



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

**CUANTIFICACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS DE LAS
ESPECIES DE BAGRE (*ICTALURUS PUNCTATUS*) TILAPIA
(*OREOCROMIS NILOTICUS*) Y TRUCHA (*ONCORHYNCHUS MIKYSS*)**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO DE ALIMENTOS**

PRESENTA

JOVANY RODRÍGUEZ RUBIO

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesora: INÉS MIRANDA MARTINEZ
VOCAL: Profesora: TANIA GÓMEZ SIERRA
SECRETARIO: Profesor: RENÉ ROSILES MARTÍNEZ
1er. SUPLENTE: Profesora: ADRIANA VEGA PÉREZ
2° SUPLENTE: Profesora: ADRIANA BERENICE PÉREZ JIMENEZ

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: UNIDAD DE BIOMEDICINA FES IZTACALA (LABORATORIO 7) Y FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA (LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA).

ASESOR DEL TEMA:

M. Sc. RENÉ ROSILES MARTÍNEZ _____

SUPERVISOR TÉCNICO:

Dr. RICARDO MEJÍA ZEPEDA _____

SUSTENTANTE:

JOVANY RODRÍGUEZ RUBIO _____

Agradecimientos Institucional

Al apoyo otorgado por la UNAM-DGAPA a través del proyecto PAPIIT IN215917-3 del Dr. Ricardo Mejía Zepeda

Abreviaturas

ω -3	Ácidos Grasos Omega 3
ω -6	Ácidos Grasos Omega 6
ω -9	Ácidos Grasos Omega 9
AG	Ácidos grasos
AGI	Ácidos grasos indispensables
AGPI	Ácidos grasos poliinsaturados
AGS	Ácido graso saturado
AL	Ácido linoleico
ALN	Ácido alfa linolénico
ANOVA	Análisis de varianza
ARA	Ácido araquidónico
BF ₃	Trifloruro de Boro
EEM	Error estándar de la media
EPA	Ácido Eicosapentaenoico
DHA	Ácido Docosahexaenoico
FAO	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación).
FID	Detector de ionización de flama
GISSI	Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravivenza nell'miocardio
HPLC	High performance liquid chromatography (cromatografía líquida de alta eficiencia)
IUPAC	Unión Internacional de Química Pura y Aplicada
LTs	Leucotrienos
OMS	Organización Mundial de la Salud
TAG	Triacilgliceroles
TXs	Tromboxanos

Índice

1.	Introducción	1
2.	Lípidos.....	3
2.1	Lípidos alimentarios.....	3
2.2	Ácidos grasos	4
2.3	Nomenclatura	5
2.3.1	Sistemática (IUPAC)	5
2.3.2	Clasificación Omega.....	6
2.4	Ácidos Grasos Indispensables.....	7
2.5	Fuentes alimentarias de ácidos grasos.....	9
2.5.1	Pescados, Crustáceos y Moluscos	10
2.5.2	Bagre (<i>Ictalurus punctatus</i>).	11
2.5.3	Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	12
2.5.4	Trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	14
2.6	Efectos benéficos de los AG ω -3.....	16
2.6.1	Mecanismo cardioprotector.....	16
2.6.2	Beneficios de los procesos inflamatorios	17
2.6.3	Efectos benéficos en la gestación y lactancia.....	19
2.6.4	Efectos benéficos en enfermedades de la piel.....	20
2.6.5	Efectos Anticancerígenos	21
2.7	Efectos en las alteraciones de perfil lipídico.	23
3.	Objetivo:	25
4.	Material y métodos	26
4.1	Extracción de lípidos. Método de Folch	26
4.2	Inyección de la muestra en el cromatógrafo de gases	27
4.3	Análisis estadístico.....	28
5.	Resultados	29
5.1	Composición de ácidos grasos en el filete para las especies de trucha (<i>Oncorhynchus mikiss</i>).....	33
5.2	Composición de AG en el filete de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	34
5.3	Composición de AG en el musculo de Bagre (<i>Ictalurus punctatus</i>).....	36
5.4	Composición de AGS en el filete de peces de estudio	38

5.5 Composición de grasos monoinsaturados en los filetes de las especies de estudio	39
5.6 Composición de AGPI ω -6 en los filetes de las especies de estudio	40
5.7 Composición de AGPI ω -3 en los filetes de las especies de estudio	41
6 Discusión de resultados.....	44
7 Conclusiones.....	51
8 Bibliografía.....	52
Anexo 1. Parámetros bromatológicos.....	58
Anexo 2. Cromatogramas de estándares	60
Anexo 3. Cromatogramas de filetes de muestras	66

Índice de figuras

Figura 1. Estructura de una molécula de TAG..	3
Figura 2. Diferencia del ácido graso cis y del ácido graso trans en aceite vegetal del ácido oleico.	4
Figura 3. Ejemplo de nomenclatura omega con EPA	6
Figura 4. Vías de desaturación y elongación de los ácidos oleico, linoleico y α -linolénico.	8
Figura 5. Perfil de ácidos grasos ω -3 de pescados, crustáceos y moluscos (g/100).	10
Figura 6. Imagen de bagre (<i>Ictalurus punctatus</i>).	11
Figura 7. Imagen de Tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	13
Figura 8. Imagen de trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	14
Figura 9. Efectos antiinflamatorios de los AGPI omega-3 a través del equilibrio mediador	17
Figura 10. Cromatograma de ácidos grasos de una muestra de filete de bagre silvestre (Tres palos, Guerrero, México).	29
Figura 11. Cromatograma de ácidos grasos correspondiente a filete de músculo de tilapia confinada del estado de Guerrero.	30
Figura 12. Cromatograma de ácidos grasos de un filete de trucha silvestre procedente del 4to Dinamo de la alcaldía de Magdalena Contreras, Ciudad de México.	31
Figura 13. Comparación del porcentaje de ácidos grasos en músculo de truchas silvestres y de granja. A) tipo de ácido graso y B) perfil de ácidos grasos.	33
Figura 14. Comparación del porcentaje de ácidos grasos en músculo de tilapias silvestres y de granja. A) tipo de ácido graso y B) perfil de ácidos grasos.	34
Figura 15. Comparación del porcentaje de ácidos grasos en músculo de bagres silvestres y de granja. A) tipo de ácido graso y B) perfil de ácidos grasos.	36
Figura 16. Comparación de ácidos grasos saturados (A) en los tres peces de estudio y por crianza.	38
Figura 17. Comparación de ácidos grasos monoinsaturados (B) en los tres peces de estudio y por crianza	39
Figura 18. Comparación de ácidos grasos ω -6 (C) en los tres peces de estudio y por crianza.	40
Figura 19. Comparación de ácidos grasos ω -3 (D) en los tres peces de estudio y por crianza.	41
Figura 20. Comparación porcentual de ácidos grasos en músculo de las especies estudiadas. A) truchas silvestres y de granja, B) tilapias silvestres y confinadas C) bagres silvestres y de granja.	42

Figura 21. Corrida de estándares de ácidos grasos saturados del C10:0 hasta el C24:0.....	60
Figura 22. Cromatograma de los estándares del C16:0 hasta el C22:0.	61
Figura 23. Cromatograma de los metil-n-esteres de C16:0. C18:0. C18:1, C18:2 y C18:3.	62
Figura 24. Cromatograma del metil éster de AA	63
Figura 25. Cromatograma del metil éster ALA.....	64
Figura 26. Cromatograma del metil éster de ácido eicosapentaenoico.....	65
Figura 27. Cromatograma del metil éster del ácido Docosahexaenoico.	65

Índice de cuadros.

Cuadro 1. Descripción de ejemplares analizados por la técnica de cromatografía de gases.....	26
Cuadro 2. Cociente n6/n3 de las especies de estudio.....	43
Cuadro 3. Contenido de ácidos grasos en el tejido de las 18 especies de pescados (mg/100 g filete)	46
Cuadro 4. Composición de ácidos grasos de 18 peces mexicanos expresado en mg/100 g de filete.....	48
Cuadro 5. Cuadro de determinaciones de porcentaje de humedad, lípidos totales (g/100 g de tejido) y porcentaje de proteína.....	58

1. Introducción

Actualmente en México, se tienen problemas de obesidad por la gran ingesta energética de los productos industrializados, pues se tiende a consumir dietas menos capaces de saciar y más densas en energía por su mayor contenido de grasas y azúcar que de fibras. Así también la urbanización implica la disponibilidad abundante de alimentos, menor actividad física y cambios indeseables en las costumbres alimentarias que hoy favorecen este problema.

Para la población urbana la alimentación comienza a ser una prioridad secundaria a la que se escatima tiempo y atención a la que se le despoja cada vez más de sus componentes hedónicos, sociales y rituales para reducirla a un simple acto de supervivencia biológica que se hace en cualquier momento y lugar junto con otras actividades. Cocinar cotidianamente se ha vuelto una tarea sin mérito ni brillo. Este proceso de “barbarización” alimentaria tiene su precio en términos de calidad de vida y salud (Kaufer-Horwitz, 2015).

Actualmente estamos envueltos en la dieta occidental se sabe que el exceso de lípidos en la dieta es un factor de riesgo para diversas enfermedades como la obesidad, cuya situación en nuestro país es ya un problema de salud pública. Es un grave desacierto que muchos pueblos que han heredado culturas alimentarias refinadas y saludables caminen en la dirección opuesta y, en vez de defender sus tradiciones, adopten cada día más este modelo occidental, que se asocia con mayor prevalencia de enfermedades crónicas degenerativas (Bourges, 2015)

En relación a la ingesta de lípidos, se sabe que la dieta occidental es abundante en **ácidos grasos omega 6 (ω -6)**, por ejemplo, **ácido linolénico (AL)** ; las formulaciones en los procesos alimentarios de la industria muchas veces dejan de lado a los **ácidos grasos omega 3 (ω -3)**, que al ser consumidos resultan ser benéficos en una ingesta adecuada, es decir, al comer pescado y otros alimentos marinos de forma habitual se alcanzaría una ingesta de 200 mg/día que es la recomendación de la OMS desde el 2009, por lo que se les puede considerar como alimento funcional¹ (Cerón-Ortiz, 2006).

¹ Alimento funcional: aquel que demuestra satisfactoriamente tener efectos benéficos sobre una o más funciones sobre el organismo, más allá del efecto nutricional (Amitava, 2014).

En México, el consumo de pescado es muy escaso, al compararse con la carne de pollo, res y cerdo; aunque nutricionalmente representa un aporte significativo de **ácidos grasos indispensables (AGI)** y entre ellos se encuentran los ω -3. Estos **ácidos grasos (AG)** se encuentran principalmente en peces azules o de aguas frías, y sus propiedades fisicoquímicas le permiten al organismo adaptarse a dichas condiciones ambientales y conservar la fluidez membranal necesaria para sus funciones vitales (Palmerini, 2009).

Se conoce que los peces, al igual que todos los participantes de la cadena alimenticia, obtienen sus nutrimentos indispensables a través de la dieta a su disposición. Así, cualquier deficiencia nutricional que tengan éstos, se verá reflejada en su carne. El análisis del músculo de los peces indicará si hay alguna deficiencia en su alimentación, lo cual se podrá atender en conjunto con los dueños de los criaderos. De esta forma, los beneficios de consumir estas especies de pescado se transferirán a la población en general. Por lo que al conocer el perfil de AG de los peces de estudio al estar bajo dos tipos de crianza la población tendrá el conocimiento de lo que está comiendo y los dueños de los criaderos puedan realizar modificaciones en las dietas suministradas en caso de que así lo requieran.

2. Lípidos

2.1 Lípidos alimentarios

Los lípidos son un conjunto de moléculas orgánicas compuestas principalmente por carbono e hidrógeno y oxígeno que tienen como característica principal el ser hidrofóbicas o insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos. En los alimentos las grasas se encuentran casi exclusivamente en forma de **triacilgliceroles (TAG)** (95%). Los TAG (Figura 1) están constituidos por tres moléculas de AG que se esterifican con los grupos hidroxilo de una molécula de glicerol (Calder, 2013).

Los AG5 son un tipo de lípidos que se caracterizan por tener en su estructura una cabeza hidrófila polar, conectada a una cola hidrocarbonada hidrófoba apolar. Las moléculas lipídicas en un medio acuoso tienden a agruparse formando una asociación no covalente: tanto por la asociación de las colas apolares que estimulan la entropía, como por las fuerzas de Van Der Waals entre las zonas hidrocarbonadas de las moléculas (Mathews, 2013).

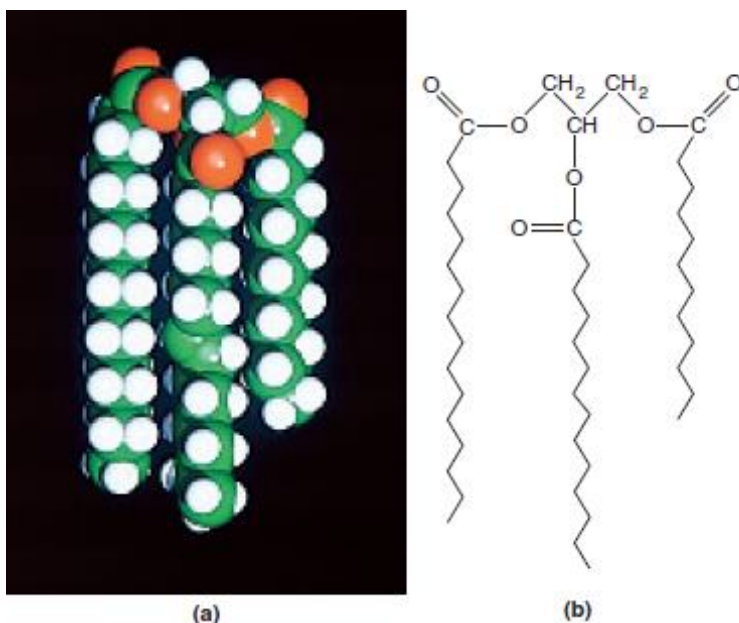


Figura 1. Estructura de una molécula de TAG. a) modelo espacial y b) modelo conformacional (Mckee, 2009).

2.2 Ácidos grasos

Los AG, son ácidos monocarboxílicos que contienen en general cadenas hidrocarbonadas de longitudes variables (entre 12 y 22 carbonos), se encuentran en primera instancia en los TAG y en numerosas clases de moléculas lipídicas que forman parte de las membranas, tales como los fosfolípidos (Mckee, 2009).

Los AG de interés biológico, que contienen entre 4 y 26 átomos de carbono, son compuestos insolubles en agua y ricos en energía metabólica, debido a que son el combustible metabólico con mayor capacidad energética (1 g de grasa aporta 9 kcal). Se clasifican en cuatro grupos de acuerdo a la longitud de su cadena:

- Corta (4-6 átomos de carbono)
- Media (8-12 átomos de carbono)
- Larga (14-18 átomos de carbono)
- Muy larga [20 átomos de carbono o más] (Guo, 2009).

Los **AG** que sólo contienen enlaces sencillos carbono-carbono en la cadena hidrocarbonada se denominan saturados, mientras que las moléculas que contienen uno o varios dobles enlaces se denominan insaturados. Dado que los dobles enlaces son estructuras rígidas, las moléculas que los contienen pueden presentarse en dos formas isoméricas: *cis* y *trans* (véase Figura 2).

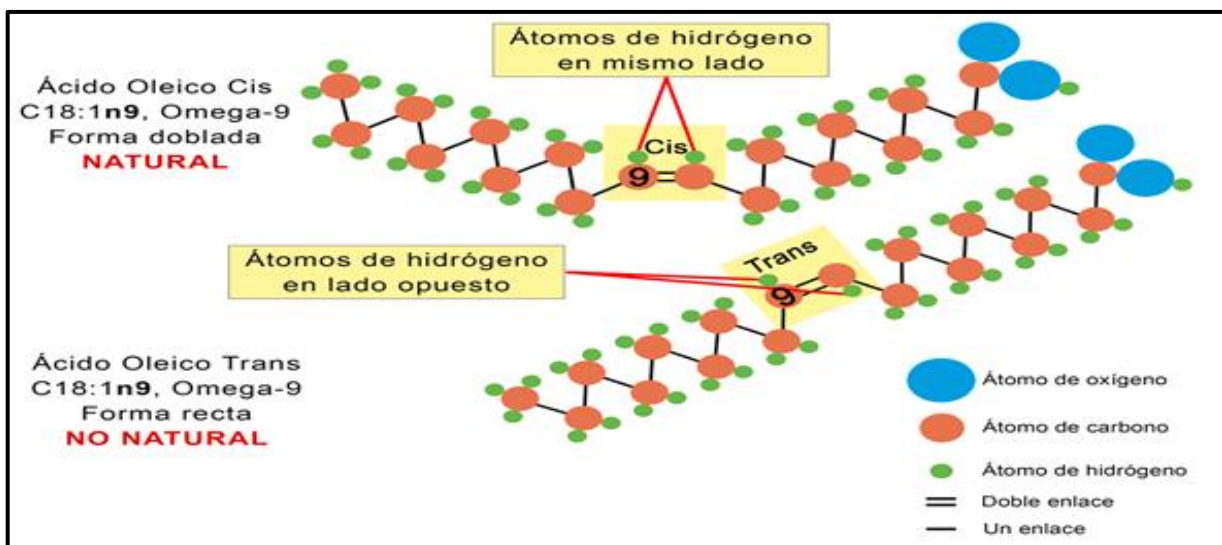


Figura 2. Diferencia del ácido graso *cis* y del ácido graso *trans* en aceite vegetal del ácido oleico (Mataix, 2004).

En los isómeros *cis*, los grupos semejantes o idénticos se encuentran en el mismo lado de un doble enlace. Cuando estos grupos están en lados opuestos de un doble enlace, se dice que la molécula es un isómero *trans*. En la mayoría de los AG naturales, los dobles enlaces se encuentran en configuración *cis*. La presencia de un doble enlace *cis* produce una torsión inflexible en una cadena de AG. Debido a esta característica estructural, los AG insaturados no se colocan tan juntos como los **ácidos grasos saturados (AGS)**. Se requiere menos energía para romper las fuerzas intermoleculares entre los ácidos grasos insaturados. Por lo tanto, poseen menores puntos de fusión y a temperatura ambiente son líquidos (Mckee, 2009).

2.3 Nomenclatura

Depende del uso al que estén destinadas y se definen a continuación dos de las nomenclaturas más usadas.

2.3.1 Sistemática (IUPAC)

Aunque existe un gran número de sistemas de nomenclatura para los AG, algunos de ellos no proporcionan información suficiente sobre su estructura. El nombre químico debe describir claramente la estructura química. A la hora de nombrar los AG se sigue una nomenclatura sistemática recomendada por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC-IUB comisión sobre la nomenclatura, 1978). El sistema de la IUPAC nombra a los ácidos solamente sobre la base del número de átomos de carbono y el número y posición de los dobles enlaces relacionada con el grupo carboxilo. También se identifican la configuración de dobles enlaces, la posición de cadenas ramificadas y los heteroátomos, entre otros rasgos estructurales. El átomo de carbono del grupo carboxilo aparece en primer lugar y los carbonos de la cadena del AG se enumeran partiendo del mismo. Convencionalmente se identifica un enlace específico de una cadena por el número más bajo de los dos carbonos que enlaza. Los dobles enlaces se etiquetan con Z o E según corresponda, si bien suelen sustituirse estas etiquetas por los términos *cis* y *trans*, respectivamente. Por ejemplo, el nombre sistemático del **ácido linoleico (AL)** es “Z-9, Z-12-ácido octadecadienoico” ó “*cis*-9, *cis*-12-ácido octadecadienoico” (FAO, 2012).

2.3.2 Clasificación Omega

Atendiendo a razones fisiológicas, resulta mucho más útil y simple indicar exclusivamente el número de átomos de carbono, el número de dobles enlaces y la posición del primero de ellos contando a partir del carbono terminal no carboxílico, añadiendo omega o n. Por ejemplo, **el ácido eicosapentaenoico (EPA)** viene representado así por 20:5 ω -3 ó 20:5 n-3, se indica así que hay un doble enlace en posición omega 3, es decir, en el carbono 3 contando a partir del metilo terminal. Los restantes dobles enlaces están situados a partir de este doble enlace de manera no conjugada, quedando siempre un metileno entre ambos, véase Figura 3. Por tanto, se sabe que el siguiente doble enlace se encuentra en omega 6 (Jacobsen *et al*, 2013).

Los AG naturales más frecuentes suelen tener un nombre común, además del nombre sistemático, también se clasifican conforme a la posición del primer doble enlace respecto al extremo terminal metilo (omega, ω) de la molécula (Mckee,2009).

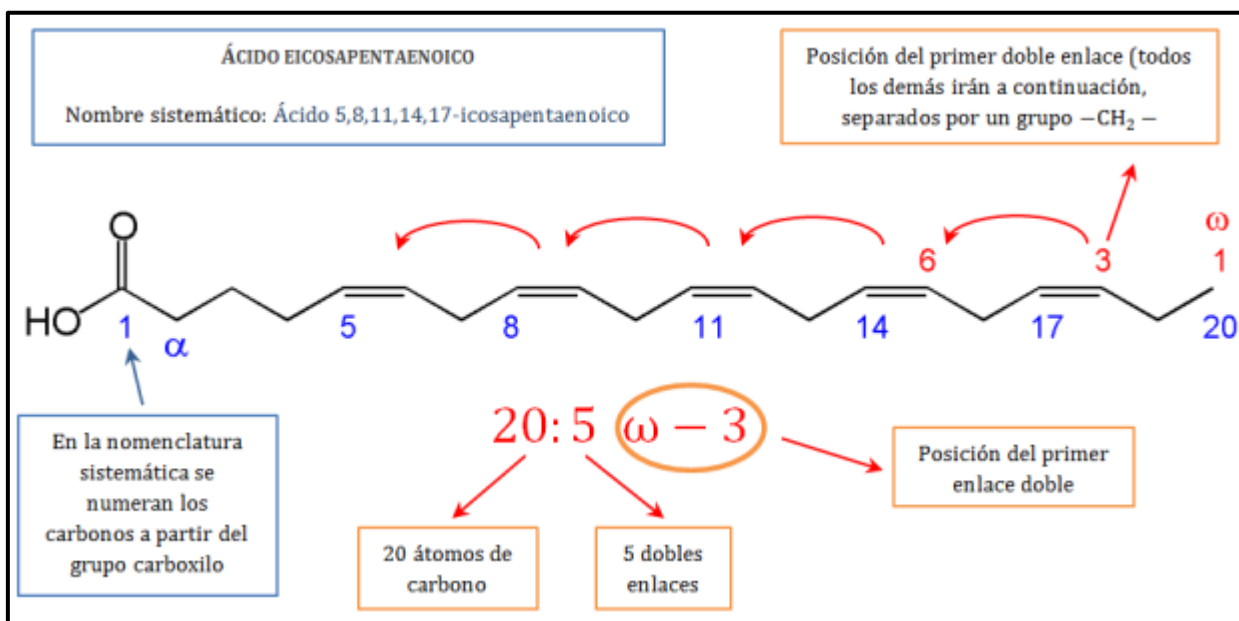


Figura 3. Ejemplo de nomenclatura omega con EPA. Fuente: wordpress.com (2019).

2.4 Ácidos Grasos Indispensables.

Son aquellos AG donde su primer doble enlace está entre los carbonos 6 y 7, se identifica como perteneciente a la serie o familia omega-6. El principal componente de esta serie es el AL (18:2 omega-6). Este ácido graso es particularmente abundante en los aceites vegetales terrestres. El otro AG posee su primer doble enlace entre los carbonos 3 y 4, se le identifica como perteneciente a la serie o familia $\omega 3$ (n-3). El AG más importante de esta familia es el **α -linolénico (ALN)** (18:3 omega-3). Este AG sólo está presente en algunos vegetales terrestres (Kaufer-Horwitz, 2015).

Debido a la falta de enzimas que generan las insaturaciones antes de la posición n-6 de los AG (desaturasas) el AL y ALN son **ácidos grasos indispensables (AGI)**, por lo que es necesario que éstos formen parte de la dieta, ya que de lo contrario su carencia repercutirá en efectos negativos significativos en cuanto crecimiento, desarrollo y funcionamiento del organismo (Simopoulos, 2010).

Es importante mencionar que la afinidad de la $\Delta 6$ -desaturasa por los diferentes ácidos grasos es muy distinta. La afinidad por el ALN es mucho mayor que por el AL, por lo cual, si el aporte nutricional de ALN es muy alto, se va a dificultar la formación de los derivados del AL de mayor insaturación. Por el contrario, si el aporte nutricional de AL es muy grande comparado con el de ALN, como suele ocurrir en la alimentación del mundo occidental, la transformación del ALN en sus derivados será sólo marginal. No existe una conversión de ω -6 a ω -3 en los mamíferos, ya que estos (incluidos los seres humanos), carecen de una actividad enzimática $\Delta 3$ -desaturasa que si poseen los organismos invertebrados (Gil, 2017).

Se sabe que hay una diferencia sobre la especificidad para estos AGI, es decir, la mayor especificidad de la enzima $\Delta 6$ -desaturasa por el ALN respecto de AL se observa por el hecho de que basta un aporte menor al 2% de la energía como ALN para que se inhiba casi totalmente la conversión de AL en sus derivados de mayor insaturación y tamaño de cadena (Figura 4). Por el contrario, se requiere una concentración 10 veces mayor de AL para inhibir totalmente la transformación del ALN en sus respectivos AGPI-CL (Gil, 2017).

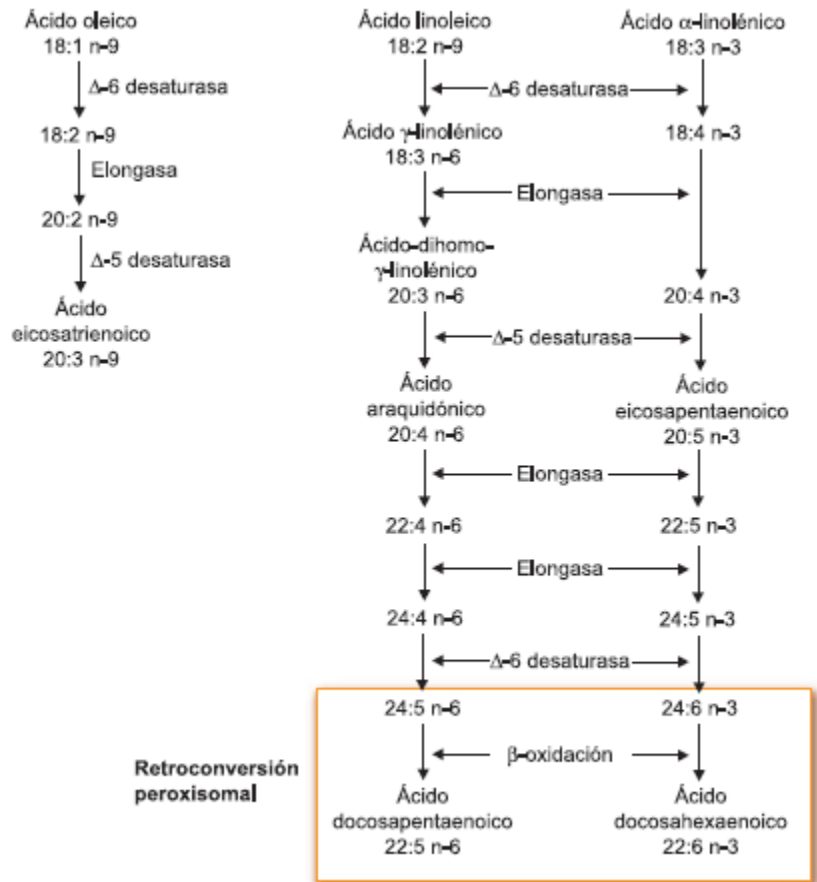


Figura 4. Vías de desaturación y elongación de los ácidos oleico, linoleico y α -linolénico. Fuente Gil, 2010.

2.5 Fuentes alimentarias de ácidos grasos

Considerados en su conjunto, los ácidos grasos saturados abundan en los animales terrestres, especialmente en los mamíferos, así como en dos aceites de procedencia vegetal, los de coco y palma (Castellanos *et al*, 2015).

Los **ácidos grasos monoinsaturados (AGMI)**, concretamente el ácido oleico, caracterizan de modo especial al aceite de oliva y también, aunque en menor proporción, al aceite de colza. En la actualidad existen en el mercado aceites procedentes de semillas de girasol y el cártamo que se han enriquecido en ácido oleico por manipulación genética, en detrimento del ácido linoleico, que es su componente mayoritario natural (Mataix, 2009)

Entre los **ácidos grasos poliinsaturados (AGPI)**, el más abundante es el AL. Este ácido graso se encuentra principalmente en los aceites de semillas de girasol, maíz, cártamo, germen de trigo, pepita de uva y cacahuete (Gil, 2017).

Los ω -3, se encuentran en cantidades pequeñas en los aceites de colza y soja. Los demás AG de la serie, importantes desde el punto de vista alimentario, son el EPA (20:5 ω -3) y el **docosaheptaenoico (DHA)** (22:6 ω -3) que están presentes en los animales acuáticos (arenque, salmón atún, sardina). Es interesante destacar que el grado de insaturación y la longitud aumenta conforme lo hace la salinidad y la frialdad del agua, lo que permite la vida de los animales que lo contienen pues no se modifican las grasas corporales a la temperatura del medio acuático donde viven (Valenzuela *et al*, 2014).

2.5.1 Pescados, Crustáceos y Moluscos

En la Figura 5, se muestra la cantidad de grasa tota en los diferentes tipos de pescado, así como los ácidos grasos ALN, 18:4, EPA, 22:5 y DHA (Valenzuela *et al*,2014).

La cantidad de grasa es importante dentro de amplias diferencias en los pescados azules o grasos, siendo muy pequeña en pescados magros o blancos, como el grupo de crustáceos y moluscos. (Jacobsen, 2013).

Otra característica es el clima donde se habitan los peces, es decir, que aquellos de mares fríos con forma de torpedo y carne color oscuro son ricos en ω -3 mientras que los peces aplanados, de carne blanca, aquellos que casi no se alejan de los arrecifes y que habitan aguas poco profundas tienen menor contenido en estos ω -3 (Avalos-Cañada, 2014).

ALIMENTO	TOTAL	18:3	18:4	20:5	22:5	22:6
Pescados blancos						
Bacalao	0,26	Tr	0	0,08	0,01	0,16
Eglefino	0,17	Tr	0	0,05	0,01	0,10
Platija	0,32	0	0,02	0,16	0,04	0,10
Pescados grasos						
Lamprea	0,64	0,12	0	0,19	0,14	0,15
Arenque	1,83	0,18	0,34	0,51	0,11	0,69
Arenque graso	3,52	0,24	0,53	1,15	0,10	1,34
Caballa	2,78	0,22	0,64	0,71	0,12	1,10
Sardina (<i>Pilchard</i>)	2,97	0,07	0,20	1,17	0,23	1,20
Salmón	1,85	0,08	0,22	0,55	0,14	0,86
Sardina	2,27	0,36	0,15	0,89	0	0,82
Sardineta	2,68	0,08	0,22	0,93	0,10	1,35
Trucha (arco iris)	1,32	0,06	0,06	0,23	0,09	0,83
Atún	1,22	0,74	0	0,06	0,04	0,27
Crustáceos y moluscos						
Cangrejo	1,10	0,02	0,05	0,47	0,08	0,45
Mejillón	0,68	0,02	0,05	0,41	0,02	0,16
Ostras	0,37	0,01	0,04	0,14	0,02	0,16
Langostinos	0,11	0	0	0,06	Tr	0,04
Calamar	0,45	0	0	0,13	0,01	0,29
Buccino	0,21	0	0	0,10	0,05	0,05
Litorina	0,23	0,06	0,03	0,10	0,02	0
Pulpo	1,01	0,30	-	-	0,20	-

Figura 5. Perfil de AG ω -3 de pescados, crustáceos y moluscos (g/100) (Mataix, 2004).

2.5.2 Bagre (*Ictalurus punctatus*).

Son peces de agua dulce que se distribuyen en Norteamérica desde el sur de Canadá hasta Guatemala; son originarias de Estados Unidos de América. Uno de los cultivos de mayor importancia para el desarrollo biotecnológico es sin duda el bagre de canal *Ictalurus punctatus* (Figura 6), especie nativa del río Mississippi que se distribuye en los estados comprendidos de Texas y Florida, rodeando el Golfo de México (Lara-Rivera *et al*, 2015).

El cultivo de bagre se documenta en 1976 y 1981 cuando se introduce el primer lote oficial del país procedente de EE. UU. para su cría en Tamaulipas con fines comerciales, aunque también existe un reporte de peces que fueron liberados probablemente en el río yaqui, en Sonora (Miller, 2005).



Figura 6. Imagen de bagre (*Ictalurus punctatus*). Fuente: artedepesca.blogspot.com

En México el bagre se cultiva ya que reúne muchas de las características deseables para explotarse en escala comercial y sus cualidades principales se describen a continuación:

- ✓ No se reproduce en sistemas de engorda (estanques, raceways, etc.) lo que facilita al acuicultor el control sobre las poblaciones, ya que la energía que entra por medio de la

alimentación, la dirige exclusivamente a la producción de la carne y no al desarrollo de gametos; no obstante, el pez es de fácil manejo para la reproducción.

- ✓ Presenta un buen desempeño en condiciones de alta densidad (la cantidad de peces por metro cúbico).
- ✓ Se adapta bien a la mayoría de los sistemas de cultivo utilizados y sobrevive a un amplio rango de ambientes.
- ✓ Bajo condiciones óptimas de cultivo, el bagre de canal tiene un sabor suave muy apreciado y la carne se mantiene de alta calidad aun cuando se ha sometido a una gran variedad de métodos de procesos (Cerón-Ortiz, 2016).

2.5.3 Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

La forma del cuerpo suele ser comprimida lateralmente con forma ovalada y profunda, aunque puede variar en función del medio ambiente. La tilapia del Nilo (Figura 7) es una especie tropical que prefiere vivir en aguas someras. Las temperaturas letales son: inferiores a: -11-12 °C y superiores a 42 °C, en tanto que las temperaturas ideales varían entre 31 y 36 °C.

Es un omnívoro que se alimenta de fitoplancton, perifiton, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna béntica, desechos y capas bacterianas asociadas al detritus. La tilapia del Nilo puede filtrar alimentos tales como partículas suspendidas, incluyendo el fitoplancton y bacterias que atrapa en las mucosas de la cavidad bucal, si bien la mayor fuente de nutrición la obtiene pastando en la superficie sobre las capas de perifiton (FAO,2017).



Figura 7. Imagen de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Fuente ipsnoticias.net (2017).

Otros síntomas reportados de deficiencias de AGI en la tilapia del Nilo incluyen la inflamación del hígado con acumulación de grasa y coloración pálida. En cuanto a los aminoácidos indispensables, la deficiencia de estos en la tilapia generalmente conlleva pérdida de apetito, crecimiento retardado y poca eficiencia de utilización de alimentos

El atractivo principal frente a otras especies y variedades de tilapia es su resistencia a bajas temperaturas, lo que permite una producción constante en invierno. (FAO, 2019)

La especie es apreciada por las características que ofrece su carne, tales como: color blanco-rosado, bajo en lípidos, sin espinas intermusculares y olor ligero a pescado. Cuando se encuentra en etapa de engorda su alimentación suele ser omnívora (Flores-Crispín, 2016).

2.5.4 Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Su nombre científico es *Oncorhynchus mykiss* (Figura 8). Esta especie tiene hoy en día una gran importancia en el mundo de la industria de la piscicultura, está ampliamente diseminada y es objeto de cría extensiva en todos los continentes. Esta situación es el resultado de una respuesta positiva de esta especie, a los condicionamientos impuestos progresivamente por el hombre durante los últimos 100 años.



Figura 8. Imagen de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Fuente 123rf.com (2018).

Entre las características que posee son la escala de color plateado a amarillo verdoso en la parte superior de la espalda con una banda roja a lo largo de la línea lateral, y principalmente sobre su piel hay muchas manchas irregulares en cabeza, cuerpo, aleta dorsal y cola.

El grado de domesticación es muy alto no sólo se reduce a la adaptación ambiental, manejo alimentación, etc., sino especialmente al control natural y artificial de la reproducción (Blanco, 1994).

Algunas especies habitan en el océano, pero desova en ríos y corrientes con fondos de grava, flujos rápidos y bien oxigenados, hasta habitar de manera permanente en lagos. La especie puede soportar amplias gamas de variación de temperatura (0-27 °C), pero el desove

y crecimiento ocurren en una gama más estrecha (9-14 °C). La temperatura óptima del agua para el cultivo de trucha arcoíris está por debajo de 21 °C. Como resultado, la temperatura y disponibilidad de alimento influyen el crecimiento y la maduración. En la naturaleza, las truchas adultas se alimentan de insectos acuáticos y terrestres, moluscos, crustáceos, huevos de peces y otros peces pequeños, pero el alimento más importante son los camarones de agua dulce, que contienen los pigmentos carotenoides responsables del color rosado-naranja en la carne. En acuicultura, la inclusión en los alimentos de los pigmentos sintéticos astaxantina y cantaxantina causa que se produzca esta coloración rosada (cuando sea deseada).

Las patologías más comunes asociadas con deficiencias nutricionales son las cataratas debidas a la deficiencia de zinc u otros desequilibrios de nutrientes; deformidades esqueléticas asociadas con deficiencia de ácido ascórbico, niveles inadecuados de fósforo disponible; esteatitis (inflamación del tejido graso) asociada con niveles insuficientes de antioxidantes en alimentos que contienen lípidos oxidantes; y agrandamiento, hígado anormal asociado con el exceso de hidratos de carbono disponibles. (FAO, 2017).

2.6 Efectos benéficos de los AG ω -3

2.6.1 Mecanismo cardioprotector.

Los efectos benéficos de los ácidos grasos poliinsaturados, principalmente EPA y DHA, fueron reconocidos en la década de 1960 cuando una evidencia epidemiológica de la población de Inuit, quienes consumen una dieta rica de AGPI en ω -3, muestra que ellos tienen una baja incidencia de infarto de miocardio (Mozaffarian, 2011). Subsecuentemente un gran número de procesos clínicos han investigado la eficacia de la suplementación con aceite de pescado con ω -3.

El **Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'infarto miocardico** GISSI-prevenzione trial presentó que los AGPI ω -3 pueden reducir la morbilidad y mortalidad en pacientes con síntomas crónicos en el corazón por infartos quienes estuvieron recibiendo tratamientos estandarizados como la aspirina, beta-bloqueadores, enzima convertidora de angiotensina inhibidor de angiotensina y bloqueador receptor de aldosterona. (Annonymus, 1999).

Tres mecanismos principales parecen estar involucrados en el efecto protector cardiovascular de los AG ω -3: su efecto antiinflamatorio, su efecto antitrombótico y su acción antiarrítmica (Leray, 2015).

Los ω -3 pueden incorporarse en la bicapa de fosfolípidos de las membranas celulares y pueden afectar la fluidez de la membrana, la formación de microdominio de lípidos y la señalización a través de las membranas, además modulan la función de los canales de iones de membrana, como los canales de calcio y sodio, para prevenir arritmias letales. Los AGPI omega-3 también evitan la conversión del **ácido araquidónico (AA)** en eicosanoides proinflamatorios al servir como un sustrato alternativo para la ciclooxigenasa o lipoxigenasa, lo que resulta en la producción de productos menos potentes.

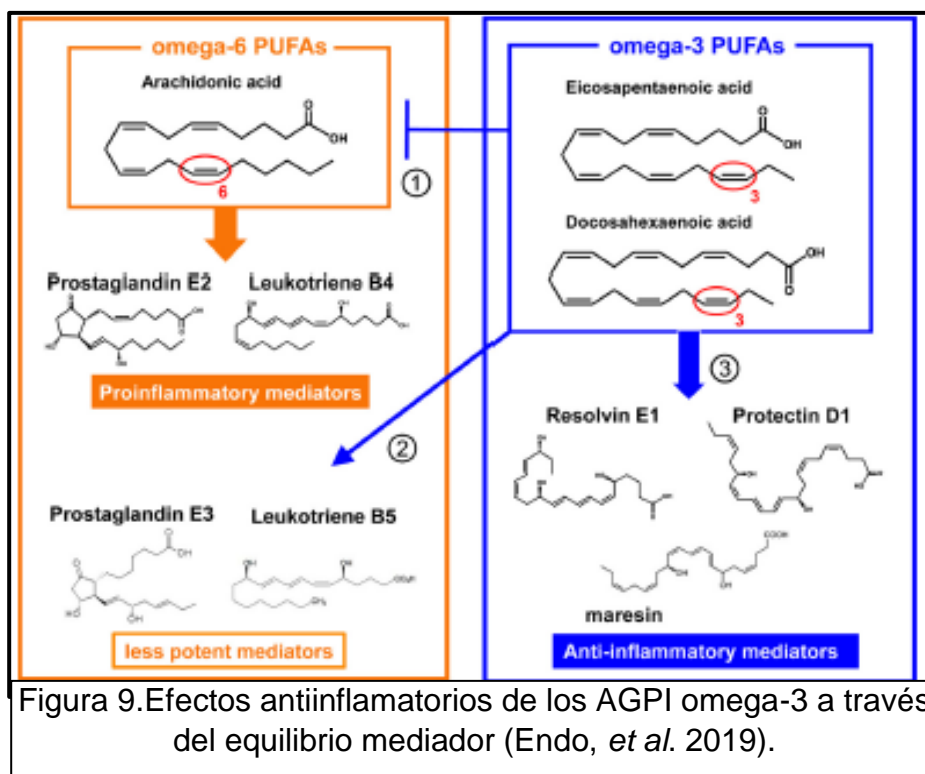
Varios ensayos clínicos aleatorizados a gran escala han demostrado que la ingesta dietética de AGPI ω -3 mejora el pronóstico de los pacientes con insuficiencia cardíaca sintomática o infarto de miocardio reciente. Por lo tanto, el consumo en la dieta de AGPI ω -3 se recomienda en las directrices internacionales para la población general para prevenir la aparición de enfermedades cardiovasculares (Endo y Arita, 2016).

2.6.2 Beneficios de los procesos inflamatorios

Se les denomina eicosanoides a una clase de lípidos que se caracterizan por sus potentes propiedades fisiológicas, sus bajas concentraciones en los tejidos, su rápido recambio metabólico y su origen metabólico común, que son los AGPI C₂₀ principalmente de AA y EPA, véase Figura 9, los más importantes de estos compuestos son las prostaglandinas, se incluyen tromboxanos y los leucotrienos (Mathews, 2013).

Algunos eicosanoides son mediadores bioquímicos importantes en la reacción inflamatoria. La inflamación consiste en la agregación de leucocitos y la extravasación de varias proteínas plasmáticas en un sitio de infección y la activación de leucocitos y proteínas para eliminar el agente infeccioso. La inflamación es fundamentalmente una respuesta de carácter protector cuyo último objetivo es librar al organismo de la causa de la lesión celular iniciada por microorganismos, toxinas, alérgenos, etc. Sin embargo, los procesos inflamatorios y de reparación pueden ser perjudiciales cuando se vuelven crónicos (Khadge, 2018).

El efecto benéfico de los PUFAs omega-3 se le atribuye a la prevención de la conversión del ω -6 AA dentro de las prostaglandinas pro-inflamatorias (PGs) que son responsables del aumento de sangre típica de la lesión inflamatoria, por su carácter vasodilatador contribuyendo al dolor y la fiebre; leucotrienos



(LTs) que son broncoconstrictores muy potentes. Los PUFAs omega-3 producen mediadores de baja potencia, que son prostaglandinas de la serie 3 y tromboxanos (TXs) y serie 5 de LTs (Bibus y Lands, 2015).

Es importante señalar que las proporciones relativas en el organismo dependen del tipo de alimentación. La alimentación habitual en la zona occidental, a base de vegetales y animales terrestres lleva a la preponderancia de la serie 2, derivada del AA. En cambio, como el ALN es muy abundante en las algas, los animales acuáticos tienen una gran riqueza de este ácido entre ellos el EPA, por lo que su consume en cantidades relativamente elevadas origina un importante aumento de los eicosanoides de la serie 3. Y a lo que se refiere a eicosanoides de la serie 1, es decir derivados del γ -linolénico son poco abundantes. De manera general los eicosanoides de la serie 2, son muy activos y por el contrario los eicosanoides de la serie 3 suelen tener menos actividad biológica. Como ejemplo se tiene a los derivados de la serie 2, TX₂ y PGI₂ que son los principales reguladores de la agregación plaquetaria donde el primero es vasoconstrictor mientras que la segunda es vasodilatadora de la arteria correspondiente, por lo que al generarse más eicosanoides de la serie 3, en este caso TX₃ y PGI₃ son antiagregantes por lo que disminuye la actividad plaquetaria como resultado (Gil, 2017).

Es por ello importante que al inicio de la respuesta inflamatoria aguda se tenga una apropiada eliminación de dichas células, los cuales deben de ser mediadores lípidos que permitan la resolución de la inflamación, dichos mediadores se sintetizan de los AGPI ω -3, a excepción de las lipoxinas que son derivados del AA, las cuales reciben el nombre de resolvinas, maresinas y protectinas. Los derivados de DHA se le conocen como docosanoides que además de su participación en la resolución de la inflamación desempeñan un papel protector sobre sistema nervioso, la retina, hígado y los pulmones (Endo y Arita, 2019).

2.6.3 Efectos benéficos en la gestación y lactancia.

Los periodos de gestación e infancia están asociados a un rápido crecimiento y desarrollo tisular, por lo tanto, las necesidades de AGI de la mujer en la gestación y del feto, así como de los neonatos, son muy elevadas por lo que se ha puesto de relieve que un aporte adecuado de energía es fundamental para conseguir un buen desarrollo y funcionamiento del cerebro así mismo del sistema nervioso en general debido que es vital una adecuada capacidad funcional y mental. El DHA puede ser aportado por la madre a través de su propia capacidad de biosíntesis y alimentación por medio de la barrera hematoencefálica como la placenta. La inclusión en concreto de los ácidos grasos (especialmente DHA y AA) en fórmulas infantiles supone un beneficio de la agudeza visual y maduración intelectual del lactante, ya que se ha demostrado que el DHA es fundamental en la formación y función de las neuronas así mismo del cerebro al depositarse principalmente en la membrana plasmática y sinaptosomal de las células neuronales. Cabe mencionar que en el tejido visual facilita el proceso de transducción de la señal luminosa en una señal eléctrica que el cerebro interpreta en imágenes, con lo cual este ácido graso es fundamental en las membranas que forman los conos de la retina (Araceta, 2009).

Parece existir una relación entre el consumo de n-6 y las enfermedades alérgicas en los que están implicados los intermediarios eicosanoides del AA, Por lo que hay evidencia de que una ingesta elevada de AL está ligada a un mayor riesgo de sensibilización atópica y de manifestaciones alérgicas. Las acciones de los n-3 son opuestas a la de los n-6, por lo que se han encontrado asociaciones significativas entre el consumo de pescado durante el embarazo y variables alérgicas o atópicas en los niños, indicando efectos protectores de dicho consumo. Los aceites de pescado durante el embarazo pueden reducir la sensibilización de alérgenos alimentarios comunes y disminuir la prevalencia y gravedad de la dermatitis atópica en el primer año de vida (Calder *et al*, 2010).

2.6.4 Efectos benéficos en enfermedades de la piel.

El AGPI más abundante en la piel es el AL, y su función principal es el mantenimiento de la barrera epidérmica; la alteración de esta barrera es una de las mayores anomalías en la deficiencia cutánea de AG, debido a que existe una alteración en la composición ya que a nivel cutáneo conduce a una disminución de la fluidez y pérdida transepidérmica de agua.

Una de las enfermedades más estudiadas es la psoriasis, se conoce como una enfermedad inflamatoria de la piel mediada por linfocitos T, donde se caracteriza por la queratinización. El ritmo de la producción epidérmica es muy rápido por lo que el tiempo de renovación epidérmica es muy corto, originando una epidermis defectuosa con desaparición de la capa granulosa. El metabolismo de los eicosanoides se encuentra también alterado, con altos niveles de Leucotrienos B₄ y C₄, el 12-hidroxi-eicosatetraenoico y AA están libres en la piel, por lo que los derivados de la serie ω -6 pueden estar involucrados en la patogénesis de esta enfermedad. La formación excesiva de metabolitos del AA se puede impedir mediante la suspensión de este por el EPA, ya que en primera instancia compite con el AA como sustrato de la ciclooxigenasa y la lipooxigenasa disminuyendo la síntesis de eicosanoides derivados del AA (Gil, 2017)

Con el fin de modular el componente inflamatorio del eccema atópico, se han usado aceites de pescado, cuyos ácidos grasos EPA y DHA también salvan la barrera permitiendo la formación de óptimas estructuras lipídicas. La piel del paciente atópico es seca por la pérdida de agua, lo que contribuye a una alteración en la composición de los lípidos, se ha demostrado mediante técnicas de absorción, que en la piel de estos pacientes existe una disminución de los lípidos procedentes de dicho sistema glandular (ésteres cerosos, triglicéridos y escualeno), por lo que es una buena opción en el tratamiento con estos ácidos grasos. (Mataix, 2009).

2.6.5 Efectos Anticancerígenos

Las causas por las que una célula normal se transforma y pierde el control de su crecimiento dependen de diversos factores de riesgo que, si persisten en el tiempo y son de suficiente intensidad, aumentan la probabilidad del desarrollo de cáncer. Los estudios epidemiológicos constituyen el principal instrumento experimental para identificar la relación causal entre la ingesta de un nutrimento y el cáncer. Mediante este método ha sido posible establecer una correlación entre la ingesta excesiva de lípidos, AGS, alcohol además de la disminución en la ingesta de fibras dietéticas y antioxidantes con el aumento de la incidencia de cáncer en poblaciones que se caracterizan por estos hábitos alimenticios (Guo, 2009).

Es bien sabido que ω -3 ejerce efectos antiinflamatorios en reacciones inflamatorias patológicas agudas y crónicas. También se sabe que los AGPI ω -3 pueden mejorar la eficacia y la tolerabilidad de la quimioterapia, en los casos de cáncer de mama, la fuerza motriz predominante en la carcinogénesis mamaria es hormonal, la producción de citoquinas además de la inflamación también se considera importantes en el desarrollo y la progresión de este tipo de cáncer (Calder *et al*, 2013).

A continuación, se han propuesto varios mecanismos para explicar los efectos anticancerígenos:

1. Una reducción de los eicosanoides proinflamatorios y un aumento de los derivados de la resolución de la inflamación (Gil, 2017).
2. Poseen la capacidad de alterar el crecimiento de las células tumorales modulando la replicación celular, interfiriendo con los componentes del ciclo celular, o aumentando la muerte celular por necrosis o apoptosis (Huerta-Yepey *et al*, 2016).
3. Una reducción en la señalización de proteínas oncogénicas a través de la interrupción de las balsas lipídicas de la membrana plasmática (Berquin *et al*, 2008).

Las conclusiones anteriores se han relacionado con temas de alimentación y el tipo de dietas, en resumen, los hechos más destacados son los siguientes por Carol *et al* (2015)

1. Una mayor incidencia de cáncer de mama y enfermedad cardíaca en las sociedades occidentales con índices de ingesta bajos de ácidos grasos omega-3/ omega-6.
2. Una incidencia muy baja de estas dos condiciones en poblaciones con alto consumo de ácidos grasos omega-3 marinos (Japón y nativos de Alaska y Groenlandia).
3. Un aumento dramático en la incidencia de cáncer de mama y enfermedad cardiovascular en cohortes de poblaciones de baja incidencia que migran a países occidentales y / o adoptan una dieta occidental.

2.7 Efectos en las alteraciones de perfil lipídico.

Los aceites vegetales son candidatos para remplazar el aceite de pescado en las formulaciones de los alimentos peletizados para peces, debido a que para la elaboración se necesita de un porcentaje de 5 % de aceite de pescado para las etapas tempranas de desarrollo lo cual al buscar un sustituto en la formulación trae consigo un incremento estable en la producción, con una alta disponibilidad y un mejor valor económico (Caballero *et al*, 2002).

Los aceites vegetales como el aceite de soya son considerados una fuente alternativa de lípidos para los peces salmónidos de agua dulce y marinos estos son abundantes en AGPI, especialmente el AL y ácido oleico (18:1n-9), pero carente en ω -3 (Izquierdo *et al*, 2005; Montero *et al*, 2005).

El aceite de palma es un candidato potencial a causa de que es relativamente bajo en 18:2 n-6 y abundante en 16:0 y 18:1n-9. Además, el uso de aceite de palma en dietas de salmón del Atlántico y truchas muestran una eficiencia comparable respecto a los niveles del aceite de pescado (Torstesen *et al*, 2000).

Sin embargo, en peces marinos alimentados con aceite vegetal como única fuente de lípidos está limitado para estas especies que tienen una baja capacidad de convertir AL y ALN en AA, EPA y DHA que son indispensables en peces marinos. El remplazo parcial del aceite de pescado por aceite vegetal será posible sólo cuando esos AG estén presentes en las cantidades suficientes de sus requerimientos de AGPI. En truchas se observó que el remplazo del 60 % del aceite de pescado por aceite vegetal, en particular por el aceite de soya, resultó en un incremento lipídico en la deposición en los hepatocitos (Sargent *et al*, 2002).

La inclusión de aceites vegetales en el alimento de los peces puede provocar alteraciones en el perfil de los AG y en algunos casos puede significativamente afectar a la calidad de los filetes de pescado y sus características organolépticas (Martínez-Llorenz *et al*, 2007).

Las alteraciones en el perfil de ácidos grasos en filetes de pescado fueron principalmente en ω -3, particularmente EPA (Izquierdo *et al*, 2003). Puesto que hay una importancia nutricional de poliinsaturados en humanos, es por eso que es recomendable usar aceite de pescado para enriquecerlos en ω -3, y no permitir un alto reemplazamiento en la formulación por aceite vegetal, ya que eso es indeseable, es necesario alimentarles con aceite de plantas en el alimento para pescado y con un 100% de aceite de pescado durante el periodo de desarrollo, así esto permitiría recuperar los niveles de AG ω - 3 en sus filetes (Fountoulaki *et al*, 2009).

3. Objetivo:

Cuantificar el contenido de AG en las especies silvestres y confinadas de bagre, tilapia y trucha por medio de la técnica de cromatografía de gases para conocer las diferencias en su composición que presentan al pertenecer a un tipo de producción y otra.

Comparar el contenido de AG por omega-9, omega-6 y omega-3 en las diferentes especies silvestres y confinadas mediante los resultados estadísticos que lo demuestren para conocer la composición en cada filete de pescado en estos AG de cadena larga.

Conocer la relación omega-3/omega-6 mediante la obtención del cociente de los AG referidos para estimar la proporcionalidad que se tiene en cada filete de las especies silvestres y confinadas de los pescados de estudio.

4. Material y métodos

En este trabajo se realizó el análisis en el tejido fresco de tres diferentes especies de peces respecto a su hábitat que es confinada y de vida silvestre. Los ejemplares de Bagre, Tilapia y Trucha se compraron en negocios de productores donde son obtenidos por la demanda local de la población; las muestras de especies silvestres fueron capturadas por estar en presas o ríos propiedad de los acuicultores. En el caso de las truchas se adquirieron en la zona sur de la Ciudad de México en lo que es la Delegación Magdalena Contreras en el parque ecoturístico de los Dinamos, donde las siete muestras de especies confinadas y los seis ejemplares de trucha silvestre se obtuvieron de un estanque que atraviesa el cuarto Dinamo. Los peces se consideraron frescos para este estudio.

Cuadro 1. Descripción de ejemplares analizados por la técnica de cromatografía de gases.

Especie	Lugar de procedencia	Tipo de hábitat	n
Bagre	Estado de Tamaulipas	confinada	6
Bagre	Estado de Guerrero	silvestre	5
Tilapia	Estado de Guanajuato	confinada	6
Tilapia	Estado de Guerrero	silvestre	6
Trucha	Ciudad de México	confinada	6
Trucha	Ciudad de México	silvestre	6

4.1 Extracción de lípidos. Método de Folch *et al.* (1957)

Se obtuvo la grasa del tejido muscular de los peces, se fileteó un costado y se pesó en balanza analítica 0.5 g de músculo en base húmeda y se hizo una homogenización con una mezcla de cloroformo-metanol (2:1, v/v) en un homogenizador de vidrio Potter-Elvehjem. Se agregó un volumen de cloroformo y se homogenizó nuevamente. Los lípidos se separaron agregando 20% de agua al volumen final obtenido. Para acelerar la separación de las fases, la mezcla se colocó en tubos de vidrio Corex de 30 mL y se centrifugó a 2500 rpm durante 2 min. Posteriormente se colectó la fase orgánica y para concentrarla y evitar oxidación, se evaporó bajo una corriente de nitrógeno hasta sequedad. Se almacenó a -20°C hasta su utilización.

Transesterificación: la muestra se procedió a transesterificarse con trifloruro de boro como catalizador de la reacción (BF₃) al 14% en metanol de acuerdo al procedimiento descrito por Morrison y Smith (1964).

El procedimiento seguido se describe a continuación: Los lípidos se resuspendieron en 500 μL de cloroformo, se tomaron 200 μL de la muestra en un vial de vidrio de 4 mL y se evaporó el cloroformo con una corriente de nitrógeno. Se adicionaron 500 μL de BF_3 y se puso una atmósfera de nitrógeno para evitar oxidaciones. Los viales se colocaron en ebullición a una temperatura de 92 °C por 30 min. Posteriormente los ácidos grasos esterificados se colectan al añadir hexano grado HPLC y separando las fases con agua. Se obtienen los metil ésteres, se llevan a sequedad completa con nitrógeno y se almacenan en a -20 °C protegidos de la luz.

4.2 Inyección de la muestra en el cromatógrafo de gases

Los reactivos y solventes utilizados para el análisis fueron grado HPLC. Se suspendieron los metil ésteres AG de 50 μL de hexano HLPC y se inyectaron de 2 a 5 μL en un cromatógrafo de gases. El cromatógrafo que se usó es un Clarus 500 de Perkin Elmer controlado por computadora, equipado con detector de ionización de flama (FID) y una columna capilar omegawax de supelco de 30 m de largo, 0.25 mm de diámetro interno y grosor de 0.25 mm. La flama se mantuvo con hidrógeno y aire, y como gas de arrastre se utilizó nitrógeno de alta pureza. El programa utilizado para la identificación de los ácidos grasos fue diseñado de la siguiente forma: se inyecta la muestra en el puerto de inyección a 250 °C; la columna se lleva a temperatura inicial de 180 °C, se mantiene así por 5 min y luego se aumenta a razón de 5 °C/min hasta llegar a 245 °C, donde se mantiene por 18 minutos más para un tiempo total de 35 min. El flujo de nitrógeno para la columna fue de 14 mL/ min. La identidad de los ácidos grasos se obtuvo por comparación de los tiempos de retención de metil ésteres de estándares. Se integró el área de cada uno de los picos detectados para obtener las proporciones porcentuales. Los datos de los resultados para su análisis se agruparon por especie de pez y por tipo de crianza. Estos resultados se analizaron por parámetros de tendencia central. Además, se agruparon por AGS, AGMI, AGPI y no identificados en el músculo filete de los peces.

4.3 Análisis estadístico

En todos los casos los análisis se realizaron mediante el programa estadístico Prism 7.0 (GraphPad, Software Inc., EUA). Los datos se presentan como la media +/- EEM (error estándar de la media) y se consideró un nivel de significancia $p < 0.05$.

Para comparar la concentración de los ácidos grasos de acuerdo al sistema de producción (silvestres vs. granja) se utilizaron pruebas múltiples de t , para las cuales se asumió que todas las muestras provenían de una población con desviación estándar consistente, con lo cual se ganó más poder para calcular los valores individuales de p . Adicionalmente, las comparaciones múltiples se corrigieron mediante el método de Holm-Sidak. Para toda la familia de comparaciones se definió un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ como se muestra a continuación en las Figuras 13, 14 y 15.

catalogan como no identificados. Cada uno de ellos se registra en un concentrado de datos de las cuentas integradas, posteriormente, se obtiene el porcentaje de composición de cada AG. Se presenta a continuación un cromatograma de tilapia de crianza confinada.

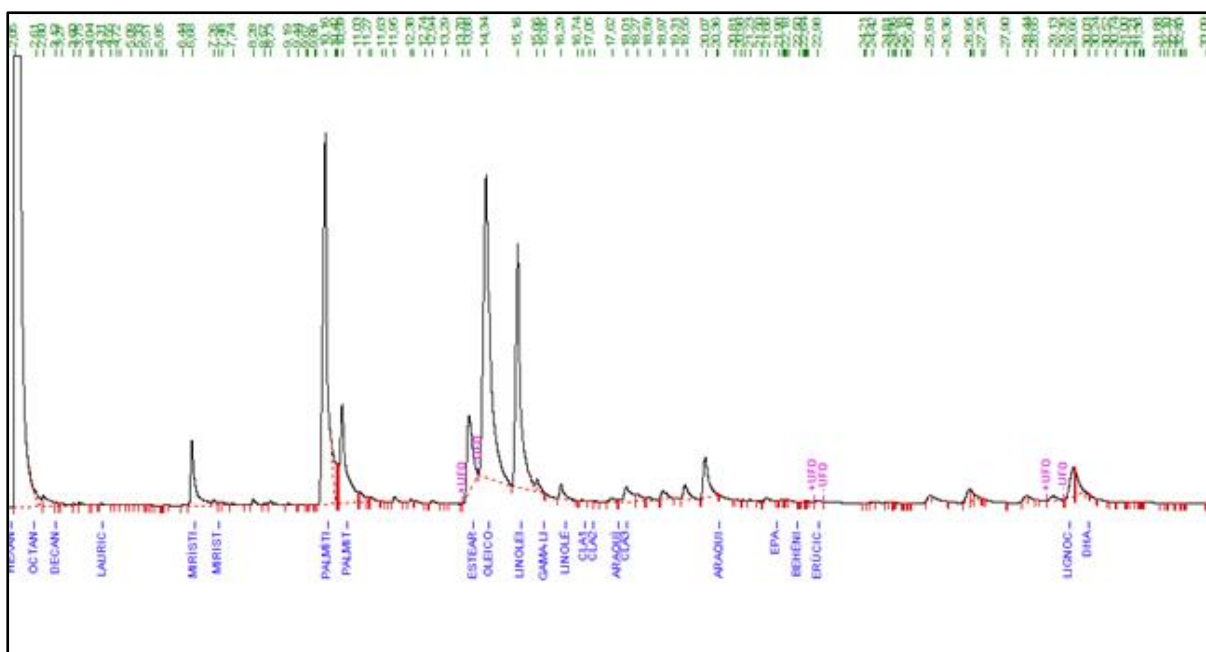


Figura 11. Cromatograma de AG correspondiente a filete de músculo de tilapia confinada del estado de Guerrero.

Se observa de izquierda a derecha en la Figura 11 que los picos que sobresalen en primer lugar es el mirístico a un costado se encuentra un pico muy corto que corresponde a el miristoleico, continuando está el pico más sobresaliente y es el ácido palmítico, palmitoleico es el siguiente; en este cromatograma se observan más picos en la familia de 18 carbonos y son los siguientes: ácido esteárico, ácido oleico, seguido de AL, posteriormente se encuentra el γ -linolénico cercano a un pico de ALN, también existe señal de AA y finalmente DHA. Se procede a corroborar los tiempos de retención con los estándares y se realiza un concentrado de datos con las cuentas integradas con este dato se obtiene el porcentaje de composición para cada AG.

Se continuará con el último ejemplo que corresponde a un cromatograma del filete de una trucha de crianza silvestre.

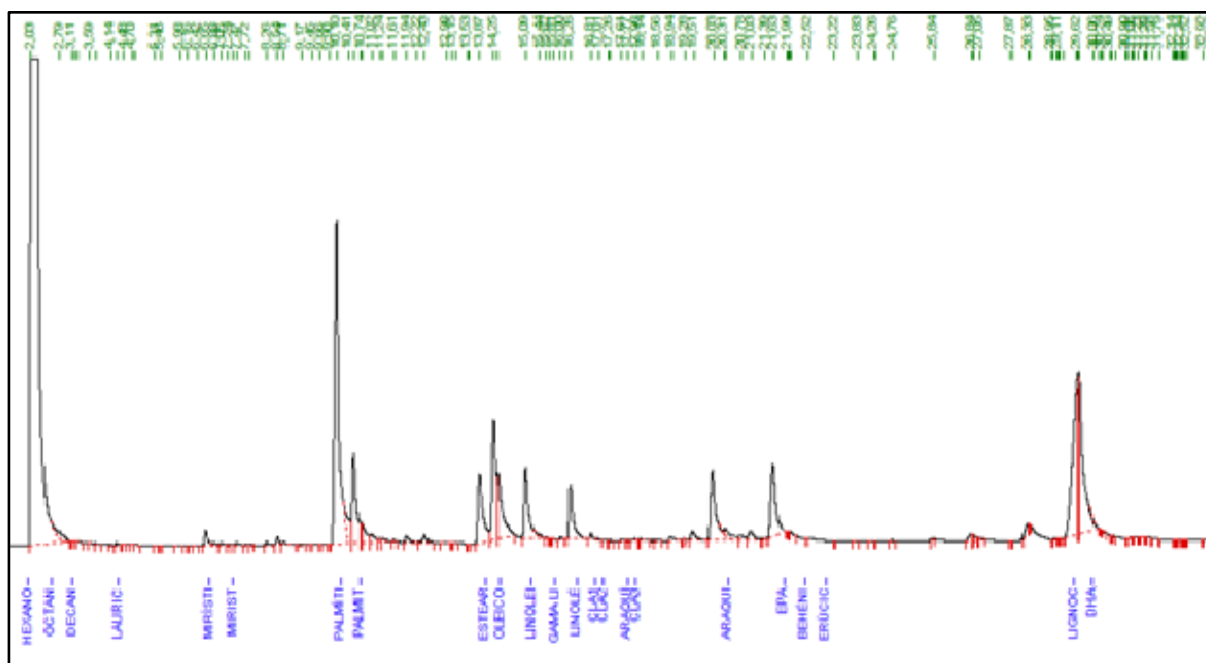


Figura 12. Cromatograma de AG de un filete de trucha silvestre procedente del 4to Dinamo de la alcaldía de Magdalena Contreras, Ciudad de México.

Para la Figura 12, se tuvo que realizar un acercamiento en el cromatograma para corroborar los picos pequeños y que coincidan con los tiempos de retención de los estándares, se continúa con el pico más alto de este cromatograma que es el ácido palmítico, seguido del palmitoleico. Para la familia de 18 carbonos se observa picos en esteárico, oleico, AL y ALN, también se observa un pico definido para el AA, EPA y un pico al final que corresponde al DHA. Los demás picos se catalogan como No Identificados. Se procede a corroborar los tiempos de retención y realizar un concentrado de datos donde se obtiene un porcentaje de composición para cada AG. Véase el Anexo C donde se muestran los cromatogramas de los filetes de los peces estudiados.

En la Figura 13, donde se muestra la primera comparación de los ácidos grasos indispensables que son el ácido AL y ALN tienen una diferencia significativa entre especies silvestres y confinadas, se observa en la gráfica de barras que es más abundante en especies confinadas el AL con 17.4% mientras que en las especies silvestres es de 4.4 %, respecto al ALN es más abundante en las especies silvestres con 5.6 % también es elevado en el otro ω -3, EPA con un porcentaje de 8.6; el porcentaje en confinadas para los ω -3 es de 1.4 y 1.8 % muy bajos a comparación de las especies silvestres.

5.1 Composición de ácidos grasos en el filete para las especies de trucha (Oncorhynchus mikiss)

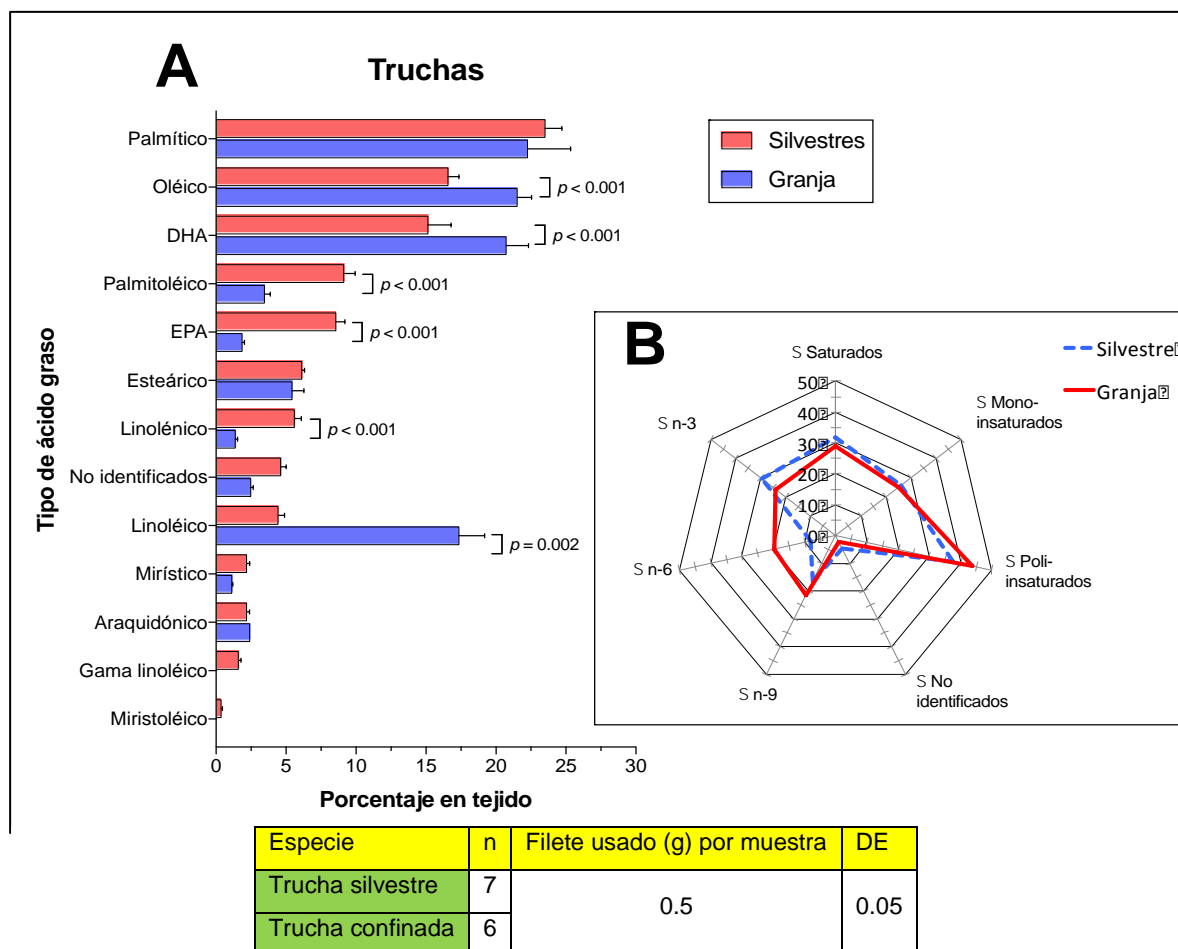
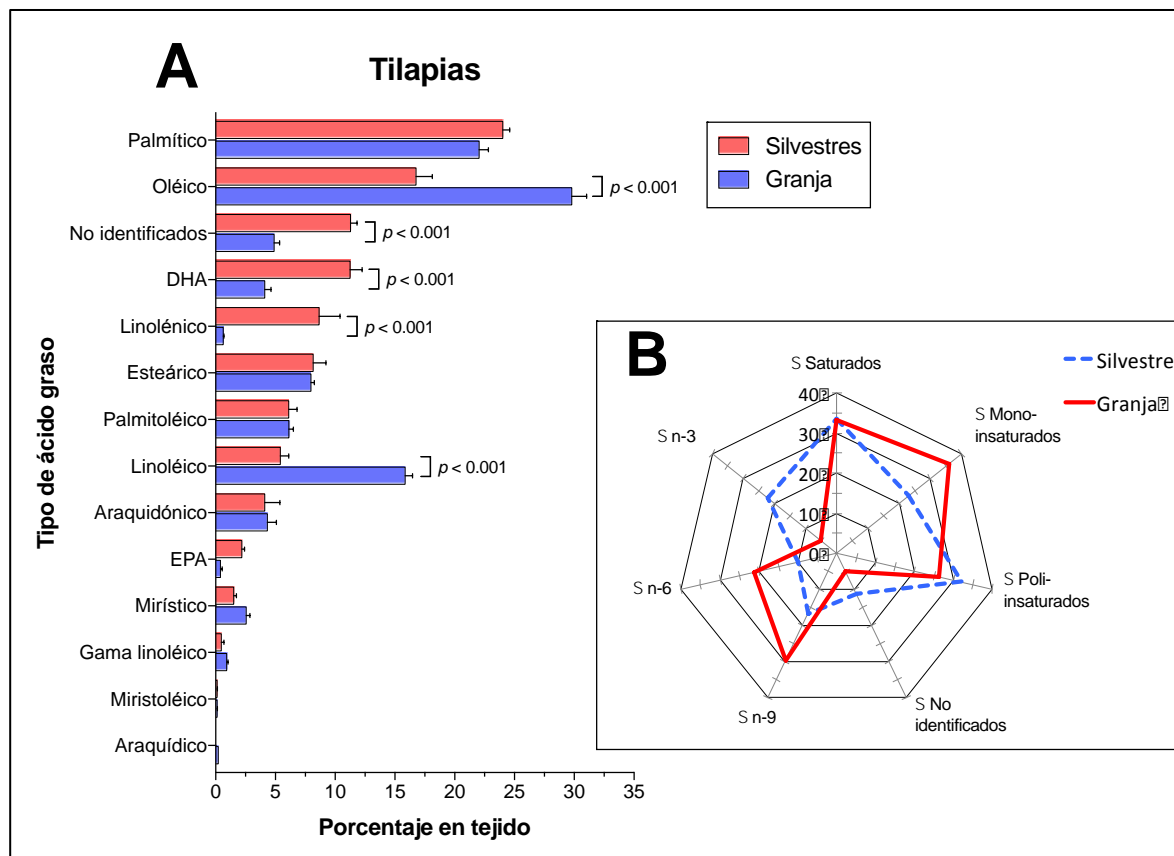


Figura 13. Comparación del porcentaje de AG en músculo de truchas silvestres y de granja. A) tipo de AG y B) perfil de AG.

El ácido omega-9, (Figura 13) que es el ácido oleico, es más abundante en el tejido de especies confinadas con 21.5 % mientras que en las especies silvestres es de 16.6%. Respecto al omega 3 DHA, hay una diferencia significativa ya que tiene un porcentaje mayor en el tejido de los peces confinados con un 20.7% mientras que en las especies silvestres es de 15.1 %.

En la gráfica radial de la Figura 13 (inciso B) los peces confinados son en general más abundantes en el total de ácidos grasos poliinsaturados, dentro de ellos tienen una mayor aportación los ω -6 (AL, AA); mientras que en el total de AGS y AGMI no se observa una diferencia en ambas especies.

5.2 Composición de AG en el filete de tilapia (*Oreocromis niloticus*)



Especie	n	Filete usado (g) por muestra	DE
Tilapia silvestre	6	0.5	0.05
Tilapia confinada	6		

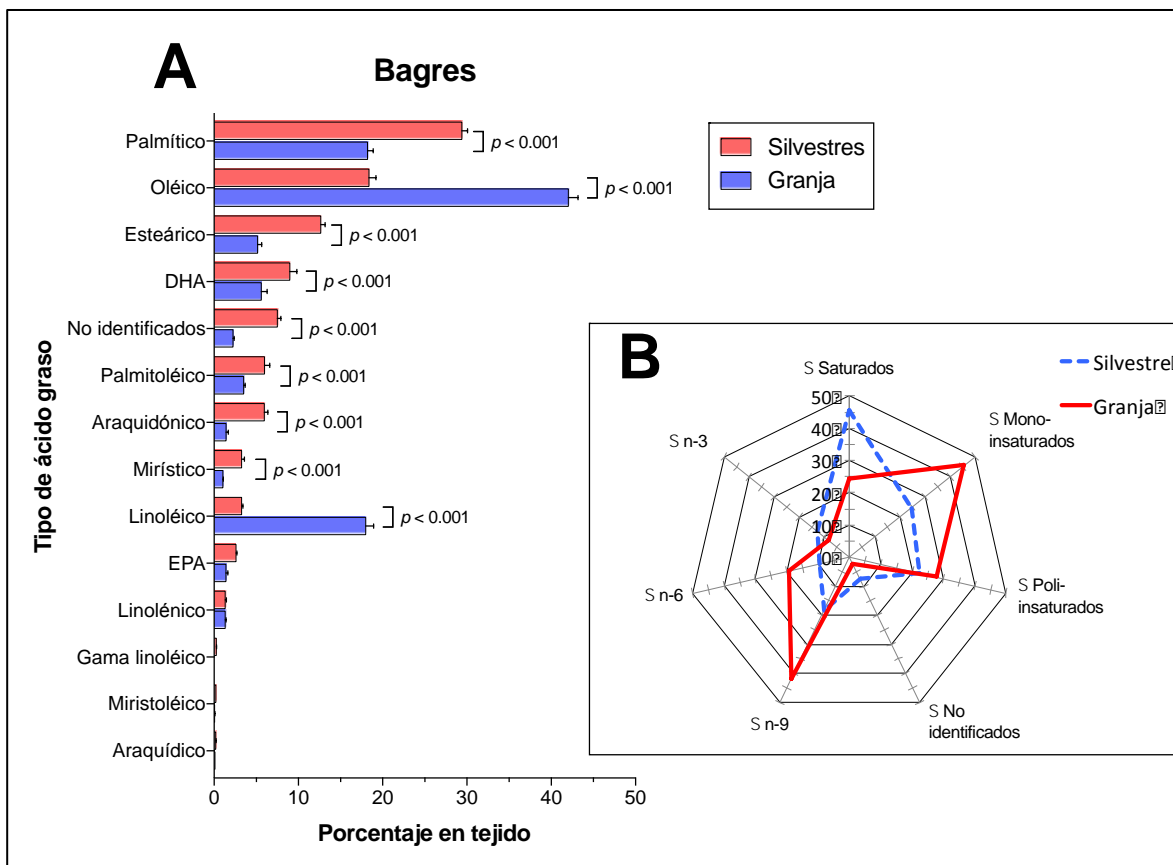
Figura 14. Comparación del porcentaje de AG en músculo de tilapias silvestres y de granja. A) tipo de AG y B) perfil de AG.

En cuanto a la composición en el tejido de las tilapias silvestres contienen un porcentaje mayor en unos de los ácidos grasos indispensable que es el ALN, hay diferencia significativa con 8.7 % y las especies confinadas de tilapia sólo contienen 0.6 %. Respecto al AGPI, AL también posee diferencia significativa, las especies confinadas poseen 15.9 % y las especies silvestres un 5.4% en tejido según la Figura 14.

También existe diferencia significativa con el contenido en el ácido oleico para ambas especies, ya que hay un contenido mayor en las especies confinadas con un 29.8 % y las especies silvestres es de 16.8 %, sin embargo, en el contenido de los AG ω -3, hay diferencias significativas entre ambas especies. Ya que además de ALN, el EPA y DHA son mayores los porcentajes con 2.2 y 11.3 % respectivamente, mientras que en las especies confinadas es de apenas 0.4 % de EPA y 4.1 % de DHA.

En la gráfica radial de la Figura 14 (inciso B) de estas especies, se observa que en general son distintas en el perfil de AG, ya que las especies confinadas son muy abundantes en ω -6 (AL, γ -linolénico y AA) además de monoinsaturados principalmente del ácido oleico; mientras que en las especies silvestres se observa que son más abundantes en ω -3 (ALN, EPA y DHA), AGMI y en general en AGPI. Para ambas especies no se observa una distribución diferente de AGS (ácido palmítico, esteárico, araquídico).

5.3 Composición de AG en el musculo de Bagre (*Ictalurus punctatus*)



Especie	n	Filete usado (g) por muestra	DE
Bagre silvestre	5	0.5	0.05
Bagre confinado	6		

Figura 15. Comparación del porcentaje de AG en músculo de bagres silvestres y de granja. A) tipo de AG y B) perfil de AG

El porcentaje en el contenido de AGPI para ambas especies de bagres no tiene una diferencia significativa en ALN ya que en las especies silvestres es de 2.5 % y en especies confinadas es de 1.3%. Para AL sí hay diferencia significativa entre ambas especies, ya que las especies confinadas poseen un 18% mientras que las especies confinadas contienen un 4.6% en su tejido respecto a la Figura 15.

Para el ácido oleico hay diferencia significativa entre especies ya que el tejido de las especies confinadas posee 42 % y las especies silvestres es de 14.6%; sin embargo, las especies silvestres tienen una diferencia significativa en AGS como el Mirístico con 3.3 %,

Palmítico 29.2 % y Esteárico con 12.1 % que son mayores a especies confinadas quienes poseen 1.0 %, 18.2 % y 5.1 % respectivamente.

Para el resto de los AG ω -3, no hay diferencia significativa entre especies en EPA, mientras que en el DHA si hay diferencia significativa y las especies silvestres contienen un mayor porcentaje con un 7.7 % y las confinadas es de 5.6 %.

Además, AL como parte de los AG ω -6, AA también hay diferencia significativa, las especies silvestres contienen 5.1 % mientras que las especies confinadas tienen cerca de una tercera parte que corresponde a 1.4 % en el tejido.

En la gráfica radial de la Figura 15 (inciso B) las especies confinadas en general contienen un mayor porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados donde el principal es el ácido oleico y también aportan mucho a la composición los ω -6. Las especies silvestres poseen en general un mayor contenido de ω -3 además de una aportación considerable en AGS (Mirístico, Palmítico y Esteárico).

Por otra parte, para comparar la concentración de cada AG entre los tres tipos de pescado de cada sistema de producción se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, utilizando el tipo de sistema y la especie de pescado como factores principales para el modelo. No se consideró la interacción de factores, por lo tanto, únicamente se comparó la concentración de cada ácido graso entre las tres especies dentro de cada tipo de producción. Para determinar las diferencias significativas entre los grupos se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Las siguientes figuras (A-D) se hace la comparación del contenido de ácidos grasos entre las tres especies de peces (trucha, tilapia, bagre) por tipo de crianza, insaturaciones en la cadena carbonada y ácido graso

5.4 Composición de AGS en el filete de peces de estudio

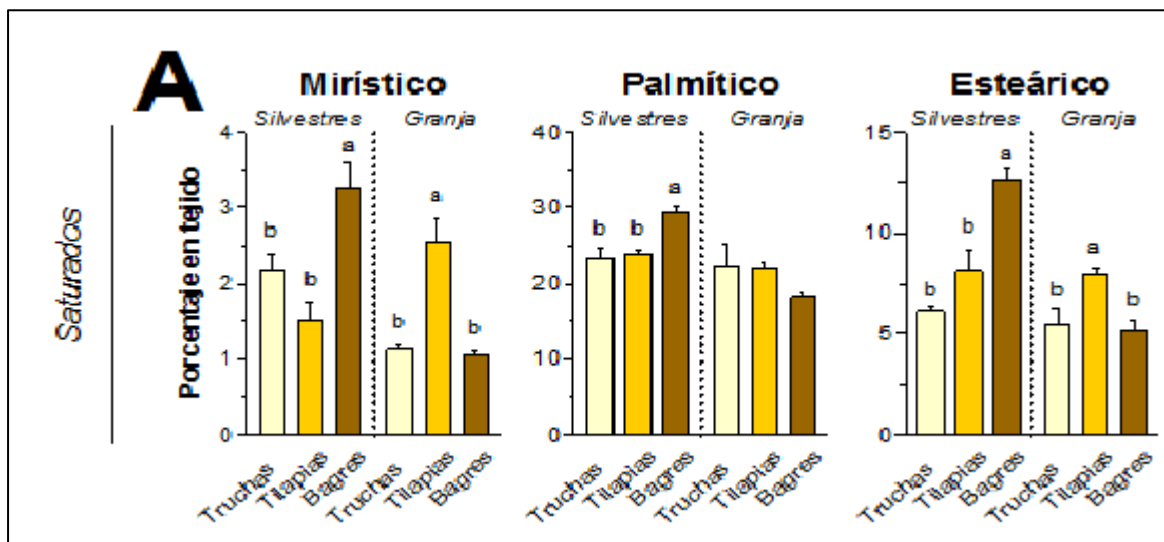


Figura 16. Comparación de AGS (A) en los tres peces de estudio y por crianza.

En la comparación de los AGS véase Figura 16, donde las cadenas de 14, 16 y 18 carbonos, se observa que sólo el bagre es estadísticamente diferente a la trucha y tilapia en el ácido mirístico y el ácido esteárico, debido a que estas dos últimas especies no se tiene discrepancia en su composición. Sin embargo, para las especies confinadas la tilapia difiere estadísticamente respecto al bagre y a la trucha de la misma condición en las cadenas de 14 y 18 carbonos, mientras que para la cadena de 16 carbonos que corresponde al ácido palmítico no existe diferencia significativa entre las tres especies.

5.5 Composición de grasos monoinsaturados en los filetes de las especies de estudio

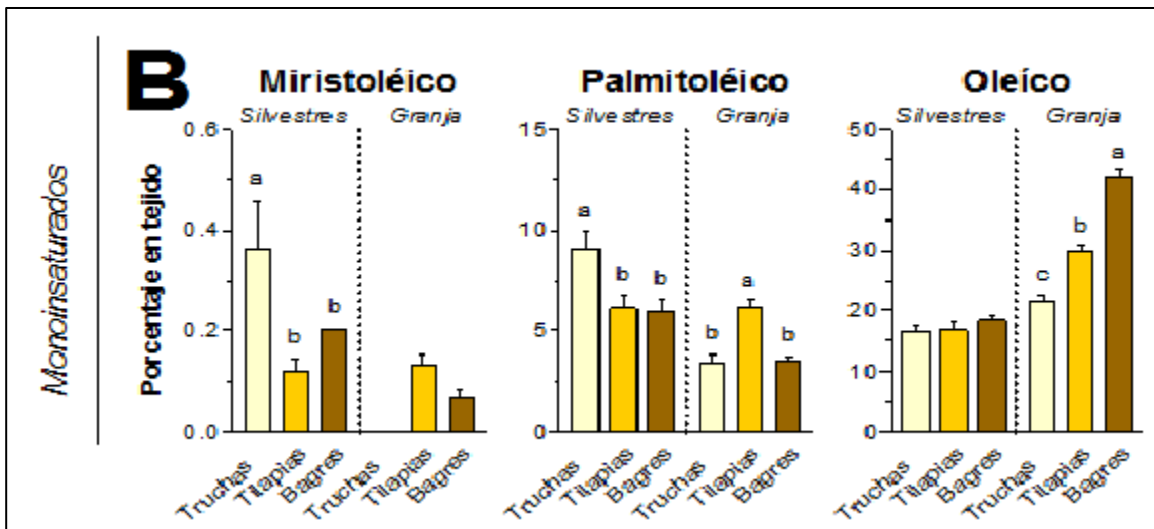


Figura 17. Comparación de AGMI (B) en los tres peces de estudio y por crianza

En la Figura 17, que corresponde a los AGMI, las especies de trucha silvestre son diferentes estadísticamente a las especies de tilapia y bagre de la misma condición en las cadenas 14:1 y 16:1. Para la cadena 18:1 que corresponde al ácido oleico, entre las tres especies no existe diferencia significativa, sin embargo, para las especies de granja difieren estadísticamente las tres ya que los bagres contienen un ácido graso omega-9. En cambio, para las especies confinadas en la cadena 14:1, la composición no difiere entre ellas, pero en la cadena 16:1 la especie de tilapia tiene discrepancia con respecto a las otras dos.

5.6 Composición de AGPI ω -6 en los filetes de las especies de estudio

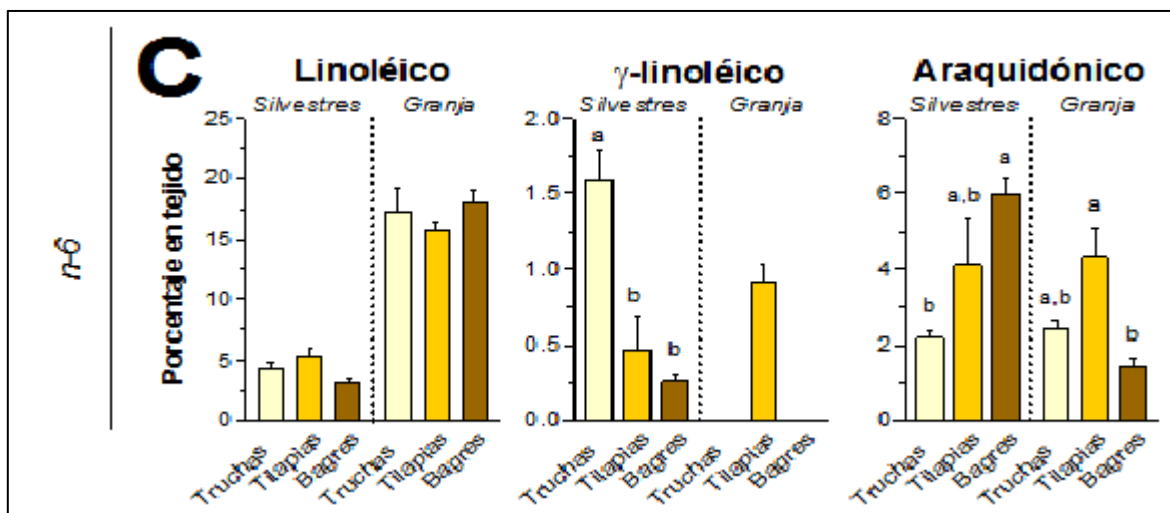


Figura 18. Comparación de AG ω -6 (C) en los tres peces de estudio y por crianza.

En la Figura 18, el principal AG de la familia omega-6 es AL. No existe diferencia significativa entre las tres especies silvestres ni tampoco discrepan significativamente en contenido las especies confinadas; pero al compararlas por tipo de crianza las especies confinadas poseen un porcentaje mayor (15%) mientras que las especies silvestres sólo tienen una tercera parte en su composición. En el caso de la cadena del AA, el porcentaje de contenido de mayor a menor es el siguiente bagre > tilapia > trucha, donde la tilapia no discrepa en el contenido de este AG; las especies que proceden de granja tienen el siguiente orden tilapia > trucha > bagre, sólo las truchas no presentan diferencia significativa entre ambas especies.

Para el ácido graso γ -linoléico sólo se presentan en las tres especies silvestres donde sólo las truchas difieren en su composición a las tilapias y los bagres, mientras que las tilapias confinadas contienen un porcentaje mayor a las últimas.

5.7 Composición de AGPI ω -3 en los filetes de las especies de estudio

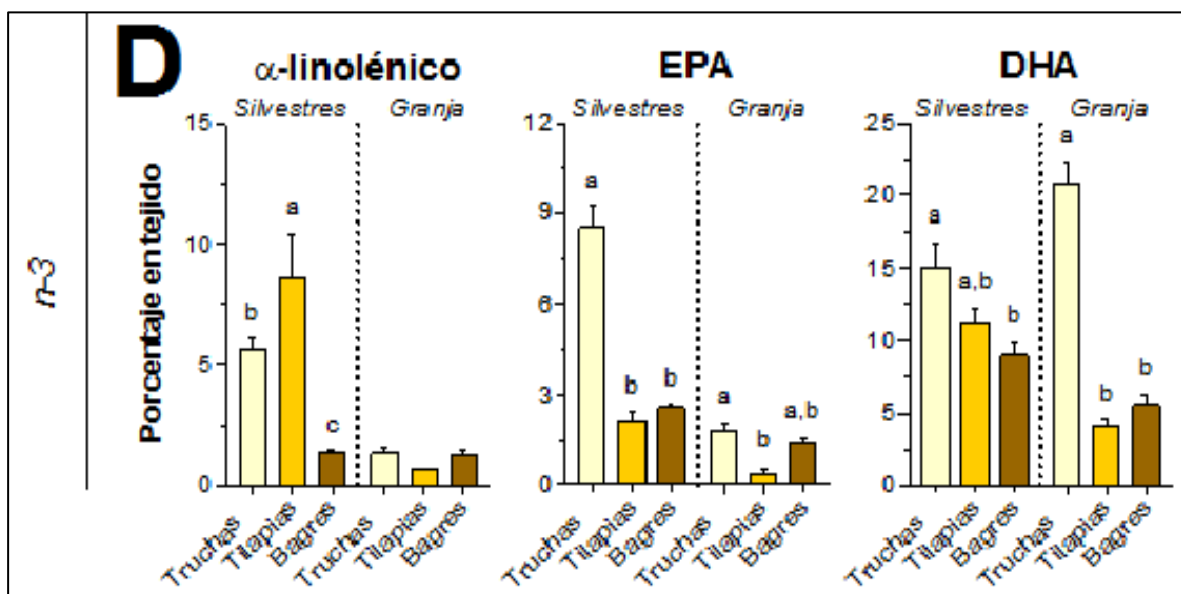


Figura 19. Comparación de AG ω -3 (D) en los tres peces de estudio y por crianza.

La Figura 19 corresponde a la familia ω -3, ALN se presenta para las especies silvestres con diferencia significativa entre ellas donde el tejido con mayor porcentaje es el de las tilapias. Para las especies procedentes de granja no existe discrepancia y los porcentajes son bajos (menores al 2.5%). Para la cadena de EPA las truchas contienen un porcentaje de 8.5 % que difiere significativamente a las tilapias y bagres donde estas últimas son semejantes en su contenido (menor a 3 %). Para el caso de las truchas y las tilapias confinadas existe disparidad considerable entre ellas, pero con el bagre no hay diferencia considerable.

Respecto al ácido de 22 carbonos de la familia omega 3, el DHA se muestra para las especies de hábitat natural con una desigualdad entre las truchas y los bagres mientras que las tilapias no presentan diferencia en contenido con las anteriores. Para las especies cautivas sólo las truchas presentan un gran porcentaje en su contenido de este AG (20 %) inclusive mayor a las especies silvestres. Sin embargo, los ejemplares de tilapia y bagre de granja no presentan disparidad en su contenido el cual es menor al 5 %.

Finalmente, la proporción de los diferentes tipos de AG (saturados, monoinsaturados, ω -6, ω -3 y NI) se comparó entre ambos tipos de producción para cada pescado mediante una prueba χ^2 como se ilustra en la Figura 20.

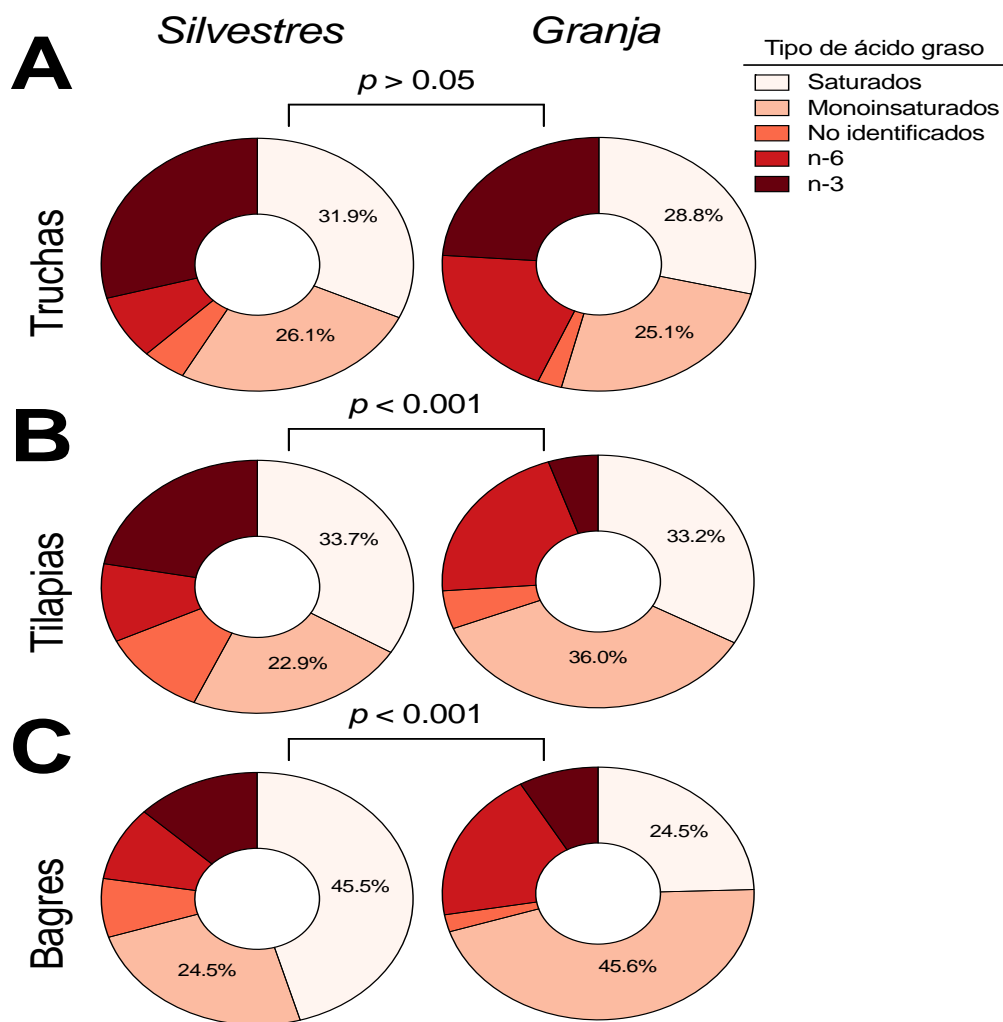


Figura 20. Comparación porcentual de AG en músculo de las especies estudiadas. A) truchas silvestres y de granja, B) tilapias silvestres y confinadas C) bagres silvestres y de granja.

En la gráfica de anillos se muestra que en la composición de ácidos grasos de las truchas de granja y las truchas silvestres existe una diferencia significativa.

Para las Tilapias no existe diferencia significativa en la composición de ácidos grasos entre las especies silvestres y confinadas.

Por último, para las especies de bagre silvestres y confinadas no existe diferencia significativa en su composición.

5.8 Resultados de la relación omega-3/omega-6 para las especies de estudio

Cuadro 2. Cociente $n6/n3$ de las especies de estudio.

Especie- crianza, procedencia	n6/n3
Bagre silvestre, Guerrero.	0.74
Bagre confinado, Tamaulipas	2.33
Tilapia silvestre, Guanajuato	0.45
Tilapia confinada, Guerrero	4.09
Trucha silvestre, 4to Dinamo CDMX.	0.28
Trucha confinada, 4to Dinamo CDMX.	0.83

En el Cuadro 1 se aprecia que en general, la tendencia por la composición en porcentaje del perfil de AG para las especies silvestres son las que poseen el cociente menor omega-6/omega-3 al ser comparadas con las mismas especies de crianza confinada, lo cual se ha descrito en la figuras anteriores, resaltando que en el caso de las especies silvestres de estudio el orden de menor a mayor es el siguiente truchas < tilapias < bagres, donde las truchas son las que poseen el cociente menor que es de 0.28; Para las especies de estudio confinadas, el orden de menor a mayor por el valor del cociente omega-6/ omega-3 son las truchas < bagre < tilapia, donde las truchas de granja poseen un valor de 0.83 en este cociente.

6 Discusión de resultados.

Los resultados se expresaron en porcentajes debido a que la metodología empleada permite el manejo y tratamiento de datos de la composición que se tiene de los AG de la porción lipídica de un tejido fresco de las especies de pescado. En el cromatógrafo se usaron los estándares de mayor relevancia para este estudio, en la composición de los ácidos grasos no identificados se tiene un porcentaje de los ácidos grasos conjugados de la cadena C18.

En los resultados presentados se observa una tendencia muy consistente en cuanto al perfil lipídico de las especies silvestres estudiadas y las confinadas, ya que se tiene diferencias significativas en cuanto a sus AGPI que corresponden a las cadenas de ω -3 y ω -6.

Entre especies confinadas también poseen similitudes en cuanto a su composición de AGS y AGMI. Al realizar las comparaciones de las proporciones de los diferentes tipos de ácidos grasos entre los dos tipos de producción (silvestre y confinada) se tuvo una diferencia significativa al 95 % en los peces de trucha, mientras que para los peces de tilapia y bagre no existe una diferencia por la prueba de X^2 . La relación AGS y AGMI en este estudio fue 1:1 para la mayoría de los peces y de ambas producciones a excepción del bagre silvestre donde la relación AGS y AGMI fue 2:1.

En este estudio se trató de incluir el alimento que se les proporcionaba en los criaderos donde la cantidad de peces en algunos estanques superaban la cantidad de 80 especies, pero los productores comentaron que varían los tipos de alimentos peletizados que se les proporciona, por lo que al hacer un estudio de su alimento se tuvo mucha similitud en cuanto al perfil lipídico que poseen. Tan solo los resultados de la composición del alimento peletizado para las especies de tilapia y trucha (véase Figura 21) es el siguiente:

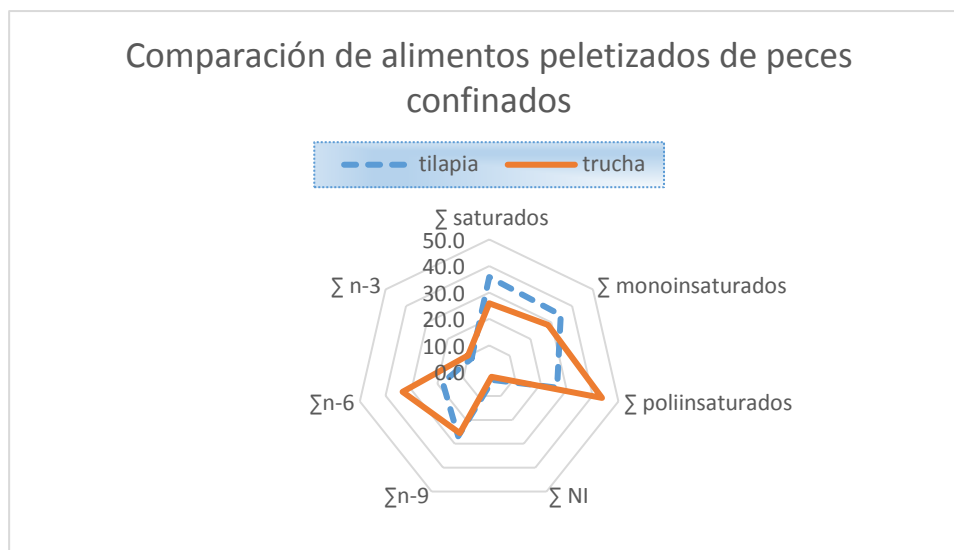


Figura 21. Composición de alimentos peletizados para tilapia y trucha confinados.

Para el alimento de las truchas se observa que la composición está formada principalmente en los AGS y AGMI que es mayor a 30 %, mientras que para el alimento de tilapia esta principalmente formado con un porcentaje mayor a 30 % para el AL, se observa claramente que la composición para los ω -3 es menor al 10%. Es esta una de las razones que los peces confinados presenten un porcentaje bajo de ω -3 en la composición de los filetes de estas especies. Para el bagre confinado no se proporcionó el alimento peletizado por lo que no fue analizado en este estudio.

Está documentado que los lípidos de las dietas influyen directamente sobre la composición de los ácidos grasos en los peces, debido a que la composición de ácidos grasos puede ser perjudiciales para la salud de los peces, así como la calidad del producto final para el consumo humano (Wijekoon *et al*, 2015).

Cabe resaltar el porcentaje de los AGI obtenido del análisis, el ALN se presenta con una abundancia en las especies silvestres de tilapias y trucha con 8.6% y 5.6% respectivamente, mientras que en las especies de bagres no se observa una diferencia por el tipo de crianza, en contraste, el otro AGI que es AL, para las especies confinadas (trucha, bagre, tilapia) poseen una notable composición (superior al 15%), esto se debe a los alimentos peletizados que son suministrados son ricos en este ácido graso, favoreciendo una mayor bioacumulación en el filete de las especies. Es necesario que se considere un aumento en el ALN para las especies de granja que lo contienen en una proporción menor y se tiene el

conocimiento de deficiencias en algunos ejemplares por el tipo de alimentación que se les proporciona (Tocher, 2015).

Los peces criados en granjas acumulan en sus tejidos, los AG presentes en su dieta (Gil, 2017). En las especies de trucha de granja, se encontraron ejemplares donde su color del tejido era de un tono rosado, esto debido a la presencia de carotenoides como la astaxantina (FAO, 2012).

Además, se observa que las especies silvestres de estudio contienen un porcentaje del ácido graso γ -linolénico (20:3) que es un ω -6, es un AG que se encuentra escasamente en la dieta, sus efectos benéficos para la salud se basan en sus potenciales efectos antiinflamatorios. Los metabolitos del γ -linolénico pueden afectar la expresión génica de proteínas de la matriz extracelular, así de moléculas reguladoras del sistema inmunitario. (Guo, 2009).

Es importante precisar que la clasificación de contenido de grasa se realizó por porción comestible, los peces de estudio (tilapias, bagres de ambos tipos de extracción y bagres silvestres) son magros al contener menos de 2.5 % y para el caso de los bagres confinados un 5.5 % en la mayoría de las muestras se considerarían especies semigrasas (Dávalos, 2005).

A continuación, se muestran los resultados de un estudio realizado en especies de peces mexicanos comprados en el mercado de pescados y mariscos “La Nueva Viga” en la Ciudad de México, se enlistan los ejemplares de peces magros donde los resultados del contenido de AG en el tejido están expresados en mg/100 g de filete, véase Cuadro 3.

Cuadro 3. Contenido de AG en el tejido de las 11 especies de pescados (mg/100 g filete)

Nombre común	Nombre científico	AGS	AGM	AGP	n-3	n-6	n-3/n-6
Abadejo	<i>Mycteroperca phenax</i>	78.13	57.45	133.82	114.95	17.67	6.51
Angelito	<i>Prionotus evolans</i>	88.66	137.89	220.61	142.36	76.55	1.86
bandera	<i>Bagre marinus</i>	18.13	97.45	120.40	68.23	42.40	1.61
Pargo	<i>Lutjanus</i>	51.62	41.18	156.34	131.16	22.43	5.85

Huachinango	<i>campechanus</i>						
Conejo	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	38.75	55.77	116.53	101.05	13.67	7.39
Rubia	<i>Ocyurus chrysurus</i>	71.82	71.47	111.38	95.71	15.67	6.11
Pierna	<i>Caulolatilus princeps</i>	12.57	19.98	47.43	41.78	4.71	8.87
Gurrubata	<i>Menticirrhus undulatus</i>	64.69	25.98	70.36	39.26	29.51	1.33
Lenguado	<i>Paralichthys lethostigma</i>	19.47	23.09	42.26	34.20	8.07	4.24
Merluza	<i>Merluccius productus</i>	42.63	33.26	133.39	102.77	30.62	3.36
Atún aleta amarilla	<i>Thunnus albacares</i>	104.59	65.79	225.02	170.04	54.98	3.09
AGS= \sum ácidos grasos saturados							
AGM= \sum ácidos grasos monoinsaturados							
AGP = \sum ácidos grasos poliinsaturados							
Fuente Castro-González, 2007.							

Cabe resaltar que la especie que nos interesa al comparar fué la especie de bandera, quien es de la familia de bagre (***Bagre marinus***) que se considera pescado magro y que en sus resultados contiene una cantidad mayor de AGPI y AGS menor. Y su relación ω -6/ ω -3 es casi 1:1 un parecido con las especies de bagres (*Ictalurus punctatus*) de este trabajo donde su relación es 0.73 para las muestras silvestres.

En la investigación de Castro-González se encontró en general, una similitud con el trabajo presentado ya que el ácido graso saturado más abundante es el ácido palmítico C16:0, así mismo el ácido oleico C18:1 que es de la familia de los ácidos grasos monoinsaturados y el principal representante de la familia omega-9 también es abundante.

En el cuadro 4 se muestra la composición de ácidos grasos omega-3 en las 12 especies de pescado en mg/100 g de filete.

Cuadro 4. Composición de ácidos grasos de 18 peces mexicanos expresado en mg/100 g de filete.

pescado	Nombre científico	n	ALA	11,14,17 eicosatrienoico	EPA	DHA
Abadejo	<i>Mycteroperca phenax</i>	15	1.13 (0.43)	Nd	8.30 (3.6)	105.52 (31.26)
Angelito	<i>Prionotus evolans</i>	18	4.18 (1.78)	Nd	12.23 (2.67)	123.74 (23.64)
bandera	<i>Bagre marinus</i>	18	3.66 (0.70)	Nd	3.82 (0.31)	35.67 (0.67)
Pargo Huachinango	<i>Lutjanus campechanus</i>	25	1.01 (0.43)	0.32 (0.02)	28.07 (5.45)	237.33 (1.83)
Conejo	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	24	0.58 (0.05)	Nd	15.66 (4.52)	28.75 (1.26)
Rubia	<i>Ocyurus chrysurus</i>	16	1.99 (0.46)	Nd	1.49 (0.07)	237.88 (3.05)
Pierna	<i>Caulolatilus princeps</i>	18	1.37 (0.67)	Nd	4.30 (1.82)	92.23 (7.89)
Sargo	<i>Lagodon rhomboides</i>	18	Nd	Nd	55.67 (1.04)	85.00 (2.67)
Gurrubata	<i>Menticirrhus undulatus</i>	15	2.59 (0.55)	0.29 (0.07)	7.91 (2.14)	79.97 (6.82)
Atún aleta amarilla	<i>Thunnus albacares</i>	25	2.15 (0.48)	25.08 (3.14)	15.48 (0.53)	152.40 (2.65)
Picuda	<i>Sphyraena agentea</i>	19	2.56 (0.63)	Nd	55.54 (0.75)	35.79 (7.36)
lengua	<i>Symphurus williamsi</i>	32	1.43 (0.03)	Nd	9.16 (1.41)	31.03 (6.27)

Fuente Castro-González,2007.

En el análisis de los ω -3 se tienen documentados los tres principales: α -linolénico, EPA y DHA, además que se añade el C20:3. En general, su abundancia fue $C18:3 < C20:3 < C20:5 < C22:6$ y en comparación del presente trabajo se tiene que las especies silvestres poseen un mayor porcentaje a comparación de las especies confinadas.

Un aspecto importante a considerar para las especies silvestres es la comparación de tamaño, masa muscular son menores a las especies de granja debido que acumulan en su tejido los nutrimentos que les otorga el alimento de los criaderos y que el alimento es proporcionado varias veces al día mientras que las especies silvestres se alimentan cuando se tiene el amanecer o el atardecer por la luz que proporciona el sol, asimismo es limitado y con un mayor nivel de competición.

De los datos obtenidos y recabados en este trabajo demuestran una clara tendencia que tienen las especies silvestres de poseer un porcentaje elevado al ser comparadas con las especies silvestres con diferencia significativa, al hacer una revisión en una publicación donde explica Sargent en el British Journal of Nutrition, 1997, que los AGPI ω -3 son originados en el plancton marino. Donde se incluyen a varias especies que compone al plancton desde flagelados y dinoflagelados, diatomeas, etc. Los lípidos de los cloroplastos son muy ricos de PUFA omega-3 (Sargent, 1996); que se desconoce la precisa función que tienen en estos organismos, pero son transmitidos por la vía del zooplacton a los peces (Sargent et al, 1996). Además, otra de las razones por la que estas especies poseen un elevado contenido en ω -3 es la temperatura donde habitan estas especies, ya que en los lugares donde habitan las temperaturas generalmente son menores a los 10 °C Sólo en las especies de truchas confinadas se encuentra un porcentaje elevado en DHA al compararla con los ejemplares silvestres. Y es de referirse que en la zona de los Dinamos la temperatura es menor a los 10 °C por lo que es una temperatura que entra dentro del límite de crecimiento óptimo de estos ejemplares (Blanco, 1994) y que además propicia que sea abundante el porcentaje en los ω -3 de cadenas carbonadas C:20 y C:22 debido a que la composición de AG de los lípidos de la membrana es importante para la fluidez de la membrana, principalmente porque los AGPI disminuyen el orden de los lípidos de la membrana, disminuyendo así la viscosidad, es una adaptación que se tiene al entorno frío y que lo permiten las cadenas de AGPI. (Palmerini et al; 2009).

Se describe también que para los diferentes peces se tienen necesidades de AGI que los ayuda a mantener la inmunidad específica y la respuesta antiinflamatoria en la tilapia, por

ejemplo, para el ALN la cantidad recomendada es 0.36 % de peso de este AG para obtener una mejora significativa (Chen *et al*, 2016). Para las especies confinadas se han realizado pruebas sobre la importancia del contenido de AGPI en músculo para las truchas por lo que al proporcionar alimentos bajos en AGPI durante la etapa de desarrollo no se tienen las mismas proporciones que al aumentar o sean ricas en estos AG de cadena larga, por lo claramente se observa que pueden bioacumular en el músculo (Thanuthong *et al*, 2011)

Además de lo descrito anteriormente, al obtener los cocientes omega-6/omega-3, que al ser un número adimensional nos permite saber la relación que se presentan en los filetes de los peces de estudio y es para las especies silvestres de bagre, tilapia y filete los valores de estos cocientes son menores a 1, lo que da claramente a entender que poseen una relación ω_6/ω_3 1:1 en este estudio, ya que para las especies confinadas el cociente es mayor a 1, para las especies de tilapia su valor es de 4.1 y bagre 2.3 pero que están dentro de los parámetros recomendables para evitar desarrollo de enfermedades cardiovasculares y mortalidad en la población debido a que la relación sugerida de ácidos omega-6 y omega-3 debe ser 5:1 (Zhuang *et al*, 2018); sin embargo para las especies de trucha silvestre el cociente es 0.83 , que al igual que las especies silvestres nos permite identificar que posee una cantidad abundante de ω -3 en su composición del filete, ya que esto es posible por las condiciones de donde se desarrolló que son similares a las especies silvestres.

7 Conclusiones

El perfil de las especies estudiadas muestra que los ejemplares de trucha de ambos hábitats son las que presentaron en su composición una diferencia significativa en cuanto a los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados en los análisis realizados.

Las especies silvestres presentaron una cantidad mayor en porcentaje de los ω -3 que son el ALN, EPA y DHA en su tejido en comparación de las especies de granja. Esto también respaldado por el valor del cociente ω -3/ ω -6 realizado en cada especie de estudio donde los valores obtenidos son mayores para las especies silvestres. Resultado del trabajo demuestran que las especies de trucha de criadero presentaron valores altos de DHA favorecido por las condiciones de temperatura y de alimentación.

La recomendación a los dueños de los criaderos es que busquen alimentos que posean una mayor composición de ω -3, debido a que los resultados encontrados demuestran que las especies pueden bioacumularlo y de esta manera se convierten en una buena opción para la población local que busca bienestar en su forma de alimentación, También se pretende seguir con la línea de investigación para peces de centros comerciales donde la mayoría son de exportación de otros países y al ser analizadas se puede dar a conocer el perfil lipídico que poseen.

8 Bibliografía.

Anonymus (1999). (Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravivenza nell'Infarto miocardio). Dietary supplementation with n-3 polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardia infarctation: results of the GISSI-prevenzione trial. *Lancet*. 354:447-54.

Amitava Das and Chandan K. Sen.(2014). Nutritional Supplements and Functional Foods: Functional Significance and Global Regulation. *Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and around the world*. Osmo Hänninen, Chandan K. Sen. Capítulo 2, pp. 11-35

Aranceta, J., Gil, A. (2010). *Alimentos funcionales y salud en las etapas infantil y juvenil*. Madrid. Editorial Médica Panamericana, pp. 69-72.

Ascensión, M. (2011). *Inmunonutrición: en la salud y la enfermedad*. Madrid. Editorial Médica Panamericana, pp 168-172.

Avalos-Cañada, I. (2014). Efecto de los ácidos grasos indispensables en la nutrición humana. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, pp 61.

Bell, J.,Pratoomyot, J., Strachan, F., Henderson, R., Fontanillas, R., Hebard, A., Guy, D. (2010). Growth, flesh adiposity and fatty acid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) families with contrasting flesh adiposity: effects of replacement of dietary fish oil with vegetable oils. *Aquaculture* 306,225-232.

Berquin IM, Edwards IJ, Chen YQ. (2008). Multi-targeted therapy of cancer by omega-3 fatty acids. *Cancer Lett*, 269:363-377.

Bibus, D., Lands, B. (2015). Balancing proportions of competing omega-3 and omega-6 highly unsaturated fatty acids (HUFA) in tissue lipids. *Prostaglandins, Leucotrienes) and Essential Fatty Acids* 99, 19-23.

Blanco C. (1994). *La trucha. Cria industrial*. 2da Edición. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa, pp 108-125.

Bourges R. H. (2007). La grasa alimentaria ¿Culpable o inocente?. Revista Ciencia. Abril-Junio. Recuperado el 4 de febrero de 2019 en URL: https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/58_2/PDF/03-559.pdf

Bourges R.H. (2015). "La alimentación y la dieta", en E. Casanueva, M. Kaufer-Horwitz, A.B. Pérez Lizaur y P. Arroyo. 4ta ed. Nutrilogía Médica, pp 108-109.

Caballero, M.J., Obach, A., Rosenlund, G., Montero, D., Gisvold, M., Izquierdo, M.S., (2002). Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fattyacid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 214, 253–271

Calder P.C. (2013). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and inflammatory processes:nutrition or pharmacology *Br J Clin Pharmacol.*;75:645–62.

Calder P., Kremmyda L., Vlachava M., Noakes P., Miles E. (2010). Is there a role for fatty acids in early life programming of the immune system? *Proceedings of the Nutrition Society* 69, 373-380.

Carol J. Fabian, C., Kimler, B., Hursting, S. (2015). Omega-3 fatty acids for breast cancer prevention and survivorship. *Breast Cancer Research* 17:62.

Castellanos T.L., Rodríguez-Dorantes, M. (2015). El efecto de omega-3 en la salud humana y consideraciones en la ingesta. *Rev chil Nutr. Vol 42. N°1. 90-95*

Castro-González MI, Ojeda VA, Montañón BS, Ledesma CE, Pérez-Gil RF. (2007). Evaluación de los ácidos grasos n-3 de 18 especies de pescados marinos mexicanos como alimentos funcionales. *Arch Latinoamer Nutr Vol. 57 N° 1,*

Cerón-Ortiz, A. N., Castillo-Martínez, E., & ÁngelesMonroy, M. A. (2016). Análisis comparativo del uso de *Ictalurus punctatus* (Rafinesque, 1818) y *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) en la elaboración de hamburguesas. *Acta Universitaria*, 26(3), 3-13. doi: 10.15174/au.2016.881.

Chen, C., Sun, B., Guan, W., Bi, Y., Li, P., Ma, J. *et al.* (2016). N-3 essential fatty acids in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: Effects of linolenic acid on non-specific immunity and anti-inflammatory responses in juvenile fish. *Aquaculture* 450:250-257.

Codabaccus, M., Wing-Keong, Ng., Nichols, P., Carter, C. (2013). Restoration of EPA and DHA in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using a finishing fish oil diet at two different water temperatures. *Food Chemistry* 141(1),236-244.

Dávalos-Mecalco, S.G., Zamora-Pantoja, D.G., Natividad, B.I., Tercero-Alburo, J.J., Vazquez-Salinas, C., Quiñones-Ramírez, E.I. (2005). Alimentos marinos: tipificación y proceso de almacenamiento. *Revista Digital Universitaria*, Vol. 6, núm. 9. Recuperado el 22 de febrero de 2019, de http://www.revista.unam.mx/vol.6/num9/art90/sep_art90.pdf

Endo, J., Arita, M. (2016). Cardioprotective mechanism of omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Journal of cardiology*, 67(1)22-27.

FAO, FINUT.2012. Grasas y ácidos grasos en la nutrición humana. Consulta de expertos. Granada, España.

FAO.2017. Departamento de Pesca y acuicultura. Programa de información de especies acuáticas. Recuperado el 6 de septiembre de 2017, de http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es

FAO.(2017). Departamento de Pesca y acuicultura. Programa de información de especies acuáticas. Recuperado el 6 de septiembre de 2017, de http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/es.

Flores-Crispín, A. (2016). Composición química del Pargo UNAM y la Tilapia del Nilo bajo el suministro de dos alimentos con diferentes niveles de proteína en un sistema de biofloc. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, pp 6-8.

Folch, J., Lees, M., and Stanley, G.H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226:497–509.

Fountoulaki E., Vasilaki A., Hurtado R., Grigorakis K., Karacostas I., Nengas I. *et al.*(2009). Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.); effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile. Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet under fluctuating water temperatures. *Aquaculture* 289.317-329.

Gil, A. (2017). Tratado de nutrición. Bases fisiológicas y bioquímicas de la nutrición. Tomo I. 3a Ed. Madrid , España. Editorial Medica Panamericana, pp 1-26.

Gil, A.(2017). Tratado de nutrición. Bases moleculares de la nutrición. Tomo II. 3a Ed. Madrid España. Editorial Medica Panamericana, pp 51-79.

- Gil, A. (2017). Tratado de nutrición. Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Tomo III. 3a Ed. Madrid , España. Editorial Medica Panamericana, pp 73-87;279-308.
- Gil, A. (2017). Tratado de nutrición. Nutrición y enfermedad. Tomo V. 3a Ed. Madrid , España. Editorial Medica Panamericana. pp 65-70; 432-72.
- Guo, M. (2009). Functional foods: principles and technology. Boca Raton. Florida. CRC Press; England, Woodhead. Páginas 161-183.
- Gutiérrez, J.; et al. (2012). Encuesta nacional de salud y nutrición. Resultados nacionales 2012. México, Instituto Nacional de Salud Pública.
- Huerta-Yepey, S., Tirado-Rodriguez, A., Hankinson, O. (2016). Role of diets rich in omega-3 and omega-6 in the development of cancer. *Bol Med Hosp Infant Mex* 73(6):446-456.
- Izquierdo, M.S., Montero, D., Robaina, L., Caballero, M.J., Rosenlund, G., Gines, R. (2005). Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. *Aquaculture* 250, 431–444.
- Jacobsen, C., Nielsen, N., Frisefeldt, A., Sørensen, A. (2013). *Food enrichment with omega-3 fatty acids*. Oxford. Woodhead Publishing, pp 3-21.
- Kaufer-Horwitz, M. (2015). Nutriología médica. 4ta ed. México, D.F. Editorial Médica Panamericana, pp 41-48.
- Khadge, S., Sharp, J., Thiele, G., McGuire, T., Klassen, L. et al. (2018). Dietary omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids modulate hepatic pathology. *Journal of nutritional Biochemistry* 52:92-102.
- Leray, C. (2015). Lipids: nutrition and health. Boca Raton. CRC Press, Taylor & Francis Group, pp 175-177.
- Lara-Rivera A., Parra-Bracamonte G., Sifuentes-Rincón A., Gojón-Báez H., Rodríguez-González H., Montelongo-Alfaro I. (2015). El bagre de canal (*Ictalurus punctatus* Rafinesque, 1818): estado actual y problemática en México. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 43(3): 424-434.

- Martínez-Llorens, S., Vidal, A.T., Moñino, A.V., Torres, M.P., Cerdá, M.J. (2007). Effects of dietary soybean oil concentration on growth, nutrient utilization and muscle fatty acid composition of gilthead bream (*Sparus aurata* L.). *Aquac. Res.* 38,76–81.
- Mataix, J. (2009). Tratado de nutrición y alimentación. 2da ed. Barcelona. Ergon, Océano, pp 88-94, 1842-1850.
- Mataix J. Gil A. (2004). Libro blanco de los omega3. Los ácidos gras poliinsaturados omega 3 y monoinstaturados tipo oleico y su papel en la salud. Madrid España. Editorial Médica panamericana, p 58.
- Mathews C., Van holde K., Appling D., Anthony-Cahill S: (2013). Bioquímica. 3ra ed. Madrid. Pearson, pp 480-492;812-813.
- Mckee T. (2009). Bioquímica. Las bases moleculares de la vida. 4ta ed. México. D.F. McGraw Hill, pp 372-376.
- Miller, R.M. (2005). Freshwater fishes of México. University of Chicago Press, Chicago. pp 125-129.
- Morrison, W.R., and L.M. Smith. (1964). Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride--methanol. *J. Lipid Res.* 5:600-8.
- Montero, D., Robaina, M.J., Caballero, R., Gines, R., Izquierdo, M.S. (2005). Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oils: a time-course study on the effect of a re-feedingperiod with a 100% fish oil diet. *Aquaculture* 248, 121–134.
- Mozzafarian D., Wu JH. (2011). Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: effects on risk factors, molecular pathways, and clinical events. *J Am Coll Cardiol.* 58:2047-67.
- Palmerini C.A., Mazzoni M., Giovinazzo G., Arienti G. (2009). Blood Lipids in Antartic and in Temperature-Water Fish Species. *J Membrane Biol.*; 10: 232-9
- Sargent, R. (1997). Fish oils and human diet. *British Journal of Nutrition* 78, suppl.1: s5-s13.
- Sargent, J., Tocher, D.R., Bell, J.G. (2002). The lipids. In: Halver, J.E., Hardy, R.W. Fish Nutrition. Academic Press, San Diego, CA, pp. 181–257.
- Simopoulos AP. (2010). Nutrigenetics/Nutrigenomics, Annual Review of Public Health 31:53-68.

- Thanuthong, T., Francis, D., Senadheera, S.D., Jones, P.L., Turchini, G. (2011). Fish oil replacement in rainbow trout diets and total dietary PUFA content: 1) Effects on feed efficiency, fat deposition and the efficiency of a finishing strategy. *Aquaculture* 320:82-90.
- Tocher, D. (2015). Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids and aquaculture in perspective. *Aquaculture* 449:94-107
- Torstensen, B.E., Lie, Ø., Froyland, L. (2000). Lipid metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)— effects of capelin-, palm- and oleic acid enriched sunflower oil as dietary sources. *Lipids* 35, 653–664.
- Valenzuela A., Valenzuela R. (2014). Ácidos grasos omega-3 en la nutrición ¿Cómo aportarlos? *Revista Chilena Nutric* 41:205-211.
- Wijekoon, M.P.A., Parrish, C.C., Mansour, A. (2015). Reprint of “Effect of dietary substitution of fish oil with flaxseed or sunflower oil on muscle fatty acid composition in juvenile steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared at varying temperatures”. *Aquaculture* 433:108-115.
- Zhuang, P., Wang, W., Wang, J., Zhang, Y., Jiao, J. (2018). Polyunsaturated fatty acids intake, omega-6/omega-3 ratio and mortality: Findings from two independent nationwide cohorts. *Clinical Nutrition*:1-8.

Anexo 1. Parámetros bromatológicos.

Cuadro 5. Cuadro de determinaciones de porcentaje de humedad, lípidos totales (g/100 g de tejido) y porcentaje de proteína.

especie	muestra	% humedad	Lípidos Totales (g/100 filete)	% proteína cruda
tilapia confinada	tila gro 1	77.23	1.23	18.6
	tila gro 2	78.56	1.26	16.9
	tila gro 3	78.88	1.09	18.7
	tila gro 4	78.56	0.27	18.1
	tila gro 5	78.29	0.55	19.1
	tila gro 6	78.27	1.74	18.7
	alim tila gro	19.14	7.86	25.8
tilapia silvestre	tilapia pura 1	79.85	1.08	17.9
	tilapia pura 2	80.03	1.19	17.5
	tilapia pura 3	80.67	0.75	16.7
	tilapia pura 4	80.02	1.62	17.9
	tilapia silva1	78.09	1.14	18.9
	tilapia silva2	79.04	1.54	18.7
bagre confinado	bagre granja 1	78.56	5.55	15.4
	bagre granja 2	76.81	4.75	16.6
	bagre granja 3	78.35	4.81	15.9
	bagre granja 4	74.88	6.24	16.9
	bagre granja 5	77.32	7.97	15.6
	bagre granja 6	69.07	6.92	22.4
	alimento bagre			
bagre silvestre	bagre silvestre 1	77.68	2.09	18.7
	bagre silvestre 2	77.61	2.09	19.5
	bagre silvestre 3	78.43	2.09	18.6
	bagre silvestre 4	77.70	2.09	17.3
	bagre silvestre 5	77.6	2.09	18.7
trucha confinada	trucha granja 1	78.60	1.16	18.6
	trucha granja 2	78.97	0.91	18.2
	trucha granja 3	78.56	1.17	18.9
	trucha granja 4	77.95	1.12	16.3
	trucha granja 5	78.42	0.79	17.5

	trucha granja 6	77.34	2.62	18.5
	trucha granja 7*	76.47	3.67	19.7
	trucha granja 8*	78.56	1.3	16.3
Trucha confinada	trucha granja 9*	74.11	6.71	17.2
	alimento trucha	7.78	5.09	34.9

especie	muestra	% humedad	Lípidos Totales (g/100 filete)	% proteína cruda
trucha silvestre	trucha silv 1	79.63	2.15	17.1
	trucha silv 2	76.21	2.79	20.9
	trucha silv 3	77.35	2.25	18.4
	trucha silv 4	77.66	1.84	18.0
	trucha silv 5	76.50	1.91	18.3
	trucha silv 6	79.76	13.77	15.8
	trucha silv 7*	79.57	2.27	16.2
	trucha silv 8*	82.31	1.58	14.7
	trucha silv 9*	79.32	2.86	16.2

*No se consideraron en determinación de perfil lipídico por cromatografía de gases.

Anexo 2. Cromatogramas de estándares

A continuación, se presentan las imágenes de los cromatogramas, se van identificando de izquierda a derecha.

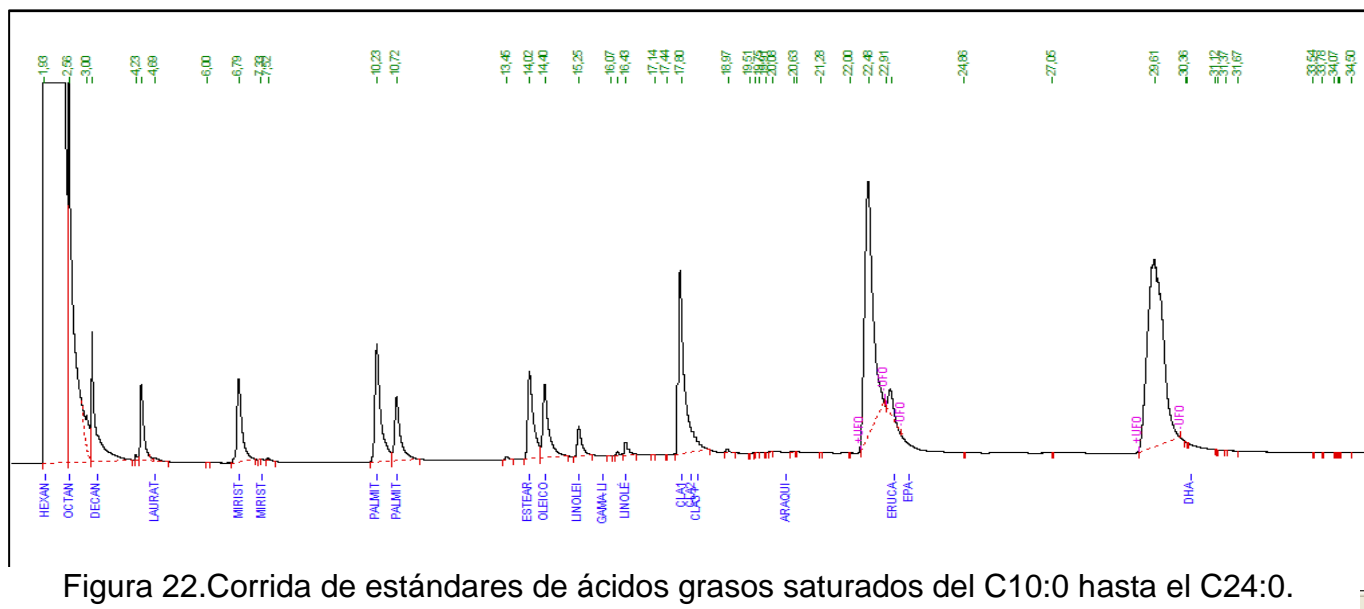


Figura 22. Corrida de estándares de ácidos grasos saturados del C10:0 hasta el C24:0.

Se presentan los siguientes AG en la Figura 21: ácido Cáprico C10:0 al tiempo de 3 min, ácido Láurico C12:0 al tiempo 4.23 min, ácido Mirístico C14:0 en tiempo 6.79 min, ácido Palmítico C16:0 al tiempo 10.23 min, ácido esteárico C18:0 al tiempo 14.02 min, ácido araquídico C20:0 al tiempo 17.44 min, ácido Behénico C22:0 al tiempo 22.48 min, ácido Lignocérico C24:0 al tiempo 29.61 min.

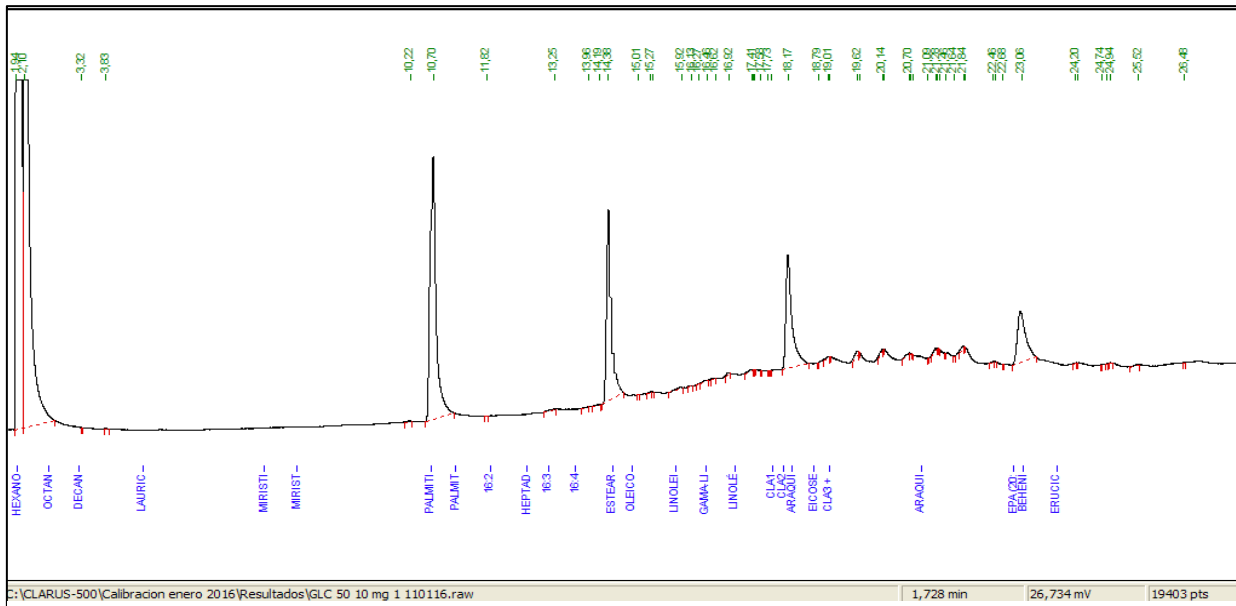


Figura 23. Cromatograma de los estándares del C16:0 hasta el C22:0.

En este cromatograma se corroboran los tiempos de retención para los siguientes metil n ésteres de estándares de ácido palmítico C16:0 (10.70 min), ácido Esteárico C18:0 (14.30 min), ácido Araquídico C20:0 (18.17 min) y ácido Behénico C22:0 (23.06 min). Véase Figura 22.

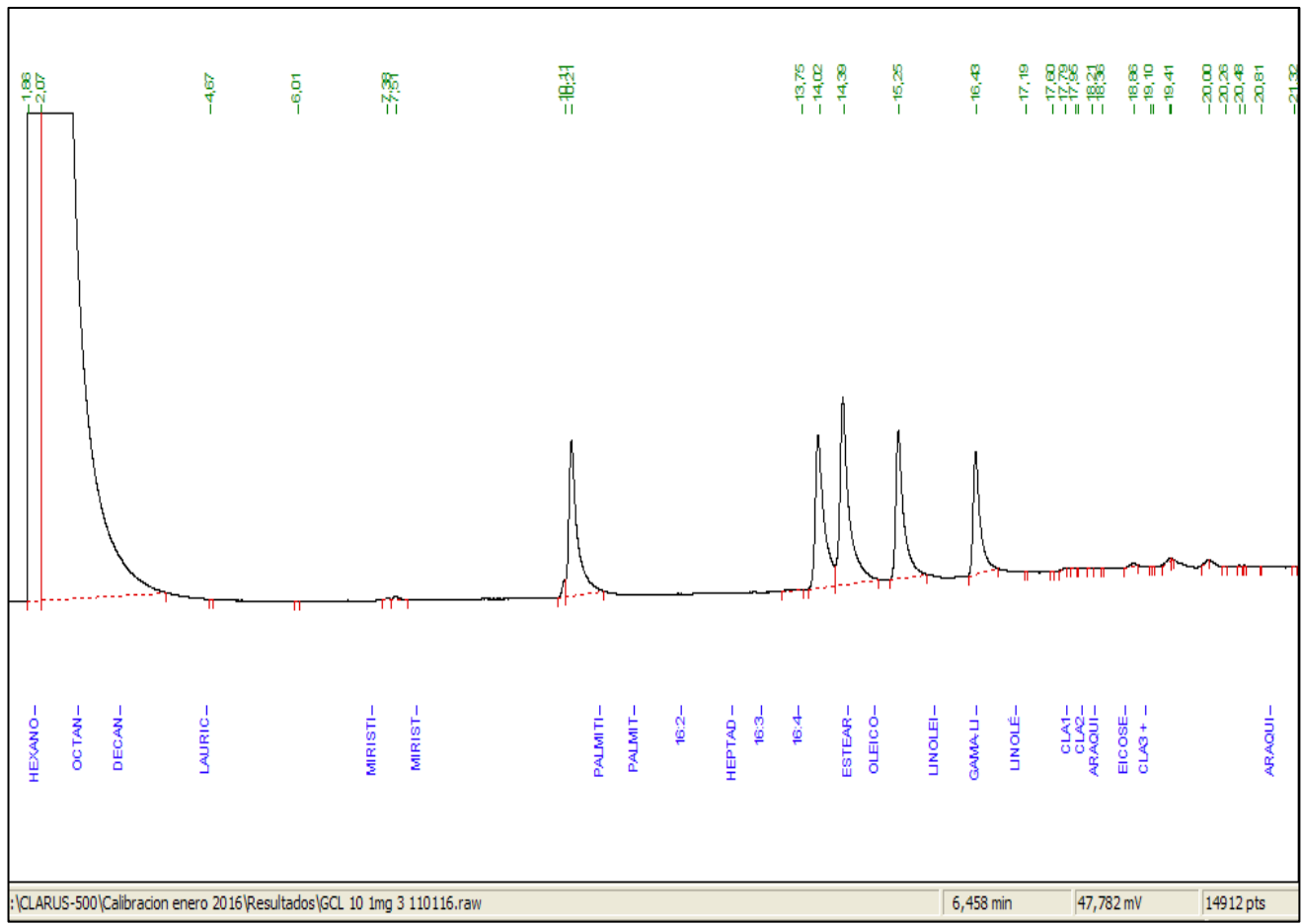


Figura 24. Cromatograma de los metil-n-esteres de C16:0. C18:0. C18:1, C18:2 y C18:3.

En la Figura 2 se observa los tiempos de retención del ácido palmítico, ácido esteárico, ácido oleico, AL y ALA.

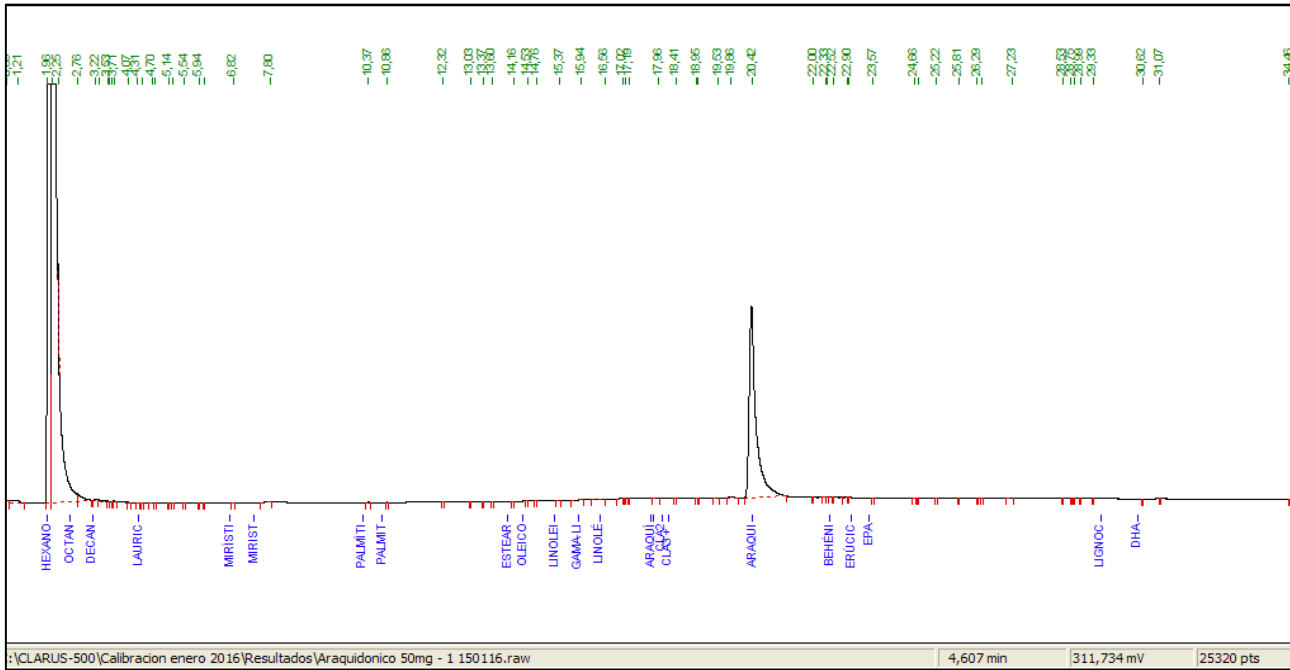


Figura 25. cromatograma del metil éster de AA

En esta corrida Figura 25 sólo se inyectó el estándar de ácido AA (20.42 min) para corroborar el tiempo de retención

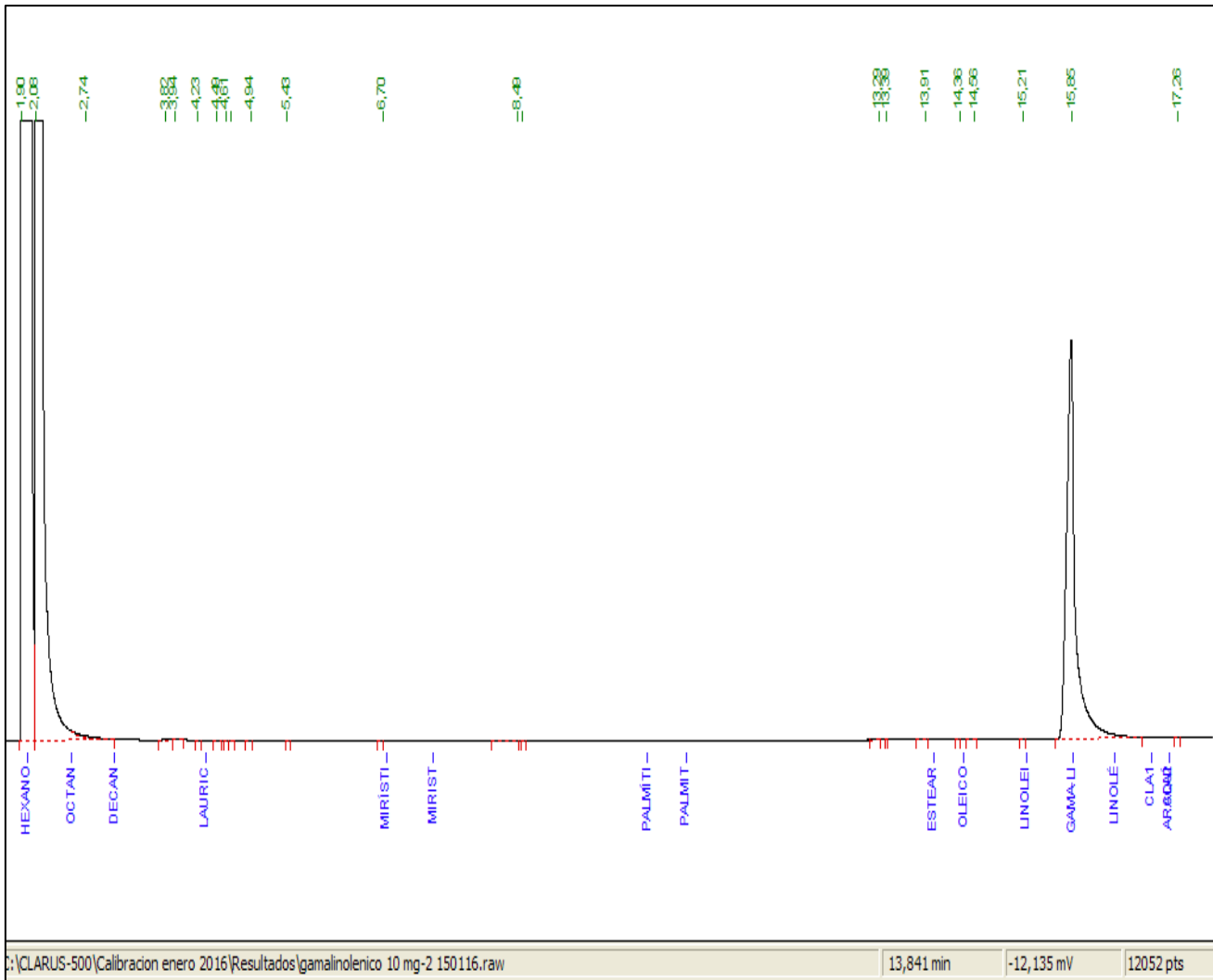


Figura 26. Cromatograma del metil éster ALN

Para corroborar el tiempo de retención del estándar de ácido gama-linolénico que es un omega-6 (15.85 min). Véase Figura 26.

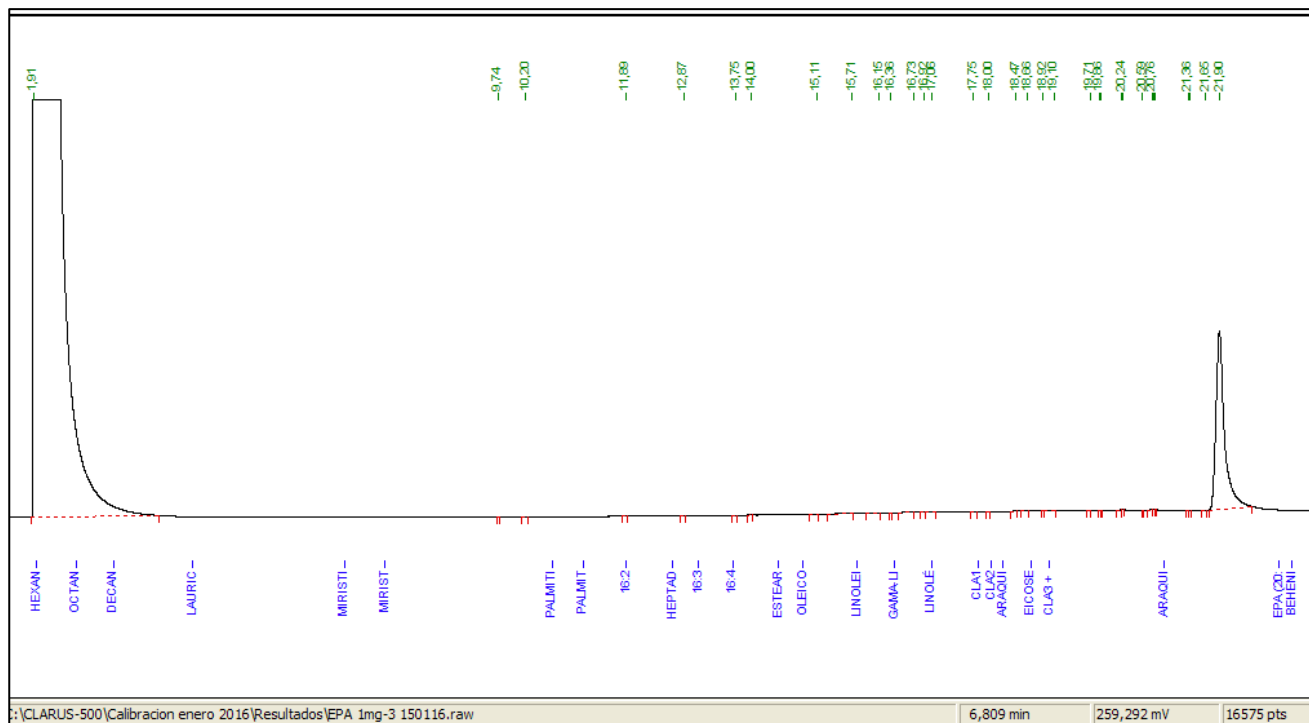


Figura 27. cromatograma del metil éster de ácido eicosapentaenoico.

Se corrobora en la Figura 26 el tiempo de retención para identificar el estándar de Ácido Eicosapentaenoico C20:5 n3 (EPA) que fue de 21.90 min.

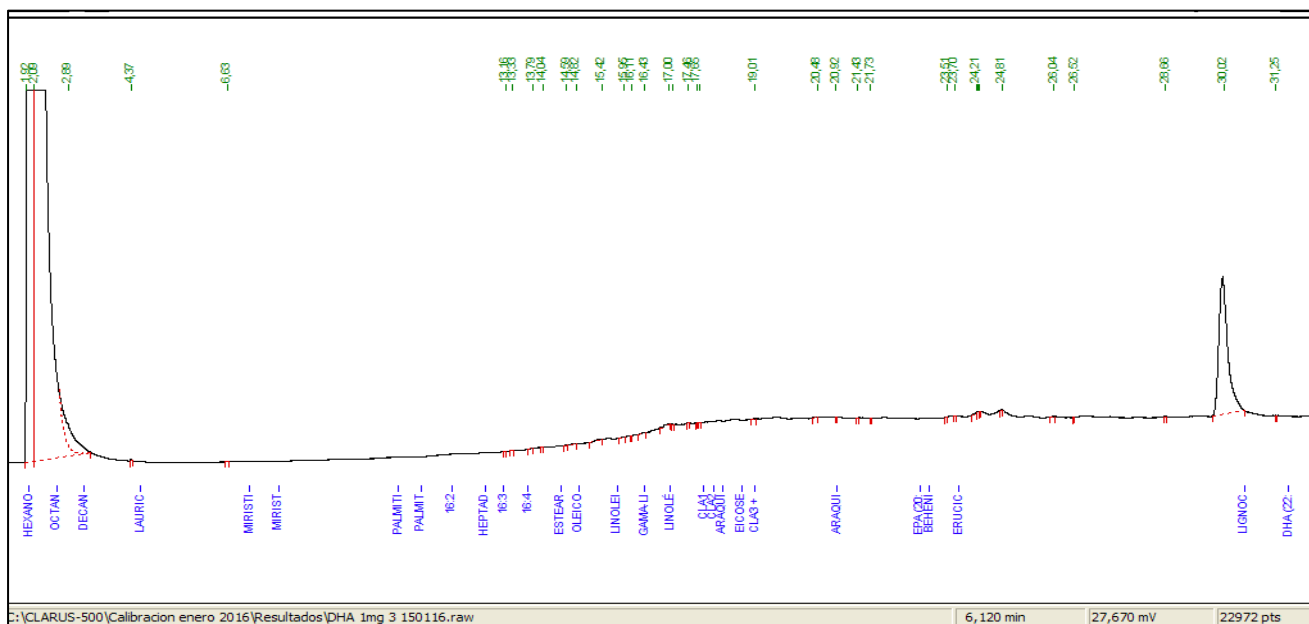


Figura 28. Fig. Cromatograma del metil éster del ácido Docosahexaenoico.

Para este estudio fue el último ácido graso de la familia omega-3, por lo que el tiempo de retención para el DHA es de 30.02 min. Véase Figura 27.

Anexo 3. Cromatogramas de filetes de muestras

Cromatogramas de filete de truchas confinadas de la zona de los Dinamos.

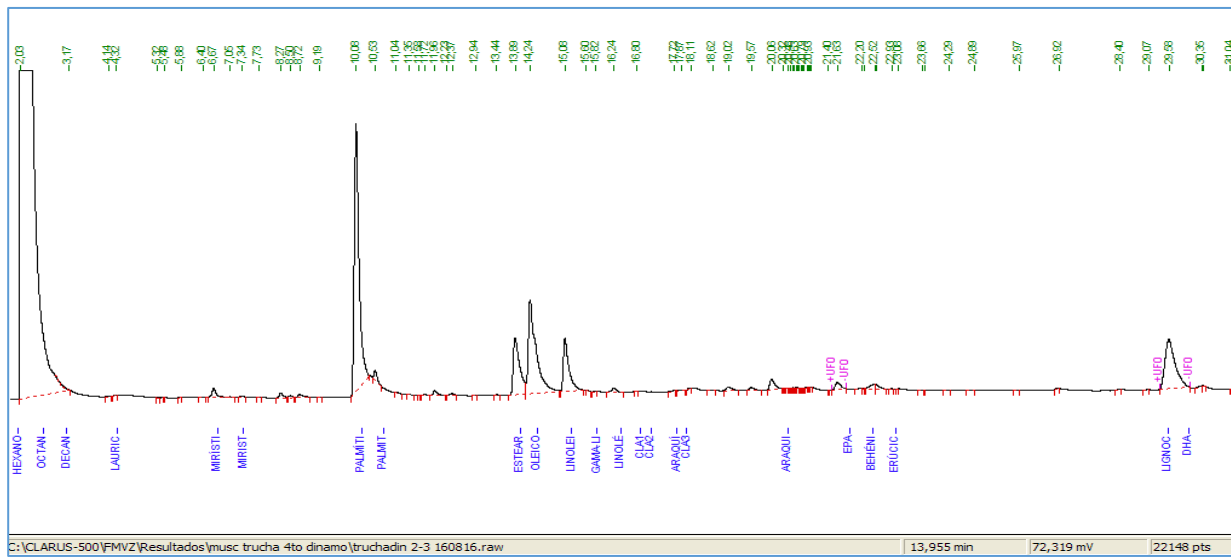


Figura 28. Cromatograma de segunda muestra de trucha de crianza confinada del 4to Dinamo.

Los picos corresponden a los ácidos grasos mirístico, palmítico, palmitoleico, para 18 carbonos se encuentran picos que corresponden al esteárico, oleico, AL, una señal débil del ALN, los picos que concluyen la corrida AA, EPA y finalmente el DHA. Véase figura 28.

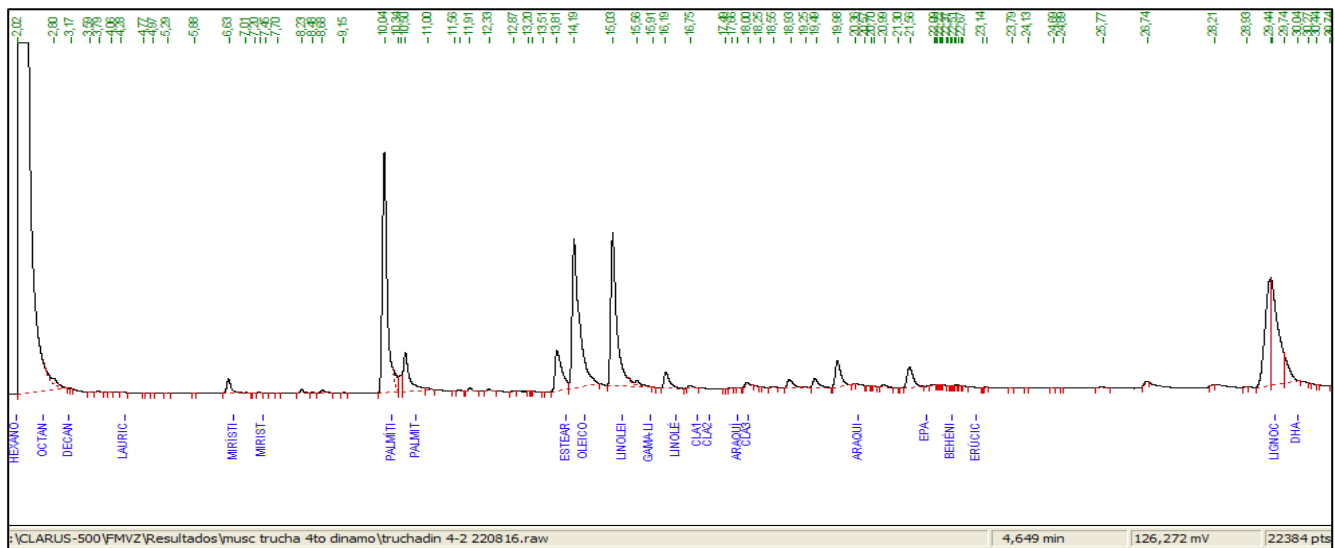


Figura 29. Cromatograma de cuarta muestra de trucha de crianza silvestre 4to dinamo.

El pico de ácido mirístico es visible, y el de mayor altura es el palmítico seguido del palmitoleico, los siguientes picos se observan a partir del tiempo 13.87 min y corresponden al esteárico, seguido del oleico, después tenemos a AL, un pico muy pequeño que corresponde al gama-linolénico y un pico más visible que es el ALN. Los últimos picos corresponden al AA, EPA y DHA como más sobresalientes. Véase Figura 29.

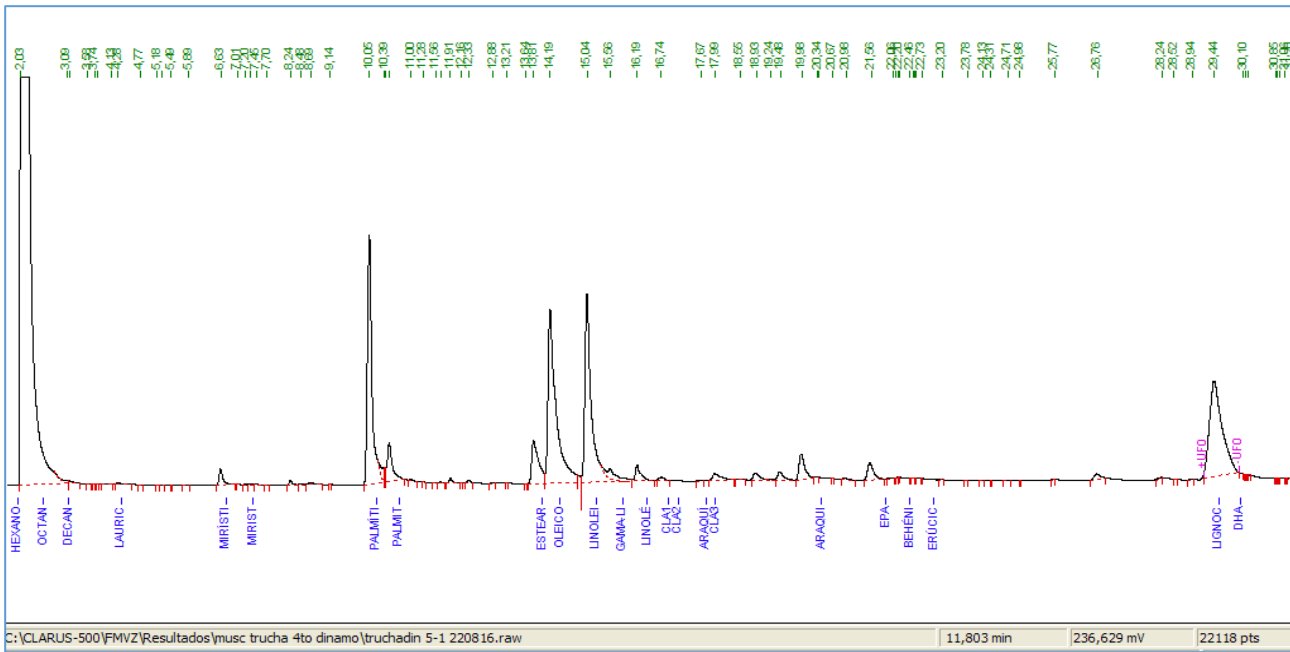


Figura 30. Cromatograma de quinta muestra de trucha silvestre del cuarto Dinamo.

En la Figura 30 comienza con pico pequeño para el ácido mirístico, los picos más sobresalientes son para el ácido palmítico, seguido del palmitoleico, para los ácidos grasos de 18 carbonos el pico que corresponde al ácido esteárico es menor a los picos del ácido oleico, AL y DHA, los picos que no sobresalen, pero se distinguen son AA, EPA y ALN.

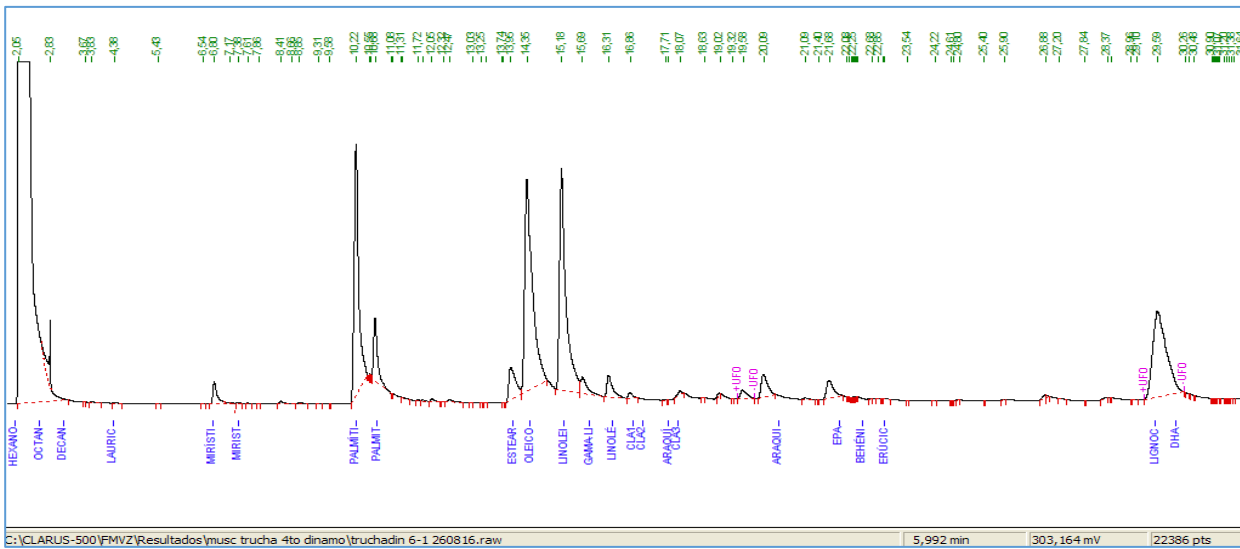


Figura 31. Cromatograma de la sexta muestra de trucha silvestre del cuarto Dinamo.

Se distingue en la Figura 31 el pico de mirístico y después sigue el pico muy sobresaliente del ácido palmítico y un pico menos del palmitoleico, para los carbonos 18 comienza con un pico pequeño a comparación del oleico y AL que son semejantes y sobresalientes, sigue con un pico pequeño de gamma-linolénico y ALN, después de un AA, EPA y finalmente un pico sobresaliente de DHA.

Cromatogramas de truchas silvestre del cuarto dinamo.

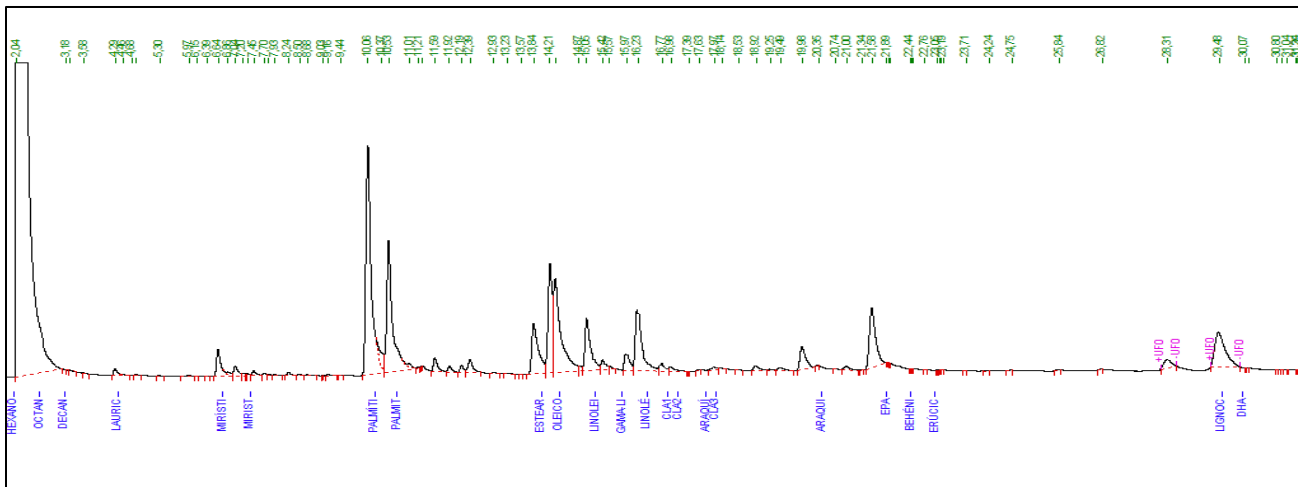


Figura 32. Cromatograma de la segunda muestra de trucha silvestre de cuarto Dinamo.

Se aprecian de la Figura 32 picos pequeños en mirístico, miristoleico, después se observa al pico más alto del cromatograma que corresponde al palmítico y un pico que es la mitad del anterior y corresponde al palmitoleico, para los ácidos grasos de 18 carbonos se presentan picos para esteárico, oleico, AL, gama-linolénico y ALN, un pico menor a los anteriores que se identifica como AA y posteriormente se encuentra el EPA y finalmente el pico de DHA.

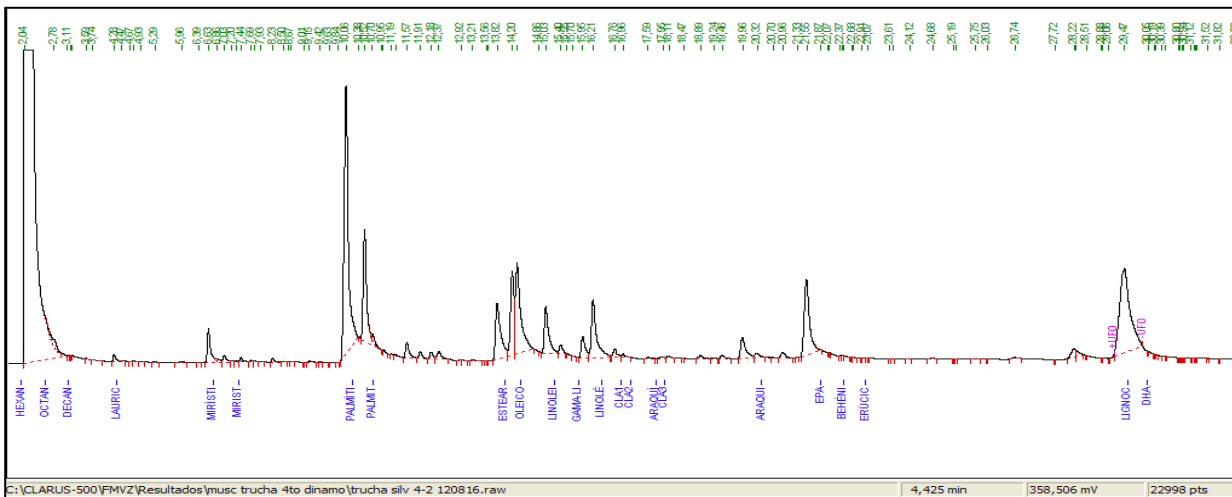


Figura 34. Cromatograma de la cuarta muestra de trucha silvestre del 4to Dinamo.

Para esta muestra se encuentran picos donde los más relevantes son: el palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, AL, un pico corto que se identifica como gama-linolénico, ALN, AA y pico resaltable que pertenece a EPA y finalmente DHA. Véase Figura 34.

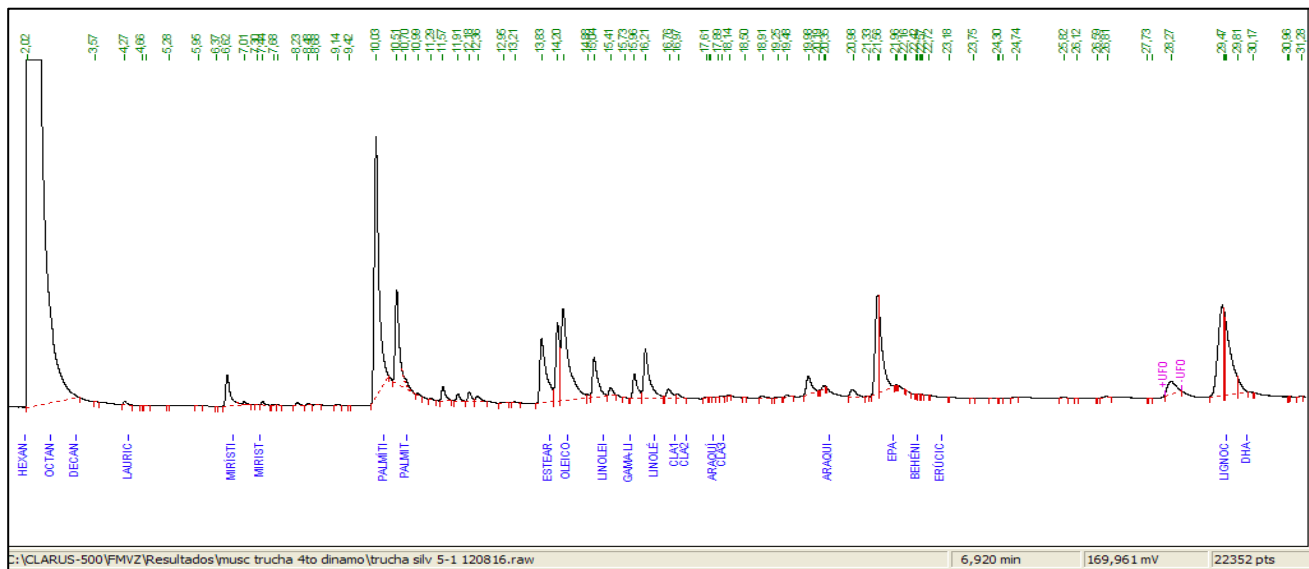


Figura 35. Cromatograma de quinta muestra de trucha silvestre de cuarto Dinamo.

Se presentan en esta Figura 35, los picos sobresalientes corresponden a palmítico, palmitoleico, Oleico, AL, se presenta nuevamente el gama-linolénico, ALN, el pico que identifica a EPA es más notable y finalmente DHA.

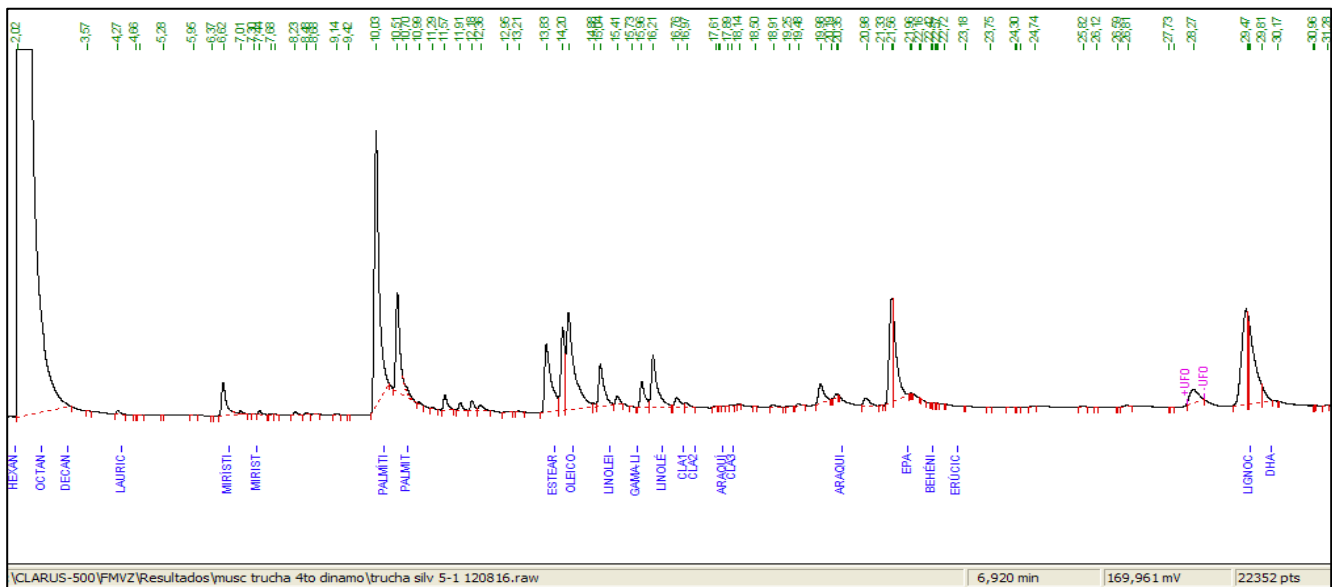


Figura 36. Cromatograma correspondiente a sexta muestra de trucha silvestre de cuarto Dinamo.

Los picos más notables en la Figura 36 son el ácido palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, AL, un pico que representa al gama-linolénico, ALN y un sobresaliente EPA y DHA.

Cromatograma de lípidos de tilapia de criadero

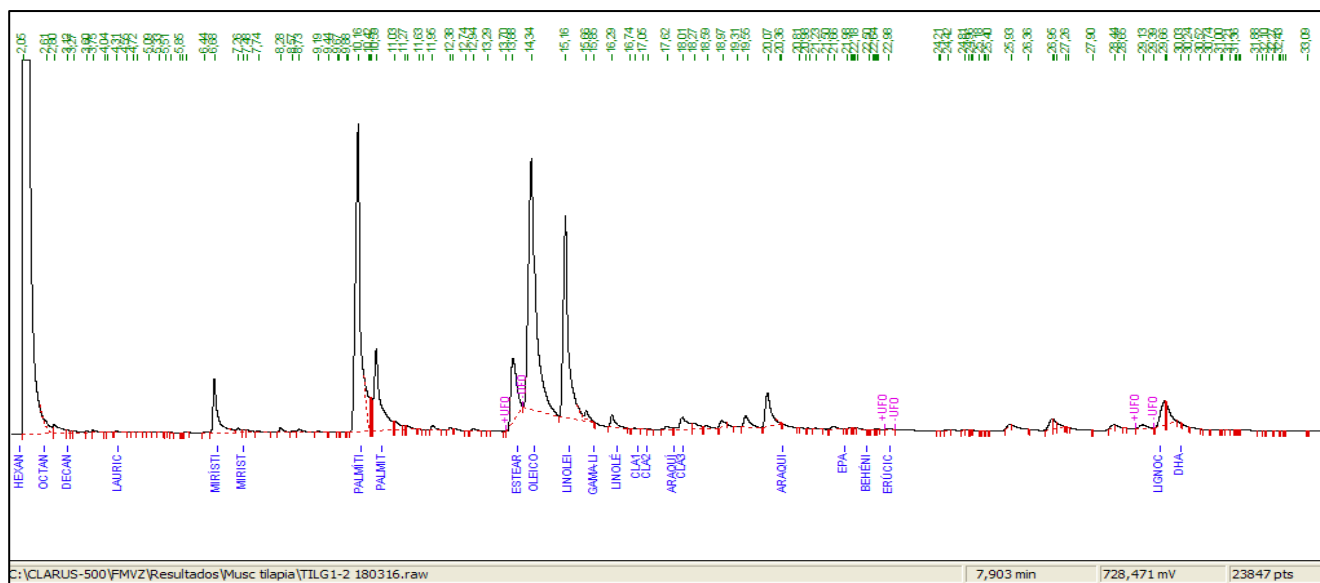


Figura 37. Cromatograma de primera muestra correspondiente a Tilapia de Guerrero.

Los picos más resaltables en la Figura 37 son identificados como mirístico, palmítico, palmitoleico, esteárico y se observa seguido otro pico alto que pertenece a oleico, AL un pequeño ALN, seguido de unos picos cortos correspondientes a AA y DHA.

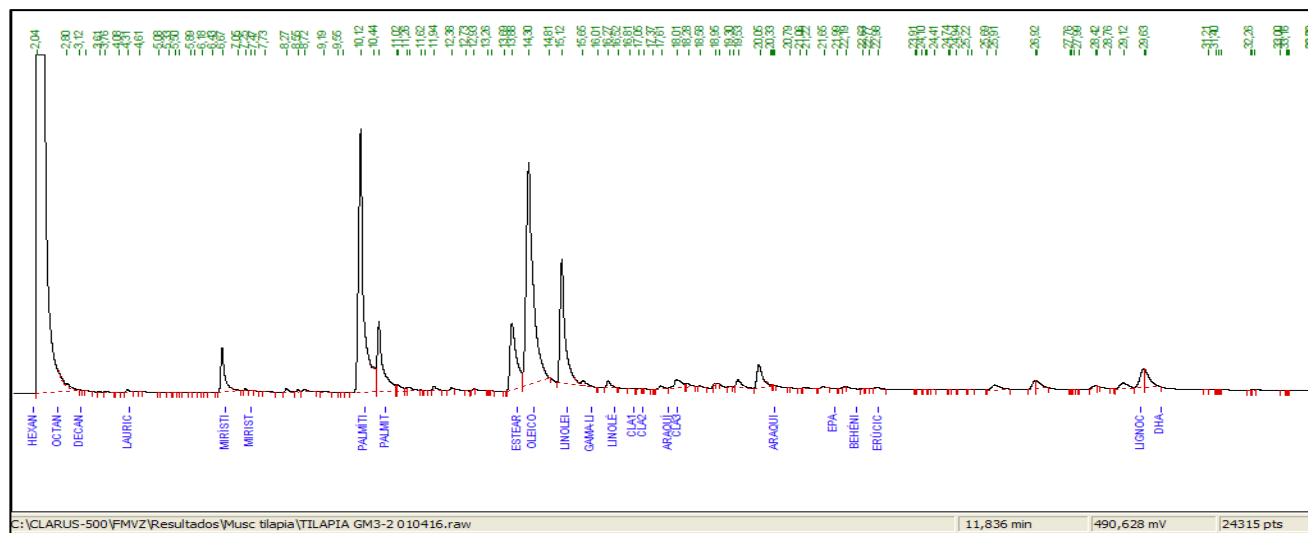


Figura 38. Cromatograma de tercera muestra perteneciente a Tilapia de Guerrero.

Para esta muestra en la Figura 38, los picos más notorios son el palmítico, palmitoleico, esteárico, un pico muy notorio que corresponde al oleico, AL, y finalmente los picos más cortos que corresponden al AA y DHA.

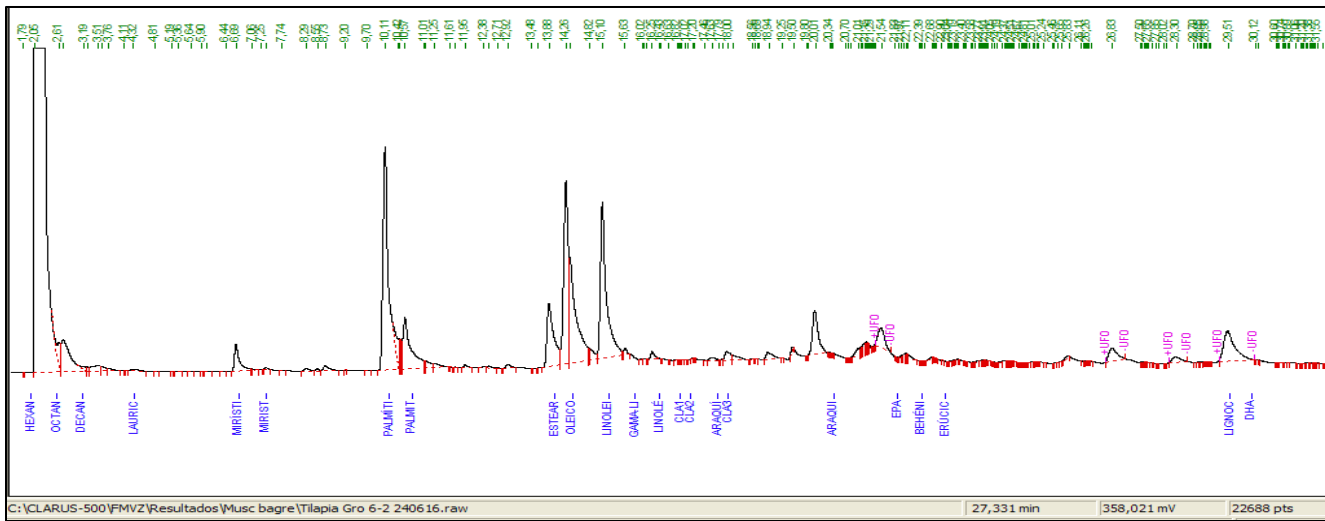


Figura 39. Cromatograma de sexta muestra de tilapia.

En esta Figura 39 se muestran picos muy resaltables para palmítico, palmitoleico, esteárico, y los siguientes picos son más resaltables y se identifican como oleico, AL, un pico corto para ALN, AA, EPA y DHA.

Cromatogramas de lípidos de tilapia silvestre

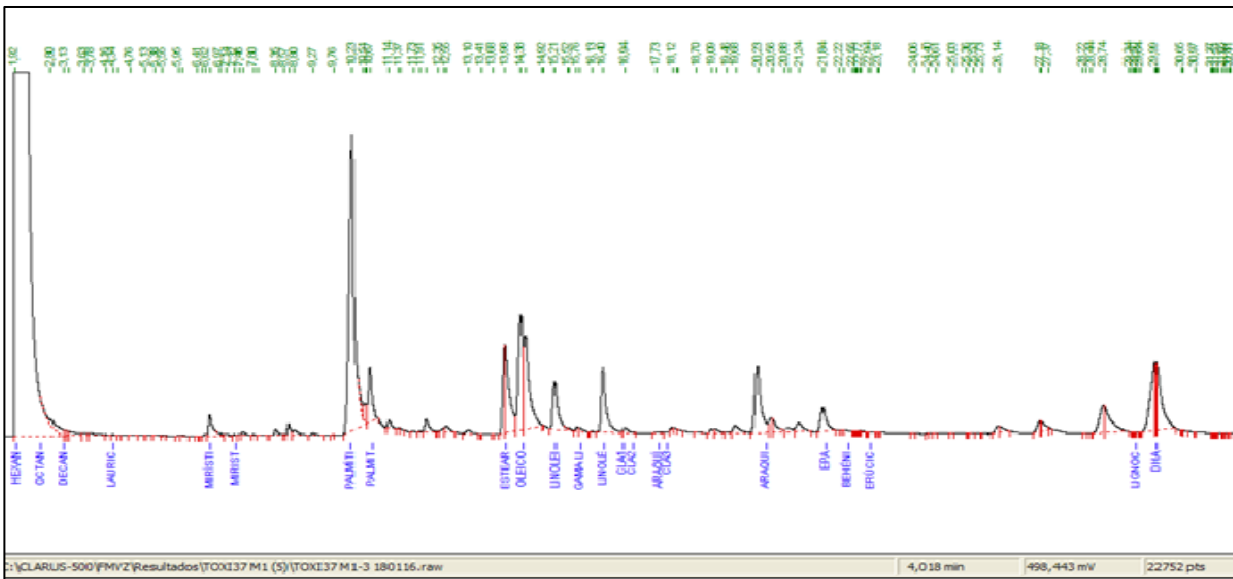


Figura 40. Cromatograma de primera muestra de tilapia silvestre (Guanajuato).

Los picos más resaltables en la Figura 40 son el palmítico, palmitoleico, para los ácidos grasos de 18 carbonos se observan picos de altura media que son esteárico, oleico, AL y ALN; también se encuentran picos para AA, EPA y DHA.

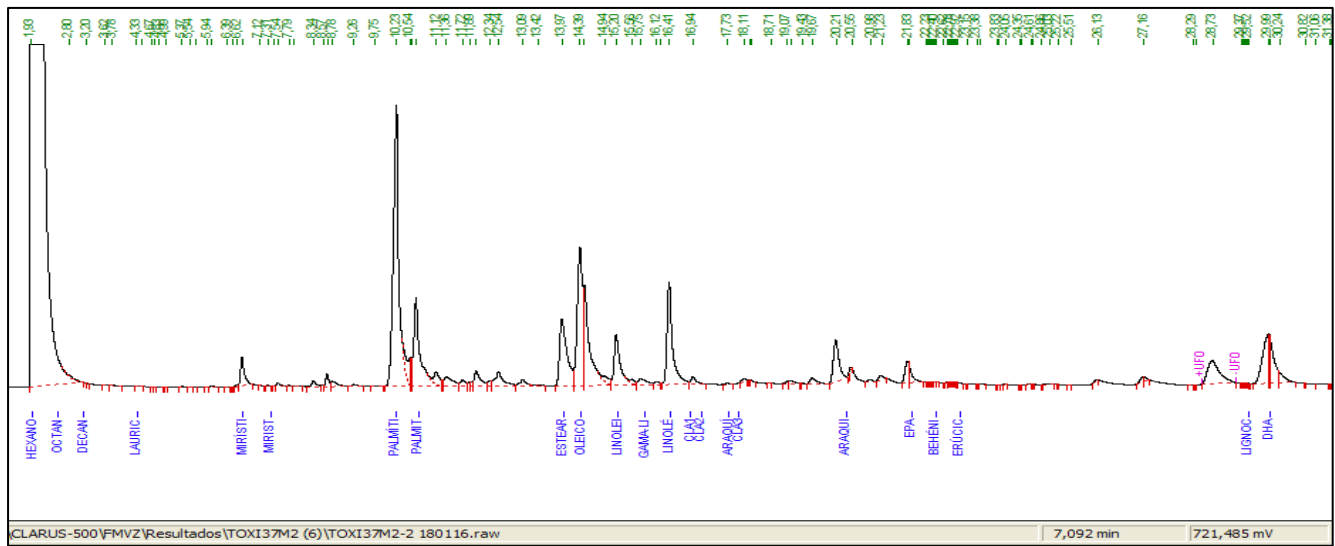


Figura 41. Cromatograma de segunda muestra de tilapia silvestre (Guanajuato).

Los picos más resaltables en la Figura 41 son palmítico como el más alto, los siguientes se identifican como palmitoleico, esteárico, oleico, AL ALN de altura media y AA, EPA, DHA como picos cortos.

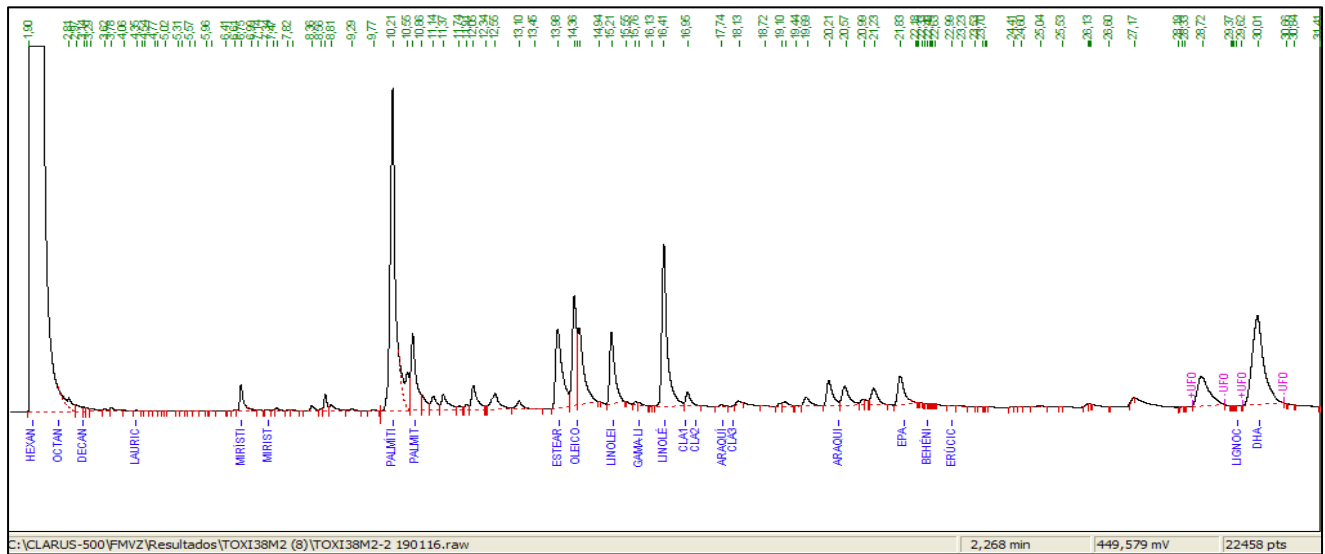


Figura 42 Cromatograma de cuarta muestra de tilapia silvestre (Guanajuato)

En la Figura 42 se presentan como los picos más altos palmítico, ALN, los picos medianos son palmitoleico, esteárico, oleico, AL y DHA; los picos más cortos son mirístico, AA y EPA.

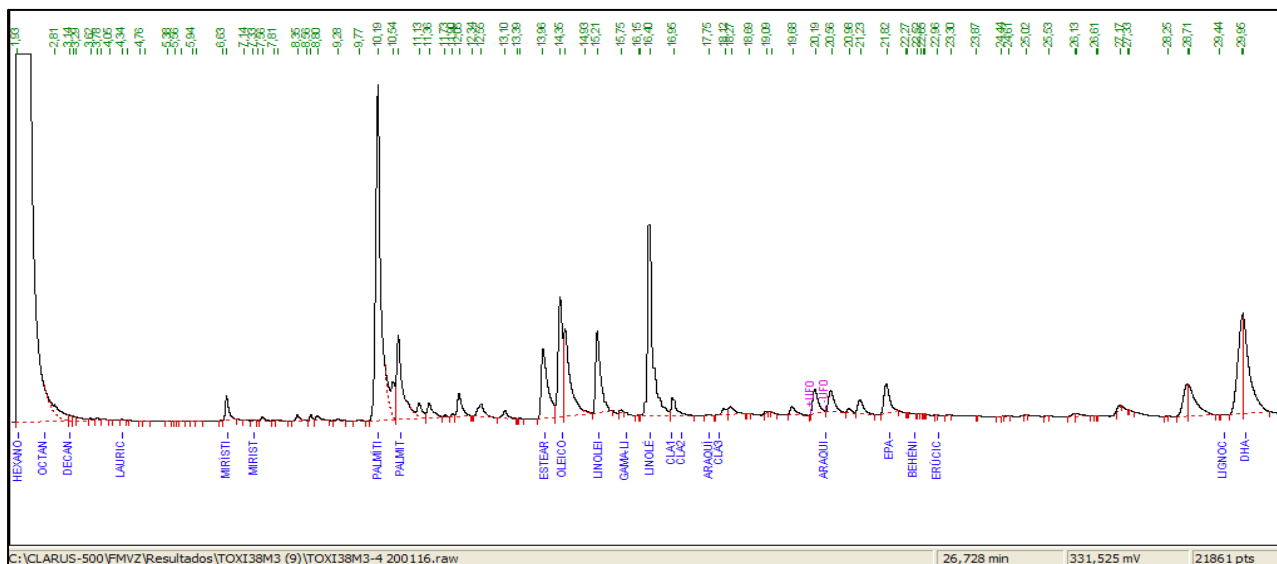


Figura 43. Cromatograma de quinta muestra de tilapia silvestre procedente del estado de Guanajuato.

En la figura 43 se observan los picos para el palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, AL y un pico notable para ALN y picos cortos para AA y EPA mientras que el final muestra a el pico de DHA de mediana altura.

Cromatogramas de Bagres confinados.

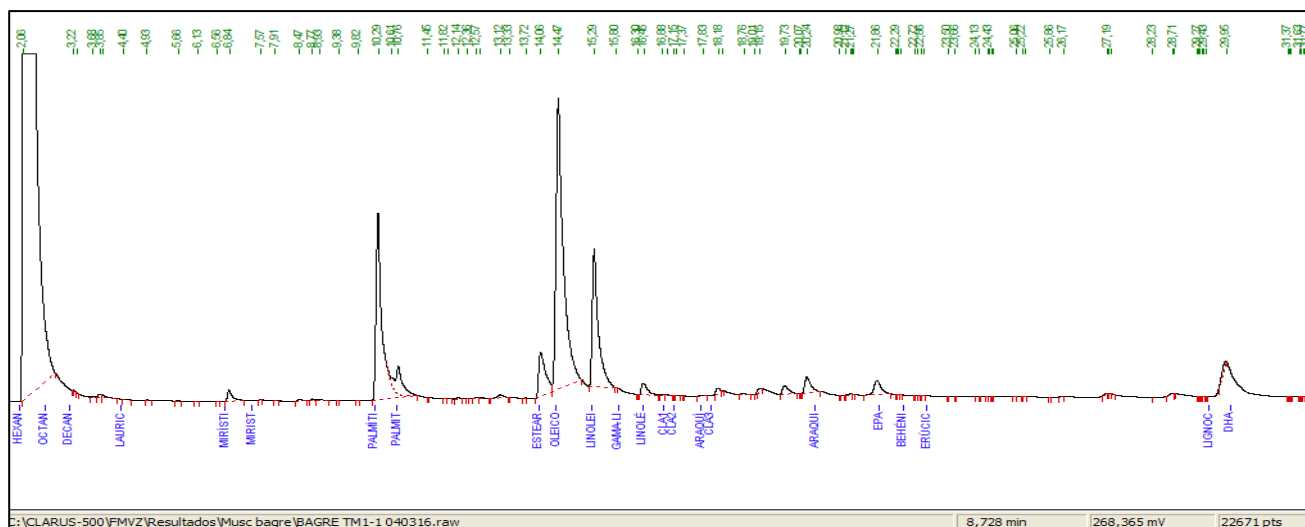


Figura 44. Cromatograma de primera muestra de bagre confinado precedente de Tamaulipas.

Este Figura 44 los picos más notables corresponden a palmítico, AL y oleico como el pico mayor; como picos de altura media son palmitoleico, esteárico y DHA, y picos muy cortos son mirístico, ALN, AA y EPA.

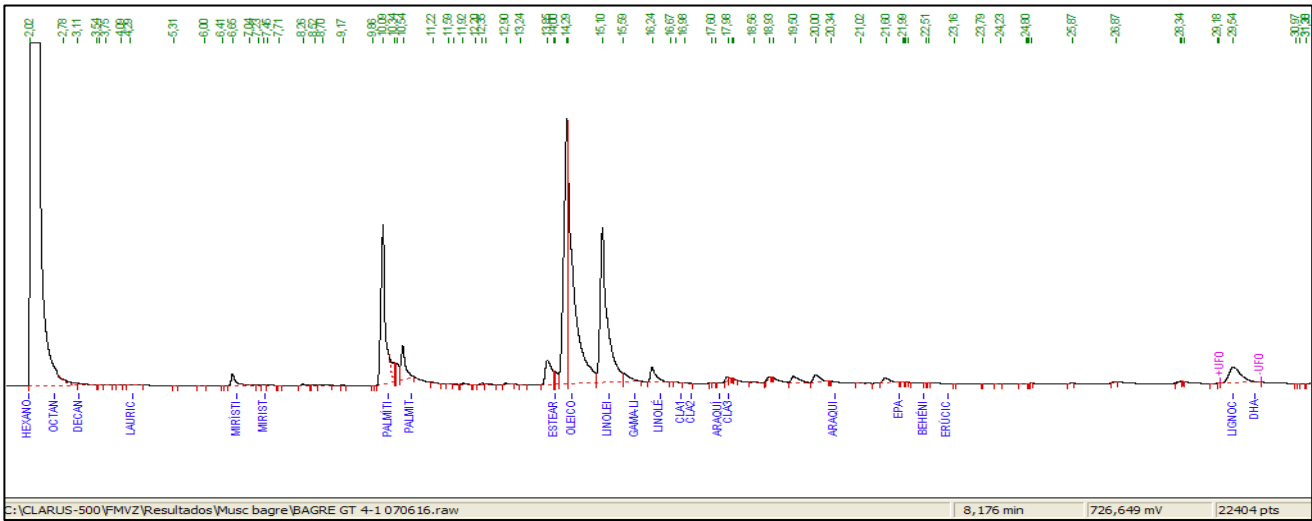


Figura 45. Cromatograma de cuarta muestra de Bagre confinado procedente de Tamaulipas.

En este cromatograma se observa que solo hay tres ácidos grasos con picos altos y corresponden a palmítico, AL y oleico que es el mayor mientras que mirístico, palmitoleico, esteárico, ALN, AA, EPA y DHA son picos cortos, véase Figura 45.

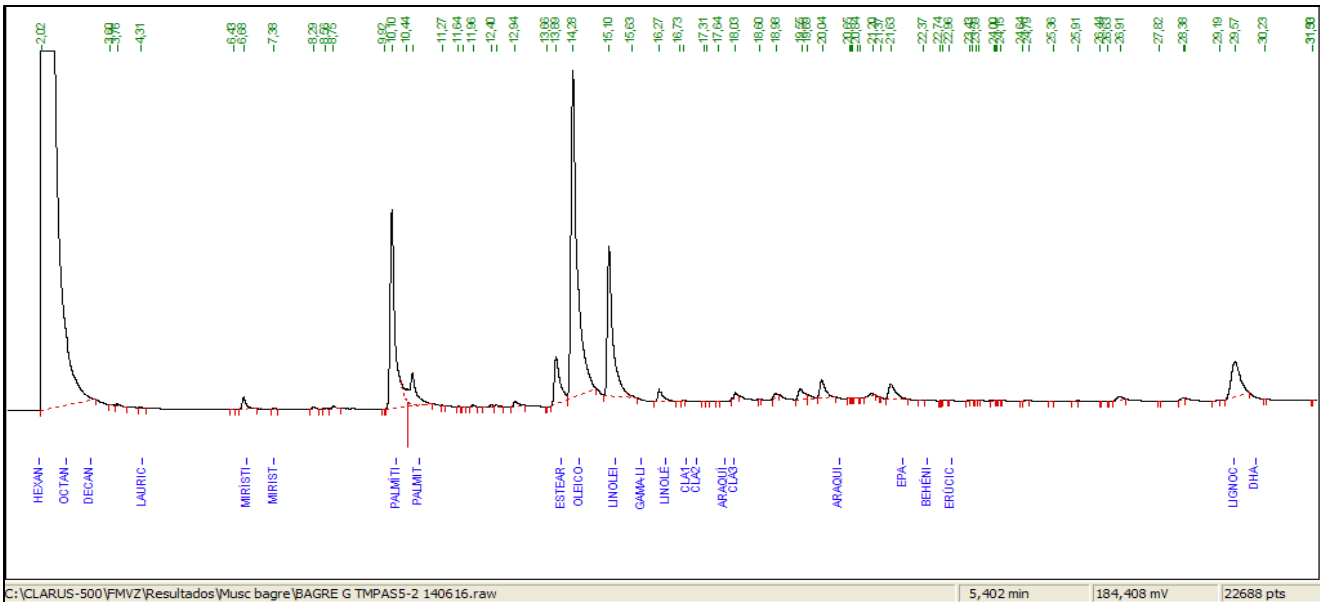


Figura 46. Cromatograma de quinta muestra de Bagre confinado procedente de Tamaulipas.

En la Figura 46, el pico más sobresaliente es el ácido oleico, seguido del ácido palmítico y AL; los picos más cortos corresponden a mirístico, palmitoleico, ALN, AA, EPA y finalmente DHA.

Cromatogramas de Bagre silvestre.

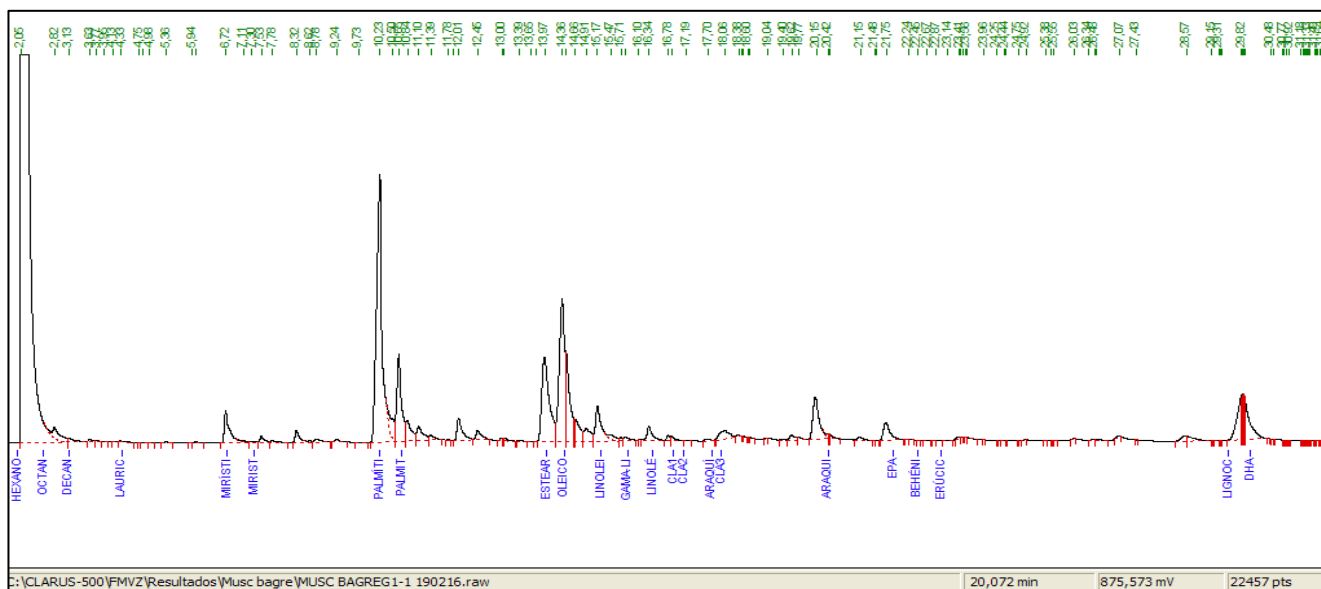


Figura 47. Cromatograma de primera muestra de Bagre silvestre proveniente del Edo. De Guerrero.

En la Figura 47 se observan como los picos más abundantes a palmítico, oleico, palmitoleico y esteárico; los picos cortos se identifican a mirístico, AL, ALN, AA, EPA y finalmente a DHA.

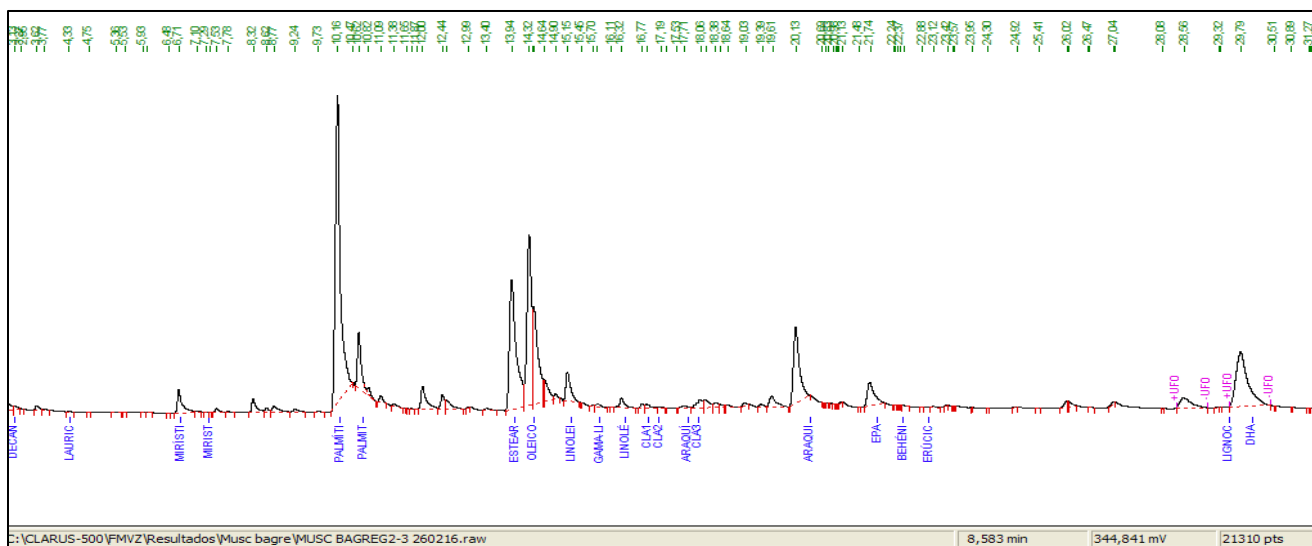


Figura 48. Cromatograma segunda muestra de Bagre silvestre procedente del Edo. De Guerrero.

En este cromatograma se observa que el ácido palmítico es el pico más alto y los picos medianos se identifican como palmitoleico, esteárico, oleico y AA además de picos cortos que son mirístico, AL, ALN, EPA y DHA. Véase Figura 48.

Cromatograma de Alimento trucha

