophysiology of children and adolescents (aged 6–14 years) experiencing clinical and sub-clinical levels of hyperactivity and inattention: study protocol ACTRN12610000978066. *Nutrition journal*, 12(1), 100.23.

Kennedy, D. O., Jackson, P. A., Elliott, J. M., Scholey, A. B., Robertson, B. C., Greer, J., ... & Haskell, C. F. (2009). Cognitive and mood effects of 8 weeks' supplementation with 400 mg or 1000 mg of the omega-3 essential fatty acid docosahexaenoic acid (DHA) in healthy children aged 10–12 years. *Nutritional neuroscience*, 12(2), 48-56

Kirby, A., Woodward, A., Jackson, S., Wang, Y., & Crawford, M. A. (2010). A double-blind, placebo-controlled study investigating the effects of omega-3 supplementation in children aged 8–10 years from a mainstream school population. *Research in developmental disabilities*, 31(3), 718-730

Kuratko, C. N., Barrett, E. C., Nelson, E. B., & Salem, N. (2013). The relationship of docosahexaenoic acid (DHA) with learning and behavior in healthy children: a review. *Nutrients*, 5(7), 2777-2810.

Koizumi, H. (2004). The concept of 'developing the brain': a new natural science for learning and education. *Brain and Development*, 26(7), 434-441.

Lapillonne, A., & Carlson, S. E. (2001). Polyunsaturated fatty acids and infant growth. *Lipids*, 36(9), 901-911.

Leaf, D. A., & Hatcher, L. (2009). The effect of lean fish consumption on triglyceride levels. *The Physician and sportsmedicine*, 37(1), 37-43.

- López, L. C., González, J. M., Cano, A. M. G., Durán, R. B., Martínez, A. A., & Rojo, Ó. P. (2013). Análisis de la composición de ácido araquidónico y ácidos grasos omega-3 en plasma, membrana eritrocitaria y células inmunitarias de pacientes con cirrosis. *Revista del Laboratorio Clínico*, 6(1), 10-17.
- Lukiw, W. J., & Bazan, N. G. (2006). Survival signalling in Alzheimer's disease. *Biochemical Society Transactions*, 34(6), 1277-1282.
- Mancera-Rodríguez, N. J., & Álvarez-León, R. (2006). Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 11(1), 3-23.
- Martinez, M. (1992). Tissue levels of polyunsaturated fatty acids during early human development. *The Journal of pediatrics*, 120(4), S129-S138.
- McNamara, R. K., Able, J., Jandacek, R., Rider, T., Tso, P., Eliassen, J. C., & Strakowski, S. M. (2010). Docosahexaenoic acid supplementation increases prefrontal cortex activation during sustained attention in healthy boys: a placebo-controlled, dose-ranging, functional magnetic resonance imaging study. *The American journal of clinical nutrition*, 91(4), 1060-1067.
- Milte, C. M., Parletta, N., Buckley, J. D., Coates, A. M., Young, R. M., & Howe, P. R. (2012). Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids, cognition, and behavior in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: A randomized controlled trial. *Nutrition*, 28(6), 670-677
- Milte, C. M., Sinn, N., & Howe, P. R. (2009). Polyunsaturated fatty acid status in attention deficit hyperactivity disorder, depression, and Alzheimer's disease: towards an omega-3 index for mental health. *Nutrition reviews*, 67(10), 573-590.
- Ministerio de la Protección Social. (2011). Resolución 333 de 2011. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de rotulado y etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano. Bogotá: Ministerio de la protección social. Colombia. Recuperado de https://www.invima.gov.co/images/stories/resoluciones/res_333_de_feb_2011_rotulado_nutricional.pdf
- Ministerio de la Protección Social, Instituto Nacional de Salud, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2010). Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia (ENSIN) 2010. Recuperado de <https://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/descargas1/resumenfi.pdf>

- Montes Vergara, Francisco [2014]. Pisan duro las pruebas PISA: revista semana Vergara ,1747 recuperado de <http://www.semana.com/opinion/articulo/pruebas-pisa-educacion-opinion-de-francisco-montes-vergara/383895-3>
- Morales, J.C. (2010). Hambre y vulneración del derecho a la alimentación en Colombia. Bogotá-Colombia: Arfo.
- Nasiff-Hadad, A., & Meriño-Ibarra, E. (2003). Ácidos grasos omega-3: pescados de carne azul y concentrados de aceites de pescado.
- Neufeld, L., Rubio, M. & Gutiérrez, M. (2012). Nutrición en Colombia II. Actualización del estado nutricional con implicaciones de política. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Protección Social y Salud. *Nota técnica* # 502.
- Neuringer, M., Anderson, G. J., & Connor, W. E. (1988). The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of the retina and brain. *Annual review of nutrition*, 8(1), 517-541.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2010). Fats and fatty acids in human nutrition: Report of an expert consultation. *FAO Food and Nutrition Paper* No. 91.
- Otero, G.A., Pliego-Rivero F.B., Contreras, R.J., Fernández T. (2004). Iron supplementation brings up a lacking P300 in iron deficient children. *Clin Neurophysiol*.115(10):2259-66.
- Pawlosky, R. J., Hibbeln, J. R., Novotny, J. A., & Salem, N. (2001). Physiological compartmental analysis of α -linolenic acid metabolism in adult humans. *Journal of Lipid Research*, 42(8), 1257-1265.
- Palou, A., Picó, C., Bonet, M. L., Serra, F., Oliver, P., Rodríguez, A. M., & Ribot, J. (2008). Lípidos dietéticos y salud. *El libro Blanco de las Grasas en la Alimentación Funcional*. Unilever, España, 41-61.
- Politi, L., Rotstein, N., & Carri, N. (2001). Effects of docosahexaenoic acid on retinal development: cellular and molecular aspects. *Lipids*, 36(9), 927-935.
- Pond, W. G., Church, D. C., & Pond, K. R. (2006). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales.
- Portillo-Reyes, V., Pérez-García, M., Loya-Méndez, Y., & Puente, A. E. (2014). Clinical significance of neuropsychological improvement after supplementation with omega-3 in 8–12 years old malnourished Mexican children: A randomized, double-blind, placebo and treatment clinical trial. *Research in developmental disabilities*, 35(4), 861-870

- Raz, R., & Gabis, L. (2009). Essential fatty acids and attention-deficit–hyperactivity disorder: a systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(8), 580-592.
- Red de gestores sociales. (2015). Colombia avanza en acciones para mejoramiento de la seguridad alimentaria. (19). *Colombia: red de gestores sociales*
- Rev Cubana Salud Pública 2004:30(2)132-38
- Richardson, A. J. (2003). The importance of omega-3 fatty acids for behaviour, cognition and mood. *Scandinavian Journal of Nutrition*, 47(2), 92-98.
- Richardson, A. J., Burton, J. R., Sewell, R. P., Spreckelsen, T. F., & Montgomery, P. (2012). Docosahexaenoic acid for reading, cognition and behavior in children aged 7–9 years: a randomized, controlled trial (the DOLAB Study). *PLoS one*, 7(9), e43909
- Richardson, A. J., & Ross, M. A. (2000). Fatty acid metabolism in neurodevelopmental disorder: a new perspective on associations between attention-deficit/hyperactivity disorder, dyslexia, dyspraxia and the autistic spectrum. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 63(1), 1-9.
- Rodríguez, H. G., Vinolo, M. A. R., Magdalon, J., Fujiwara, H., Cavalcanti, D. M., Farsky, S. H., & Curi, R. (2010). Dietary free oleic and linoleic acid enhances neutrophil function and modulates the inflammatory response in rats. *Lipids*, 45(9), 809-819.
- Rojas, M., Sánchez, J., Villada, Ó., Montoya, L., Díaz, A., Vargas, C., ... & Herrera, A. M. (2013). Eficacia del hierro aminoquelado en comparación con el sulfato ferroso como fortificante de un complemento alimentario en preescolares con deficiencia de hierro, Medellín, 2011. *Biomédica*, 33(3), 350-60.
- Ryan, A. S., & Nelson, E. B. (2008). Assessing the effect of docosahexaenoic acid on cognitive functions in healthy, preschool children: a randomized, placebo-controlled, double-blind study. *Clinical pediatrics*.
- Saito, Y., Yokoyama, M., Origasa, H., Matsuzaki, M., Matsuzawa, Y., Ishikawa, Y.,... & Kita, T. (2008). Effects of EPA on coronary artery disease in hypercholesterolemic patients with multiple risk factors: sub-analysis of primary prevention cases from the Japan EPA Lipid Intervention Study (JELIS). *Atherosclerosis*, 200(1), 135-140.
- Salem Jr, N., Litman, B., Kim, H. Y., & Gawrisch, K. (2001). Mechanisms of action of docosahexaenoic acid in the nervous system. *Lipids*, 36(9), 945-959.

- Sastry, P. S. (1985). Lipids of nervous tissue: *composition and metabolism*. *Progress in lipid research*, 24(2), 69-176.
- Sheppard, K. W., & Cheatham, C. L. (2013). Omega-6 to omega-3 fatty acid ratio and higher-order cognitive functions in 7-to 9-y-olds: a cross-sectional study. *The American journal of clinical nutrition*, 98(3), 659-667.
- Sinn, N., & Bryan, J. (2007). Effect of supplementation with polyunsaturated fatty acids and micronutrients on learning and behavior problems associated with child ADHD. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 28(2), 82-91.
- Sinn, N., Cooper, P., & O'Dea, K. (2011). Fish oil supplementation, learning and behaviour in Indigenous Australian children from a remote community school: A pilot feasibility study. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 35(5), 493.
- Sowell, E. R., Thompson, P. M., Leonard, C. M., Welcome, S. E., Kan, E., & Toga, A. W. (2004). Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children. *The Journal of neuroscience*, 24(38), 8223-8231.
- Sprecher, H. (2000). Metabolism of highly unsaturated n-3 and n-6 fatty acids. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, 1486(2), 219-231.
- Suárez, A. D., Quintana, A. F., & Esperón, C. S. (2006). Trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH): comorbilidad psiquiátrica y tratamiento farmacológico alternativo al metilfenidato. *Revista pediátrica de atención primaria*, 8(Suplemento 4).
- Tapia, A., & Masson, L. (2008). Niveles de ácidos grasos poliinsaturados omega-3 en membranas de eritrocitos de mujeres con depresión. *Revista chilena de nutrición*, 35(4), 406-412. *Análisis de la composición de ácido araquidónico y ácidos grasos omega-3 en plasma, membrana eritrocitaria y células inmunitarias de pacientes con cirrosis*. *Revista del Laboratorio Clínico*, 6(1),
- Unidad de Seguridad Alimentaria y nutricional. (2015). prestación del servicio de atención alimentaria para el programa de alimentación escolar. Medellín: Unidad de Seguridad Alimentaria y Nutricional. recuperado https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/portalmmedprd/licitaciones_y_contrataciones/licitaciones/secbienestarsocial/0070005149/2.%20etapa%20precontractual/ANEXO%20especificaciones%20tecnicas%20public.pdf
- Valenzuela, A. (2008). Ácidos grasos con isomería trans i: Su origen y los efectos en la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 35(3), 162-171.

- Van den Briel, T., West, C.E., Bleichrodt, N., Van de Vijver, F.J., Ategbo, E.A., Hautvast, J.G. (2000). Improved iodine status is associated with improved mental performance of school children in Benin. *Am J Clin Nutr.* 72(5):1179-85.
- Veugelers, P. J., & Fitzgerald, A. L. (2005). Effectiveness of school programs in preventing childhood obesity: a multilevel comparison. *American Journal of Public Health*, 95(3), 432-435
- Ward, E., King, M., Lloyd, M., Bower, P., Sibbald, B., Farrelly, S., & Addington-Hall, J. (2000). Randomised controlled trial of non-directive counselling, cognitive-behaviour therapy, and usual general practitioner care for patients with depression. I: *clinical effectiveness*. *Bmj*, 321(7273), 1383-1388.
- Wilson, C., Osendarp, S., Baghurst, K., Bryan, J., Calvaresi, E., Hughes, D., & Transler, C. (2007). Effects of a 12-mo micronutrient intervention on learning and memory in well-nourished and marginally nourished school-aged children: 2 *parallel, randomized, placebo-controlled studies in Australia and Indonesia*
- Woodward, A., & Jackson, S. (2010). Benefits of omega-3 supplementation for schoolchildren: review of the current evidence. *British Educational Research Journal*, 36(5), 699-732. *Doi*: 10.1080/01411920903111557
- Yehuda S., Rabinovitz S., Mostofsky D.I. (2005). Essential fatty acids and the brain: from infancy to aging. *Neurobiol Aging*. Suppl 1:98-102.
- Yehuda, S. (2003). Omega-6/omega-3 ratio and brain-related functions. Simopoulos AP, Cleland LG (eds). *The Scientific Evidence. World Rev Nutr Diet*. Basel, Karger, vol 92, pp 37–56.
- Yehuda, S., Rabinovitz, S., Carasso, R. L., & Mostofsky, D. I. (2002). The role of polyunsaturated fatty acids in restoring the aging neuronal membrane. *Neurobiology of aging*, 23(5), 843-853.
- Yehuda S., Rabinovitz S., Mostofsky D.I., (1999). Essential fatty acids are mediators of brain biochemistry and cognitive functions. *J Neurosci Res.*, 56(6):565-70.
- Yehuda, S., Rabinovitz, S., Mostofsky, D. I., Huberman, M., & Sredni, B. (1997). Essential fatty acid preparation improves biochemical and cognitive functions in experimental allergic encephalomyelitis rats. *European journal of pharmacology*, 328(1), 23-29.
- Youdim, K. A., Martin, A., & Joseph, J. A. (2000). Essential fatty acids and the brain: possible health implications. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 18(4), 383-399.

Yuasa, H., Ojika, K., Mitake, S., Katada, E., Matsukawa, N., Otsuka, Y., & Hirano, A. (2001). Age-dependent changes in HCNP-related antigen expression in the human hippocampus. *Developmental Brain Research*, 127(1), 1-7.