



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

***ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL MEDIO
NATURAL (ETSIAMN)***

GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Curso 2020/2021

Efecto y consecuencias del cambio climático en el contenido de omega 3 en el pescado. Análisis de la viabilidad de otras fuentes de omega 3 para la nutrición humana.

VALENCIA, junio de 2021

Alumna: Almudena Puchades Murgadas

Tutora: Marisa Gras Romero

Efecto y consecuencias del cambio climático en el contenido de omega 3 en el pescado. Análisis de la viabilidad de otras fuentes de omega 3 para la nutrición humana.

Alumna: Dña. Almudena Puchades Murgadas

Tutora: Prof. Dña. Marisa Gras Romero

Valencia, junio de 2021

RESUMEN

El cambio climático está teniendo un fuerte impacto sobre nuestro ecosistema, afectando a todos y cada uno de los seres vivos del planeta. En concreto, el incremento en la temperatura de mares y océanos, está causando un gran perjuicio en la vida de los peces. Esto no solo les afecta a ellos, sino que también condiciona nuestra alimentación. Se ha podido demostrar, mediante diversos estudios, que los niveles del ácido graso poliinsaturado omega-3 en el pescado, se están viendo reducidos considerablemente y, dado que se trata de uno de los ácidos grasos esenciales en nuestra alimentación, su suministro es vital para el correcto funcionamiento de nuestro organismo. Por este motivo, se buscan fuentes alternativas de omega-3 que garanticen su presencia en nuestra dieta.

Mediante este trabajo de búsqueda bibliográfica se ha recabado información en relación a los diferentes fenómenos que han llevado a la reducción del contenido en omega-3 en el pescado, así como una búsqueda detallada del aporte en este ácido graso ofrecido por diversas especies de pescados. Además, se ha querido resaltar productos alimenticios que pueden estar presentes en nuestra dieta, diferentes al pescado, que también pueden aportar esos requerimientos necesarios en omega-3. Por último, se han puesto de manifiesto diversas alternativas a las citadas, como los suplementos alimenticios o nuevos productos que pueden suplir estas carencias a largo plazo.

Palabras clave: cambio climático, omega 3, pescado, ácido graso, fuentes alternativas, aceite, suplementos, nutrición

Efecte i conseqüències del canvi climàtic al contingut d'omega 3 en els peixos. Anàlisi de la viabilitat d'altres fonts d'omega 3 per a la nutrició humana.

RESUM

El canvi climàtic està tenint un fort impacte sobre el nostre ecosistema, afectant a tots y cadascun del essers vius del planeta. Concretament, l'increment en la temperatura dels mars y els oceans, està causant un greu perjudici a la vida dels peixos. Aquest fet no sols els afecta a ells, sinó que també condiciona la nostra alimentació. S'ha demostrat, a través de diversos estudis, que els nivells d'àcids grassos poliinsaturats omega-3 en peixos s'estan reduint significativament i, atès que és un dels àcids grassos essencials en la nostra dieta, el seu subministrament és vital per al bon funcionament del nostre organisme. Per aquest motiu, es busquen fonts alternatives d'omega 3 per garantir la seua presència en la nostra dieta.

Mitjançant aquesta recerca bibliogràfica s'ha recopilat informació en relació als diferents fenòmens que han portat a la reducció del contingut en omega 3 en peixos, així com una recerca detallada de la contribució en aquest àcid gras ofert per diverses espècies de peixos. A més, s'ha volgut destacar els productes alimentaris que poden estar presents en la nostra dieta, a part del peix, que també poden proporcionar els requeriments necessaris en omega 3. Finalment, s'han revelat una sèrie d'alternatives, com ara suplementos alimentaris o nous productes que poden omplir aquests buits a llarg termini.

Paraules clau: canvi climàtic, omega 3, peix, àcid gras, fonts alternatives, oli, suplement, nutrició

Effect and consequences of climate change on omega 3 content in fish. Analysis of the viability of other omega 3 sources for human nutrition.

ABSTRACT

Climate change is having a great impact in our ecosystem, affecting every living being in our planet. Concretely, the raising temperature in seas and oceans, is causing a huge prejudice in fishes' lives. However this not only affects them, in addition, this conditions our feeding. With the help of various studies, it has been proved that omega 3 polyunsaturated fatty acid levels in fish, are significantly being reduced, and, due to the fact that it is one of the essential fatty acids of our feeding, its supply is vitally for the correct function of our human organism. For that reason, there's a research of omega 3 alternative sources, which will guarantee its presence in our diet.

Through this bibliographic search work, information has been collected, in relation to the different phenomena that have caused the reduction on omega 3 levels in fish, as well as a detail research of the input of this fatty acid offered by diverse fish species. Moreover, it has been highlighted different food products that might be found in our diet, apart from fish, that can also supply us with omega 3 needs. Lastly, it has brought up different alternatives from the previous ones, such as food supplements or new products that in a long term, could supply this lack.

Key words: climate change, omega 3, fish, fatty acid, alternative sources, oil, supplement, nutrition

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Justificación del trabajo y Objetivos.....	2
3. Metodología de trabajo.....	2
4. Resultados y discusión.....	3
4.1. Las grasas. Ácidos grasos.....	3
4.1.1. Los ácidos grasos saturados.....	3
4.1.2. Los ácidos grasos insaturados.....	3
4.1.2.1. Los ácidos grasos poliinsaturados (AGP).....	4
4.1.2.1.1. Ácidos grasos omega-3. Estructura y síntesis.....	4
4.2. La problemática del omega-3 con respecto al medio ambiente.....	6
4.2.1. Los efectos del cambio climático.....	6
4.2.2. Evidencias de la reducción del contenido en omega-3 en el pescado.....	7
4.2.3. Acciones frente al cambio climático.....	8
4.3. Los beneficios del consumo de omega-3 en la salud humana.....	8
4.3.1. Beneficios durante la gestación.....	9
4.3.2. Beneficios durante el crecimiento.....	10
4.3.3. Beneficios en el sistema cardiovascular.....	10
4.3.4. Beneficios en el sistema inmunológico.....	10
4.3.5. Beneficios en el sistema nervioso.....	11
4.3.6. Beneficios sobre el envejecimiento.....	11
4.4. Las fuentes de omega-3 y recomendaciones de ingesta.....	12
4.4.1. Métodos para la determinación de ácidos grasos.....	12
4.4.2. Omega-3 de origen animal.....	13
4.4.2.1. Omega-3 en la carne.....	13
4.4.2.2. Omega-3 en el pescado.....	13
4.4.2.2.1. Peces salvajes.....	14
4.4.2.2.1.1. El atún.....	14
4.4.2.2.1.2. La sardina.....	15
4.4.2.2.1.3. El boquerón.....	16
4.4.2.2.1.4. La caballa.....	16
4.4.2.2.1.5. El salmón.....	17
4.4.2.2.1.6. El pez espada.....	17
4.4.2.2.1.7. La trucha.....	17
4.4.2.2.1.8. El aceite de krill.....	18
4.4.2.2.1.9. El aceite de pescado.....	18

4.4.2.2.2.	Peces de piscifactorías.....	19
4.4.2.2.2.1.	Salmón de granja.....	19
4.4.2.2.2.2.	Trucha de granja.....	20
4.4.2.2.3.	Los descartes de la pesca.....	20
4.4.3.	Omega-3 de origen vegetal.....	21
4.4.3.1.	Semillas de chía.....	21
4.4.3.2.	Semillas de lino.....	22
4.4.3.3.	Aguacate.....	22
4.4.3.4.	Nuez.....	22
4.4.3.5.	Aceite de alga.....	23
4.4.3.6.	Aceite de soja.....	23
4.4.3.7.	Aceite de oliva.....	23
4.4.4.	Omega -3 en suplementos alimenticios.....	23
4.4.5.	Omega -3 en la elaboración de nuevos productos	24
4.5.	Análisis comparativo del contenido de omega 3 de cada uno los alimentos y productos expuestos.....	25
4.6.	Estudio comparativo de la viabilidad como aporte en la dieta de las diferentes fuentes de omega-3 propuestas.....	27
5.	Conclusiones.....	30
6.	Bibliografía.....	32

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS:

Tabla 1. Ingesta diaria recomendada (IDR) por edad y sexo, calculada por los expertos en forma de ácido alfa linolénico, precursor de los ácidos grasos de cadena larga EPA y DHA.....	9
Tabla 2. Variación estacional en la composición de ácidos grasos del boquerón.....	16
Tabla 3. Contenido en omega-3 de diversos pescados	17
Tabla 4. Perfil de ácidos grasos (mg de ácido graso / g de porción) de 100% aceite de krill....	18
Tabla 5. Contenido de EPA y DHA del aceite obtenido de diferentes especies marinas.....	19
Tabla 6. Contenido de grasa y ácidos grasos del filete de salmón.....	20
Tabla 7. Contenido en omega-3 de los alimentos expuestos con anterioridad.....	26
Tabla 8. Comparación del aporte de omega-3 del salmón (<i>Salmo salar</i>) con el resto de alimentos..	28
Tabla 9. Contenido en omega-3 en diferentes tipos de aceites.....	28
Tabla 10. Porcentaje de aporte de omega-3 tomando como referencia el aceite de pescado (salmón).....	29

FIGURAS:

Figura 1. Ruta de conversión del ácido linoleico a ácido alfa-linolénico y este a mayor longitud de cadena, ácidos grasos más insaturados omega-3.....	4
Figura 2. Ácidos grasos omega-3 con isomería cis.....	5
Figura 3. Clasificación de los lípidos y ácidos grasos, así como diversos alimentos donde encontrarlos.....	5
Figura 4. Contenido de omega-3 en la sardina como suma de EPA+DHA a lo largo de un año (g/100g).....	15
Figura 5. Análisis de 19 suplementos alimenticios en omega-3 disponibles en el mercado.....	24

1. Introducción.

El cambio climático es una realidad que tiene una gran influencia sobre los equilibrios del planeta (Acciona, 2020). En los últimos años se ha trabajado en muchas áreas de conocimiento para evaluar la extensión, evolución y consecuencias de estos cambios y su influencia en la vida del planeta, el equilibrio de los ecosistemas y sus efectos, especialmente, sobre el ser humano.

Los ecosistemas están sufriendo el impacto del cambio climático a gran escala y esto supone una amenaza para la capacidad del planeta de alcanzar la seguridad alimentaria mundial; los Andes, las selvas tropicales, las sabanas y las regiones circumpolares se ven afectadas y con ellas los pueblos de estas regiones que dependen de estos recursos naturales cada vez más amenazados (Manos Unidas, 2020).

Los ecosistemas marinos también están experimentando cambios importantes, como resultado de la acidificación de los océanos, el calentamiento y la proliferación de «zonas muertas» carentes de oxígeno (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2021).

El aumento en la temperatura media de mares y océanos está causando un fuerte desajuste en sus habitantes y muchos de ellos se están viendo obligados a migrar a zonas donde las aguas son más frías. La principal causa de estas migraciones es la falta de alimento existente, ya que el calentamiento global está acabando con las principales especies disponibles. A esto se le suma, la terrible contaminación a la que son sometidos los mares y océanos, sobre todo por parte de residuos plásticos. Las grandes cantidades de CO₂ absorbidas por los océanos causan acidificación, influyendo en la salud de nuestros océanos y en aquellos cuyos medios de vida y nutrición dependen de ellos.

Estos cambios es más que probable que lleguen a afectar a nuestra disponibilidad de nutrientes y por tanto a nuestra dieta.

Así se ha visto que la composición nutricional de los pescados se está viendo afectada, especialmente su composición y riqueza en ácidos grasos esenciales (Colombo, Rodgers, & Diamond, 2020). Su presencia en la dieta (en especial omega-6 y omega-3) es esencial tanto en humanos como en animales para que el organismo pueda tener un correcto funcionamiento, ya que no pueden ser sintetizados *de novo*. Además son necesarios a lo largo de todas las etapas de la vida.

La fuente principal en omega-3 y la que resulta más efectiva, es el pescado, de hecho, según la FAO, los ácidos grasos omega-3 de entre los que encontramos EPA y DHA, son más digeribles por nuestro organismo si proceden del pescado, aunque no se descarta el uso de complementos alimenticios, como el aceite de pescado, a modo de posible alternativa ante el no consumo de mismo. Dentro de los pescados, los grasos o azules son aquellos que mayor contenido en omega-3 presentan, debido principalmente a su mayor proporción lipídica. No obstante, las cantidades varían incluso dentro de una misma especie, ya que son muchos los factores que condicionan esta composición como puede ser el lugar de origen del pescado, la temperatura o la alimentación.

Debido a la problemática planteada con relación al cambio climático, se buscan posibles alternativas alimentarias que consigan aportarnos la ingesta diaria recomendada en el nutriente omega-3, sin recurrir al pescado como fuente. Mediante la búsqueda exhaustiva de varios tipos de alimentos, se pretende ofrecer una solución que puede sernos útil en un futuro si las predicciones realizadas por las investigaciones resultan ser ciertas. Pese a esto, es cierto que es necesario una mayor inversión en campos imprescindibles como son las nuevas fuentes de alimentación, así como en la lucha contra el cambio climático.

2. Justificación del trabajo y objetivos.

El cambio climático está suponiendo un grave perjuicio en nuestras vidas aunque sus efectos puedan no ser tan evidentes para la mayoría de la población. Cada vez son mayores las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera que están suponiendo graves alteraciones en la temperatura del planeta. Este factor está afectando en gran medida a la vida de los animales terrestres y acuáticos, y por tanto, nuestra alimentación que depende de ellos. La composición nutricional de los peces se puede ver gravemente afectada en un corto periodo de tiempo, concretamente en su contenido en omega-3, ácido graso esencial para el correcto desarrollo del organismo.

Por este motivo, mediante el presente trabajo, se pretende analizar la problemática existente con respecto al cambio climático y su afección en la composición del pescado, así como la búsqueda de posibles fuentes alternativas o complementarias a la dieta que no procedan de mares y océanos, por otra parte ya sobreexplotados.

Los objetivos parciales a alcanzar se especifican en los siguientes puntos:

Objetivo 1: Poner en evidencia el impacto del cambio climático sobre el contenido de omega 3 en los peces y de este modo concienciar a la población sobre sus efectos y proponer diversos procedimientos que se podrían llevar a cabo para mejorar esta situación.

Objetivo 2: Evidenciar la necesidad del omega-3 en nuestra dieta mediante la exposición de sus beneficios a lo largo de nuestra vida.

Objetivo 3: Estudiar las principales especies de pescado como fuente de omega-3 y los factores que influyen sobre su contenido y calidad.

Objetivo 4: Búsqueda de fuentes alternativas al pescado como suministro de omega-3, y su viabilidad tanto en forma de consumo directo, como en forma de suplementos alimenticios o incluso la elaboración de nuevos alimentos.

El objeto de este trabajo es invitar a la reflexión y al análisis de los efectos del cambio climático sobre nuestra vida en el planeta y a la necesidad de buscar alternativas viables en nuestra alimentación más sostenibles y diversas.

3. Metodología de trabajo.

Los materiales que se han empleado para llevar a cabo el presente trabajo, son documentos, artículos y trabajos presentados con anterioridad, que están relacionados con los ácidos grasos esenciales omega-3, su contenido en pescado y diversas fuentes alternativas, así como la afección del cambio climático en la composición de los animales marinos.

El método seguido para el desarrollo del trabajo, ha consistido en la búsqueda de la máxima información disponible, así como la lectura de aquella que se considera más relevante con respecto a los objetivos marcados, y por último la adaptación de la misma a este documento. Por este motivo, se ha recurrido a un gran número de documentos diversos, que han permitido contrastar y verificar la información aportada. Además, se han creado tablas, tras la lectura de los diferentes datos aportados por las diversas fuentes, para lograr un entendimiento más sencillo y visual de las conclusiones del trabajo. Para crear las tablas se ha utilizado la herramienta de cálculo Excel, así como otros programas de edición de textos. La bibliografía se ha elaborado siguiendo las normas APA (*American Psychological Association*).

Para la búsqueda bibliográfica se han utilizado las siguientes palabras clave (en inglés): (cambio climático, omega 3, pescado, ácido graso, fuentes alternativas, aceite, suplementos, nutrición); la búsqueda abarca los años 2000/2021.

Los canales de búsqueda empleados, fueron diversos buscadores académicos y científicos como son: *PoliBuscador* (buscador de información de la Universidad Politécnica de Valencia), *Google Académico*, y *PubMed*. En caso de estar trabajando fuera de la UPV la búsqueda con el Polibuscador se realizó con una conexión VPN para tener acceso a todas las bases de datos suscritas por la UPV además de los trabajos completos. Los primeros trabajos encontrados se sitúan en el año 2000, aunque conforme nos acercamos a la actualidad el número de trabajos relacionados con el tema citado aumenta notablemente, de hecho en 2015 encontramos 107 artículos, dato que aumenta de forma progresiva, evidenciando el interés hacia el omega-3 en el pescado y su relación con el cambio climático, hasta alcanzar los 280 artículos desde el año 2020 hasta la actualidad.

4. Resultados y discusión.

Antes de desarrollar los objetivos específicos planteados en el presente trabajo, se considera pertinente incluir un apartado sobre los diferentes ácidos grasos existentes, tanto por las diferencias que podemos encontrar en los contenidos de las diferentes fuentes, como por sus diferencias en las propiedades saludables en la dieta

4.1. Las grasas. Ácidos grasos.

Los lípidos o más comúnmente conocidos como grasas, son una clase de nutrientes compuestos por carbono, hidrógeno y oxígeno. Nutricionalmente nos aportan 9 kcal/g, energía necesaria para llevar a cabo nuestras actividades diarias tanto metabólicas como físicas, además contienen vitaminas A, D, E y K (Moghadasian, 2017). Las guías nutricionales y recomendaciones nacionales e internacionales aconsejan que las grasas totales se encuentren entre el 20-35% de la energía aportada en la dieta. La grasa en los alimentos está formada principalmente por ácidos grasos en forma de triglicéridos.

Los ácidos grasos se definen como biomoléculas orgánicas de naturaleza lipídica, formadas por una cadena hidrocarbonada lineal, con diferente longitud o número de átomos de carbono, en cuyo extremo final encontramos un grupo carbonilo (Oleñik Memmel, 2015).

Los ácidos grasos se clasifican en saturados e insaturados, dividiéndose posteriormente estos últimos en monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFAs).

4.1.1. Los ácidos grasos saturados.

Los ácidos grasos saturados, desde el punto de vista químico, predominan en las grasas cuyo esqueleto es lineal y están constituidas por un número par de átomos de carbono. No poseen dobles enlaces por lo que son sólidos a temperatura ambiente. Además de aportar gran cantidad de energía, su importancia radica en que forman parte de las membranas celulares. No son considerados esenciales, ya que el cuerpo humano por si solo es capaz de sintetizarlos. Se distinguen entre aquellos de bajo peso molecular (menos de 14 átomos de carbono) y los de alto peso molecular (más de 18 átomos de carbono).

Si se consumen ácidos grasos en exceso esto puede provocar un aumento de los niveles de colesterol en el cuerpo, incluyendo tanto lipoproteínas de baja densidad (LDL) como lipoproteínas de alta densidad (HDL). El LDL al aumentar muchos sus niveles en el cuerpo humano aumenta el riesgo de que se puedan sufrir enfermedades cardiovasculares.

4.1.2. Los ácidos grasos insaturados.

Los ácidos grasos insaturados, a diferencia de los anteriores, presentan uno o más dobles enlaces en su estructura química, por lo que a temperatura ambiente tendrán una consistencia líquida. Los AGI pueden ser monoinsaturados, cuando únicamente encontramos un doble enlace en alguno de los átomos de carbono que componen su estructura, o poliinsaturado cuando presenta más de un doble enlace. Los ácidos grasos insaturados pueden poseer isomería cis y trans. Los

isómeros trans tienen un efecto dañino en la salud, mientras que los isómeros cis ejercen un efecto beneficioso debido a que son más fluidos a temperatura ambiente y además no se acumulan en el torrente sanguíneo (Vivas-Reyes & Zapata, 2008).

Dentro de los AGM se encuentran los ácidos grasos omega-9 en cuyo grupo destaca el ácido oleico, mientras que los ácidos grasos omega-3 y omega-6 se sitúan en el grupo de los poliinsaturados.

4.1.2.1. Los ácidos grasos poliinsaturados (AGP).

Los AGPI de la familia n- 6, derivan del ácido linoleico, y se caracterizan por tener su primer doble enlace en carbono número 6 de la cadena, contado desde el metilo del extremo de la misma.

La familia de AGPI n-3 deriva del ácido α -linolénico (ALA), con tres dobles enlaces, cuyos ácidos grasos tienen su primer doble enlace en carbono número 3 de la cadena. Tanto el linoleico como el α -linolénico son ácidos grasos esenciales, ya que no pueden ser sintetizados por el organismo y, por tanto, deben ser aportados en la dieta (Carrero J. J., y otros, 2005).

4.1.2.1.1. Los ácidos grasos omega-3. Estructura y síntesis.

El término omega-3 (omega-3 o n-3) es el utilizado para la familia de PUFA en la que se hace referencia a la posición del doble enlace. Todos los ácidos omega-3 tienen el doble enlace en el carbono 3, contando el carbono metílico como carbono 1 (Calder, 2013).

A partir del ácido linoleico se obtienen el ácido omega-3 más simple, el ácido alfa-linolénico, y una vez obtenido se sintetizan otros más complejos como EPA o DHA, tal y como se puede ver en la **Figura 1**. Pero esta síntesis se ve condicionada por la presencia de enzimas (desaturase). En el caso de los humanos y otros animales, carecen de esta enzima, por tanto, no pueden sintetizar ácido alfa-linolénico *de novo*, considerándose de esta forma como un ácido esencial (Colombo, Rodgers, & Diamond, 2020). En la **Figura 2**, se aprecia la estructura de los diferentes ácidos grasos de la familia de los omega-3.

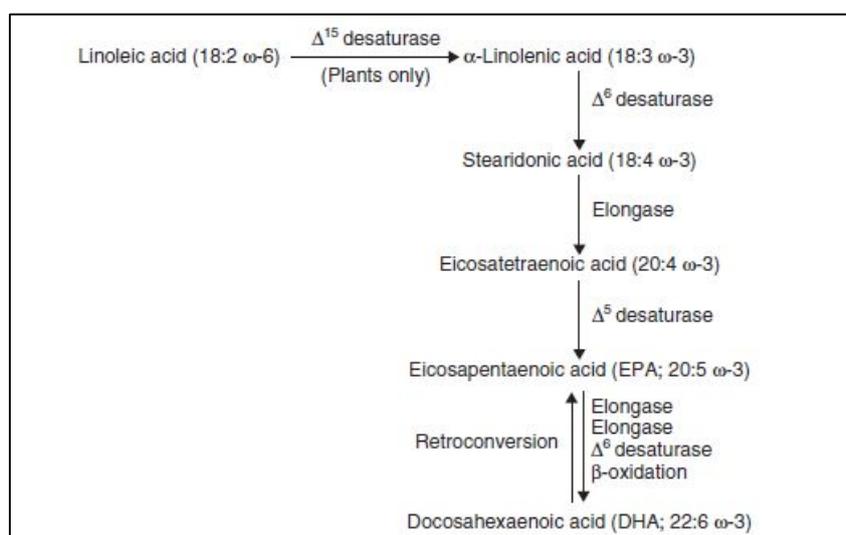


Figura 1: Ruta de conversión del ácido linoleico a ácido alfa-linolénico y este a mayor longitud de cadena, ácidos grasos más insaturados omega-3 (Calder, 2013).

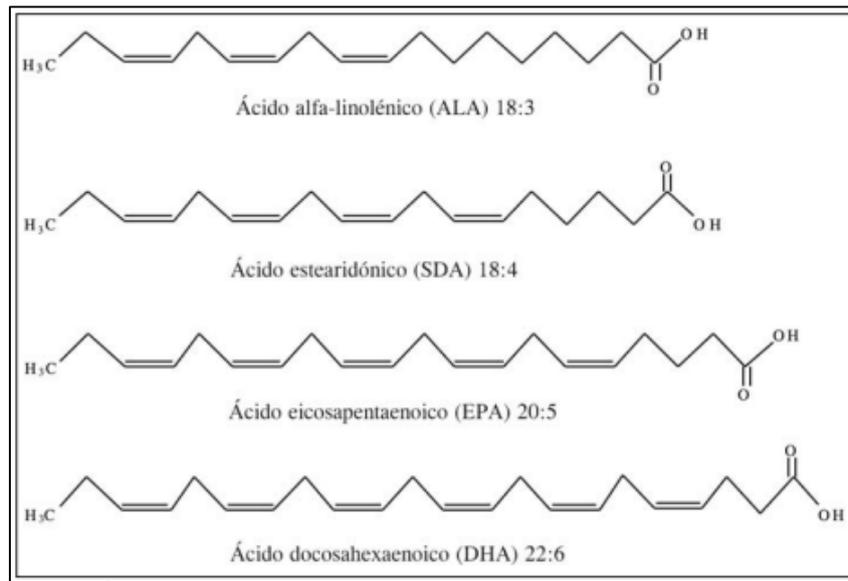


Figura 2: Ácidos grasos omega-3 con isomería cis (Vivas-Reyes & Zapata, 2008).

Este trabajo se centra en diversos aspectos relacionados con el ácido graso omega-3, en concreto en su composición, estructura y funciones. Los diferentes tipos de lípidos se pueden encontrar en los siguientes alimentos (**Figura 3**).

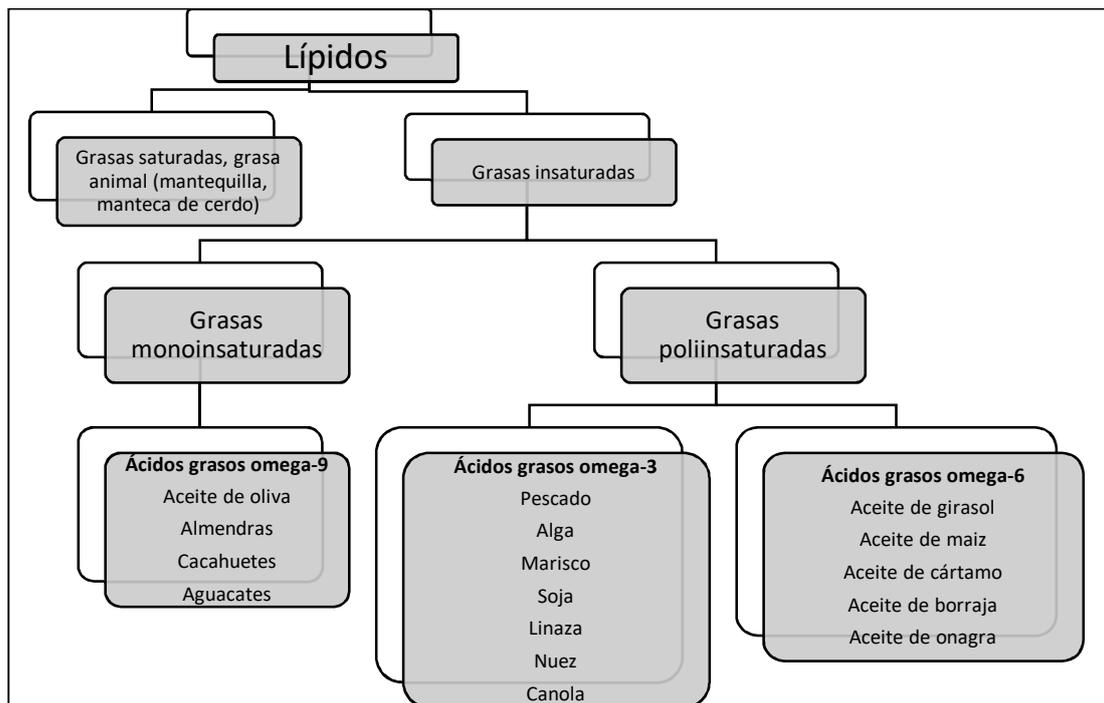


Figura 3: Clasificación de los lípidos y ácidos grasos, así como diversos alimentos donde encontrarlos (Moghadasian, 2017).

4.2. La problemática del omega-3 con respecto al medio ambiente.

4.2.1. Los efectos del cambio climático.

El cambio climático constituye la mayor amenaza medioambiental a la que se enfrenta la humanidad, pero pese a llevar algunos años ya siendo tendencia, resulta muy difícil que las diferentes partes afectadas se pongan de acuerdo para llegar a una posible solución que frene o retrase sus efectos que pueden ser letales para la vida en nuestro planeta. Hay diferentes formas en las que vemos como se refleja el cambio climático, pero la más clara de ellas es el calentamiento global.

El calentamiento global se define como el aumento progresivo de la temperatura en la Tierra que se debe principalmente al efecto invernadero. (Jozefat, 2015) Los gases que provocan este fenómeno son principalmente el dióxido de carbono y el vapor de agua, producidos por fábricas, vehículos, edificios, para conseguir energía en su funcionamiento. Según los científicos, la cantidad de calor que atrapa CO₂ aumentará casi un 40% a nivel mundial para 2030, si no se encuentran antes formas para reducir las emisiones, habría que limitar las emisiones de gas de invernadero en el mundo a menos de 7 mil millones de toneladas, la cantidad que océanos y bosques que aún persisten pueden absorber (Otterbach, 2014).

Un claro ejemplo de los efectos que este fenómeno está generando en nuestro planeta, lo encontramos en el aumento de la temperatura media de la Tierra a lo largo de este último siglo que se estima esté entre 0,56°C y 0,96°C. Actualmente la tierra experimenta el periodo más cálido en los últimos 1000 años (Jozefat, 2015).

Por otra parte los océanos también sufren este cambio tan brusco de las temperaturas. Aunque es difícil calcular exactamente este incremento debido a las corrientes complejas, ya es muy evidente un incremento promedio de 0,3°C en los últimos años (Otterbach, 2014). Consecuentemente, estas elevaciones de temperatura, además de generar fenómenos como vientos extremos y gran aumento de la humedad en la propia atmósfera, también causan importantes agravios en la salud de los océanos. Los océanos absorben el 50% del CO₂ que el hombre genera, lo que se traduce en mayor acidez en forma de ácido carbónico, provocando saturación en los mismos. La acidez cambia la química de los océanos, provocando que los corales (la Gran Barrera de Coral de Australia) expulsen sus algas simbióticas, se decoloren y mueran. Los arrecifes de coral mueren, provocando que los peces que viven en ellos también lo hagan, lo que provoca cadenas de extinción, ya que su muerte interrumpe toda la cadena alimentaria (Otterbach, 2014).

En relación a la alimentación, como se puede comprobar, el calentamiento global está causando muchos e importantes daños en las especies animales y vegetales existentes en el planeta, pero concretamente, los peces están siendo unos de los más afectados. El aumento de la temperatura de los océanos supone no únicamente la muerte de los animales acuáticos, sino que también provoca cambios en los hábitos de los peces además de reducir el número de especies existentes, y por tanto, la productividad de los mares y océanos.

En España, se prevé que haya una reducción de la productividad primaria, relacionada directamente con la concentración de microalgas marinas (fitoplancton) las cuales varían su crecimiento con los cambios en el océano, asociados a incrementos en la temperatura, lo cual modifica la disponibilidad de nutrientes (García Díez & Remiro Perlado, 2014).

4.2.2. Evidencias de la reducción del contenido en omega-3 en el pescado.

En relación a la reducción del contenido en nutrientes en estos animales, se han realizado diversos estudios recientes relacionados con la disminución del contenido en omega-3 en pescado (Hixson & Arts, 2016) (Colombo, Rodgers, & Diamond, 2020).

Como ya hemos indicado anteriormente, el omega-3 es un ácido graso poliinsaturado esencial, ya que no puede ser sintetizado de forma efectiva por el organismo de los mamíferos, y debe ser incluido mediante la dieta. Tanto el ácido graso omega-6 como el ácido graso omega-3 proceden de sus precursores: el ácido alfa-linolénico (ALA) y el ácido linoleico (LA). Concretamente, dentro de la serie de los omega-3, principal foco de este trabajo de búsqueda bibliográfica, encontramos dos de los ácidos grasos más importantes para nuestra dieta: el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA)

El EPA, es un ácido graso básico para la regulación de la funcionalidad cerebral (señal celular y riego sanguíneo neuronal), el desarrollo óptimo del cerebro y la vista, y la síntesis de las prostaglandinas (Aires, Capdevila, & Segundo, 2005). El DHA, también juega un papel fundamental en el correcto funcionamiento y desarrollo de nuestro cerebro. Resulta esencial en la proliferación, migración, diferenciación y sinaptogénesis de las células neurales y su estructura única de dobles enlaces le permite aportar características especiales de membrana para que la señal entre células tenga una mayor efectividad. Su acúmulo dentro del cerebro se sitúa en áreas asociadas con el aprendizaje y la memoria (Hedge, Zanwar, & Adekar, 2016).

Como se puede comprobar, los ácidos grasos de la familia de los omega-3 resultan imprescindibles para el correcto desarrollo neuronal, principalmente, del ser humano. Pero el cambio climático está poniendo en serio riesgo la disponibilidad del mismo para consumo humano. Esta tendencia se puede ver claramente reflejada en los estudios mencionados con anterioridad.

En el primero de ellos (Hixson & Arts, 2016), se recopilaron datos en relación a la síntesis de 952 ácidos grasos por parte de seis grandes grupos de fitoplancton marino y de agua dulce. Mediante modelos de regresión lineal concluyeron que con un incremento de temperatura del agua de 2,5°C se produciría una reducción del 8,2% de EPA y 27,8% de DHA. Este estudio se realizó directamente en este organismo acuático, ya que el elevado contenido en EPA y DHA que presenta el pescado es consecuencia del consumo de fitoplancton (rico en AGPI n-3), que contribuye a la adaptación de los peces a las aguas frías. El contenido de AGPI n-3 varía en función de la especie de pescado, su localización, la estación del año y la disponibilidad de fitoplancton (Carrero J. , y otros, 2005).

Se espera que los cambios de temperatura generen cambios en la cantidad y la calidad de los ácidos grasos del fitoplancton. Al igual que otros organismos poiquilotermos o ectotérmicos, (animales cuya temperatura corporal varía con la temperatura ambiental, incluye a todos los animales con excepción de aves y mamíferos (Grupo de Innovación sobre la Docencia en Diversidad Biológica, 2016)) el fitoplancton, también se adapta a los cambios en la temperatura modificando la estructura de sus membranas (Salvino D'Amico, 2006), fenómeno conocido como adaptación homeoviscosa. El término “adaptación a la homeoviscosidad” se refiere a la habilidad celular de estos individuos para mantener su membrana en fase líquido-cristalina, a través de la variación de la composición de lípidos cuando están sujetas a cambios ambientales o de temperatura. (Suárez Núñez, Ramírez Vives, Monroy Hermosillo, Alazard, & Fernández Linares, 2004). Los PUFA al tener dobles enlaces tienen mayor capacidad para doblarse y ser más flexibles, lo que conlleva a una mayor flexibilidad de la membrana. Cuando las temperaturas son bajas el fitoplancton, para mantener la fluidez, aumenta su contenido en PUFA, mientras que si la temperatura aumenta se producirá el efecto contrario, el contenido en PUFA disminuye mientras que aumenta el contenido en ácidos grasos saturados (Hixson & Arts, 2016).

Por otra parte, el segundo estudio (Colombo, Rodgers, & Diamond, 2020) mediante modelos de predicción usando los datos del Centro Nacional para búsqueda atmosférica, el

modelo de sistema climático, además de información sobre la población a nivel mundial (fecha 2017) y la disponibilidad de DHA, concluyó que el aumento de la temperatura del agua del mar supondría una pérdida de entre 10-58% del DHA para 2100.

Puede que el año 2100, resulte algo lejano en el tiempo, pero lo cierto es, que conforme pasan los años la esperanza de vida va aumentando, de hecho se espera que para el año 2100, en el mundo, sea de 81 años (UN DESA, 2019). En España, según el INE (Instituto Nacional de Estadística), la esperanza de vida para aquellos que nacieron en el año 2019 es de 84 años, situando a España en una muy buena posición con respecto a la media mundial. Esto es debido en gran medida al cambio en el estilo de alimentación de la población. Uno de los factores más importantes, el cual ha sido estudiado y observado en comunidades longevas, es la reducción de las calorías en la dieta de entre un 30-40% de las requeridas por el individuo (Llanes Betancourt, 2008). Este aumento en la esperanza de vida se encuentra muy ligado al aumento en la población mundial. Según las Naciones Unidas, se espera que en los próximos 30 años la población mundial aumente en 2.000 millones, pasando a los 9.700 millones en 2050, pudiendo llegar a un pico de cerca de 11.000 millones para 2100.

Por tanto, es fácilmente deducible que esta reducción en el contenido en omega-3 en el pescado sí que afectará de forma importante a la población si no se toman las medidas adecuadas, y no solo la reducción en omega-3, sino también la reducción en el número de especies marinas de las cuales nos alimentamos, que contrasta con el aumento en la población mundial; además este problema se verá agudizado para las poblaciones vulnerables que dependen de la pesca local como su principal fuente de DHA (especialmente alrededor del Ecuador) y las poblaciones de bajos ingresos (particularmente en las naciones en desarrollo) (Colombo, Rodgers, & Diamond, 2020).

4.2.3. Acciones frente al cambio climático.

La ONU propone que para mitigar el impacto del cambio climático en nuestros océanos, es indispensable mantener el calentamiento de la Tierra muy por debajo de los 2°C, y aspirar a 1,5°C conforme a lo estipulado en el Acuerdo de París. Por ello, es imprescindible realizar una reducción en las emisiones de dióxido de carbono, que muchas ciudades están llevando a cabo, de este modo habrá tiempo para fortalecer la resiliencia de los océanos, los ecosistemas y las especies, es decir, su capacidad de adaptarse a los efectos negativos del cambio climático y a los inevitables factores de perturbación que ya operan en nuestros océanos.

También es necesario adoptar medidas para reforzar la protección de la biodiversidad y los ecosistemas. Suecia que ha destinado cuantiosos fondos para proteger el fondo marino en sus aguas nacionales, es un claro ejemplo de una actitud positiva. Este hecho se debería extender a nivel internacional.

La sobrepesca y la pesca ilegal deben detenerse, así como la contaminación marina incluidos los desechos marinos. Por último, resulta imprescindible invertir más en investigación para aumentar nuestros conocimientos científicos en todas estas esferas.

4.3. Los beneficios del consumo de omega 3 sobre la salud humana.

Los ácidos grasos omega-3, son nutrientes imprescindibles en nuestra dieta a lo largo de toda nuestra vida. Su ingesta en las cantidades adecuadas, genera multitud de beneficios para conseguir una buena salud. Estas cantidades como podemos ver la **Tabla 1**, varían con el sexo y la edad de la persona.

Tabla 1: Ingesta diaria recomendada (IDR) por edad y sexo, calculada por los expertos en forma de ácido alfa-linolénico, precursor de los ácidos grasos de cadena larga EPA y DHA (National Institutes of Health. ODS, 2020).

Etapa en la vida	Cantidad recomendada
Del nacimiento a los 12 meses*	0.5 g
Niños de 1 a 3 años	0.7 g
Niños de 4 a 8 años	0.9 g
Niños de 9 a 13 años	1.2 g
Niñas de 9 a 13 años	1.0 g
Adolescentes (varones) de 14 a 18 años	1.6 g
Adolescentes (niñas) de 14 a 18 años	1.1 g
Adultos (hombres)	1.6 g
Adultos (mujeres)	1.1 g
Mujeres y adolescentes embarazadas	1.4 g
Mujeres y adolescentes en periodo de lactancia	1.3 g

Diferentes estudios llevados a cabo tanto en primates como en humanos, han resaltado que el DHA es esencial para el correcto desarrollo del cerebro y la retina, particularmente en los niños. El DHA forma el 40% de la membrana de fosfolípidos del cerebro. Tanto EPA como DHA tienen un efecto en la función receptora de membrana e incluso en la neurotransmisión y el metabolismo (Simopoulos, 2011).

Otros beneficios que hacen del omega-3, un aporte esencial en nuestra dieta, es su capacidad para reducir enfermedades y afecciones comunes en la población. Entre estos destaca su capacidad para reducir procesos inflamatorios diversos, efectos beneficios sobre enfermedades cardiovasculares, como la hipertensión e incluso en procesos cancerígenos.

A continuación se hará un análisis de las implicaciones del omega-3 en los diferentes momentos de desarrollo del ser humano, así como su efecto en los diferentes sistemas de los que se compone nuestro organismo.

4.3.1. Beneficios durante la gestación.

Los ácidos grasos omega-3 forman parte del cerebro y la retina durante el desarrollo del feto. En la formación del tejido nervioso, y particularmente del cerebro, la fluidez de las membranas es particularmente importante. Las etapas más críticas en la formación de la estructura del encéfalo ocurren durante el último trimestre gestacional en el humano y continúan hasta los dos años después del nacimiento (Valenzuela & Nieto, 2003).

Es exactamente durante este último tercio del periodo de gestación cuando los requerimientos de DHA aumentan considerablemente. Pese a que el feto tiene la capacidad para formar DHA en el hígado, los requerimientos en DHA exceden a esta capacidad de síntesis, (Valenzuela & Nieto, 2001) por lo que el aporte proviene de las reservas tisulares de la AGPI de la madre. Por tanto es importante que las embarazadas consuman pescado durante el periodo de gestación, así como durante la lactancia y si se presenta una deficiencia clara en su consumo, puede resultar interesante suplementar la alimentación con aceite de pescado.

Diferentes estudios realizados concluyeron que el aumento de los ácidos grasos omega-3 en las membranas tenía importantes repercusiones en funciones cerebrales tanto durante la gestación como en el temprano desarrollo del niño. Ante pruebas cognitivas de memoria y coordinación, se comprobó que los niños de madres suplementadas con omega-3 durante el embarazo, presentaban mayor coordinación y memoria que aquellos niños cuyas madres no fueron suplementadas (Castellanos & Rodríguez, 2015).

4.3.2. Beneficios durante el crecimiento.

La lactancia es fundamental para el aporte de omega-3 al recién nacido. Por eso, la dieta de la madre juega un papel crucial. El contenido en DHA de la leche materna varía entre 0,1% y 1,4% del total de ácidos grasos, siendo esta cantidad superior en aquellas mujeres que tienen una dieta rica en pescado (Gaete, Atalsh, & Araya, 2002). Es importante que el lactante reciba los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo, y en especial los PUFA ayudan a su desarrollo cognitivo, cerebral y visual. No obstante, este es solo el comienzo de una vida en la que este nutriente tiene que estar presente de una forma imprescindible y que además, como veremos a continuación, ayuda a la prevención y el tratamiento de diversas enfermedades bastante comunes en la población.

4.3.3. Beneficios en el sistema cardiovascular.

El pescado, como es sabido, es la principal fuente de omega-3. En países con gran consumo de este alimento como Groenlandia, Alaska o Canadá se comprobó que las enfermedades cardiovasculares tenían una menor incidencia que en otros países. El pescado es fuente de grasa pero lo que le diferencia de la grasa de los animales terrestres es su mayor contenido en PUFAs. (López Farré & Macaya, 2006).

Los ácidos grasos omega-3 tienen efectos antitrombóticos y antiarrítmicos (Castro González, 2002). En relación al efecto antiarrítmico, EPA y DHA contribuyen a la reducción de las arritmias cardíacas (latido irregular del corazón) al acortar la duración de la acción potencial y ralentizar la conducción del impulso. Además, el consumo de ácidos grasos n-3 favorece una menor formación de tromboxano A2 (potente proactivador plaquetario) y prostaciclina (inhibe acción plaquetaria en el endotelio), de este modo se consigue el efecto antitrombótico (López Farré & Macaya, 2006). Los ácidos grasos omega-3 también inhiben la enzima desaturasa, lo que disminuye la producción de ácido araquidónico y por tanto de tromboxano araquídico (Moreno & Álvarez, 2009).

Otra de las enfermedades cardiovasculares en las que el omega-3 tiene un efecto positivo es la arterosclerosis. Se trata de un proceso fisiopatogénico de origen multifactorial de desarrollo a largo plazo. Sus dos componentes principales son la aparición de triglicéridos (TG) y colesterol elevados, y la inflamación. (Valenzuela, Tapia, González, & Valenzuela, 2011). El omega-3 tiene una acción reductora frente a los triglicéridos que se relaciona con sus acciones a nivel de varios de los receptores nucleares implicados en la síntesis de los triglicéridos. (Tejerina & Civeira, 2013). Además se ha demostrado que el consumo de aceites de pescado disminuye el colesterol plasmático y los TG, a través de la inhibición de la biosíntesis de lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) y de TG en el hígado, sin alterar la producción de lipoproteínas de alta densidad (HDL) (Valenzuela, Tapia, González, & Valenzuela, 2011).

En relación a la inflamación, en el año 2000 se realizó un importante estudio por parte de equipos de investigación de Harvard y del Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad Estatal de Louisiana en el que se concluyó que la capacidad antiinflamatoria que tiene los ácidos grasos n-3 se debe a que tanto el EPA como el DHA se transforman en potentes señales lípidas anti-inflamatorias, neuroprotectoras y proresolutorias llamadas protectinas y resolvinas (Arianna & Karsten, 2010). Es necesario un equilibrio entre los eicosanoides derivados de los EPA, que son antiinflamatorios, y aquellos derivados de los ácidos araquidónicos omega-6 que son muy inflamatorios. Un contenido demasiado alto del segundo puede hacer que el sistema reaccione en exceso, dando lugar a inflamaciones indeseadas (como ocurre en la enfermedad coronaria) y respuestas alérgicas como el asma (Moreno & Álvarez, 2009).

4.3.4. Beneficios en el sistema inmunológico.

En relación con el sistema inmune, una de las enfermedades que más afectan y han afectado a la sociedad, sobre todo a finales del siglo pasado, es el síndrome de la inmunodeficiencia adquirida (SIDA). Este, está causado por el virus de la inmunodeficiencia adquirida, que afecta en la última etapa de la enfermedad y ataca directamente al sistema

inmunológico del hospedador. El omega-3 reduce la producción de sustancias como las citosinas que favorecen a la replicación del virus. Esto se traduce en muchos efectos beneficiosos sobre las manifestaciones clínicas del SIDA como puede ser el dolor de cabeza, fiebre, anorexia (Castro González, 2002).

Gracias a una revisión de diferentes estudios realizados hasta el año 2019 (Valdivia Cramantín & Julca Malca, 2020), se pudo concluir que la suplementación con ácidos grasos omega-3 es una alternativa eficaz y segura en la reducción de los niveles séricos de triglicéridos en pacientes con infección por el VIH en Terapia Antirretroviral de Gran Actividad (TARGA), siendo mayor el beneficio si se asocia a dieta y ejercicio, y a una dosis >4 g al día de omega-3.

Otro de los efectos que tiene el omega-3 sobre el sistema inmune se asocia directamente con las alergias y problemas dermatológicos en humanos. Según estudios epidemiológicos la ingesta frecuente y en altas dosis de los ácidos grasos n-3, procedentes de carne y aceite de pescado durante cualquier etapa vital, son útiles a la hora de prevenir y reducir los síntomas asociados a sensibilización atópica y la severidad clínica de las enfermedades alérgicas, como: asma, rinitis y dermatitis, en distintos grupos etarios y poblacionales. (Villanueva-Pájaro & Javier A., 2015).

4.3.5. Beneficios en el sistema nervioso.

El sistema nervioso es un sistema complejo de células que se encargan de dirigir, supervisar y controlar las actividades que llevan a cabo nuestros órganos en el organismo. El sistema nervioso central, del que forma parte el cerebro, necesita de los ácidos grasos esenciales tanto para el desarrollo como para el buen funcionamiento del órgano primordial. El DHA es el ácido graso preferido para el desarrollo y funcionamiento adecuado de las membranas particularmente aquellas en tejidos muy activos como los nervios (Moreno & Álvarez, 2009).

4.3.6. Beneficios sobre el envejecimiento.

Diversos modelos preclínicos han evidenciado que el envejecimiento cerebral y la demencia pueden ser influenciados por factores nutricionales. Se deben de evitar las grasas saturadas y las dietas llenas de calorías, que conllevan a padecer enfermedades como la obesidad o la diabetes tipo 2, además de aumentar los factores de riesgo de padecer demencia relacionada con el envejecimiento. En cambio, se debe consumir ácidos grasos n-3, particularmente DHA, ya que ofrece protección contra el envejecimiento cerebral (Cole, Ma, & Frautschy, 2010).

Actualmente, existe una sólida evidencia de que en el envejecimiento cerebral y en las enfermedades neurodegenerativas se produce un estrés oxidativo que genera una importante peroxidación de AGPCL en las membranas neuronales, donde la oxidación no controlada del DHA sería un aspecto relevante en el origen del daño a nivel de membrana neuronal. Entre las enfermedades neurodegenerativas, la enfermedad de Alzheimer es la que muestra más evidencias de los beneficios producidos por el DHA, y particularmente por la NPD-1 (neuroprotectina D-1), la que tendría la capacidad de disminuir la generación de citoquinas proinflamatorias (Valenzuela B., Sanchueza C., & Valenzuela B., 2013). Reducir el estrés oxidativo, resulta especialmente importante hoy en día, ante la pandemia iniciada en 2020 producida por el agente patógeno SARS-CoV-2, ya que ayudaría a reducir las enfermedades asociadas con la COVID-19 (Zarbfian., Dayan, & Fabi, 2020).

El fotoenvejecimiento, envejecimiento de la piel por daño cutáneo, también se puede reducir mediante la ingesta de omega-3, principalmente aceite de pescado, ya que mejora la función barrera de la piel e inhibe la inflamación y la hiperpigmentación inducida por los rayos UV (Zavala Naranjo, 2020).

4.4. Las fuentes de omega-3 y recomendaciones de ingesta.

El omega-3, como ácido graso poliinsaturado esencial, debe ser aportado a nuestro organismo mediante su consumo en la dieta diaria, como ya hemos visto en el apartado 4.1.2.1. Las recomendaciones de ingesta del ácido graso n-3 para alcanzar un buen estado nutricional, se definen como la cantidad necesaria para evitar los síntomas que originarían su deficiencia, y se sitúan en el 0.6-1.2% de la energía total debe de proceder en forma de ácido alfa-linolénico por ser esencial; hasta el 10% de esta cantidad puede ser aportada por EPA o DHA (Gagne & Medrano, 2009). Pese a esto, existen varias recomendaciones heterogéneas en lo que respecta a la ingesta de las grasas.

La OMS, establece recomendaciones de 250 mg/día de EPA+DHA en adultos y 300 mg/día en caso de mujeres embarazadas y lactantes. No fue hasta 2012, cuando se establecieron de manera general las recomendaciones que incluían la suma de EPA+DHA.

La Asociación Americana del Corazón (AHA) recomienda un aporte de EPA+DHA de aproximadamente 400 mg/día.

La Food Standard Agency ha establecido recomendaciones para hombres de EPA+DHA de 500 mg/día y 400 mg/día para mujeres.

La EFSA, por su parte, propone un valor de suma de EPA y DHA de 250 mg/día o el consumo de al menos dos raciones semanales de pescado (preferiblemente pescado azul) para población adulta y 100 mg/día sólo de DHA en niños entre 7-24 meses. En situaciones de embarazo, lactancia y fisiológicas especiales el consumo en adultos se debería de aumentar 100-200 mg/día.

Son diversas las fuentes que aportan este ácido graso: pescado, carnes, lácteos, semillas, grasas y aceites, entre otros. No obstante, la principal fuente de omega 3 recae en el pescado. Todas estas fuentes citadas son fuentes naturales, aunque no podemos descartar la suplementación que está teniendo un importante auge hoy en día.

En este sentido, conviene recordar la publicación del Reglamento (UE) nº 1924/2006, en el *Diario Oficial de la Unión Europea* el 20 de diciembre de 2006 (y sus posteriores modificaciones) por el que se regulan las denominaciones de alimentos como “fuente de omega-3” y “alto contenido en omega-3”, que permite realizar un etiquetado correcto de los productos y transmitir información relevante al consumidor. En la reglamentación se incluyen dos premisas que nos son de interés:

- Solamente se declarará un alimento fuente de ácidos grasos omega-3, si el producto contiene al menos 0,3 g de ácido alfa-linolénico por 100 g y por 100 kcal, o al menos 40 mg de la suma de EPA y DHA por 100 g y por 100 kcal.
- Solamente se declarará que un alimento tiene un alto contenido de ácidos grasos omega-3, si el producto contiene al menos 0,6 g de ácido alfa-linolénico por 100 g y por 100 kcal, o al menos 80 mg de la suma de EPA y DHA por 100 g y por 100 kcal.

A continuación se analizarán detalladamente los diferentes alimentos que pueden aportarnos omega-3, así como diferentes suplementos alimenticios y nuevas alternativas de consumo que pueden ser muy efectivas e interesantes para alcanzar los mínimos requeridos.

4.4.1. Métodos para la determinación de ácidos grasos

Para hablar de los contenidos en omega 3 de los distintos alimentos es importante evidenciar los diferentes métodos de análisis para su determinación utilizados en los trabajos de investigación.

Actualmente, los AG son analizados principalmente por Cromatografía de Gases (CG) en forma de ésteres metílicos y separados por columnas capilares (Rodríguez-Leyes, Marrero

Delange, González Canavaciolo, Sierra Pérez, & Adames Fajardo, 2009). La Espectrometría de masa (EM) también es utilizada, ya que es capaz de detectar concentraciones bajas de analitos provenientes de alimentos tanto de origen vegetal como animal y suministra información cualitativa y cuantitativa.

4.4.2. Omega-3 de origen animal.

4.4.2.1 Omega-3 en la carne.

La carne es una importante fuente de grasa en la dieta humana, pero la concentración en PUFA, concretamente de la familia de los omega-3, es relativamente baja, comparado con la cantidad de ácidos grasos saturados. De entre las diferentes carnes animales la carne de cerdo tiene un mayor contenido en PUFA, pero sobre todo en omega-6. La ternera, el pollo, o el cordero tienen contenidos más bajos (Miotto Bernardi, Marisa Bertol, Bertelli Pflanzler, Carlos Sgarbieri, & Rodrigues Pollonio, 2016). El contenido en omega-3 de la carne de cerdo, concretamente de 100 g del músculo *longissimus dorsi* es de 14-55 mg en forma de ácido alfa-linolénico y 5-140 mg en forma de EPA+DHA (Barroeta, 2004).

Las plantas son la fuente principal de omega-3 tanto en el ecosistema terrestre como en el marino. La linaza (*Linum usitatissimum*) es la planta oleagionosa mayormente utilizada como fuente de omega-3 en la alimentación animal (de rumiantes). La suplementación con aceites de pecado y algas marinas también son comúnmente utilizada para la alimentación animal, como aporte de omega-3 PUFA. Pese a que la suplementación es aceptada, no se puede exceder los 60 g/Kg de materia seca consumida, para evitar la incapacidad del sistema digestivo de los rumiantes, por lo que hay una clara limitación (Dewhurst & Moloney, 2013).

4.4.2.2. Omega-3 en el pescado.

El pescado es una parte esencial de una dieta equilibrada y saludable, además de aportar proteínas de alto valor biológico, vitaminas y minerales, también contiene importantes cantidades en ácidos grasos polinsaturados omega-3 especialmente EPA y DHA.

Las mayores cantidades de EPA y DHA se encuentran en pescado graso, aunque siempre hay que tener en cuenta que este contenido varía entre especies, la localización del pescado y el momento de la captura, incluso dentro de la misma especie. Por este motivo, es importante analizar de forma individual las diferentes especies de pescado.

En primer lugar diferenciaremos los pescados salvajes, los que encontramos en mares y océanos, de aquellos que han sido criados en piscifactorías. El motivo de esta diferenciación reside en la diferente forma de alimentarse que tienen ambos tipos de pescado.

Un claro ejemplo, lo encontramos en el salmón. Este pescado puede criarse de manera salvaje o en piscifactoría (granja). En mares y océanos, se alimenta de peces pequeños los cuales contienen un nivel elevado en EPA, mientras que el pescado de piscifactoría come pellet con alto contenido en proteína. Además los factores climáticos tienen un gran impacto en la alimentación de los peces salvajes, mientras que en peces de granja es el granjero el que decide la alimentación de sus peces. En las granjas, conforme aumenta la esperanza de vida del pescado suelen alimentarlos con pellets que están enriquecidos en aceite de pescado (Corliss, 2015).

Mediante un estudio realizado en Estados Unidos (Cladis, Kleiner, Freiser, & Santerre, 2014), se comparó el contenido en omega-3 en salmón vendido en seis regiones del país. Se concluyó que el contenido en omega-3 de salmón de granja era superior al de las especies salvajes, aunque también contenían mayor contenido en grasas saturadas y poliinsaturadas.

El marisco también es una fuente de omega-3, sin embargo, su aporte en este ácido graso es menor al de los pescados azules, además de que su consumo es menos frecuente. De entre los mariscos destacan la almeja y la ostra ambas con un aporte en EPA+DHA de 0,4 g cada 100 g (Castro González, 2002), además del krill, pero en Europa no se consume como tal, sino en forma de aceite.

Tal y como se ha mencionado con anterioridad, hay que tener en cuenta en todo momento, que los datos obtenidos con respecto al contenido de ácidos grasos varían según la época del año, la temperatura, la alimentación de los peces, el lugar dónde se encuentren e incluso la especie, por lo que los datos obtenidos son una aproximación al contenido estimado de cada tipo de pescado y se han obtenido mediante la búsqueda y comparación de diversas fuentes bibliográficas en cada caso.

4.4.2.2.1 Peces salvajes.

4.4.2.2.1.1. El atún.

Existen diversas especies de atún de las cuales destacan el atún blanco, atún rojo y atún de aleta amarilla, por ser los mayormente consumidos.

El atún blanco (*Thunnus alalunga*), denominado también bonito del norte o albacora es el túnido más cotizado en el mercado, teniendo gran interés en la industria conservera. Según un estudio realizado en diferentes especies de pescado en relación al contenido en ácidos grasos, concretamente, en el atún blanco, EPA, proporcionó valores en el rango de 4,2-5,7 g/100 g de ácidos grasos totales (AGT). En cambio DHA, su contenido variaba significativamente de las zonas con lípidos estructurales (30,6-36 g/100 g AGT) y en zona lipídica de acumulación (15,2-15,8 g/100 g AGT) (Espinosa, Rodríguez, & Aubourg, 2019). Otra fuente, estima esta cantidad de omega-3 en 1,3 g por cada 100g de porción comestible como suma de EPA+DHA (Castro González, 2002).

En otra investigación la cantidad de omega 3 en *Thunnus alalunga* osciló entre 2,1-3,5 g/100 g de tejido de pescado (Popovic, y otros, 2012).

El atún rojo o cimarrón (*Thunnus thynnus*), pertenece a la familia de los escómbridos, es un pescado con carne de color rojo oscuro y sabor fuerte. Son pescados de gran tamaño, pudiendo alcanzar los 700 kg de peso o incluso más. Se encuentran bastante distribuidos por los mares y océanos. Por el Atlántico, de Canarias a Irlanda; con incursiones hasta Noruega y Mar del Norte, Báltico y Mar de Barents; Mediterráneo y Mar Negro; también en Canadá y Sudamérica, hasta la costa brasileña. Su carne contiene 12% de grasa convirtiéndolo en un pescado graso, grasa rica en omega-3. Su contenido es de 3,342 g por cada 100 g de porción comestible (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación., s.f.). En un estudio experimental realizado en Croacia con *Thunnus thynnus* se obtuvo un resultado de 2,58 g por cada 100g de omega-3 en atún de granja y 2,78g por cada 100g en atún salvaje (Popovic, y otros, 2012).

El atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) tiene un contenido en EPA+DHA de 106,70 mg/100 g de atún (Castro-González, Maafs-Rodríguez, & Pérez-Gil Romo, 2013), este contenido es bajo con respecto a otros atunes ya que es un pescado menos graso, pero se han encontrado datos que hablan de un contenido en omega-3 como suma de EPA y DHA de hasta 1,42 g por cada 100 g (Atehortúa Osorno, Velásquez Rodríguez, & López Marín, 2017).

El atún en lata es una de las formas en la que más se consume este tipo de producto, pero también puede presentarse en diversas formas, en agua o en aceite. Sobre el contenido en EPA y DHA de este tipo de enlatados, se realizó un estudio en Estados Unidos en el que analizaron diferentes latas de este pescado y concluyeron que el atún en agua es el que mayor contenido en EPA+DHA presenta pero a la vez, el de menor relación n-6/ n-3, en comparación con el atún en aceite (Maqboo, Strandvik, & Stallings, 2011).

En atún fresco la cantidad de EPA+DHA se encuentra en torno a 0,24-1.28 g por cada 85,05 g de pescado. En atún en lata la cantidad es de 0,73 g por cada 85,05 g de atún. (Covington, 2004).

4.4.2.1.2. La sardina.

La pesquería de las sardinas está integrada por gran cantidad de especies que reciben diferentes nombres comunes, pero las principales son la "sardina de España" (*Sardinops sagax*) y las del Mediterráneo (*Sardina pilchardus* y *Sardinella aurita*), entre otras.

Las sardinas contienen entre 0,98 y 1,70 g de EPA+DHA por cada 85,05 g de sardina (Covington, 2004). Es cierto, que al igual que todos los pescados las condiciones climáticas que varían con el paso de las estaciones al igual que su situación geográfica y especie, condicionan en gran medida este contenido. En un estudio experimental realizado en Grecia se midió la cantidad de ácidos grasos que en este caso la sardina (*Sardina pilchardus*) contenía cada dos meses del año (Zlatanov & Laskaridis, 2007). De este modo se pudieron visualizar unas marcadas desviaciones según el clima en esa época del año. Haciendo una media anual se llegó a la conclusión de que las sardinas eran una buena fuente de omega-3 ya que contenían 35,35 g de n-3 por cada 100g de ácidos grasos. Previamente se calculó que el contenido en estos pescados era de alrededor de 8 g de ácidos grasos por cada 100 g de pescado. Por tanto estaríamos hablando de un contenido de 2,83 g n-3 por cada 100 g de sardina.

En un estudio de experimentación más actual realizado en Croacia (Figura 4), de igual modo se realizó un seguimiento del contenido en ácidos grasos de la sardina y los resultados fueron bastante semejantes a los del anterior estudio.

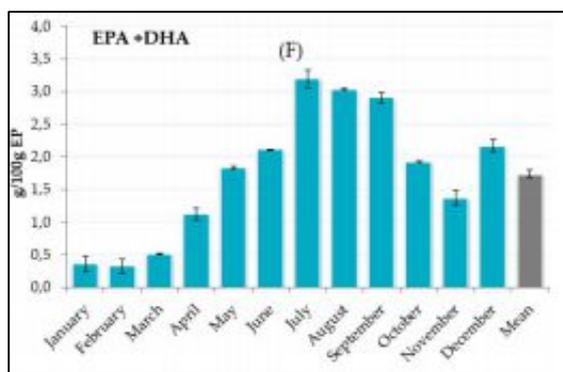


Figura 4: Contenido de omega-3 en la sardina como suma de EPA+DHA a lo largo de un año (g/100g) (Šimat, Hamed, Petričević, & Bogdanović, 2020).

El contenido en omega-3 correspondiente a la suma de EPA+DHA fue en media anual de 1,74 g por cada 100g de sardina. Dándose un mayor contenido en los meses estivales, concretamente de julio a septiembre. Estos cambios están relacionados con la actividad alimenticia de las sardinas así como las variaciones en plancton, ya que el perfil de ácidos grasos de las sardinas corresponde con el del plancton (Šimat, Hamed, Petričević, & Bogdanović, 2020). Estas conclusiones también fueron obtenidas en un estudio experimental realizado en la costa de Oregon-Washington en el que se determinaron los ácidos grasos de *Sardinops sagax* de forma anual. En este caso, el contenido lipídico aumentó un 22,95% a mitad de agosto y empezó a decrecer al final de septiembre. Se concluyó que el DHA era uno de los ácidos grasos más abundantes en la sardina y que los niveles de EPA eran mucho mayores en agosto y septiembre que en los anteriores meses (Okada & Morrissey, 2007).

El pescado es capturado de acuerdo al ciclo de reproducción; los capturados antes del desove, a finales de verano o a principios de otoño, contienen mayor cantidad de grasa y, por lo tanto, más ácidos grasos n-3 que los capturados a principios de la primavera

Sardina pilchardus, de la familia de los *clupeidos*, es un pez alargado, fusiforme con la espalda azulada o verdosa. Es un pescado que busca aguas cálidas y de alta salinidad. Es una especie muy común en todo el litoral español y la zona occidental africana. El contenido en lípidos es próximo al 8% de la fracción comestible, varía según la época de la captura, siendo los meses de julio y noviembre el momento en que este contenido es más elevado. Su aporte en omega-3 es

de 2,013 g por cada 100g de porción comestible (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.).

4.4.2.2.1.3. El boquerón.

El boquerón (*Engraulis encrasicolus*) es un pez óseo de a la familia de los *engráulidos*. Su cuerpo es alargado y algo aplastado, son de tamaño pequeño 10-18 cm. Son de color azul verdoso en el dorso, y plateado en el vientre. Es una especie que abunda en el Océano Pacífico y el Atlántico. También se encuentra en los mares Mediterráneo y Negro, y vive a más de 100 m de profundidad. Alcanzan su nivel más alto en grasa durante los meses de primavera y verano, cuando ascienden a la superficie para alimentarse y reproducirse. Contienen 2,04 g de omega-3 por cada 100g de porción comestible (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.).

El boquerón es un pescado azul, es decir, un pescado graso, aunque no es uno de los más grasos (6,3 g por cada 100g de porción comestible). Transformado en anchoa en aceite vegetal contiene 13 gramos de grasa y 0,2 gramos omega-3 (EPA+DHA) por cada 100 gramos de porción comestible (Rodríguez-Acosta, 2014).

Mediante un estudio en Turquía (Kaya & Turan, 2010) en el que se analizó la composición en proteínas, lípidos y ácidos grasos del boquerón (*Engraulis encrasicolus*), durante los meses de noviembre a enero, los resultados fueron los siguientes: en total se estimó que la cantidad de PUFAs era de alrededor del 21,84% del total de ácidos grasos. El contenido en DHA fue de media 9.37% del total de PUFAs, mientras que el contenido en EPA fue 7,92% del total. También destacar que los ácidos grasos omega 3 se encontraban en mayor proporción que los omega 6. Por tanto, 0,35 g de cada 100g corresponden a DHA y 0,3 g/100g a EPA.

Tabla 2: Variación estacional en la composición de ácidos grasos del boquerón (Zlatanos & Laskaridis, 2007).

Seasonal variation in the fatty acid composition of the anchovy (g/100 g fatty acids)							
	February	April	June	August	October	December	Mean
C12:0	0.18 ± 0.03	0.17 ± 0.03	0.30 ± 0.04	0.27 ± 0.03	0.17 ± 0.02	0.15 ± 0.04	0.21
C14:0	8.41 ± 0.87	6.38 ± 0.94	5.89 ± 0.59	9.16 ± 1.13	4.34 ± 0.87	6.59 ± 0.63	6.80
C14:1	0.23 ± 0.03	0.27 ± 0.02	0.53 ± 0.04	0.86 ± 0.05	0.22 ± 0.03	0.36 ± 0.03	0.41
C15:0	0.9 ± 0.18	1.05 ± 0.14	1.09 ± 0.26	1.81 ± 0.17	0.51 ± 0.09	1.32 ± 0.17	1.11
C16:0	31.18 ± 2.39	17.86 ± 2.14	19.85 ± 1.85	28.22 ± 1.48	35.63 ± 3.22	29.68 ± 2.78	27.07
C16:1	4.79 ± 0.54	5.91 ± 0.62	2.79 ± 0.36	7.86 ± 0.75	1.1 ± 0.97	2.77 ± 0.36	4.20
C17:1	0.33 ± 0.12	0.75 ± 0.14	1.23 ± 0.23	0.99 ± 0.23	0.65 ± 0.11	0.56 ± 0.13	0.75
C18:0	5.9 ± 0.41	3.67 ± 0.57	4.35 ± 0.32	6.75 ± 0.78	4.28 ± 0.39	6.32 ± 0.64	5.21
C18:1	9.29 ± 1.36	7.55 ± 0.72	4.67 ± 0.63	9.89 ± 1.15	10.48 ± 0.71	9.35 ± 0.89	8.54
C18:1n-7	1.11 ± 0.27	1.26 ± 0.33	0.83 ± 0.48	1.52 ± 0.26	1.51 ± 0.16	1.66 ± 0.31	1.32
C18:2n-6	1.08 ± 0.41	1.24 ± 0.32	2.25 ± 0.35	1.71 ± 0.24	2.23 ± 0.48	2.60 ± 0.47	1.85
C18:3	0.95 ± 0.14	1.62 ± 0.25	2.01 ± 0.34	1.57 ± 0.17	1.7 ± 0.23	1.36 ± 0.25	1.54
C18:4n-3	0.32 ± 0.04	0.47 ± 0.08	0.74 ± 0.15	0.81 ± 0.14	0.63 ± 0.09	0.51 ± 0.08	0.58
C20:1	1.87 ± 0.16	2.79 ± 0.29	1.3 ± 0.09	1.63 ± 0.14	1.55 ± 0.19	1.08 ± 0.13	1.70
C20:4n-6	0.51 ± 0.12	0.60 ± 0.08	1.05 ± 0.17	0.67 ± 0.05	0.35 ± 0.02	0.77 ± 0.06	0.66
C20:5n-3	11.86 ± 2.19	12.4 ± 1.22	6.76 ± 0.78	3.64 ± 0.67	2.46 ± 0.51	9.36 ± 1.19	7.75
C22:1	0.57 ± 0.17	0.63 ± 0.24	0.55 ± 0.13	0.22 ± 0.02	0.41 ± 0.09	0.67 ± 0.13	0.51
C22:5n-3	0.57 ± 0.14	0.88 ± 0.28	0.69 ± 0.16	0.43 ± 0.08	0.21 ± 0.04	0.76 ± 0.15	0.59
C22:6n-3	12.23 ± 1.22	26.41 ± 2.24	32.46 ± 2.79	14.32 ± 1.82	23.75 ± 2.21	17.33 ± 2.50	21.08
∑n-3	25.93	41.78	42.66	20.77	28.75	29.32	31.98
∑n-6	1.59	1.84	3.30	2.38	2.58	3.37	2.34
∑MUFA	18.19	19.16	11.90	22.97	15.92	16.45	17.63
∑SFA	46.57	29.13	31.48	46.21	44.93	44.06	39.66

En este estudio, anteriormente mencionado, también hicieron un análisis del contenido en diversos ácidos grasos a lo largo de un año en el boquerón. Tal y como podemos apreciar en la **Tabla 2** de media por cada 100 g de ácidos grasos 31,98 g corresponden a omega-3. Si calculamos en proporción al total de ácidos grasos existentes, 2,87 g por 100g de pescado, obtenemos un total de 0,918 g de omega-3 por cada 100 g de pescado.

4.4.2.2.1.4. La caballa.

La caballa (*Scomber scombrus*), también conocida como caballa del Atlántico, pertenece a la familia de los *escómbridos* es un pez de cuerpo alargado, redondo y hocico puntiagudo. Su dorso es azul verdoso con líneas transversales sombreadas. Abunda en aguas frías atlánticas. Se alimenta de sardinillas, boquerones y espadines.

Dado su contenido lipídico (10 g por cada 100g de porción comestible) se clasifica como pescado graso, con gran aporte de ácidos grasos omega-3. Concretamente, por cada 100 g de porción comestible se obtienen 2,056 g de omega-3 (Guzmán Aranguri & Gutiérrez Ramos, 2012) (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.). En 115 g de pescado cocinado en omega-3 se encuentra entre 1350-2100 mg, por lo que disminuye levemente (Lozano Teruel, 2014).

Tabla 3: Contenido en omega-3 de diversos pescados (Fernández Travieso, 2010).

	Grasa total Pescado	α -LNA (g/100 g)	EPA (g/100 g)	DHA (g/100 g)
Arenque del pacífico	18,5	0,3	1,0	1,6
Caballa del atlántico	16,0	0,3	0,9	1,6
Merluza de Alaska	15,3	0,1	0,7	0,7
Sardina	14,8	0,2	1,2	1,8
Salmón del atlántico	12,0	0,2	0,6	1,2
Sardineta	11,0	0,1	0,9	1,4
Trucha	9,6	0,1	0,5	1,1
Atún	9,0	0,7	0,1	0,3

4.4.2.2.1.5. El salmón.

El salmón (*Salmo salar*) de la familia de los *salmónidos* habita aguas frías, dulces y saladas. Su cuerpo es fusiforme, repleto de escamas con poderosa musculatura. Se alimenta de crustáceos y otros peces. El rasgo más característico es el color rosa anaranjado de su carne. Es un pescado graso cuyo contenido lipídico es de 12g por cada 100g de porción comestible. Su contenido en omega-3 es de 1,64 g por cada 100 g de porción comestible (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.).

Se trata de una de las especies marinas más reconocidas mundialmente por su aporte en ácidos grasos poliinsaturados, en especial de cadena larga como EPA y DHA. El salmón común (*Salmo salar*) contiene 1,57 g de EPA+DHA por cada 100g de parte comestible (Atehortúa Osorno, Velásquez Rodríguez, & López Marín, 2017).

En un estudio realizado con salmones de Noruega (Jensen, Eilertsen, Otnæs, Mæhre, & Elvevoll, 2020) en el que se comparaba, entre otros parámetros, la composición lipídica y en ácidos grasos del salmón tanto de granja como salvaje, se obtuvieron los siguientes datos: El contenido en EPA fue de 0,4 g por cada 100g de salmón y DHA 0,8 por cada 100g, en salmón salvaje. No obstante estos datos fueron ligeramente superiores en salmón de granja, EPA (0,5g /100g) y DHA (0,9g/100 g).

4.4.2.2.1.6. El pez espada.

El aporte en ácidos grasos omega-3 (EPA+DHA) por cada 100g de pez espada es de 0,76 g (Atehortúa Osorno, Velásquez Rodríguez, & López Marín, 2017). En un estudio realizado en peces del sur de Australia se pudo comprobar que el contenido en omega-3 correspondía a 2571 mg/100 g de pez espada (*Xiphias gladius*) (2,571 g por cada 100 g) (Soltan & Gibson, 2008). Este elevado contenido en ácido graso de la serie n-3 nos muestra como los pescados grasos, en este caso el pez espada, contienen unos niveles claramente más elevados en este ácido graso que aquellos que son magros. Según valores obtenidos por la FDA, en 115g de pescado cocinado, el pez espada contiene 1000 mg de EPA+DHA (Lozano Teruel, 2014).

4.4.2.2.1.7. La trucha.

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es un pescado de la familia de los *salmónidos* con forma fusiforme y cuerpo alargado y comprimido. Su nombre se debe a la banda de colores irisados a cada lado de su largo cuerpo. Podemos encontrar esta especie en libertad en aguas frías de ríos y lagos de alta montaña.

El contenido en grasa de la trucha es del 3%, pese a ser bajo, sigue siendo fuente de ácidos grasos omega-3, así como de proteínas de alto valor biológico y diversas vitaminas de la familia B y D. Su contenido en omega-3 es de 1,626 g por cada 100 g de porción comestible (Fundación española de la nutrición). Otra fuente consultada habla de un contenido de 20,4 g de ácido graso omega-3 por cada 100g de grasa (Izquierdo Córser, Torres Ferrari, Barboza de Martínez, Márques Salas, & Allara Cagnasso, 2000). Dato que se traduce en 0,616 g de omega-3 por 100g de trucha.

4.4.2.2.1.8. El aceite de krill.

El krill es un pequeño crustáceo que puede ser hallado en todos los océanos del mundo, principalmente en Ártico y Antártico. Pertenecen a la misma familia que los camarones, las langostas y los cangrejos. Aunque hay muchas especies distintas el krill del antártico, *Euphausia superba*, es la clase de krill que puede ser capturado porque nada en grandes lagos y en mar abierto (Sati & Bhatt, 2018).

El krill, en nuestra cultura europea, no es consumido tal y como se pesca. Se suele utilizar para alimentar a peces en acuarios y acuicultura, así como cebo de pesca y en la elaboración de productos farmacéuticos. No obstante, los japoneses suelen consumir de forma habitual este alimento, al que llaman “okiami”, para acompañar sopas o ensaladas. También está muy extendido su uso en forma de aceite.

El krill se colecta por succión desde la biomasa y se somete a prensado a alta presión y con temperatura. De esta forma se obtiene “aceite de krill” y de los sólidos se obtiene “harina de krill”, altamente demandada para nutrición animal. El aceite de krill tiene gran cantidad de fosfolípidos (35-40%), con una alta proporción en EPA y DHA (Valenzuela, Valenzuela, Sanhueza, De la Barra, & Morales, 2014). Aproximadamente el aceite contiene 24,48 mg/g de EPA y 14,94 mg/g de DHA (Showman, Barnes, Jaczynski, & Matak, 2020).

Tabla 4: Perfil de ácidos grasos (mg de ácido graso / g de porción) de 100% aceite de krill (KO) (Showman, Barnes, Jaczynski, & Matak, 2020).

	100% KO
C14:0	7.54 ± 0.62 ^b
C16:0	21.14 ± 0.29 ^{abc}
C16:1 (C9)	3.84 ± 0.14 ^b
C18:1 (C9)	8.42 ± 0.20 ^b
C18:3 (C9,12,15)	4.38 ± 0.09 ^b
C20:2 (C11,14)	8.91 ± 0.06 ^b
C20:5 (EPA)	24.48 ± 0.65 ^b
C22:6 (DHA)	14.94 ± 0.51 ^b

4.4.2.2.1.9. El aceite de pescado.

Actualmente, el aceite de pescado es un producto industrial de alto valor nutricional por su elevada concentración en ácidos grasos omega-3. Antiguamente, el aceite de pescado era considerado un subproducto en la fabricación de harina de pescado, pero en la actualidad sus usos cada vez son más amplios. Su principal uso se destina a la acuicultura, sobre todo de salmón y trucha, no obstante las industrias farmacéutica y nutraceútica están representando un porcentaje importante de la demanda actual, donde se utiliza para la preparación de cápsulas, concentrados de omega-3, emulsiones y otras formas consumibles (Valenzuela B., C., Julio, D., & Fernando, 2012).

Tabla 5: Contenido de EPA y DHA del aceite obtenido de diferentes especies marinas (Valenzuela B., C., Julio, D., & Fernando, 2012).

	EPA g/100g	DHA g/100g
Jurel	14	10
Salmón	7	10,8
Trucha	4,5	8,6
Sardina	16	10
Anchoveta	11	10
Atún	13	10
Bacalao	11	12

Tal y como se aprecia en la **Tabla 5** el contenido en omega-3 de los aceites de pescado varía en función del pescado ante el que nos encontremos, no obstante son contenidos relativamente similares, del orden de 20 g por cada 100 g de EPA+DHA, destacando el aceite de jurel como el que mayor contenido presenta y la trucha como el que menor, además esta última, presenta mayor proporción de ácido graso DHA que EPA.

Como se puede ver en la **Tabla 5**, el aceite de salmón contiene 17,8 g de EPA + DHA, dato bastante similar al hallado en otra fuente el cual se corresponde con 19,9 g de la suma de ambos ácidos grasos omega-3 (Nasiff-Hadad & Merino-Ibarra, 2003).

4.4.2.2.2. Peces de piscifactoría.

En la actualidad más del 50% de los productos acuáticos que consumimos provienen de granjas acuícolas. En pocos años la acuicultura estará produciendo el 75% de peces, algas y moluscos que se consuman (Redacción interempresas, 2020). Desde el punto de vista medio ambiental parece ser algo positivo ya que la presión en las existencias de peces salvajes es bastante elevada. Además, se está viendo claramente, que las existencias de peces salvajes no serán capaces de cubrir las necesidades nutricionales de los humanos en el futuro, debido a la reducción en la cantidad de peces en los océanos que se calcula sea de únicamente del 10% de los tiempos preindustriales. Por este motivo el salmón de granja se propone como una buena alternativa para incrementar tanto la producción global como las necesidades de los consumidores (Nichols, Petrie, & Singh, 2010).

4.4.2.2.2.1. Salmón de granja.

El salmón de granja es aquel criado y alimentado de forma industrial por el ser humano. En el medio marino se cultiva en jaulas, mientras que en agua dulce se encuentra en tanques y canales de flujo rápido previamente a ser transferidos al mar. Según la FAO, la alimentación de los salmones es variada, pero suele consistir en pellets producidos por tecnología de extrusión cuyos ingredientes son diversos pudiendo incluir diferentes tipos de harinas: harina de pescado (77,5% de proteína), harina de sangre (89,2% de proteína), harina de soja, de maíz, entre otras; además de diversos tipos de aceites de pescado. En la actualidad los aceites de pescado están siendo sustituidos por aceites y proteínas vegetales debido a la gran demanda de subproductos marinos en la industria acuícola mundial (Tacon & Matian, 2008), además del abaratamiento en costes que esto supone. No obstante, esto puede suponer que el contenido en omega-3 se vea reducido, ya que los componentes marinos se están viendo sustituidos por productos terrestres.

Su contenido en omega-3 es de alrededor de 1,56 g por cada 100 g de salmón. Una porción de salmón atlántico de granja (200 g) proporciona aproximadamente 2g de EPA y DHA (Jensen, y otros, 2012). Estos datos contrastan con los obtenidos en un estudio realizado con salmones de acuicultura en Chile en el cual se obtienen datos de contenido total de omega-3 de 4,35 g por cada 100g de filete, tal y como se puede observar en la **Tabla 6** (Valenzuela A., 2005). En un estudio llevado a cabo en Australia también se pudo comprobar como el contenido en omega-3 en salmón de piscifactoría era claramente superior al salmón salvaje, 2,985 mg/150 g y 505 mg/150 g respectivamente (Nichols, Petrie, & Singh, 2010).

Tabla 6: Contenido de grasa y ácidos grasos del filete de salmón (Valenzuela A. , 2005).

	g/100g Salmón (Filete)
Contenido de grasa	15,76
Ac. grasos saturados	3,83
Ac. grasos monoinsaturados	3,94
Ac. grasos poliinsaturados	5,74
EPA	1,39
DHA	2,04
total omega-3	4,35

*Promedio de 4 análisis obtenidos en el Laboratorio de Cromatografía del INTA.

En un estudio realizado con salmones escoceses se obtuvo 1,36g por cada 100g de carne de salmón en relación a la cantidad de omega-3 (Sprague, Dick, & Tocher, 2016). Este dato fue tomado en el año 2015, años anteriores (2006, 2010) los datos fueron superiores 2,75 y 2,21g por cada 100 g, esto se debe al cambio en la alimentación en acuicultura hacia fuentes terrestres.

4.4.2.2.2.2. Trucha de granja.

En España, la trucha arcoíris es la principal especie de la acuicultura continental. Se cría en sistemas monocultivo, generalmente estanques de hormigón, permitiendo una producción más eficiente (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2017).

El contenido en omega-3 de la trucha arcoíris criada en granja es de 0,4 g por cada 100g de pescado (Yeşilayer & Genç, 2013). Este mismo resultado se obtuvo en un estudio realizado con trucha arcoíris salvaje y de granja en Turquía. En el caso de la trucha de granja con un contenido en lípidos del 2,53% y un total en omega-3 del 15,79% de las grasas, el contenido en omega-3 por cada 100 g fue de 0,4 g (OZ & Dikel, 2015).

4.4.2.2.3 Los descartes de la pesca.

Según la FAO, los descartes pesqueros son el conjunto de peces y demás organismos que quedan accidentalmente atrapados en las áreas de pesca y que a continuación vuelven a tirarse al mar. Los pescadores comerciales han descartado alrededor del 10% de la captura durante la última década, alrededor de 10 millones de toneladas de pescado (Zeller, Cashion, Palomares, & Pauly, 2017).

Los descartes suelen darse debido a que la captura no alcanza la talla mínima exigida para su desembarque o aunque sí que cumple con la talla requerida, sus propiedades físicas se han visto afectadas en la captura o se prefieren especies de mayor tamaño con mayor valor comercial.

Con la implantación del reglamento de la Unión Europea 1380/2013 se instaura la obligación de desembarque de las capturas no deseadas creando la necesidad de buscar una solución económicamente viable para aprovechamiento de estas especies.

Los descartes suponen un elevado desperdicio para la alimentación humana, por lo que existen diversas soluciones. La primera de ellas es mejorar la selectividad en la pesca y la segunda, es el aprovechamiento, es decir, aprovechar las especies no objetivo capturadas para uso humano u otros usos alternativos. Cuando estos descartes tienen su destino en el consumo humano se suelen utilizar para elaborar harinas, aceites, colágeno, entre otros productos, pero es necesario que se abra un nicho de mercado para ellas, ya que actualmente no existe una industria asentada.

También se consideran descartes, la materia prima que no es utilizada en la industria pesquera y que supone un desecho orgánico.

En la actualidad se está experimentando, para conseguir aprovechar los descartes, mediante el desarrollo de nuevos alimentos. En Chile (Villaroel, Hazbun, & Morales, 2010), se ha llevado a cabo un proyecto con descartes de pulpa de trucha arcoíris para formular un paté, o

crema untada. Los resultados fueron muy satisfactorios tanto a nivel de beneficios para la salud como aceptabilidad de los consumidores. Se le consideró una fuente rica en ácidos grasos EPA y DHA.

Mediante el proyecto Valdescar (Pérez Martín, 2017), llevado a cabo en España, iniciado en 2015, se aprovecharon descartes de la pesca tanto para consumo humano como para alimentación animal. La parte destinada a consumo humano consistía en músculos picados de diferentes especies de pescados como la caballa, el jurel o la bacaladilla, mediante los que se obtuvo una pasta destinada para la elaboración de nuggets, hamburguesas o barritas. Los descartes destinados para consumo animal procedían de pieles y espinas.

Otro ejemplo español, lo encontramos en la empresa andaluza, “Harinas de Andalucía” la cual en febrero de 2011 desarrolló un proyecto de aprovechamiento de subproductos para elaborar aceites con alto contenido en omega 3 y 6 aptos para consumo humano, que en la actualidad comercializa (MAPA, 2011).

Uno de cada 6 kilos de pescado capturado en Europa nunca llega al mercado porque es tirado al mar (Oceana, 2007). Calculando que de media el pescado contiene 2g de omega-3 por cada 100 g y que, según datos de 2020 del Parlamento Europeo, en Europa se capturaron 4 millones de toneladas de pescado, de los cuales 667 millones de kilos no llegaron al mercado, lo que se traduce en 13.300 toneladas de omega-3 perdidas en el último año. Considerando la población europea de 750 millones y para una dosis diaria de 250 mg omega-3 esta pérdida representa las necesidades de 71 días de toda la población europea.

4.4.3. Omega-3 de origen vegetal.

Una vez analizado el contenido en omega-3 de las especies animales que presentan una mayor riqueza en este ácido graso, analizaremos fuentes vegetales que también contienen una importante cantidad en omega-3 pese a no ser la fuente principal como sí lo son los pescados de aguas frías anteriormente analizados.

Dentro de las principales fuentes vegetales está el aceite de chía (< 60%), seguido de la linaza (57%) y la colza, soja, germen de trigo y nueces (7-13%) (Carrillo-Gómez, Gutiérrez-Cuevas, Muro-Valverde, Martínez-Horner, & Torres-Bugarín, 2017). Estos alimentos pueden ser una alternativa atractiva para aquellas personas que siguen una dieta vegana y buscan el aporte necesario en omega-3. Resaltar que en el caso de las fuentes vegetales, a diferencia de las animales, el aporte en omega-3 no viene de la mano de los ácidos grasos DHA y EPA, sino mayoritariamente de su precursor, el ácido alfa-linolénico.

4.4.3.1. Semillas de chía.

Salvia hispánica L., comúnmente conocida como chía, es una planta de la familia *Lamiaceae*. Las semillas de chía representan la fuente vegetal con la concentración más alta en omega-3. Su aceite contiene ácido alfa linoleico en concentraciones de hasta 67,8%, la cual es superior a otras semillas como la soja (Julio, y otros, 2015).

La chía contiene 6,3 g de PUFA en forma de ácido alfa-linolénico por cada 100 g de semillas (Carrillo-Gómez, Gutiérrez-Cuevas, Muro-Valverde, Martínez-Horner, & Torres-Bugarín, 2017). Este contenido puede alcanzar los 7,6 g por cada 100 g, debido a que el contenido total de grasa es de 34,8 g por cada 100 g de producto.

En un estudio realizado en la universidad de Melbourne (Australia) (Zare, Rupasinghe, Boughton, & Roessner, 2019), se analizó el contenido en ácidos grasos de las semillas de chía en su estado original y tras 24 horas en agua. En el primero de los casos, el porcentaje de omega-3 extraído fue 67%, dato que se corresponde con varias referencias bibliográficas consultadas (Julio, y otros, 2015) (Orona-Tamayo, Valverde, & Paredes-López, 2017) (Ayerza & Coates,

2004). En relación a las semillas en remojo, con esta experimentación se demostró que la extracción de ácidos grasos, estando las semillas en agua, era superior, del orden de tres veces superior en el caso del omega-3.

En lo que respecta al aceite de chía su contenido en ácidos grasos omega-3 es muy similar al de la semilla, siendo en torno a 65% - 70% del total de ácidos grasos en forma de ácido alfa-linolénico, siendo el perfil graso el 33% de la composición (Guiotto, 2014) (Segura-Campos, Ciau-Solís, Rosado-Rubio, Chel-Guerrero, & Betancur-Ancona, 2014) (Ugena Díaz, Aceite de chía. Beneficios e inconvenientes de su consumo., 2015).

4.4.3.2. Semillas de lino.

Linum usitatissimum, de la familia *Linaceae*, es un cultivo de raíz fibrosa, anual, de cuya semilla se extrae el aceite de linaza de gran valor nutricional e industrial. Es considerada un alimento funcional por su alto contenido en fibra total, proteína, lignanos y perfil de ácidos grasos poliinsaturados predominando omega 3, 6 y 9 (Durán Córdova, 2014).

En relación a la composición de ácidos grasos omega 3, la semilla de lino contiene entre 53,3 y 57,3 % (pudiendo alcanzar 61,9% (Zoitza Ostojich Cuevas, 2012)) de ácido alfa-linolénico con respecto a los ácidos grasos totales. Su composición total en ácidos grasos varía entre 34-47,8 g por cada 100 g de producto (Durán Córdova, 2014) (Berrin & Temelli, 2008). Una cucharada sopera de semillas de lino (15 g) aporta 2,3 g de omega-3 (Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación, 2019).

La linaza, semilla oleaginosa, contiene aproximadamente 38-45% de aceite. El AGPI ALA representa el 52% de los ácidos grasos del aceite (García Hernández, 2017). De 100g de aceite 57 g corresponden al omega-3 ALA (Flax Council, 2015).

4.4.3.3. Aguacate.

El aguacate (*Persea American*) es el fruto del árbol del mismo nombre, de la familia de las *laureáceas*. Tiene forma de pera y contiene una única semilla rodeada de color claro. Es originario de México, Colombia y Venezuela. La variedad más conocida es la *Hass* la cual se produce en España, concretamente en Andalucía (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.).

El aguacate contiene 1,04 g de AG poliinsaturados por cada 100g de porción comestible, de los cuales 0,046 g corresponden a ácidos grasos omega-3. Este dato es relativamente inferior al hallado en otras fuentes, en las que calculan el contenido en omega-3 en forma de ALA en un total de 0,1-0,2 g por cada 100 g de aguacate (Castro González, 2002) (Ortega Tovar, 2003).

Respecto al aceite de aguacate, cada vez más comercializado en supermercados para consumo humano, además de para uso cosmético, su contenido en omega-3 es de 0,759 g por cada 100g de producto (Yepes Betancur, Sánchez Giraldo, & Márquez Cardozo, 2017).

4.4.3.4. Nuez.

La nuez es el fruto del nogal, y pertenece a la familia de las juglandáceas. Fruto con cáscara leñosa y dura, que al partirlo presenta pulpa seca de color amarillento. Existen más de quince variedades, pero la más apreciada es la *Juglans regia*, conocida como nuez inglesa o persa.

Las nueces destacan por su alto contenido en lípidos que varía de un 64 a un 72%, siendo los principales ácidos grasos de la nuez de tipo poliinsaturado tales como el linoleico ($\omega 6$) y el α -linoléico ($\omega 3$) que implican importantes beneficios para la salud. El contenido en aceite de las nueces es de aproximadamente el 65%, mayor que el de otros frutos secos como las almendras (53%) o los pistachos (50%). Aproximadamente el 11% de este aceite total es ácido α -linoléico, que es también más alto que en otros frutos secos (Fuentes Soriano, 2019) (Muradoglu, Oguz,, Yildiz, & Yilmaz, 2010). Concretamente 6,43 g de cada 100g de porción comestible corresponden al ácido alfa-linolénico (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, s.f.). El aceite de nuez

contiene entre 13,7 y 16,8 g de ácido alfa-linolénico cada 100g de aceite (Arancibia A., y otros, 2020).

4.4.3.5. Aceite de alga.

Las algas marinas son la fuente principal de PUFAs en la dieta humana, ya que los peces se alimentan de estas algas. Hoy en día, debido a los cambios en la temperatura del planeta, así como la contaminación de mares y océanos, la cantidad de pescado disponible se está viendo reducida, lo que conlleva un grave problema en nuestra alimentación. Por lo que la extracción de aceite de alga puede ser una solución a corto plazo.

Las microalgas tienen un mayor índice de crecimiento que las plantas terrestres, además de ser fuente de ciertos nutrientes bioactivos que solo se encuentran en el pescado. Además, las microalgas pueden ser usadas para fijar dióxido de carbono.

Su contenido en lípidos varía entre 1-70% de su peso celular, aunque bajo ciertas condiciones especiales este contenido puede alcanzar 90%. Las algas de la especie *Phaedodactylum tricorutum* contienen un total de 96,1% de aceite del cual 23,7% es en forma de EPA. Mientras que las algas de la especie *Cryptocodinium cohnii* tienen un contenido en aceite del 25,9% del cual 39,9% es en forma de DHA (Winswood, 2013).

El 58% del total de ácidos grasos en el aceite de alga procede de los ácidos grasos omega-3 (Santigosa, Constant, Prudence, Wahli, & Verlhac-Trichet, 2020). Este dato varía en relación a la especie de alga. También se han encontrado información que habla de un contenido en omega-3 del 43,97% respecto al total de ácidos grasos (Conchillo, Valencia, Ansorena, & Astiasarán, 2006).

4.4.3.6. Aceite de soja.

Se trata del aceite extraído del haba de la soja cuyo contenido en grasas es aproximadamente 19% de su composición. El consumo de aceite de soja está sufriendo un claro auge, de hecho en la campaña 2019/2020 el consumo fue de más de 57 millones de toneladas en todo el mundo, y en 2021 se espera que alcance los 58 millones (Orús, 2020).

El aceite de soja contiene 2,6 g de ácido alfa-linolénico por cada 100g (Botanical online, 2021), pudiendo alcanzar los 6,4 g de ALA por cada 100g (Nutriguia, 2003).

4.4.3.7. Aceite de oliva.

Se trata de un aceite vegetal de uso principal culinario extraído del Olivo (*Olea europea*), cuya demanda se centra principalmente en la zona del mediterráneo. Presenta un alto contenido en ácido oleico (omega-9) (60-80%) y componentes menores como tocoferoles y compuestos fenólicos. Su contenido en omega-3 es relativamente bajo, 1,03 g por cada 100g, en forma de ácido alfa-linolénico (Pauca- Menacho, Salvador-Reyes, Capa-Robles, & Moreno-Rojo, 2015). Según la FEN (Fundación Española de la Nutrición) su contenido en omega-3 es de 0,547 g por cada 100g de aceite.

4.4.4. Omega-3 en suplementos alimenticios.

Cuando existe una clara deficiencia en omega-3, bien porque no se consumen los alimentos anteriormente mencionados en las cantidades requeridas o por algún tipo de enfermedad, se puede recurrir a la suplementación mediante cápsulas concentradas en omega-3. Siempre se aconseja que esta suplementación sea prescrita por un médico y se lleve un seguimiento.

En el mercado se encuentran disponibles varias concentraciones de estos omega-3: 300 mg de EPA + DHA/g.; 500-600 mg de EPA + DHA/g. y 720-900 mg de EPA + DHA/g (Jaramillo, 2009).

Suplementos de omega 3 (ordenados según la calidad de los omega 3)	CARACTERÍSTICAS			RESULTADOS	
	Vitamina E añadida	Dosis diaria recomendada (perlas o cápsulas)	Contenido EPA+DHA por cápsula (% CDR)	Ingesta EPA+DHA	Calidad de los omega 3
OMACOR Ésteres etílicos ácidos grasos omega-3	✓	1	335	★★★★	★★★★
DIETISA Omega 3 Cardio		1	105	★★★★	★★★★
MAHEN Más Omega 3	✓	2	61	★★★★	★★★★
AQUILEA Omega-3 forte	✓	2-4	118	★★★★	★★★★
SANCT BERNHARD Omega-3	✓	3	115	★★★★	★★★★
BONUSAN Omega-3 Forte		1-3	100	★★★★	★★★★
MEGARED Omega-3 (aceite de krill)		1-2	36	★★	★★★★
LAMBERTS Omega 3 Ultra		1-3	392	★★★	★★★★
ELADIET Perlas de aceite de pescado	✓	4	58	★★★★	★★★★
ZENTRUM Omega3 Cardio Plus	✓	1-2	256	★★★★	★★★★
MENSAN Omega 3		3	77	★★★★	★★★★
SOLGAR Omega-3 Triple Concentración		2	367	★★★★	★★★★
ALCAVIT Omega3 Plus	✓	1-2	266	★★★★	★★★★
ARKOPHARMA Omega 3 (aceite de pescado)		4	58	★★★★	★★★★
MUNDONATURAL Oleomega3		1-4	266	★★★	★★★
ESI Omega-3 Small		2-4	181	★★★★	★★★
ENER ZONA Omega 3RX		2-4	286	★★★	★★★
PHYTO FARMA Omega 3	✓	2-3	119	★★★★	★★★
MARNYS Mar-in-oil	✓	1	61	★★	★★

Figura 5: Análisis comparativo de 19 suplementos alimenticios en omega-3 disponibles en el mercado (OCU, 2019).

En la **Figura 5**, se analizaron 19 suplementos diferentes disponibles en el mercado y se concluyó que casi todos cubrían el consumo diario recomendado por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), que estima las necesidades medias de ácidos grasos omega 3 en 250 mg al día, cantidad suficiente para mantener una correcta salud cardiovascular en adultos y niños. La gran mayoría estos suplementos alimenticios están hechos a base de aceite de pescado.

No obstante, la evidencia científica apoya que es el conjunto de la dieta lo que aporta beneficios cardiovasculares más que la suplementación. De hecho, con una sola ración de pescado se consigue cubrir las necesidades de omega-3 para varios días además de conseguir beneficios adicionales que no aportan los suplementos.

Por otra parte, este tipo de preparados, contienen EPA y DHA, que son susceptibles de sufrir oxidaciones por su abundancia en dobles enlaces, originando hidroperóxidos orgánicos. La evidencia científica muestra que ambos ácidos grasos pueden ejercer efectos beneficiosos para reducir el riesgo vascular, siempre y cuando no estén en forma oxidada (García Hernández, 2017).

La suplementación, también puede ser llevada a cabo en la alimentación animal. Diversos estudios muestran que tras alimentar a aves de corral con aceite de chía se producía un claro aumento en el contenido de ácidos grasos omega-3, ALA, en los huevos, así como un mayor contenido de tales ácidos grasos en la carne de las aves (Mohn Ali, y otros, 2012)(Ayerza & Coates, 2000).

4.4.5. Omega-3 en la elaboración de nuevos productos.

Una vez analizados todos los alimentos que de forma natural contienen omega-3, la última alternativa para aportar omega-3 a la dieta es la fabricación o elaboración de productos ya existentes con el añadido del omega-3 proceden de diversas fuentes. Un claro ejemplo es la utilización de las semillas de chía para elaboración de panes, galletas, barras energéticas, aceite, e incluso se han logrado obtener productos de origen animal como puede ser huevos, pollo, carne bovina, chorizo, jamón, leche y quesos enriquecidos con omega-3 (Capitani, 2013). Otra alternativa, es el uso de descartes de la pesca para elaborar nuevos productos, aunque se trata de un campo de investigación y desarrollo al que se le debería de prestar más atención.

En un estudio realizado en Australia sobre la dieta de niños, se sustituyeron productos de consumo habitual (pan, huevos, leche y yogur) por otros iguales pero enriquecidos en omega-3. De este modo se logró aumentar siete veces el consumo en DHA en la población, sobre todo en aquella población no consumidora de pescado. Pese a esto, este consumo no es suficiente para prevenir enfermedades crónicas. La mejor forma de conseguirlo es obtener el omega-3 de su fuente principal, el pescado o con suplementos a base de aceite de pescado o algas, para aquellos que no consuman pescado (Rahmawaty, Charlton, Batterham, & Mejer, 2014).

4.5. Análisis comparativo del contenido de omega 3 de cada uno los alimentos y productos expuestos.

Con los datos recopilados de los diferentes trabajos se ha elaborado la **Tabla 7** para poder comparar los contenidos de los diversos alimentos estudiados tanto de origen vegetal como animal y obtener una visión general de las fuentes de omega 3. Para determinar estas cantidades en todos los casos en los que se pudo contrastar la información, el método utilizado fue la cromatografía de gases.

Observamos en relación a los animales terrestres, que solo se ha encontrado información de cantidades concretas en el cerdo, aunque se ha mencionado anteriormente, (Miotto Bernardi et al., 2016) que tanto la vaca como el pollo incluyen algo de contenido en omega-3 pero en cantidades inferiores a las del cerdo. No obstante, este contenido es mínimo. Puede que mediante la suplementación en la alimentación de estos animales el contenido final en la carne sea superior.

En relación a los animales acuáticos, el contenido en omega-3 es muy superior a los terrestres, además de que todos son una fuente importante en este ácido graso. Los pescados presentados son pescados azules o grasos, que son aquellos que destacan por su contenido en omega-3. Este contenido superior se debe a un 10% de grasa en su composición corporal, a diferencia de los pescados blancos cuyo porcentaje en grasa es del 3% (Sánchez-Monge, 2019) La merluza, considerada un pescado magro, contiene 0,545 g de omega-3 por cada 100g de filete (Piñeiro Corrales, Lago Rivero, Olivera Fernández, & Culebras Fernández, 2013). El aporte en todos los casos lo conseguimos a través de los ácidos grasos EPA y DHA, cuyos beneficios en la salud humana están muy ligados a la prevención de enfermedades cardiovasculares, entre otros. Destacan pescados como el atún blanco, la sardina, la caballa, el pez espada o el salmón, por sus contenidos más elevados en omega-3, aunque las cantidades son claramente variables, e incluso se pueden presentar diferencias dentro de la misma especie. Hay muchos condicionantes que hacen que estos datos varíen, entre ellos la alimentación. Como se puede comprobar, el salmón salvaje tiene un contenido inferior en omega-3 al salmón de granja, esto es debido a que la alimentación en la acuicultura está controlada y suplementada para obtener los mayores beneficios. En cambio, los peces de mar abierto se alimentan principalmente de plancton y además deben de recorrer grandes distancias, por lo que su contenido graso es inferior. Este dato se ve reflejado en muchos otros pescados, según varios estudios (Nichols, Petrie, & Singh, 2010)(Cladis, Kleiner, Freiser, & Santerre, 2014) este contenido es superior en peces de piscifactoría. También es importante recordar que aunque peces grandes como el atún rojo o el pez espada contienen una cantidad significativa de omega-3, ambos llegan a albergar cantidades muy elevadas de mercurio por lo que se aconseja limitar su ingesta, sobre todo en grupos poblacionales como embarazadas y lactantes (Sánchez-Monge, 2019).

Las fuentes de origen vegetal destacan por un contenido muy elevado en omega-3. En este caso la procedencia es distinta a la de los animales, ya que el aporte lo realiza ALA principalmente. De entre los vegetales mencionados destacan las semillas de lino con un contenido en omega-3 que puede alcanzar los 19 g por cada 100g de producto. Hay que tener en cuenta que ALA no es equivalente a los AG de cadena larga omega-3, porque sólo del 10 al 20% es elongado, por tanto, tiene una baja biodisponibilidad con relación al EPA y DHA (Castro González, 2002).

En la **Tabla 7** se ha incluido el cálculo, para el caso del pescado, de la reducción en el contenido en omega 3 debida al cambio climático.

Tabla 7: Contenido en omega-3 de los alimentos expuestos con anterioridad.

Fuentes de omega-3									
Origen	Tipo	Alimento	Contenido en omega-3 (g/100 g alimento)			Fuente bibliográfica	Fuente de omega-3	Alto contenido omega-3	Reducción 36% contenido omega-3 por cambio climático (g/100g) (Hixson & Arts, 2016)
			ALA (g)	DHA+EPA (g)	Total n-3 (g)				
Origen animal	Carne	Cerdo	0,014 - 0,055	0,005 - 0,140	0,019 - 0,095	Barraeta, 2004	No	No	
	Pescado	Atún blanco (<i>Thunnus alalunga</i>)			1,3 - 3,5	Castro González, 2002; Popovic, y otros, 2012	Sí	Sí	0,832 - 2,24
		Atún rojo (<i>Thunnus thynnus</i>)			2,78 - 3,342	MAPA, s.f.; Popovic, y otros, 2012	Sí	Sí	1,779 - 2,139
		Atún de aleta amarilla (<i>Thunnus albacares</i>)		1,42	0,106 - 1,42	Atehortúa Osorno, Velásquez Rodríguez, & López Marín, 2017; Castro-González, Maafs-Rodríguez, & Pérez-Gil Romo, 2013	Sí	Sí	0,068 - 0,909
		Sardina (<i>Sardinops pilchardus</i>)		1,74 - 2,83	1,74 - 2,83	Simat, Hamed, Petri'cevi'c, & Bagdanavi'c, 2020; Zlatanov & Laskaridis, 2007; MAPA, s.f.	Sí	Sí	1,134 - 1,811
		Boquerón (<i>Engraulis encrasicolus</i>)		0,75 - 2,03	0,75 - 2,03	MAPA, s.f.; Kaya & Turan, 2010; Zlatanov & Laskaridis, 2007	Sí	Sí	0,48 - 1,299
		Caballa (<i>Scomber scombrus</i>)			2,056 - 2,8	MAPA, s.f.; Fernández Traveso, 2010; Guzmán Aranguri & Gutiérrez Ramos, 2012	Sí	Sí	1,316 - 1,792
		Salmón (<i>Salmo salar</i>)			1,5 - 1,64	Atehortúa Osorno, Velásquez Rodríguez, & López Marín, 2017; Jensen, Ellertsen, Otnæs, Mæhre, & Elvevoll, 2020; MAPA, s.f.	Sí	Sí	0,96 - 1,049
		Pez espada (<i>Xiphias gladius</i>)		0,76 - 2,57	0,76 - 2,57	Atehortúa Osorno, Velásquez Rodríguez, & López Marín, 2017; Lozano Teruel, 2014; Soltan & Gibson, 2008	Sí	Sí	0,486 - 1,645
		Trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)			0,616 - 1,626	Fundación española de la nutrición; Izquierdo Córser, Torres Ferrari, Barboza de Martínez, Márquez Salas, & Allara Cognasso, 2000	Sí	Sí	0,394 - 1,041
		Salmón de granja			1,36 - 4,3	Jensen, y otros, 2012; Sprague, Dick, & Tacher, 2016; Valenzuela, 2005	Sí	Sí	
Trucha de granja			0,4	OZ & Dike, 2015; Yeşilayer & Genç, 2013	Sí	Sí			
Origen vegetal	Semilla	Semilla de chia (<i>Salvia hispánica L.</i>)	6,3 - 7,6		6,3 - 7,6	Carrillo-Gómez, Gutiérrez-Cuevas, Muro-Valverde, Martínez-Horner, & Torres-Bugarín, 2017; Ugena Díaz, 2015	Sí	Sí	
		Semilla de lino (<i>Linum usitatissimum L.</i>)	15,3 - 19		15,3 - 19	Berrin & Temelli, 2008; Durán Córdova, 2014; García Hernández, 2017; Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación, 2019	Sí	Sí	
	Fruta	Aguacate (<i>Persea American</i>)			0,046 - 0,2	Castro González, 2002; Ortega Tovar, 2003; MAPA, s.f.	No	No	
	Fruto seco	Nuez (<i>Juglans regia</i>)	6,43 - 7,15		6,43 - 7,15	Fuentes Soriano, 2019; MAPA, s.f.; Muradoglu, Oguz, Yildiz, & Yilmaz, 2010	Sí	Sí	

4.6. Estudio comparativo de la viabilidad como aporte en la dieta de las diferentes fuentes de omega-3 propuestas

Con los datos recopilados de los diferentes trabajos y con el fin de tener una idea más intuitiva del nivel de riqueza en omega 3 de los diferentes alimentos (y también del tamaño de la ración a consumir) se ha elaborado la **Tabla 8**, en la que comparamos el máximo aporte de omega-3 que tiene un filete de salmón de ración 100-125 g, al que asignamos el valor de 100 con el resto de productos, así pues, el valor de 100 correspondería a un alimento que presentará el mismo contenido en omega 3 que el alimento de referencia, valores superiores a 100 muestran un mayor contenido y valores inferiores indican que el alimento contiene menos grasas que el alimento de referencia y en qué medida. Se pone como alimento de referencia el salmón, ya que es uno de los pescados grasos más consumidos en España, concretamente en 2019 los españoles consumieron 58 millones de kg (Orús, 2020). Con la reducción del contenido en omega-3 del 36% haría falta aumentar el consumo en pescado hasta alcanzar los 79 millones de Kg de pescado, solo en España.

Con esta comparación, se comprueba que tanto el cerdo como el aguacate se encuentran en porcentajes inferiores de aporte de omega-3 que el salmón, y dentro de los pescados tanto el atún de aleta amarilla como la trucha también presentan menores porcentajes. Por lo que para estos alimentos las raciones que aportan una cantidad de omega-3 igual al del salmón son mucho mayores a lo que se consume habitualmente.

El resto de pescados presenta valores superiores y de entre ellos, los más interesantes podrían ser la sardina o el boquerón, ya que, pese a no ser los que mayor contenido presentan en omega-3, si son unos de los que con más asiduidad se consumen en España, además de que el pez espada y el atún rojo presentan contenidos elevados en mercurio. Con aproximadamente una ración de 58g de sardina se consigue la misma cantidad de omega-3 que en 100g de salmón. Los alimentos vegetales como la semilla de chía, de lino o las nueces, presentan un contenido muy elevado, pero estos alimentos, no solemos consumirlos en cantidades tan elevadas como el pescado, y además lo solemos hacer de forma menos habitual. Por ejemplo, las semillas de chía las consumimos formando parte de pan, galletas o tostadas. Es cierto, que tal y como se puede apreciar en la **Tabla 8**, con aproximadamente 9 g de semillas de lino se consigue el aporte de omega-3 equivalente a 100 g de salmón, por lo que puede que con consumir unas pocas galletas de semillas de lino o incluso mediante el consumo aproximado de 7 nueces, se logre obtener el aporte de omega-3 necesario, aunque recordando que este aporte es esencialmente ácido alfa-linolénico.

También se puede comprobar como la reducción del omega-3 debido al cambio climático, disminuye significativamente el contenido en omega-3 de todas las especies de pescados salvajes, por lo que como se puede visualizar en la última columna de la **Tabla 8**, las raciones se ven significativamente incrementadas si buscamos un aporte en omega-3 igual al actual. El salmón tomado como referencia, alcanzaría valores de 156 g la ración, lo que supone un incremento de 56 g más de pescado para la misma cantidad de omega-3. Por tanto, valorando los cálculos realizados, para el año 2100 las mejores opciones de consumo de pescado serían el atún blanco o la sardina, ya que pese a la reducción en omega-3 y el consiguiente aumento en la ración necesaria, siguen siendo raciones que se encuentran en valores bastante aceptables como es el caso de la sardina con una ración aproximada de 90 g.

Tabla 8: Comparación del aporte de omega-3 del salmón (*Salmo salar*) con el resto de alimentos.

Alimento	% omega-3	Tamaño ración. Base salmon = 100 g	Tamaño ración año 2100. Base salmon = 100 g
Cerdo	6	1726,32	
Atún blanco (<i>Thunnus alalunga</i>)	213	46,86	73,21
Atún rojo (<i>Thunnus thynnus</i>)	204	49,10	76,64
Atún de aleta amarilla (<i>Thunnus albacares</i>)	87	115,49	180,22
Sardina (<i>Sardinops pilchardus</i>)	173	57,95	90,61
Boquerón (<i>Engraulis encrasicolus</i>)	124	80,79	126,15
Caballa (<i>Scomber scombrus</i>)	171	58,57	91,62
Salmón (<i>Salmo salar</i>)	100	100,00	156,19
Pez espada (<i>Xiphias gladius</i>)	157	63,81	99,39
Trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	99	100,61	157,69
Salmón de granja	262	38,14	
Trucha de granja	24	410,00	
Semilla de chía (<i>Salvia hispánica L.</i>)	463	21,58	
Semilla de lino (<i>Linum usitatissimum L.</i>)	933	8,63	
Aguacate (<i>Persea American</i>)	12	820,00	
Nuez (<i>Juglans regia</i>)	436	22,94	

Una vez realizada la búsqueda de los alimentos citados, se ha querido hacer referencia a diferentes tipos de aceites que nos aporten omega-3. Principalmente, esta información resulta interesante a la hora de consumir suplementos alimenticios, ya que la gran mayoría de ellos están elaborados con aceites de pescado o de algas, en forma de cápsulas. La **Tabla 9**, muestra como tanto el aceite de alga, como el de krill y el de pescado, son las fuentes más importantes de omega-3, con valores claramente superiores al resto, sin dejar de lado el aceite de lino cuyo contenido en omega-3 alcanza los 57 g/100 g. Se ha buscado información con relación al aceite de oliva, ya que su consumo en España, y en los territorios del Mediterráneo, está muy extendido, pero su aporte en omega-3 es ínfimo en comparación con el resto de aceites.

Tabla 9: Contenido en omega-3 en diferentes tipos de aceites

Fuentes de omega-3							
Tipo	Alimento	Contenido en omega-3 (g/100 g alimento)			Fuente bibliográfica	Fuente de omega-3	Alto contenido
		ALA (g)	DHA+EPA (g)	Total n-3 (g)			
Aceite	Aceite de alga	0,09	43,88	43,97	Conchillo, Valencia, Ansorena, & Astiasarán, 2006	Sí	Sí
	Aceite de pescado (Salmón)		17,8 - 19,9	17,8 - 19,9	Nasiff-Hadad & Merino-Ibarra, 2003; Valenzuela B., C., Julio, D., & Fernando, 2012	Sí	Sí
	Aceite de krill		40	40	Showman, Barnes, Jaczynski, & Matok, 2020	Sí	Sí
	Aceite de chía	21,45 - 23		21,45 - 23	Guiotto, 2014; Segura-Campos, Ciau-Solis, Rosado-Rubio, Chel-Guerrero, & Betancur-Ancona, 2014	Sí	Sí
	Aceite de lino	57		57	Flax Council, 2015	Sí	Sí
	Aceite de nuez	13,7 - 16,8		13,7 - 16,8	Arancibia A., y otros, 2020	Sí	Sí
	Aceite de aguacate	0,759		0,759	Yepes Betancur, Sánchez Giraldo, & Márquez Cardozo, 2017	Sí	Sí
	Aceite de oliva	1,03		0,507 - 1,03	Fundación Española de la Nutrición; Paucar-Menacho, Salvador-Reyes, Capa-Robles, & Moreno-Rajo, 2015	Sí	Sí
	Aceite de soja	2,6 - 6,4		2,6 - 6,4	Botanical online, 2021; Nutriguía, 2003	Sí	Sí

Al igual que en la **Tabla 8**, en la **Tabla 10** se ha escogido uno de los aceites, concretamente el aceite de pescado al que se le ha asignado el valor de referencia 100, para comparar el contenido en omega-3 con respecto al resto de aceites. De este modo se ha podido comprobar que los aceites de nuez, soja, aguacate y oliva, especialmente estos dos últimos, tienen un contenido muy reducido de omega-3 con respecto al aceite de pescado. En cambio, el resto de aceites son superiores al de referencia. Llama especialmente la atención el aceite de lino como el aceite vegetal con mayor contenido, e incluso superando los aceites de origen marino. Este tipo de aceites, tal y como se ha mencionado con anterioridad, son los utilizados como suplementos alimenticios mediante su concentración en cápsulas. La gran mayoría de los que encontramos en el mercado son aceites de pescado y algas, y las cantidades de EPA +DHA, que contienen dependen del fabricante, pero varían de los 300 a los 900 mg por cápsula, por lo que la elección va en función de las necesidades nutricionales. Respecto a los datos valorados, la mejor opción podría ser el aceite de lino, pero hay que recordar que su aporte en ácidos grasos es mayoritariamente en forma de ALA, por lo que teniendo esto en cuenta, la opción más interesante es la suplementación con aceite de alga.

Tabla 10: Porcentaje de aporte de omega-3 tomando como referencia el aceite de pescado (salmón).

Alimento	%
Aceite de alga	221
Aceite de pescado (Salmón)	100
Aceite de krill	201
Aceite de chía	116
Aceite de lino	286
Aceite de nuez	84
Aceite de aguacate	4
Aceite de oliva	5
Aceite de soja	32

5. Conclusiones.

Con este trabajo se ratifica que las consecuencias del cambio climático son muchas y muy complejas. La química de los sistemas biológicos y las reacciones químicas que los controlan son muy sensibles a los cambios de temperatura que se están produciendo.

El cambio climático supone un grave perjuicio en nuestras vidas ya que en un periodo no muy largo de tiempo se van a poner de manifiesto sus efectos en el equilibrio de los ecosistemas siendo urgente que realicemos las acciones necesarias que frenen su avance o al menos estudiar su efectos más inmediatos para poder paliarlos.

En este trabajo se ha evidenciado que puede llegar a tener un impacto en la alimentación y con él sobre la salud de nuestro organismo; hemos visto que puede llegar a cambiar la composición de los alimentos. El caso de los ácidos omega-3 es especialmente preocupante pues son esenciales y condicionan directamente nuestro desarrollo como seres humanos, aportando beneficios en todas las etapas de la vida tanto cardiovasculares, como en el sistema inmunitario y nervioso.

Respecto al contenido en omega-3 en el pescado, se ha comprobado que es muy variado y depende de muchos factores, entre otros la temperatura de las aguas, que se está viendo condicionada por el cambio climático. Este aumento en las temperaturas, como hemos visto, propicia que el fitoplancton se adapte modificando la estructura de sus membranas disminuyendo su contenido en PUFA. Los pescados grasos son una fuente muy importante en omega-3 y principal en muchos casos, aunque ante la inminente reducción de su contenido, que se calcula pueda ser de aproximadamente el 36%, se ha realizado una búsqueda de fuentes alternativas. De entre ellas destacan con diferencia las semillas de lino y de chía, con unos aportes en omega-3 en forma de ALA muy elevados, que podemos incluir en nuestra dieta mediante el consumo de galletas, panes o incluso a través de su uso como condimento en ensaladas y yogures. No obstante, su consumo no está tan globalizado como el del pescado, por lo que es menos habitual que formen parte de nuestra dieta.

Más interesante puede ser la suplementación utilizando el aceite de las citadas semillas, ya que con unas 3 cucharadas al día de este aceite acompañando nuestras comidas conseguimos el aporte necesario en omega-3, recordando siempre que este aporte es principalmente en forma de ácido alfa-linolénico. La suplementación puede ser una buena alternativa al consumo de pescado en filetes, pues el aporte en forma de aceite de pescado o de alga es muy elevado en una sola cápsula, pudiendo alcanzar los 900 mg/cápsula.

Una nueva alternativa, es el uso de los descartes de la pesca como fuente de omega-3, ya sea mediante la elaboración de nuevos alimentos o incluso de suplementos a partir de los mismos, no en vano si tenemos en cuenta únicamente la población europea, 750 millones de personas, y que la necesidad diaria en omega-3 según la OMS, es de 250mg/día, con la pérdida de pescados por su devolución al mar, hay una pérdida de 71 días de las necesidades nutricionales en omega-3 de esta población.

Esta posibilidad merecería una línea de investigación ya que no se ha encontrado información al respecto. Al igual que la elaboración de productos ya existentes de consumo diario como puede ser el pan o las galletas, que tengan el aporte de omega-3 diario necesario.

También, resulta interesante la suplementación animal, ya que mediante una alimentación de estos animales rica en omega-3 que puede ser aportado por los aceites de pescado o incluso de chía o de lino, se consiguen carnes con mayor aporte en este ácido graso, además de alimentos diversos como la leche o los huevos.

Finalmente, pese a la variedad de fuentes de omega-3 encontradas, es cierto que el consumo de pescado es esencial para el correcto desarrollo de nuestro organismo, puesto que no solo aportan omega-3 sino también proteínas de alto valor biológico y vitaminas y minerales imprescindibles. Una clara alternativa es, sin dejar de optar al consumo de pescado, la ingesta de

pescado de piscifactorías, el cual tiene un contenido muy elevado en los ácidos grasos omega-3 EPA y DHA. De hecho, el salmón de granja puede llegar a aportar un 162% más de omega-3 que el salvaje, lo que se traduce en que una ración de aproximadamente 40 g de salmón de granja aporta la misma cantidad de ácido graso omega-3 que 100g del salmón en libertad. No obstante, la lucha contra el cambio climático debe ser una prioridad. Es muy necesario que haya un cambio muy importante de mentalidad en la sociedad y que se consiga una mayor investigación y financiación al respecto para lograr menguar los efectos. Los estudios en relación al cambio nutricional en las especies animales son muy necesarios, y no únicamente en las especies marinas, ya que puede que con todos los cambios medioambientales a los que nuestro planeta se va a ver sometido, también las especies terrestres puedan sufrir un deterioro claro en su vida, afectando de forma directa a su composición y por tanto a nuestra alimentación.

6. Bibliografía

- Acciona. (2020). *Cambio climático*. Obtenido de <https://www.acciona.com/es/cambio-climatico/>
- Agencia Europea de Medio Ambiente. (11 de Mayo de 2021). *El cambio climático y el mar*. Obtenido de Alteraciones de la red trófica marina: <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2015/articulos/el-cambio-climatico-y-el-mar>
- Aires, D., Capdevila, N., & Segundo, M. J. (2005). Ácidos grasos esenciales. Su influencia en las diferentes etapas de la vida. *OFFRAM*, 96-102.
- Arancibia A., V., Lobos L., G., Campos Y., J., Salinas M., H., S., C., & Cornelio. (2020). Aceite de nuez: Aceite no tradicional con excelentes propiedades beneficiosas para la salud. *Inia*.
- Arianna, C., & Karsten, G. (2010). Inflamación: Los ácidos grasos omega-3 y su relación salud/enfermedad. *GNL D*, 1-4.
- Atehortúa Osorno, A. C., Velásquez Rodríguez, C. M., & López Marín, B. E. (2017). Caracterización de diversas especies de peces como fuente de PUFAs y omega 3 según su perfil de ácidos grasos. *Perspectivas en nutrición humana*, 19(1), 93-108.
- Ayerza, R., & Coates, W. (2000). Dietary Levels of chia: influence on yolk cholesterol, lipid content and fatty acid composition for two strains of hens. *Poultry Sci.*, 79, 724-739.
- Ayerza, R., & Coates, W. (2004). Protein and oil content, peroxide index and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica* L.) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. *Trop Sci*, 44, 131-135.
- Barroeta, A. (15 de Diciembre de 2004). *3tres3.com*. *Comunidad Profesional Porcina*. Obtenido de Ácidos grasos Omega 3 en porcino: https://www.3tres3.com/articulos/acidos-grasos-omega-3-en-porcino_1031/
- Berrin, B., & Temelli, F. (2008). Chemical composition and oxidative stability of flax, safflower and poppy seed and seed oils. *Bioresource Technology*, 99, 6354-6359.
- Botanical online. (22 de Marzo de 2021). *Botanical-online.com*. Obtenido de <https://www.botanical-online.com/alimentos/aceite-soja-composicion>
- Calder, P. C. (2013). Nutritional benefits of omega-3 fatty. En N. S.-D. Charlotte Jacobsen, *Food Enrichment with Omega-3 Fatty Acids* (págs. 3-26). Woodhead Publishing.
- Capitani, M. I. (2013). Caracterización y funcionalidad de subproductos de chía (*Salvia hispánica* L.) aplicación en tecnología de alimentos. *Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata*, 1-230.
- 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. *Nutrición Hospitalaria*, 63-69.
- Carrero, J., Martín-Bautista, E., Baró, L., Fonollá, J., Jiménez, J., Boza, J., & López-Huertas, E. (2005). Alimentos funcionales. Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutrición Hospitalaria*.
- Carrillo-Gómez, C. S., Gutiérrez-Cuevas, M., Muro-Valverde, M., Martínez-Horner, R., & Torres-Bugarín, O. (2017). La chía como súper alimento y sus beneficios en la salud de la piel. *Medigraphic*, 12(1), 18-24.

- Castellanos, L., & Rodríguez, M. (2015). El efecto de omega 3 en la salud humana y consideraciones en la ingesta. *Rev Chil Nutr*, 90-95.
- Castro González, M. I. (2002). Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes. *Interciencia*, 27(3), 128-136.
- Castro-González, M. I., Maafs-Rodríguez, A. G., & Pérez-Gil Romo, F. (2013). Variación del contenido de lípidos y perfil de ácidos grasos en atún, trucha marina y pámpano sometidos a seis técnicas de cocción. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 63, 1-13.
- Cladis, D. P., Kleiner, A. C., Freiser, H. H., & Santerre, C. R. (2014). Fatty Acid Profiles of Commercially Available Finfish Fillets in the United States. *Lipids*, 49, 1005-1018.
- Cole, G. M., Ma, Q.-L., & Frautschy, S. A. (2010). Dietary fatty acids and the aging brain. *International Life Sciences Institute*, 68(2), 102-111.
- Colombo, S. M., Rodgers, T. F., & Diamond, M. L. (2020). Projected declines in global DHA availability for human. *The Royal Swedish Academy of Science*, 865-880.
- Conchillo, A., Valencia, I. P., Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2006). Alimentos funcionales. Componentes funcionales en aceites de pescado y alga. *Nutrición Hospitalaria*, 21(3), 369-373.
- Corliss, J. (23 de Diciembre de 2015). *Harvard Health Publishing*. Obtenido de Finding omega-3 fats in fish: Farmed versus wild: <https://www.health.harvard.edu/blog/finding-omega-3-fats-in-fish-farmed-versus-wild-201512238909#:~:text=%E2%80%9CIn%20the%20wild%2C%20salmon%20eat,the%20farmer's%20choice%20of%20pellets>.
- Covington, M. B. (2004). Omega-3 fatty acids. *American family physician*, 70, 133-40.
- Dewhurst, R., & Moloney, A. (2013). Modification of animal diets for the enrichment of dairy and meat products with omega-3 fatty acids. En C. Jacobsen, N. Skall Nielsen, A. Frisenfeldt Horn, & A.-D. Moltke Sørensen, *Food Enrichment with Omega-3 Fatty Acids* (págs. 257-287). Woodhead Publishing.
- Durán Córdova, J. d. (2014). Comparación de ácidos grasos omega 3,6 y 9 en la semilla de lino (*Linum usitatissimum*) ecuatoriana y canadiense por cromatografía de gases. *Pontificia Universidad Católica de Ecuador. Disertación.*, 1-198.
- Espinosa, A., Rodríguez, A., & Aubourg, S. P. (2019). Las especies marinas como fuente de lípidos ricos en ácidos omega-3. *Investigación. Cultura ciencia y tecnología*, 1-8.
- Fernández Travieso, J. C. (2010). ácidos grasos omega-3 y prevención cardiovascular. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 41(1), 3-15.
- Flax Council. (2015). Descripción y Composición de la Linaza. *LINAZA- Un Producto Premier de Salud y Nutrición*, 9-21.
- Fuentes Soriano, P. (2019). Determinación de ácidos grasos por cromatografía de gases para la diferenciación de nueces (*Juglans regia*) según su origen. *Trabajo Fin de máster. Universidad de Cádiz*, 1-52.
- Fundación española de la nutrición. (s.f.). *FEN*. Recuperado el 17 de Mayo de 2021, de <https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/trucha.pdf>

- Gaete, M. G., Atalsh, E. S., & Araya, J. A. (2002). Efecto de la suplementación de la dieta de la madre durante la lactancia con ácidos grasos omega 3 en la composición de los lípidos de la leche. *Revista chilena de pediatría*, 239-247.
- Gagne, G. P., & Medrano, R. H. (2009). *Fish Consumption and Health*. New York: Nova.
- García Diez, C., & Remiro Perlado, J. (2014). Impacto del cambio climático sobre la acuicultura en España. *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*, 1-50.
- García Hernández, V. (2017). Parámetros de calidad en nutraceuticos y fuentes naturales de omega-3, valorados aplicando un protocolo normalizado de trabajo en Oficina de Farmacia. *Tesis Doctoral. Universidad Miguel Hernández*, 1-398.
- Grupo de Innovación sobre la Docencia en Diversidad Biológica. (2016). *BIOINNOVA*. Obtenido de www.innovabiologia.com: <https://www.innovabiologia.com/wp-content/uploads/2016/10/B-Mecanismos-de-Termorregulaci%C3%B3n.pdf>
- Guiotto, E. N. (2014). Aplicación de subproductos de chía (*Salvia hispanica* L.) y girasol (*Helianthus annuus* L.) en alimentos. *Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata*, 1-225.
- Guzmán Aranguri, B., & Gutiérrez Ramos, M. (2012). Efecto de una dieta a base de *Scomber scombrus* L. sobre el perfil lipídico en pacientes ambulatorios con dislipidemias. *Ciencia y Tecnología, Escuela de Postgrado - UNT*, 25-38.
- Hedge, M. V., Zanwar, A. A., & Adekar, S. P. (2016). *Omega-3 Fatty Acids. Keys to Nutritional Health*. Springer.
- Hixson, S. M., & Arts, M. T. (2016). Climate warming is predicted to reduce omega-3,. *Global Change Biology*, 2744-2755.
- Izquierdo Córser, P., Torres Ferrari, G., Barboza de Martínez, Y., Márques Salas, E., & Allara Cagnasso, M. (2000). Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(2).
- Jaramillo, B. (2009). Características de las presentaciones farmacéuticas de los ácidos grasos omega-3, su proceso de fabricación y la política de aprobación por una entidad gubernamental. *Revista colombiana de cardiología*, 16, 12.
- Jensen, I. J., Mæhre, H. K., Tømmerås, S., Eilertsen, K. E., Olsen, R. L., & Elvevoll, E. O. (2012). Farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) is a good source of long chain omega-3 fatty acids. *Nutrition Bulletin*, 37, 25-29.
- Jensen, I.-J., Eilertsen, K.-E., Otnæs, C. H., Mæhre, H. K., & Elvevoll, E. O. (2020). An Update on the Content of Fatty Acids, Dioxins, PCBs and Heavy Metals in Farmed, Escaped and Wild Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Norway. *Foods*, 9, 1-17.
- Jozefat, B. (2015). Climate Changes and all evidences of Global Warming. En K. V. Wong, *Climate Change* (págs. 61-74). Momentum Press.
- Julio, L., Ixtaina, V. Y., Fernández, M. A., Torres Sánchez, R., Wagner, J., Nolasco, S., & Tomás, M. (2015). Chia seed oil-in-water emulsions as potential delivery systems of omega-3 fatty acids. *Journal of Food Engineering*, 162, 48-55.

- Kaya, Y., & Turan, H. (2010). Comparation of protein, lipid and fatty acids composition of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) during the commercial catching season. *Journal of Muscle Foods*(21), 474-483.
- Llanes Betancourt, C. (2008). Los factores más probables de longevidad: Reflexiones sobre el tema. *Revista Cubana de Enfermería*, 24(1).
- López Farré, A., & Macaya, C. (2006). Efectos antitrombóticos y antiinflamatorios de los ácidos grasos omega-3. *Utilidad terapéutica de los ácidos grasos omega 3*, 31-37.
- Lozano Teruel, J. A. (12 de Junio de 2014). *Ciencia y Salud*. Recuperado el Mayo de 2021, de ¿Qué y cuánto pescado comer para tener un suministro adecuado de omega-3?: <https://www.um.es/lafem/DivulgacionCientifica/CienciaySalud/Portalyblog/cienciaysalud.laverdad.es/la-alimentacion/nutrientes-alimentos/que-cuanto-pescado-comer-tener-suministro-adecuado-omega-3-article.html>
- Manos Unidas. (2020). *manosunidas.org*. Obtenido de Cambio climático: <https://www.manosunidas.org/observatorio/cambio-climatico/cambios-ecosistemas>
- MAPA. (2011). Gestión de descartes y aprovechamiento de subproductos pesqueros. *Revista informativa - Fondo Europeo de la Pesca en España*(12).
- Maqboob, A., Strandvik, B., & Stallings, V. A. (2011). The skinny on tuna fat: health implications. *Public Health Nutrition*, 14(11), 2049-2054.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2017). *mapa.gob.es*. Recuperado el Mayo de 2021, de <https://www.mapa.gob.es/app/jacumar/especies/Documentos/Trucha.pdf>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *mapa.gob.es*. Recuperado el Mayo de 2021, de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/nuez_tcm30-103047.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *mapa.gob.es*. Recuperado el Mayo de 2021, de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/aguacate_tcm30-103002.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *mapa.gob.es*. Recuperado el Mayo de 2021, de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/caballa_tcm30-102835.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *mapa.gob.es*. Recuperado el Mayo de 2021, de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/boqueron_tcm30-102834.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *mapa.gob.es*. Recuperado el Mayo de 2021, de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/sardina_tcm30-102530.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *mapa.gob.es*. Recuperado el 22 de Mayo de 2021, de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/salmon_tcm30-102435.pdf

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (s.f.). *mapa.gob.es*. Recuperado el Mayo de 2021, de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/atun_tcm30-102404.pdf
- Miotto Bernardi, D., Marisa Bertol, T., Bertelli Pflanzler, S., Carlos Sgarbieri, V., & Rodrigues Pollonio, M. A. (2016). ω -3 in Meat Products: Benefits and Effects on Lipid Oxidative Stability. *Journal of the Science of Food and Agriculture*(8), 2620-2634.
- Moghadasian, M. (2017). Fatty Acids. *International Encyclopedia of Public Health*, 3(2), 114-122.
- Mohn Ali, N., Yeap, S., Ho, W., Beh, B., Tan, S., & Tan, S. (2012). The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. *J Biomed Biotechnol*.
- Moreno, D., & Álvarez, D. (2009). Ácidos grasos omega EPA y DHA . *Academia*, 1-27.
- Muradoglu, F., O. H., Yildiz, K., & Yilmaz, H. (2010). Some chemical composition of walnut (*Juglans regia* L.) selections from Eastern Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 5(17), 2379-2385.
- Nasiff-Hadad, A., & Merino-Ibarra, E. (2003). . Ácidos grasos omega-3: pescados de carne azul y concentrados de aceites de pescado. Lo bueno y lo malo. *Revista Cubana de Medicina*, 42(2), 128-133.
- National Institutes of Health. ODS. (2020). Datos sobre los ácidos grasos omega-3. 1-4. Obtenido de <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Omega3FattyAcids-DatosEnEspañol/>
- Nichols, P. D., Petrie, J., & Singh, S. (2010). Long-Chain Omega-3 Oils—An Update on Sustainable Sources. *Nutrients*, 2, 572-585.
- Nutriguia. (1 de Julio de 2003). *nutriguia.com*. Obtenido de https://nutriguia.com/alimentos/aceite_de_soja.html
- Oceana. (1 de Marzo de 2007). *europa.oceana.org*. Obtenido de Millones de toneladas de peces se tiran por la borda cada año en el mundo: <https://europa.oceana.org/es/prensa-e-informes/comunicados-de-prensa/millones-de-toneladas-de-peces-se-tiran-por-la-borda-cada>
- OCU. (13 de Marzo de 2019). *ocu.org*. Obtenido de Omega 3: suplementos y alimentos: <https://www.ocu.org/alimentacion/comer-bien/noticias/omega-3-suplementos-y-alimentos>
- Okada, T., & Morrissey, M. T. (2007). Seasonal Changes in Intrinsic Characteristics of Pacific Sardine (*Sardinops sagax*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 16(1), 51-71.
- Oleñik Memmel, A. (2015). Influencia de la Ingesta de los Ácidos Grasos Omega-3 en la Superficie Ocular de pacientes con disfunción de glándulas de Meibomio y Ojo Seco evaporativo, y su impacto en la calidad de vida. *Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid*.
- Orona-Tamayo, D., Valverde, M., & Paredes-López, O. (2017). Chia—The new golden seed for the 21st century. *Sustainable protein sources*, 265-281.
- Ortega Tovar, M. Á. (2003). Valor nutrimental de la pulpa fresca de aguacate Hass. *Actas V Congreso Mundial del Aguacate*, 741-748.

- Orús, A. (9 de Diciembre de 2020). *es.statista.com*. Obtenido de Consumo total de tipos de pescado en hogares España 2019: <https://es.statista.com/estadisticas/556726/consumo-de-pescado-por-los-hogares-espanoles-por-tipo/>
- Orús, A. (9 de Diciembre de 2020). *Statista*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/1129439/consumo-mundial-aceite-de-soja/>
- Otterbach, D. H. (2014). Cambio climático y calentamiento global. Consecuencias. En D. H. Otterbach, *Energía y calentamiento global: ¿Cómo asegurar la supervivencia de la humanidad?* (págs. 99-110). México D.F: Grupo Editorial Patria.
- Otterbach, D. H. (2014). Cambio climático y calentamiento global. Generalidades. En D. H. Otterbach, *Energía y calentamiento global: ¿Cómo asegurar la supervivencia de la humanidad?* (págs. 85-98). México D.F.: Grupo Editorial Patria.
- OZ, M., & Dikel, S. (2015). Comparison of Body Compositions and Fatty Acid Profiles of Farmed and Wild Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Science and Technology*, 3(4), 56-60.
- Paucar- Menacho, L. M., Salvador-Reyes, R. G.-S., Capa-Robles, J., & Moreno-Rojo, C. (2015). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria*, 6(4), 279-290.
- Pérez Martín, R. I. (2017). Posibilidades de aprovechamiento y valorización de descartes pesqueros: Proyecto LIFE iSEAS. *Instituto de Investigaciones Marinas- CSIC*. Obtenido de <http://lifeiseas.eu/es/>
- Piñeiro Corrales, G., Lago Rivero, N., Olivera Fernández, R., & Culebras Fernández, J. M. (2013). Análisis del perfil lipídico de dos especies de merluza "Merluccius capensis y Merluccius paradoxus" y su aportación a la prevención de enfermedades cardiovasculares. *Nutrición Hospitalaria*, 28(1), 63-70.
- Popovic, N., Kozacinski, L., Strunjak-Perovic, I., Coz-Rakovac, R., Jadan, M., Cvrtila-Fleck, Z., & Barisic, J. (2012). Fatty acid and proximate composition of bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) muscle with regard to plasma lipids. *Aquaculture Research*, 43, 722-729.
- Rahmawaty, S., Charlton, K., Batterham, M., & Mejer, B. (2014). Effect of replacing bread, egg, milk, and yogurt with equivalent u-3 enriched foods on u-3 LCPUFA intake of Australian children. *Nutrition*, 30, 1337-1343.
- Redacción interempresas. (2 de Junio de 2020). *Canales sectoriales. Interempresas*. Obtenido de El pescado de acuicultura contiene más omega-3 que el salvaje: <https://www.interempresas.net/Industria-Pescado/Articulos/305779-El-pescado-de-acuicultura-contiene-mas-omega-3-que-el-salvaje.html>
- Rodríguez-Acosta, J. (Diciembre de 2014). La estrategia de exportación de boquerones en conserva. *Trabajo de finde máster: Dirección de negocios internacionales*. Comillas.
- Rodríguez-Leyes, E., Marrero Delange, D., González Canavaciolo, V., Sierra Pérez, R., & Adames Fajardo, Y. (2009). Validación de un método por Cromatografía de Gases para la determinación de los ácidos grasos que componen el D-004 ingrediente activo. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 40(1), 17-21.
- Salvino D'Amico, T. C.-C. (2006). Psychrophilic microorganisms: challenges for life. *Embo Reports*, 385-389.

- Sánchez-Monge, M. (2019). ¿Pescado azul o blanco? En la variedad está la clave. *Correo Farmacéutico*, 6.
- Santigosa, E., Constant, D., Prudence, D., Wahli, T., & Verlhac-Trichet, V. (2020). A novel marine algal oil containing both EPA and DHA is an effective source of omega-3 fatty acids for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *World Aquaculture Society*, 51, 649-665.
- Sati, A., & Bhatt, P. (2018). Krill oil: the most powerful omega 3 known on earth. *International journal of pharmaceutical sciences and research*, 9(7), 2693-2699.
- Segura-Campos, M. R., Ciau-Solís, N., Rosado-Rubio, G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2014). Physicochemical characterization of chia (*Salvia hispanica*) seed oil from Yucatán, México. *Agricultural Sciences*, 5(3), 2020-226.
- Showman, C., Barnes, K., Jaczynski, J., & Matak, K. E. (2020). Separation and concentration of ω -3 PUFA-rich phospholipids by hydration of krill oil. *LWT - Food Science and Technology*, 126, 1-7.
- Šimat, V., Hamed, I., Petričević, S., & Bogdanović, T. (2020). Seasonal Changes in Free Amino Acid and Fatty Acid Compositions of Sardines, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792): Implications for Nutrition. *Foods*, 9(7), 867.
- Simopoulos, A. P. (2011). Evolutionary Aspects of Diet: The Omega-6/Omega-3 Ratio and the Brain. *Mol Neurobiol*, 2013-2015.
- Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación. (3 de Marzo de 2019). *Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación*. Obtenido de Ácidos grasos omega-3: <https://nutricion.org/portfolio-item/acidos-grasos-omega-3/>
- Soltan, S. S., & Gibson, R. A. (2008). Levels of Omega 3 fatty acids in Australian seafood. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 3(17), 385-390.
- Sprague, M., Dick, J., & Tocher, D. (2016). Impact of sustainable feeds on omega-3 long-chain fatty acid levels in farmed Atlantic salmon, 2006-2015. *Scientific reports*, 1-9.
- Suárez Núñez, C., Ramírez Vives, F., Monroy Hermosillo, Ó., Alazard, D., & Fernández Linares, L. (2004). La vida a altas temperaturas: adaptación de los microorganismos y aplicación industrial de sus enzimas. *Revista Ciencia*, 1-10.
- Tacon, A., & Matian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285, 146-158.
- Tejerina, T., & Civeira, F. (2013). Uso terapéutico de ácidos grasos omega-3 de prescripción en pacientes con hipertriglicemia grave. *Actualidad en farmacología y terapéutica*, 13-18.
- Ugena Díaz, L. (2015). Aceite de chía. Beneficios e inconvenientes de su consumo. *Trabajo fin de grado. Universidad Complutense.*, 1-20.
- UN DESA. (17 de Junio de 2019). *Previsión de la esperanza de vida al nacer en el mundo de 1990 a 2100 [Gráfica]*. Obtenido de In Statista: <https://es.statista.com/estadisticas/718287/prevision-de-la-esperanza-de-vida-al-nacer-en-el-mundo/>
- Valdivia Cramantín, W. A., & Julca Malca, A. I. (2020). Efecto de la suplementación con ácidos grasos omega-3 sobre los componentes del Síndrome Metabólico en pacientes con infección por el Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH) en Tratamiento Antirretroviral de Gran Actividad (TARGA). *Repositorio académico UPC*, 1-79.

- Valenzuela B., A., C., S., Julio, D., D. I., & Fernando. (2012). El aceite de pescado: ayer un desecho industrial, hoy un producto de alto valor nutricional. *Rev. chil. nutr.*, 39(2), 201-2019.
- Valenzuela B., R. M., Sanchueza C., J., & Valenzuela B., A. (2013). Ácido docosahexaenoico (DHA), un ácido graso esencial a nivel cerebral. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(4), 383-390.
- Valenzuela, A. (2005). El salmón: un banquete de salud. *Revista Chilena de Nutrición*, 32(1).
- Valenzuela, A., & Nieto, M. S. (2001). Ácido docosahexanoico (DHA) en el desarrollo fetal y en la nutrición materno-infantil. *Revista médica de Chile*, 129(10).
- Valenzuela, A., & Nieto, S. (2003). Ácidos grasos omega-6 y omega-3 en la nutrición perinatal: su importancia en el desarrollo del sistema nervioso y visual. *Revista chilena de pediatría*.
- Valenzuela, B., Valenzuela, B., Sanhueza, C., De la Barra, D., & Morales, I. (2014). Fosfolípidos de origen marino: una nueva alternativa para la suplementación con ácidos grasos omega-3. *Rev Chil Nutr*, 41(3), 433-438.
- Valenzuela, R. B., Tapia, G. O., González, M. E., & Valenzuela, A. B. (2011). Ácidos grasos omega-3 (EPA y DHA) y su aplicación en diversas situaciones clínicas. *Revista Chilena de Nutrición*, 356-367.
- Villanueva-Pájaro, D. J., & Javier A., M.-C. (2015). Influencia de los ácidos grasos poliinsaturados omega-3 y omega-6 de la dieta y de sus metabolitos en la respuesta inmune de tipo alérgico. *Revista de la Facultad de Medicina*, 63(2), 301-313.
- Villaroel, M., Hazbun, J., & Morales, P. (2010). Desarrollo de una formulación de paté a base de descartes de pulpa de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*.
- Vivas-Reyes, R., & Zapata, J. (2008). Estudio teórico de la reactividad de las conformaciones y configuraciones de los ácidos grasos omega-3 a través de descriptores moleculares de reactividad utilizando la teoría del funcional de la densidad (DFT). *Revista Colombiana de Química*, 37(2), 145-160.
- Winswood, R. (2013). Algal oil as a source of omega-3 fatty acids. En C. Jacobsen, N. Skall Nielsen, A. Frisenfeldt Horn, & A. Moltke Sørensen, *Food Enrichment with Omega-3 Fatty Acids* (págs. 389-404). Woodhead Publishing.
- Yepes Betancur, D. P., Sánchez Giraldo, L., & Márquez Cardozo, C. J. (2017). Extracción termomecánica y caracterización fisicoquímica del aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. cv. Hass). *Informador Técnico*, 81(1), 75-85.
- Yeşilayer, N., & Genç, N. (2013). Comparison of proximate and fatty acid compositions of wild brown trout and farmed rainbow trout. *South African Journal of Animal Science*, 43(1), 88-97.
- Zarbfian., M., Dayan, S., & Fabi, S. (2020). Teachings from COVID-19 and aging—An oxidative process. *Cosmetic Commentary*, 19, 3171-3175.
- Zare, T., Rupasinghe, T. W., Boughton, B. A., & Roessner, U. (2019). The changes in the release level of polyunsaturated fatty acids (ω -3 and ω -6) and lipids in the untreated and water-soaked chia seed. *Food Research International*, 126.

- Zavala Naranjo, C. I. (2020). Uso de omega 3 como tratamiento antienvjecimiento. *Medisur*, 18(6), 1198-1209.
- Zeller, D., Cashion, T., Palomares, M., & Pauly, D. (2017). Global marine fisheries discards: A synthesis of reconstructed data. *Fish and Fisheries*, 19(1), 30-39.
- Zlatanov, S., & Laskaridis, K. (2007). Seasonal variation in the fatty acid composition of three Mediterranean fish – sardine (*Sardina pilchardus*), anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and picarel (*Spicara smaris*). *Food Chemistry*(103), 725-728.
- Zoizta Ostojich Cuevas, E. S. (2012). Caracterización de semillas de linaza . *Archivos latinoamericanos de nutrición (Linum usitatissimum L.) cultivadas en Venezuela*, 192-199.