



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

DETECCIÓN DE ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS DE LA CLASE

OMEGA EN DESECHO DE HUESOS DE TRUCHA ARCOIRIS

(Oncorhynchus mykiss)

TESIS

Que presenta:

CARLOS QUINTANAL GARFIAS

Para obtener el Título de:

QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO

DIRECTORA: MTRA. MA. ISABEL GARDUÑO POZADAS

ASESOR: QFB VÍCTOR HUGO BECERRA LÓPEZ

MÉXICO, CD. MX.

2017





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

“La realidad es que los éxitos se los llevan los fuertes y el fracaso los débiles, y eso es todo”. Oscar Wilde 1854-1900. Dramaturgo y novelista irlandés.

Este espacio esta dedicado a cada una de esas personas que de manera directa o indirecta, sin importar el tiempo que he estado con ellas, han contribuido al esfuerzo y sobre todo a este logro obtenido, porque este logro es tanto mío como de ustedes y hoy no sería la persona que soy sin cada uno de ustedes.

El orden de aparición no representa una importancia en específico.

A mis padres Linda Garfias Ramírez y José Carlos Quintanal Carmona, porque ustedes son el más grande ejemplo que una persona exitosa tomaría y que sin duda he tenido, gracias por todo el apoyo, consejos y sabiduría que me aportaron a lo largo del camino y que sepan de la gran admiración y respeto que siento por ustedes dos pero sobre todo gracias por brindarme la confianza de realizar este logro y por haber creído en mi porque este logro es compartido, gracias.

A mi abuelo Juan Garfias Salas porque fuiste un segundo padre en mi vida y porque tus consejos y críticas tuvieron el mismo valor incluso algunas veces de mayor jerarquía que el de mis padres. Jamás encontraré la manera de agradecerte la confianza depositada y todo el apoyo que me brindaste en vida y la única manera que encuentro es terminar este logro porque es más de ustedes que mío, en dónde sea que estés, gracias.

A mi novia Mitzi Santa María López porque eres la descripción gráfica de la gran mujer que siempre está al lado de un hombre exitoso y por todo el apoyo y consejos que me has brindado tanto a nivel profesional como a nivel personal, porque has sido también un gran ejemplo de superación y de éxito y porque cada uno de esos consejos que me has brindado me han hecho un mejor hombre. Que este logro nos siga por mucho tiempo y que sea uno de tantos, gracias.

A mi hermana Denis Quintanal Garfias porque después de haber servido de ejemplo para ti, ahora tú te convertiste en una motivación y ejemplo para superarme y concluir esta etapa de mi vida académica y por cada uno de tus consejos y apoyos morales que me han fortalecido como persona, gracias.

A mis tutores Isabel Garduño Pozadas y Víctor Hugo Becerra López, porque no sólo han sido unos grandes partícipes en el proyecto de mi vida académica, sino que también me demostraron las grandes personas que son debajo de la bata y que puedo contar con ustedes en cualquier circunstancia de mi vida, gracias por darme la oportunidad y el honor de concluir esta etapa de mi vida académica al lado de ustedes.

A los señores Victoria Posadas Benítez, Leonardo Crescencio Garduño y Héctor Garduño Posadas por haberme brindado toda la hospitalidad y facilidad de trabajar mi proyecto sobre sus instalaciones, así como la vasta experiencia que tienen de la vida y que sin molestia alguna me la transmitieron en forma de consejos y anécdotas.

A mis tíos Pilar Garfias Ramírez, Estanislao Malagón Díaz y a toda la familia Malagón Garfias porque ustedes me demostraron que uno puede tener más de una familia y que puedo contar con ustedes en las buenas y en las malas pero sobre todo gracias por siempre haber creído en mí como si fuera un hijo y hermano más.

A mis tíos Gabriela González Pedrosa y Juan Carlos Garfias Ramírez, por todo el apoyo que me brindaron y con el cual al día de hoy cuento, gracias por las motivaciones y los consejos que me han dado en toda la vida.

A mis sinodales, por haberse tomado el tiempo y la dedicación de ser partícipes de este proyecto de mi vida y por los consejos que he obtenido de cada uno de ustedes.

Al Maestro Jorge Rivas Montes porque su gran sabiduría y conocimiento fue un ejemplo para mi y toda una institución como la U.N.A.M y la F.E.S. Zaragoza.

A mis amigos Francisco Peredo Gómez, Cristian Peredo Montiel, Saul Hernández Salas, Omar Ayón Ojeda, Alexis Santacruz Mendoza, Jennifer Hernández Salas, Marcelo Valera y Bernardo Ortiz porque cada uno de ustedes creyó en mi y estuvo en momentos buenos y malos de mi vida y por todo ese apoyo que me han brindado y que les agradezco sinceramente.

A mi maestra Marina Ayón Ayala porque fuiste partícipe de mi formación escolar y por tomarte cada tarde de tus días para ayudarme en mi superación académica.

A todos los maestros que he tenido en toda mi trayectoria académica y que dejaron en mi una parte de su esencia y que se que esta no se perderá, así como también las buenas experiencias.

Por último pero no menos importante a la Universidad Nacional Autónoma de México, la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y la Escuela Nacional Preparatoria No. 2 Erasmo Castellanos Quinto por darme la oportunidad de pertenecer a un grupo élite de estudiantes que albergan a lo mejor del país y de Iberoamérica, por ser un referendo de orgullo, pasión y amor por el aprendizaje, porque nunca estaré lo suficientemente agradecido por pertenecer a estas grandes instituciones.

CONTENIDO

Introducción	1
Marco Teórico	3
1. Ácidos Grasos.....	3
1.1 Ácidos Grasos Poliinsaturados de la serie $\Omega 3$ y $\Omega 6$	5
1.2 Solubilidad.....	6
2. Biosíntesis de Ácidos Grasos Poliinsaturado.....	7
2.1 Metabolismo aerobio.....	7
2.2 Vía Anaerobia.....	8
3. Fuentes de Obtención de Ácidos Grasos Poliinsaturados.....	8
3.1 Peces.....	8
3.2 Vegetales y aceites.....	9
3.3 Carnes y productos cárnicos.....	10
4. Efectos benéficos de los Ácidos Grasos $\Omega 3$	11
4.1 Durante la Gestación.....	11
4.2 Durante el Crecimiento.....	11
4.3 En el sistema cardiovascular.....	11
4.4 En el Sistema Nervioso.....	12
4.5 Otras enfermedades en la que recientemente se ha descubierto que los Ácidos Grasos tienen efecto.....	13
5. Trucha Arco iris.....	13
5.1 Anatomía.....	14
5.2 Hábitat.....	14
5.3 Parámetros de cultivo.....	14
5.4 Alimentación.....	16
5.5 Reproducción.....	16
5.6 Comercialización.....	17
5.6.1 Características del mercado.....	17
6.0 Extracciones sólido-líquido.....	18

6.1 Componentes de un sistema de Lixiviación.....	18
6.2 Métodos de extracción sólido-líquido.....	19
6.3 Equipos empleados en las extracciones sólido-líquido.....	20
7.0 Cromatografía.....	21
7.1 Clasificación de cromatografía.....	21
7.2 Cromatografía en capa fina.....	21
7.2.1 Tipos de cromatografía en capa fina.....	22
7.3 Polaridad.....	23
7.4 Reveladores de placa.....	23
7.5 Concepto de la constante R.....	24
Planteamiento del Problema.....	26
Objetivos Generales.....	26
Objetivos Particulares.....	26
Hipótesis.....	27
Metodología.....	27
Resultados.....	33
Análisis de Resultados.....	46
Conclusiones.....	48
Lista de Referencias.....	49
Anexos.....	51

Introducción

Uno de los problemas que enfrenta la actual sociedad es la gran acumulación de desperdicios orgánicos e inorgánicos que se generan a diario.

La mayoría de los desperdicios inorgánicos encuentran un futuro en el reciclaje, haciendo que la generación de basura se reduzca de manera significativa, esto se debe al tiempo que tardan en degradarse la mayoría de estos residuos ya que unos pueden tardar un par de años y otros pueden tardar hasta miles de años en desintegrarse. Por otro lado, pese a que los residuos orgánicos tienen un tiempo de degradación muy corto, son el desperdicio que más se genera y cuesta más trabajo de volver a encontrar un nuevo uso o de reciclarlos. Estos hechos han provocado que se piensen y replanteen maneras en las que los desechos orgánicos puedan ser procesados y de esta manera ser reutilizados en diferentes sectores.

Estas propuestas no son cosa nueva, ya que algunos desperdicios orgánicos son utilizados para servir como nutrientes a cultivos (compostas), como alimentos para otras especies y en nuevos estudios, como una fuente de energía. Sin embargo, son muchas las áreas en las cuales se han buscado la utilidad pero no en todas se obtienen resultados.

De allí la importancia de realizar estudios en la utilización de desperdicio orgánico, ya que se genera mucho y el cual puede, en un futuro, encaminarse hacia otras áreas de interés a partir de materia prima “gratuita” y con posibles bajos costos de procesamiento¹.

Uno de los tantos desechos orgánicos que se genera actualmente en el país, específicamente en zonas donde se tienen las condiciones ambientales adecuadas para llevar a cabo una granja piscícola, es el hueso de pescado. En el Estado de México se encuentra gran parte de las granjas piscícolas las cuales se dedican a la crianza de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y en las cuales se generan grandes cantidades de desperdicio orgánico como las vísceras del pescado y los huesos de este (Imagen I).

Las vísceras son un desecho que fácilmente se le encuentra un nuevo uso, sea como alimento (de forma directa o en procesamiento para generar harinas) o como fuente de extracción de aceite de pescado por la alta concentración que contienen sus órganos. Sin embargo no es el mismo caso para los huesos de pescado. Los huesos raramente se utilizan como alimento para otros animales (perros y gatos) pero fuera de ese contexto no se utilizan con otro fin².

Diversos estudios han confirmado la existencia de diferentes aceites dentro de la estructura de los huesos de la trucha, siendo los de mayor relevancia los de tipo Omega. Los estudios han arrojado datos del tipo de aceite que se encuentra en los huesos de pescado, sin embargo, la mayoría no habla de que cantidad se obtiene, ya que esta varía del tipo de especie de pez así como de las condiciones

de crianza y también dependiendo del tipo de estudio que se esté realizando, ya que muchos de estos estudios sólo se enfocan en identificar la presencia de aceites, por lo cual sus métodos pueden variar al de uno que se enfoque a la identificación y cantidad a obtener de estos aceites³.

Los aceites de tipo Omega son aceites que se pueden encontrar en alimentos como el pescado, nueces, semillas de mostaza, chía etc. También se encuentran de forma procesada en suplementos alimenticios o en formas farmacéuticas como cápsulas de gelatina blanda. Son aceites con un gran aporte a la salud, siendo el más conocido el Omega 3.

Una dieta en la cual se incluyan alimentos con contenido rico en Omega 3 es una dieta balanceada, ya que su aporte energético es el necesario sin dañar nuestra salud, además de los grandes beneficios que estos aportan a esta.

Algunos de los beneficios que el Omega 3 puede aportar a nuestra salud son la disminución de los niveles de triglicéridos y colesterol, la prevención de formación de coágulos en las arterias al impedir la agregación plaquetaria, la disminución de la presión arterial en personas con hipertensión leve entre otros⁴.



Imagen I. Granja piscícola en el poblado Ojo de Agua, en el municipio de Villa Victoria, Estado de México. Autoría Propia

Marco Teórico

1. Ácidos Grasos⁵

Un ácido graso (AG) es una biomolécula de naturaleza lipídica formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal, de diferente longitud o número de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo (son ácidos orgánicos de cadena larga). Cada átomo de carbono se une al siguiente y al precedente por medio de un enlace covalente sencillo o doble.

En general, se puede formular un ácido graso genérico como R-COOH, donde R es la cadena hidrocarbonada que identifica al ácido en particular.

Los ácidos grasos forman parte de los fosfolípidos y glucolípidos, moléculas que constituyen la bicapa lipídica de todas las membranas celulares (Imagen II). En los mamíferos, incluido el ser humano, la mayoría de los ácidos grasos se encuentran en forma de triglicéridos, moléculas donde los extremos carboxílicos (-COOH) de tres ácidos grasos se esterifican con cada uno de los grupos hidroxilos (-OH) del glicerol.

Entre los lípidos se incluyen grasas y aceites ordinarios, ceras y compuestos relacionados que se encuentran en los alimentos y en el cuerpo humano. En su mayor parte (95%) están compuestos por triacilglicéridos (TAG) que contienen una molécula de glicerol y tres ácidos grasos.

Son necesarios para todos los seres vivos, pues no sólo fungen como fuente de energía, sino que a demás juegan un papel muy importante en el crecimiento, desarrollo y reproducción de los seres vivos. Los ácidos grasos constituyen principalmente la membrana celular, por lo que su deficiencia se puede traducir en un mal funcionamiento de la célula y posteriormente la muerte de ella.

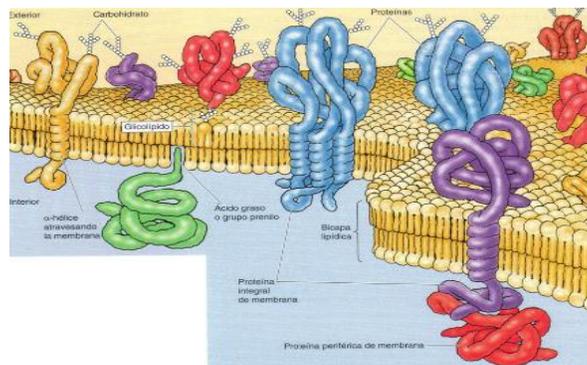


Imagen II. Interacción de ácidos grasos y colesterol con la bicapa de fosfolípidos de las membranas celulares²⁵.

Los AG se pueden clasificar en dos tipos:

Por la longitud de su cadena pueden ser clasificados en:

- a) Corta con 46 carbonos
- b) Media de 8-12 carbonos
- c) Larga de 14-18 carbonos
- d) Muy larga de 20 o más carbonos

Por su grado de saturación se dividen en:

- a) Saturados
- b) Insaturados (monoinsaturados y poliinsaturados): Los AG que contienen dos o más dobles enlaces en su estructura se les llama ácidos grasos poliinsaturados (AGPI).

De acuerdo a la posición del primer doble enlace de la cadena, denominado Omega (Ω), contando a partir del extremo metilo (Figura I), existen tres familias de Ácidos Grasos Polisaturados (AGP) $\Omega 3$, $\Omega 6$ y $\Omega 9$. Algunos AG se clasifican como “ácidos grasos esenciales” porque no pueden ser sintetizados por el cuerpo humano y además son necesarios para funciones vitales, éstos son los de las familias Ω -6 y Ω -3, conocidos comúnmente como omega 6 y omega 3. (Figura II)

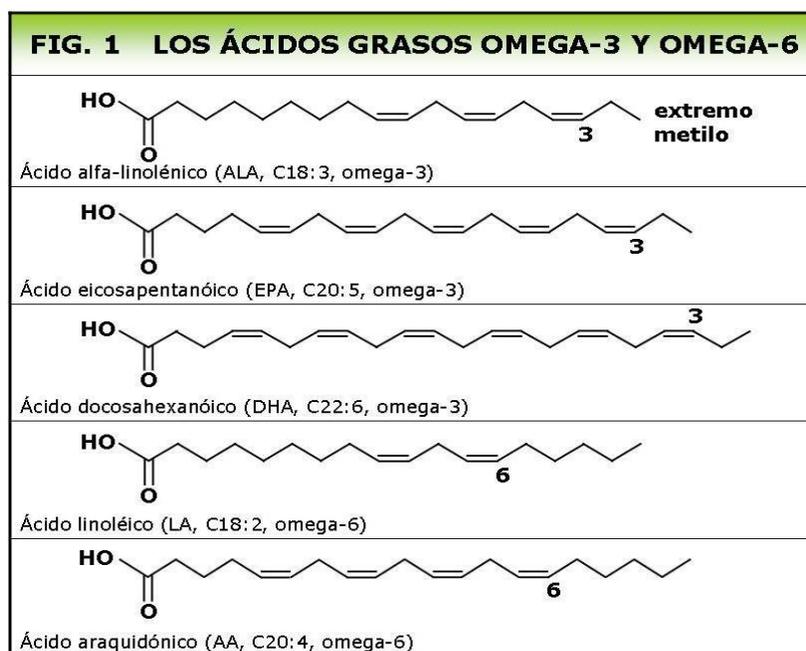


Figura I. Muestra la estructura, así como la posición del primer doble enlace para la familia Omega 3 y 6.⁴

El ácido linoleico (C18:2Ω6) y el ácido α-linolénico (ALA) (C18:3Ω3) son los ácidos grasos que dan origen a las dos familias Ω6 y Ω3 respectivamente⁶.

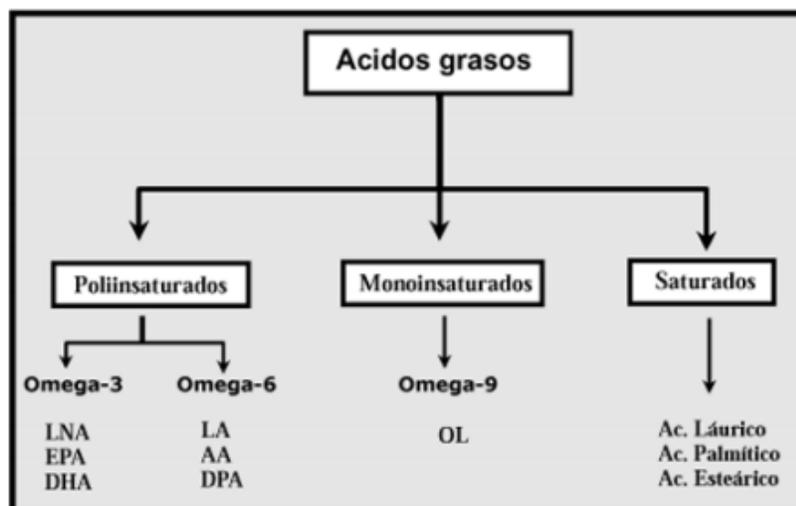


Figura II. Distribución de las familias de los ácidos grasos según su grado de saturación⁵.

1.1 Ácidos Grasos Poliinsaturados de la serie Ω3 y Ω6⁶

El ácido eicosapentaenóico (C20:5Ω3 EPA) es un AGPI de cadena larga perteneciente a la serie Ω3 el cual, particularmente, ha sido objeto de diversas investigaciones debido a sus efectos beneficiosos observados en lípidos plasmáticos de personas con cardiomiopatías coronarias, en el cáncer y la artritis reumatoide. Desde el punto de vista fisiológico, una de las funciones más importantes de los AGPI, es la de ser precursores de los eicosanoides (compuestos orgánicos de cadena de veinte átomos de carbono).

Cabe mencionar que las propiedades fisiológicas de los AGPI de la serie Ω3 son diferentes a los de la serie Ω6. Mientras que los ácidos γ-linoléico (GLA) y araquidónico (AA), ambos de la familia Ω6 y que se muestran en la Figura III, son oxidados por la ciclooxigenasa para dar lugar a las prostaglandinas, los AGPI de la familia Ω3 presentan efectos beneficiosos para los trastornos inflamatorios. Por lo tanto, el balance en la ingestión de ácidos grasos Ω3 y Ω6 determinará el tipo y cantidad eicosanoides en el organismo.

NOMENCLATURA DE LOS ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES

Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura	Fórmula
<i>Familia -6:</i>			
Linoleico	Cis-9,12, -octadecadienoico (LA)	18:2 -6	$C_{18}H_{32}O_2$
- linolénico	Cis-6,9,12 -octadecatrienoico	18:3 -6	$C_{18}H_{30}O_2$
Dihomoglinolénico	Cis-8,11,14 -eicosatrienoico	20:3 -6	$C_{20}H_{34}O_2$
Araquidónico (AA)	Cis-5,8,11,14-eicosatetraenoico	20:4 -6	$C_{20}H_{32}O_2$
Adrénico	Cis-7,10,13,16-docosatetraenoico	22:4 -6	$C_{22}H_{36}O_2$
Osmond	Cis-4,7,10,13,16-docosapentaenoico	22:5 -6	$C_{22}H_{34}O_2$
<i>Familia -3:</i>			
-linolénico	Cis-9,12,15-octadecatrienoico (ALA)	18:3 -3	$C_{18}H_{30}O_2$
Estearidónico	Cis-6,9,12,15-octadecatetraenoico	18:4 -3	$C_{18}H_{28}O_2$
Timnodónico	Cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoico (EPA)	20:5 -3	$C_{20}H_{30}O_2$
Clupanodónico	Cis-7,10,13,16,19-docosapentaenoico (DPA)	22:5 -3	$C_{22}H_{34}O_2$
Cervónico	Cis-4,7,10,13,16,19-docosaheptaenoico (DHA)	22:6 -3	$C_{22}H_{32}O_2$

Figura III. Muestra la nomenclatura común, sistemática y su fórmula condensada de algunos AG esenciales de la familia Omega 3 y 6⁴.

1.2 Solubilidad⁷

La cadena hidrocarbonada es apolar y cuanto más larga sea y menos dobles enlaces tenga, menor es su solubilidad en agua. Por su parte, el grupo carboxilo es polar y está ionizado a pH neutro (su valor de pKa está entre 4 y 5). Estas dos características hacen que los ácidos grasos sean moléculas anfipáticas que pueden formar micelas en el medio acuoso.

Los ácidos grasos insaturados tienen una relativa mayor solubilidad que los ácidos grasos saturados. Con respecto a su solubilidad, los solventes polares disuelven a compuestos polares y los solventes no polares disuelven a los compuestos no polares.

Sustancia	Solvente	Solubilidad
Ácidos Grasos	Cloroformo	Muy soluble
	Etanol	Soluble
	Metanol	Muy soluble
	Éter	Poco soluble
	Agua	Insoluble

Tabla I. Solubilidad que presentan la mayoría de los ácidos grasos frente algunos de los solventes de mayor uso. Autoría propia.

2. Biosíntesis de Ácidos Grasos Poliinsaturados⁸

La información con la que se cuenta actualmente, señala que existen dos mecanismos para la biosíntesis de los AGPI, uno aeróbico que ocurre en animales y algunos microorganismos eucarióticos y otro anaeróbico que ocurre en bacterias y algunos eucarióticos. Sin embargo, no muchos animales biosintetizan los ácidos grasos poliinsaturados por lo que estos deben ser obtenidos de alguna otra fuente de alimento.

2.1 Metabolismo Aerobio⁸

El ácido Docosaheptaenoico (C22:6 Ω 3 DHA), es un componente importante en la leche materna el cual contribuye al desarrollo normal del cerebro y el sistema nervioso de los recién nacidos, se sintetiza en el retículo endoplásmico utilizando como precursores a los AGPI mediante el mecanismo aeróbico. La biosíntesis involucra desaturación y elongación de la cadena hidrocarbonada, procesos en los cuales interviene el sistema enzimático Δ 6, Δ 5 y Δ 4 desaturasa para poder llegar a la estructura del DHA. Gracias a estas enzimas se ha logrado corroborar el mecanismo de la biosíntesis de los AGPI en los mamíferos y en diferentes microorganismos.

En general, los AGPI se sintetizan comenzando con un ácido graso monoinsaturado, el ácido oleico (C18:1 Ω 9). La elongación de la cadena tiene lugar cuando dos átomos de carbono pasan desde el donador (Acetil CoA a malonil CoA) a la cadena del ácido de graso. En la ruta de los Ω 3, la desaturación produce linoléico y α -linolénico. El primer doble enlace es introducido entre el carbono 12 y 13 del ácido oleico, dando origen al ácido linoléico. El segundo enlace se introduce entre los carbonos 15 y 16 del ácido linoléico formándose así el ácido α -linolénico. Secuencias de elongación y saturación posteriormente dan como resultado el DHA. Este mecanismo ha sido encontrado en la alga roja *Porphyridium yezoensis narawensi* y en *Mortierella alpina* por mencionar algunas.

En el caso de los AGPI Ω 6, la síntesis se basa en dos reacciones que producen ácido araquidónico.

2.2 Metabolismo Anaerobio⁸

El segundo mecanismo de la biosíntesis de AGPI es el denominado PKS, también llamado Paso Anaeróbico de la Poliketido Sintetasa, que incluye un gran número de enzimas. El nombre anaeróbico se utiliza porque la ruta de síntesis no necesita oxígeno molecular, sin embargo esta puede llevarse a cabo en condiciones aeróbicas.

3. Fuentes de Obtención de Ácidos Grasos Poliinsaturados⁹

Los AGPI $\Omega 6$ como el ácido linoléico, se encuentran en diversas semillas (cártamo, girasol, poroto de soya, maíz, ajonjolí, etc.). El GLA está presente en la primula borraja y el AA se puede encontrar en vísceras, carnes animales, huevos y leche. Entre los AGPI $\Omega 3$, el ácido α -linolénico está presente en el aceite de semilla de linaza, chía, rosa mosqueta y en cantidades moderadas de soya, nuez, pepita de calabaza etc.

Diferentes recursos marinos se caracterizan por su alto contenido de AGPI $\Omega 3$. En la actualidad la principal fuente de AGPI $\Omega 3$ son los aceites de pescado de origen marino. La composición y la cantidad dependerán no sólo de la especie, sino también de la estación del año y del lugar geográfico donde se realice la captura. Los organismos marinos obtienen los AGPI $\Omega 3$ desde el fitoplancton, bacterias autotróficas marinas y del zooplancton. El fitoplancton es la principal fuente de alimento de los herbívoros filtradores marinos y el principal aporte de ácidos linoléico y α -linolénico.

3.1 Peces¹⁰

La composición y propiedades nutricionales de la parte comestible del músculo del pescado varían dependiendo de factores como la especie de pescado, el lugar y época de captura, así como del proceso industrial al que se someta.

Aunque el pescado ha sido alimento por siglos, existen desde hace más de dos décadas numerosas publicaciones científicas sobre los efectos benéficos del consumo de pescado en el proceso de enfermedad y alimentación-salud, demostrándose la relación entre su consumo y una buena salud. De los alimentos que actualmente se consumen, los pescados son la mayor fuente de los ácidos grasos de la familia $\Omega 3$, principalmente el ácido eicosapentaenoico y el ácido docosahexaenoico.

Los ácidos grasos que contiene el pescado es producto de la dieta alimenticia que los peces llevan. Los AGP Ω -3 de origen marino se forman en el cloroplasto de las plantas marinas, microalgas que forman parte del fitoplancton o macroalgas, que son consumidas por los peces, los cuales concentran EPA y DHA como triacilglicéridos, principalmente en el tejido adiposo y en la grasa del músculo. El pez los adquiere, formando así, parte fundamental de la estructura de su músculo y el hueso del pescado por lo cual se ha pensado que también los AGPI son parte fundamental en la formación de la estructura de los huesos. Por ende, el pescado en una fuente rica en AGPI principalmente de EPA y DHA presentes en la mayor parte de la carne de este. La diferencia que presenta el pescado, como fuente de lípidos, frente a otros alimentos radica en el olor y sabor característico del pescado, debido también a la presencia de una gran mezcla de otros AGPI, además de otros lípidos.

Desde este punto de vista, los animales marinos se pueden clasificar en cuatro grupos dependiendo de su contenido lipídico:

- magros (<2% grasa) como mariscos, bacalao
- bajos en grasa (2-4%) como mero
- medio grasos (4-8%) como salmón
- altos en grasa (>8%) como sardinas, anchoveta, arenque.

Algunos peces, especialmente aquellos de carne roja u oscura, son muy buenas fuentes de EPA y DHA, pero se requieren grandes cantidades para proporcionar una dosis efectiva de Ω -3.

Los pescados y mariscos son sin duda la fuente más abundante de AG Ω -3, que están contenidos en cantidades significativas en aquellos de aguas frías.

Actualmente, se desconoce el contenido de ácidos grasos presentes en la mayoría de los recursos pesqueros mexicanos, así como su variación dada por factores bióticos y abióticos.

3.2 Vegetales y aceites vegetales¹¹

El consumo de vegetales frescos o congelados per cápita ha aumentado considerablemente desde hace tres décadas. El análisis y evaluación de los lípidos y ácidos grasos vegetales está influenciado por las condiciones de producción, el cultivo, madurez, época, prácticas culturales, procesos, empaque, almacenamiento, procesos analíticos y parte del vegetal analizado.

Las plantas son buenas fuentes de ácidos grasos esenciales. Los árboles de nueces son una de las fuentes más viejas de alimento tanto para los humanos como para los animales. Las nueces son almacenes concentrados de aroma, sabor, grasa y proteína. El contenido de grasa en la mayoría de las nueces es alto, la mayoría contiene más de 50% de grasa y todas son altas en AGP. Pocas especies (nuez-mantequilla, nogal negro, nogal inglés y pecanas) contienen menos del 10% de AG saturados.

Las grasas y aceites vegetales se obtienen generalmente de las semillas o la capa externa de los frutos. El porcentaje de este aceite de reserva varía considerablemente, desde 5% en cereales hasta 68% en el coco. Los AG de los aceites de las semillas varía enormemente. En los vegetales y por lo tanto en los aceites vegetales, factores como el tipo de cultivo, región agrícola y condiciones climáticas tienen una marcada influencia sobre el contenido de ALA. El contenido de éste AG en las plantas varía por época y región.

3.3 Carnes y productos cárnicos¹²

Está bien establecido que la composición de AG en los tejidos de los no rumiantes, especialmente tejido adiposo, tiende a reflejar la composición de su dieta, mientras que la composición de AG de los tejidos de los rumiantes está menos afectada por la composición de los lípidos de la dieta. En los rumiantes la acción microbiana del rumen determina en gran proporción el tipo de AG disponibles para el animal.

Aunque la carne de puerco y otras carnes proporcionan cantidades significativas de muchos nutrimentos valiosos para la dieta humana también son una fuente de grasa y colesterol. Durante los últimos años, los productores de cerdos han reducido la cantidad de grasa en los cerdos, contribuyendo a crear productos de cerdo bajos en grasa. Los resultados de un estudio con relación al contenido de ALA fueron 0,3% en grasa de puerco, 0,4% en grasa de pollo y 0,3% en piel de pollo. Por tanto la producción comercial de carne enriquecida con AG Ω -3 no tendrá éxito hasta que se logren disminuir los procesos de oxidación, los costos y el grado de biohidratación de AG Ω -3 por los rumiantes como vacas y borregos.

4. Efectos benéficos de los Ácidos Grasos Ω 3¹³

En la actualidad, se han llevado a cabo diversos estudios sobre los beneficios que los ácidos grasos Omega-3 tienen para la salud y se ha demostrado que tienen funciones benéficas y significativas para los siguientes padecimientos.

4.1 Durante la Gestación¹³

Los AG Ω -3 son componentes estructurales del cerebro y de la retina durante el desarrollo del feto. Se ha estimado que aproximadamente 600 mg de los AG son transferidos de la madre al feto durante una gestación a término, en una madre sana. La dieta de la madre antes de la concepción es de gran importancia, ya que determina en parte el tipo de grasas que se acumularán en los tejidos del feto. La placenta transporta selectivamente AA y DHA de la madre al feto. Esto produce un enriquecimiento de estos AG en los lípidos circulantes del feto, lo cual es vital durante el tercer trimestre de gestación, que es cuando el desarrollo del sistema nervioso es mayor. Algunos estudios sugieren que el consumo de pescado y el suplemento con aceite de pescado durante la gestación puede prolongarla, reduce la incidencia de partos prematuros e incrementa el peso al nacimiento. Como en los bebés la capacidad para convertir Ácidos Grasos Esenciales (AGE) a AG poliinsaturados es muy limitada, las madres gestantes deben tratar de ingerir niveles adecuados de Ω -3 para transferirlos a sus bebés.

4.2 Durante el Crecimiento¹³

En niños amamantados o alimentados con fórmulas que contienen DHA se ha observado una mejor agudeza visual y una mejor capacidad para responder a la luz, lo cual está asociado con una mejor habilidad cognitiva para integrar información. Se ha observado en ellos un mejor coeficiente intelectual. Hoy se sabe que los AG Ω -3 son esenciales para un crecimiento y desarrollo normal también juegan un papel muy importante en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades como las que a continuación se señalan.

4.3 En el sistema cardiovascular¹⁴

Los AG Ω -3 tienen efectos antitrombóticos y antiarrítmicos, aumentan el tiempo de sangrado evitando la adherencia de plaquetas en las arterias, previene la aterosclerosis al reducir las concentraciones de colesterol en plasma, son útiles en

pacientes hipertensos, ya que contribuyen a bajar la presión sanguínea y reducen la concentración de triglicéridos en plasma y disminuyen el colesterol total.

4.4 En el Sistema Nervioso¹⁵

Los AG Ω -3 son esenciales para un adecuado desarrollo y funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso. Se concentran en la retina y la corteza cerebral, y tienen la capacidad de corregir problemas visuales y cerebrales en pacientes con deficiencia demostrada. Muchos aspectos de ubicación, ansiedad, habilidad en el aprendizaje, memoria, función retinal se ven favorecidos con el consumo de los AG Ω -3.

Son precursores de compuestos hormonales como los prostanoïdes (prostaglandinas y tromboxanos) que facilitan la transmisión de mensajes en el sistema nervioso central.

Cuando existen niveles adecuados de DHA en el cerebro se mejora la actividad cerebral.

Dos terceras partes de los ácidos grasos de las membranas de los fotorreceptores de la retina son Ω -3, principalmente DHA.

Otra relación entre el DHA y la función cerebral ha sido hallada en el patrón de organización del sueño en los niños. Un bajo consumo de DHA resulta en menos ondas lentas de sueño, que sirven como un indicador de la maduración y desarrollo del SNC y del cerebro¹³.

Los Ω -3 están relacionados con problemas de depresión y violencia. Se ha demostrado que el DHA dietario tiene efectos protectores contra un aumento en la hostilidad en estudiantes bajo condiciones de estrés.

Bajas concentraciones de DHA son un indicador útil para predecir mayores problemas de conducta en niños a quienes se les ha diagnosticado el síndrome de déficit de atención con hiperactividad (TDAH). Estos problemas pueden ser un reflejo en parte de los problemas en la neurotransmisión serotoninérgica¹⁴.

4.5 Otras enfermedades en la que recientemente se ha descubierto que los Ácidos Grasos tienen efecto

Diabetes tipo 2, cáncer, colitis ulcerativa, enfermedad de Crohn, obstrucción pulmonar crónica, enfermedades renales, psoriasis, artritis reumatoide son algunas de las enfermedades en las que recientemente se han hecho investigaciones sobre la interacción entre estas y el efecto de los AGP sobre ellas, debido a que son recientes, no se cuenta con mucha información establecida¹⁵.

5. Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)¹⁶

La trucha arcoíris es una especie íctica perteneciente a la familia *Salmonidae*, originaria de las costas del Pacífico de América del Norte (Imagen III), ya que debido a su fácil adaptación al cautiverio, su crianza ha sido ampliamente difundida casi en todo el mundo. Es un ejemplo del crecimiento y desarrollo de la acuicultura en México; de las 7,963 toneladas de trucha de la producción pesquera nacional, participa con el 48.1%, pasando de 97 toneladas producidas en 1983 a 4,698 toneladas en 2008.



Imagen III. Imagen de la morfología de una Trucha Arcoíris y su color característico (*Oncorhynchus mykiss*)¹⁷.

5.1 Anatomía¹⁷

Esta especie se caracteriza por tener el cuerpo cubierto con finas escamas y de forma fusiforme (forma de huso) o de torpedo, la coloración de la trucha varía de acuerdo al ambiente en que vive, edad, estado de maduración sexual y otros factores, generalmente es de color azul verdoso o amarillo verdoso, teniendo la parte ventral blanca y poseen un gran número de máculas negras en la piel, principalmente en la parte dorsal y en las aletas. La denominación de trucha arco iris se debe a la presencia de una franja de colores de diferentes tonalidades, con predominio de una franja rojiza sobre la línea lateral en ambos lados del cuerpo. Su peso promedio está en los 51-76 centímetros de longitud y unos 3,6 kilogramos.

5.2 Hábitat¹⁷

Su hábitat común son ríos, arroyos y lagos de aguas frías y transparentes, siendo un pez resistente y fácil de desovar, de crecimiento rápido, tolerante a una amplia gama de ambientes y manipulaciones. La especie puede soportar amplias gamas de variación de temperatura (0-27 °C). Debido a esto el crecimiento de la actividad trutícola, se ha asociado principalmente a regiones donde las condiciones climáticas y de los ecosistemas contribuyen al desarrollo del sector.

Particularmente en el Estado de México la producción anual promedio ha sido de 1,880 toneladas durante los últimos 12 años, convirtiéndolo en el principal productor nacional de trucha arcoiris con una participación equivalente al 52% de la producción nacional. No cabe duda que su cultivo en el Estado de México se puede considerar un caso de éxito de crecimiento acelerado en un tiempo relativamente corto de acuerdo con las estadísticas.

5.3 Parámetros de cultivo¹⁷

El cuerpo de agua a utilizar, debe poseer características adecuadas en cuanto a su cantidad (caudal) y calidad (factores físico – químicos y biológicos). Las propiedades físicas, como temperatura, pH, oxígeno, transparencia, turbidez, entre otras, pueden estar sometidas a variaciones bruscas por la influencia de factores externos, fundamentalmente a cambios atmosféricos y climáticos. Las propiedades químicas, sin embargo son mucho más estables y sus variaciones son mínimas, salvo casos excepcionales en los que una contaminación pueda producir efectos irreversibles. En la tabla II se muestran algunas propiedades físicas y químicas del agua así como sus parámetros a considerar para la crianza

de la trucha arcoíris. La calidad del agua desde el punto de vista biológico, está condicionada a la ausencia o presencia de organismos vivos en el ecosistema acuático, así como a la mayor o menor presencia de agentes patógenos.

Con respecto al terreno, se debe asegurar una extensión de terreno suficiente, de preferencia de consistencia arcillosa, a fin de evitar filtraciones y pérdidas de agua. El terreno debe estar ubicado cerca al recurso hídrico y tener una pendiente topográfica moderada, entre 2 a 3 %.

Propiedades físicas y químicas del agua para uso de la truiticultura	Rango óptimo
Temperatura del agua	10-16°C
Oxígeno disuelto	6.5-9 ppm
pH	6.5-8.5
Co₂	7 ppm
Alcalinidad	20-200mg/L CaCO ₃
Dureza	60-300mg/L CaCO ₃
NH₃	No mayor a 0.02mg/L
H₂S	Máximo aceptado de 0.002mg/L
Nitratos	No mayor de 100mg/L
Nitritos	No mayor a 0.055mg/L
Nitrógeno amoniacal	No mayor de 0.012mg/L
Sulfatos	Mayor de 45mg/L
Fosfatos	Mayor de 500mg/L
Hierro	Menores de 0.1/L

Tabla II. Propiedades fisicoquímicas que se deben tomar en cuenta para el crecimiento óptimo de la trucha arcoíris (Autoría propia).

5.4 Alimentación¹⁷

En la truiticultura se utilizan alimentos artificiales balanceados llamados "pellet", los cuales deben cubrir las necesidades de los peces tanto en lo que a energía se refiere, estando compuesto por nutrientes necesarios como proteínas, carbohidratos, grasas, minerales, fibras y vitaminas.

Para estimar la cantidad de alimento a suministrar diariamente a un estanque, se debe tener en cuenta la temperatura del agua, el estadio del pez y la biomasa total por estanque.

Las truchas que no son separadas en granjas por estadios, son predadores según su tamaño, se comen unas a otras, principalmente a los más pequeños en el medio.

5.5 Reproducción¹⁷

La trucha arco iris es una especie ovípara cuya fecundación es externa, para reproducirse requiere alcanzar la madurez sexual, la que se presenta aproximadamente a los 3 años de edad en las hembras y a los 2 a 2 1/2 años en los machos.

Pueden llevar a cabo dos tipos de reproducción:

Reproducción Natural: En ambientes naturales la trucha alcanza la madurez sexual a partir de los dos años, como todos los salmónidos remonta las corrientes para desovar hasta encontrar lugares ideales, áreas poco profundas con fondo de arena y grava, donde la hembra con movimientos de la aleta caudal hace una especie de nido y deposita los óvulos, los que luego son fecundados por el macho siendo la fecundación externa. El tiempo de incubación de los huevos varía de acuerdo a la temperatura del agua y puede estar generalmente entre 20 y 35 días, luego eclosionan y dan lugar a las larvas.

Reproducción Artificial: Se realiza en un ambiente apropiado donde se realiza la incubación de las ovas; esta sala deberá ser construida de acuerdo a la cantidad de ovas que se pretende incubar, procurando que sea oscura. La fuente de abastecimiento de agua deberá ser con agua clara sin turbidez. También se puede llevar a cabo por medio de desove y fecundación artificial; la cual consiste en la expulsión de los óvulos en las hembras y el esperma en el macho.

Existen dos métodos para la desove artificial:

- **Método seco:** No es recomendable ya que los huevos en contacto con el agua sufren un proceso de hidratación cerrándose el micrópilo del huevo, impidiendo la fecundación
- **Método húmedo:** Más recomendado ya que asegura la apertura del micrópilo. En el poblado de Ojo de Agua se lleva acabo el método de desove por vía húmeda, ya que es más eficaz y así se asegura la fertilización de la mayoría de los huevos de la hembra con el semen del macho¹⁸.

5.6 Comercialización¹⁹

La proximidad del Estado de México con la Ciudad de México (la ciudad más poblada del país) generó una oportunidad de mercado para la venta de trucha arcoíris, siendo preparada en los pequeños restaurantes que abundan en la zona conurbada.

La trucha se comercializa en diferentes presentaciones: fresca (entera, sin cabeza), congelada (entera, eviscerada con cabeza; eviscerada sin cabeza), deshuesada corte mariposa, filete, ahumada en frío o caliente, conservas (medallones o rodajas, deshuesado).

También se pueden realizar otros subproductos como lo son los aceites Omega 3, los cuales son utilizados en dietas saludables y en personas con problemas del corazón; estos se pueden encontrar en forma de aceite comestible o en cápsulas. De aquí la gran importancia y recomendación que los expertos dan de consumir pescado, por los altos índices de ácidos Omega 3 que estos contienen en toda su estructura (huesos, piel, carne, vísceras).

En Ojo de agua se comercializa a manera de atractivo gastronómico de la región, se sirve en diferentes platillos o al gusto del comensal o bien se puede comercializar la carne cruda.

5.6.1 Características del mercado¹⁹

El mercado de la trucha se caracteriza por contar con muchos proveedores, procesadores y distribuidores. Los productos que se exportan pueden pasar a través de diferentes canales de distribución antes de que llegue a su destino final.

6. Extracción sólido-líquido²⁰

Las operaciones de separación por transferencia de materia tienen como objetivo la separación de los componentes de una mezcla originalmente homogénea, haciendo posible el paso de algunos de ellos a una segunda fase, con lo que aquella se pone en contacto.

La extracción es una operación de separación por transferencia de materia en la que se ponen en contacto dos fases inmiscibles con objeto de transferir uno o varios componentes de una fase a otra. Si la mezcla original está en fase sólida y se pretende separar de ella un componente (solute) de otro (inerte) mediante su contacto con una fase líquida (disolvente) que lo disuelve selectivamente, se habla de una extracción sólido-líquido o lixiviación (Figura IV).

6.1 Componentes de un sistema de Lixiviación²⁰

Los componentes de este sistema son los siguientes:

Componente	Descripción
Solute	Componentes que se transfieren desde el sólido hasta el líquido extractor.
Sólido inerte	Parte del sistema que es insoluble en el solvente.
Solvente	Parte líquida que entra en contacto con la parte sólida con el fin de retirar todo compuesto soluble en ella.

Tabla III. Propiedades fisicoquímicas que se deben tomar en cuenta para el crecimiento óptima de la trucha arcoíris (Autoría propia).

Para llevar a cabo la extracción será necesario, en primer lugar, poner en contacto íntimo las dos fases hasta conseguir la transferencia de soluto de la mezcla original al disolvente. Una vez finalizada esta etapa de transporte de materia, se procede a la separación de las fases, obteniéndose una mezcla de disolvente y

soluto llamada “extracto” y una mezcla de la que se ha extraído el soluto, denominada “refinado”, que estará formada por la fase sólida inerte con una parte de la disolución retenida.

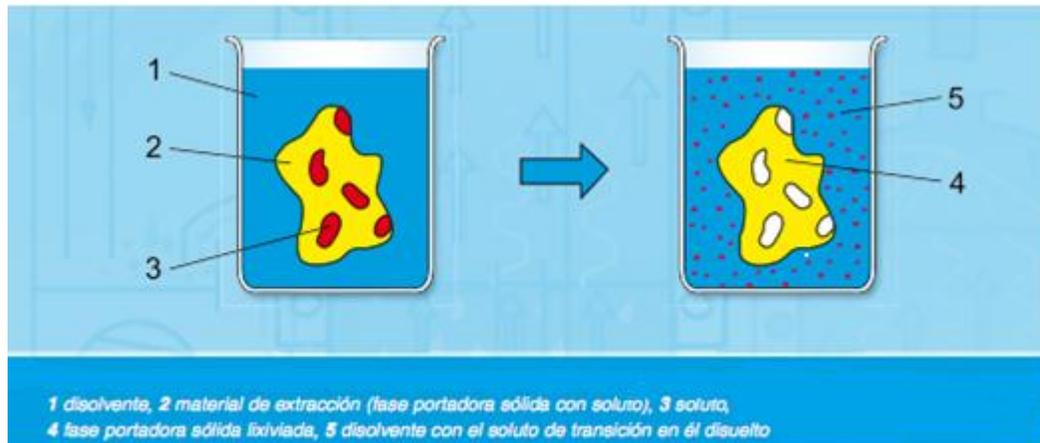


Figura IV. Sistema de extracción, antes de la extracción lado izquierdo y después de la extracción lado derecho.

6.2 Métodos de extracción sólido-líquido²⁰

El método más sencillo de operar en extracción sólido-líquido consiste en poner en contacto el sólido con el disolvente y separar luego la disolución formada del sólido residual insoluble. Esta operación se denomina “contacto simple”.

Si la cantidad total de disolvente que se va a utilizar se subdivide en varias fracciones y el sólido es extraído sucesivamente con cada una de ellas se habla de un “contacto múltiple en corriente directa”, lo que mejora la recuperación del soluto, pero en disoluciones relativamente diluidas.

Se obtiene una elevada recuperación del soluto y una disolución de elevada concentración cuando se lleva a cabo un “contacto múltiple en contracorriente”, en el que la disolución formada se pone en contacto con el sólido original, mientras que el sólido ya casi agotado es el que se pone en contacto con el disolvente puro. Como puede observarse, a medida que aumenta la complejidad de la operación aumenta su rendimiento.

6.3 Equipos empleados en la extracción²⁰

Por lo general, se emplean dos tipos de equipos en la extracción sólido-líquido, siendo el más simple de emplear el embudo de separación el cual sólo consiste en agitar el embudo cierto tiempo y liberar el gas generado por la agitación abriendo la llave del embudo. Para separar las fases sólo se deja reposar la mezcla y cuando sus componentes estén separados, se abre la llave del embudo para recolectar una de las fases.

Por otro lado está el sistema Soxhlet, este se aplica para analitos que no se pueden separar por volatilización (en fase gas) pero sí son extraíbles empleando un disolvente orgánico adecuado. Su aplicación tiene como ventaja la eficacia en el proceso de remojo de la fase sólida.



Imagen IV. Embudo de separación (lado izquierdo) y sistema Soxhlet (lado derecho) empleados en extracciones sólido-líquido²⁰.

7. Cromatografía²⁰

La cromatografía es una técnica o método fisicoquímico de separación, purificación e identificación de los componentes de una mezcla, basándose en la diferencia de velocidad con que se mueven cada uno de solutos a través de un medio poroso (fase estacionaria) por un disolvente en movimiento (fase móvil).

La mezcla que se desea separar se disuelve en un solvente al que se denomina fase móvil, el cual se hace pasar por una fase estacionaria de material absorbente.

7.1 Clasificación de Cromatografía²⁰

En términos generales, existen dos tipos de cromatografía;

1. Cromatografía por partición: La fase móvil puede ser un gas o un líquido.
2. Cromatografía por adsorción: Una fase estacionaria puede ser líquida o sólida.

Dentro de la cromatografía por adsorción, se distinguen dos tipos, la cromatografía en columna (CC) y la cromatografía en capa fina (CCF), siendo esta última una de las más usadas y prácticas de llevar a cabo.

7.2 Cromatografía en Capa Fina²⁰

La cromatografía en capa fina (CCF) es un método que se utiliza para separar y en algunos casos para identificar los dos o más compuestos orgánicos presentes en una mezcla. En general, la CCF presenta ciertas ventajas frente a otras técnicas de cromatografía; por ejemplo, el tamaño de partícula que forma la fase estacionaria, presentan efectos capilares muy intensos, originando desarrollos más rápidos en comparación con otras cromatografías. Las manchas que denotan la presencia de componentes en la mezcla son más compactas, obteniéndose así separaciones más nítidas, esto se puede apreciar en la figura V la cual se esquematiza el proceso de la CCF desde la aplicación hasta el revelado de la placa. Pero la ventaja más importante de la CCF se encuentra en el campo de la aplicación, ya que es mucho más amplio debido a sus versatilidades, pudiéndose utilizar para separar sustancias polares y no polares, orgánicas e inorgánicas con base al tipo de solvente a utilizar.

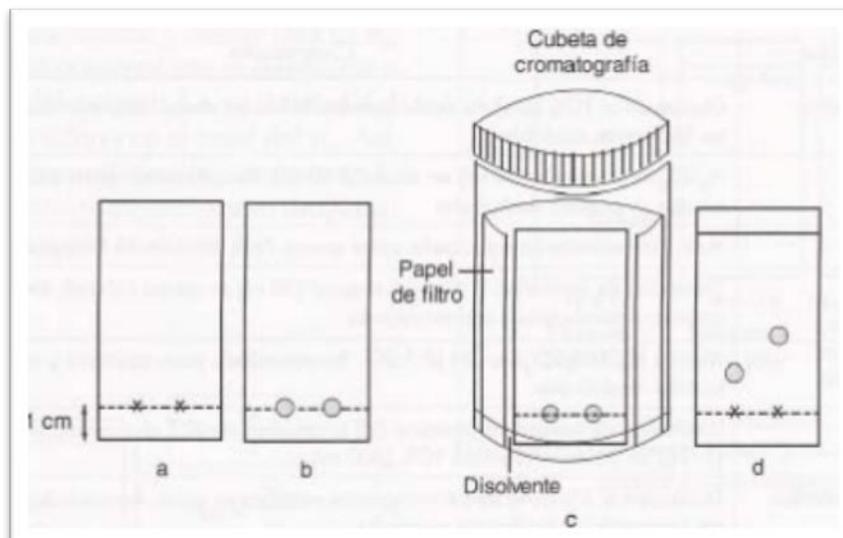


Figura V. Esquema que representa el montaje de una Cromatografía en capa fina por adsorción²⁰.

7.2.1 Tipos de Cromatografía en Capa Fina²⁰

Dependiendo de la naturaleza del sólido extendido sobre la placa de cromatografía, existen dos tipos de CCF:

-Cromatografía de filtración sobre gel: Es un tipo particular de cromatografía que es líquido-líquido y que se utiliza en la separación de sustancias que poseen volúmenes moleculares con gran diferencia. El mecanismo de filtración que lleva a cabo el gel, o el fundamento de esta técnica, radica en que la muestra a cromatografiar, se añade por la parte superior de una columna la cual contiene el gel y se hace fluir por medio de agua o una solución tampón. La sustancia cuyo mayor tamaño molecular tiene, no va a penetrar por los poros del gel, originando así, que la de menor tamaño sea arrastrada por el agua propiciado así su separación.

-Cromatografía por adsorción: La Cromatografía por adsorción se fundamenta en las diferencias entre la adsorción y desorción de sustancias contenidas en un disolvente móvil (un líquido o un gas) sobre un sólido estacionario se utilizan para conseguir la separación de los componentes de la mezcla. Los centros adsorbentes o activos del sólido estacionario provienen principalmente de los defectos de la red cristalina que este presenta, donde las fuerzas electroestáticas están proyectadas parcialmente hacia el exterior; debido a esto, la adsorción se presenta justamente por las interacciones de las fuerzas con el interior del soluto.

Existen tres variables que influyen en la cromatografía por adsorción, estas son: el adsorbente, el disolvente y la sustancia a separar. Las separaciones sobre el adsorbente dependen de la existencia del equilibrio entre las moléculas adsorbidas y en la existencia del equilibrio entre las moléculas adsorbidas en la fase estacionaria y entre las que están libres en el disolvente moviéndose las moléculas individuales entre dos fases.

7.3 Polaridad²¹

La polaridad es una propiedad de las moléculas que representa la separación de las cargas eléctricas en la misma molécula. Esta propiedad está íntimamente relacionada con otras propiedades como la solubilidad, el punto de fusión, el punto de ebullición, las fuerzas intermoleculares, etc.

La polaridad de una molécula depende de la naturaleza de los átomos de los que está constituida y de la forma de esta misma; es necesario saber que la polaridad de una molécula aumenta en disolventes polares, por lo que la polaridad de los componentes de una mezcla puede ser mucho mayor en la cromatografía líquido-líquido que en una de líquido-gas²².

7.4 Reveladores de placas²³

Una vez que se ha llevado a cabo una separación por cromatografía en capa fina para identificar cada uno de sus componentes, se requiere revelar la placa.

El método más utilizado de revelado es el uso de Yodo, ya que este forma complejos coloridos que van desde café hasta amarillos. El método consiste en que, después de eluir la placa, esta se somete a una cámara que contiene cristales de Yodo, el cual reaccionará para formar los complejos antes mencionados y revelarse en forma de manchas. Existe otra variante que consiste en atomizar la placa con solución de yodo, revelando así la separación de los componentes.

El segundo método más utilizado es la revelación de placa con luz ultravioleta (UV), fundamentándose en que muchos compuestos presentan fluorescencia bajo los rayos UV. Este método tiene una variante, en donde también se puede utilizar un adsorbente con un indicador fluorescente el cual después de eluir una muestra y dejar que seque, esta absorbe bajo los rayos UV.

Existen otros métodos, por ejemplo, el uso de agentes corrosivos como el Ácido Sulfúrico concentrado en compuestos orgánicos, ya que este se encarga de carbonizar a estos compuestos, dejando manchas de color pardo negruzco. Sin embargo no son muy utilizados ya que este tipo de reactivos son muy específicos para ciertos grupos funcionales.

7.5 Conceptos de las constantes R^{20}

El movimiento relativo de algunas sustancias respecto al disolvente en un sistema cromatográfico dado es constante y característico de las sustancias.

La relación de las sustancias y la distancia que recorre la sustancia en la placa y la distancia que recorre el eluyente a partir del punto de aplicación se le conoce como frente de referencia (RF) y se expresa como una fracción decimal:

$$RF = \frac{\text{Distancia que recorre la sustancia}}{\text{Distancia que recorre el eluyente}}$$

Este valor se puede usar para seleccionar el disolvente a la mezcla de disolventes ideales para separación. El valor del frente de referencia es de gran utilidad cuando se desea seleccionar el eluyente adecuado en una separación de compuestos, por lo que se puede decir que para los siguientes valores de RF la información que se obtiene es:

Si:

RF < 0.5, el eluyente es de baja polaridad

RF = 0.5, el eluyente es ideal para separar

RF > 0.5, el eluyente es de muy alta polaridad

En la figura VI se muestra como es la aplicación de la muestra y como el diluyente corre a través de la placa hasta dejar cierto espacio sin que este llegue al término de la placa y posteriormente muestra las sustancias separadas y su respectiva

distancia tomando como referencia desde donde se aplico la muestra hasta donde el disolvente llego.

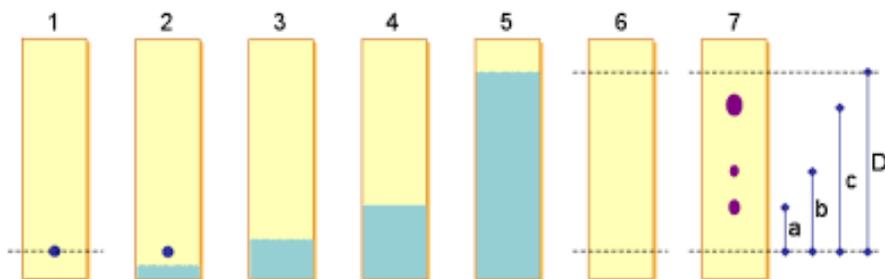


Figura VI. Revelado de los componentes ya separados y medida de su avance para el cálculo del frente de referencia²⁰.

En algunos casos, el frente del disolvente sale del papel y por eso es más conveniente expresar el movimiento de alguna sustancia por comparación con el movimiento de otra (que es similar químicamente). En este caso es mejor aplicar los valores de Rx que los de RF:

$$R_x = \frac{\textit{Distancia recorrida para la sustancia}}{\textit{Distancia recorrida por la sustancia estándar } x}$$

Planteamiento del Problema

El consumo de trucha arcoíris en las zonas boscosas del centro del país, es una costumbre y atractivo para los habitantes y turistas, concretamente en el Estado de México. En el municipio de Villa Victoria son comunes las granjas piscícolas, las cuales se dedican a su producción, precisamente en este municipio existe una granja muy concurrida para el consumo de trucha llamada Ojo de Agua, hecho que ha generado un enorme desperdicio de huesos que son desechados a manera de basura municipal.

Dada la cantidad de estos desechos, se propone hacer un mejor uso de los mismos, extrayendo los aceites Omega que estos puedan tener y sugerir un buen uso de los aceites extraídos.

Por tanto, el proyecto se enfoca principalmente en la propuesta de un método para obtener, a partir de desechos de la trucha (principalmente hueso), aceites esenciales "Omega", ya que se genera demasiado deshecho orgánico de este pez el cual usan para alimentar otros animales o simplemente tiene como destino la basura.

Objetivo General

Proponer un método para extraer aceites Omega de huesos de Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) desechados de una granja piscícola en el Estado de México e identificar por cromatografía de capa fina la presencia de aceites Omega.

Objetivos Particulares

- Obtención y limpieza de huesos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) así como estudiar las condiciones para triturarlos.
- Realizar los ensayos para la extracción de los aceites grasos poliinsaturados de los huesos de trucha arcoíris.
- Realizar las pruebas de concentración de los aceites grasos poliinsaturados obtenidos de los huesos de trucha arcoíris.
- Realizar las pruebas de estabilidad para llevar a cabo la cromatografía en capa fina.

-Detectar por un método cromatográfico de capa fina la presencia de aceites de la clase omega.

Hipótesis

Al obtener huesos de trucha arcoíris provenientes de desechos comestibles, después de limpiarlos y congelarlos, se podrá realizar una extracción clorofórmica de los aceites que estos contienen y por medio de una cromatografía en capa fina comparando con un estándar, se podrá identificar la presencia de Omegas en los aceites.

Metodología

Equipo e instrumentos

- Parrilla de calentamiento y agitación
- Balanza analítica Ohaus
- Lámpara de rayos Ultravioleta

Material

- Probeta de 100mL
- 1 vaso de precipitados de 600mL
- 1 varilla de vidrio para agitación
- 2 vasos de precipitados de 100mL
- 2 embudos de separación de 500mL
- 2 soportes universales
- 2 anillos de hierro
- 2 mortero con pistilo
- 2 frascos de 20mL

- 1 Frasco de vidrio de 250mL
- Placas para cromatografía
- 2 pipetas Pasteur
- 1 Franela
- 2 Espátulas de acero inoxidable con mango de madera

Materias primas o sustancias

- Hueso de trucha arcoíris proveniente del desperdicio de la carne
- Hueso de trucha arcoíris proveniente del desperdicio de la cocción
- Cloroformo
- Metanol
- Cápsulas de gelatina blanda con contenido de aceite Omega 3

En seguida se menciona y describe la metodología que se siguió para llegar a la obtención del aceite y posteriormente al análisis de este para la identificación de Omegas en el mismo.

Preparación de los huesos de trucha arcoíris

El inicio del proyecto consistió en la preparación de los huesos de trucha arcoíris que se llevó a cabo de dos maneras distintas, una que consistió en limpiar los huesos que contenían restos de carne y la otra en la que los huesos se encontraban limpios de carne, en la figura VII se muestra el proceso de forma generalizada de cómo se llevó a cabo el tratamiento de los huesos.

Para la limpieza de los huesos con restos de carne se hizo uso de un cepillo de cerdas metálicas para que este ayudara a remover lo más posible los restos de carne que habían quedado adheridos a los huesos, posteriormente se limpiaron con agua potable y se dejaron secar.

Para la limpieza de los huesos sin restos de carne, sólo se procedió a limpiarlos con agua potable y posteriormente dejar que secaran.

Ya obtenidos ambos tipos de hueso, se procedió a congelarlos a una temperatura de -4°C por 24 horas para que estos pudieran ser triturados, por separado, con facilidad y con la ayuda de un mortero de porcelana hasta obtener trozos muy pequeños o de ser posible llegar a la pulverización.

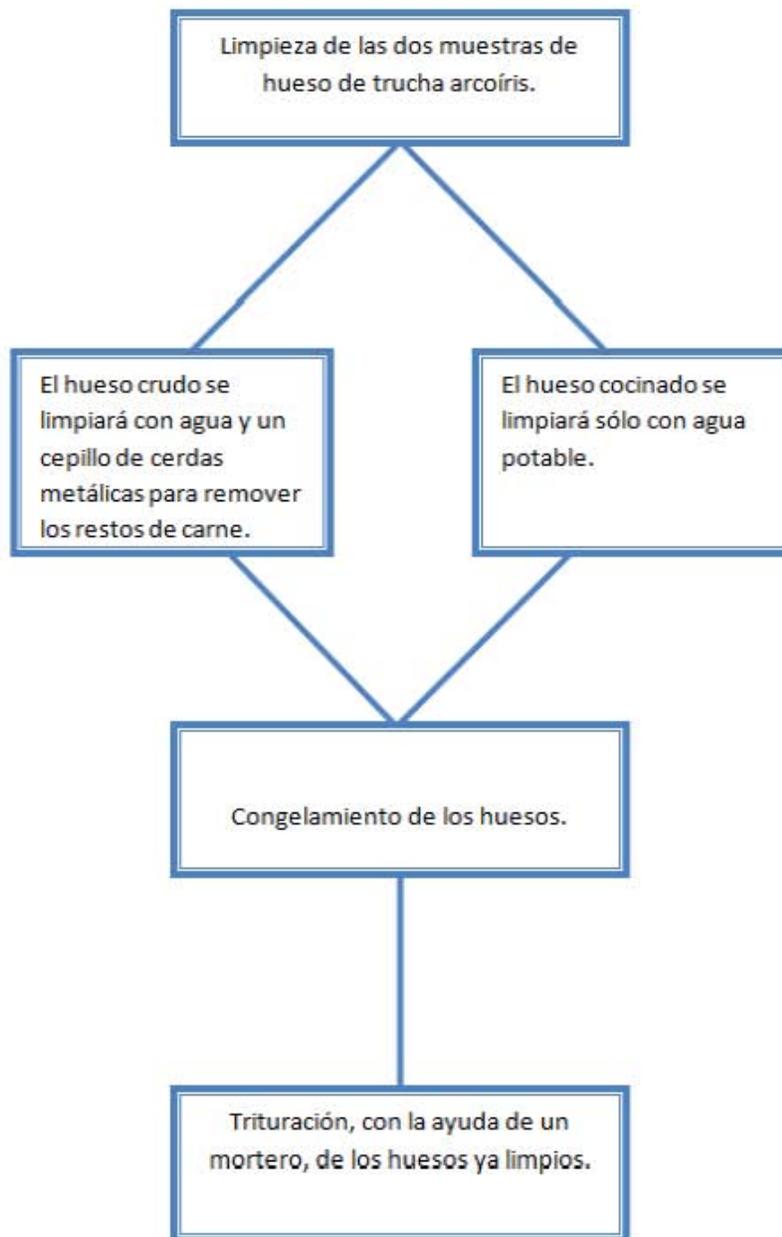


Figura VII. Proceso general que se llevó acabo en el tratamiento de los huesos. Autoría propia.

Extracción del aceite de los huesos de trucha

Para la extracción del aceite de los huesos se hizo uso de embudos de separación y con una mezcla de disolvente de Cloroformo-Metanol.

Primero se preparó una mezcla de 180 mL de Cloroformo-metanol en una proporción 2:1. Con la ayuda de una probeta de 100 mL se midieron 60 mL de Metanol, los cuales se vaciaron en un vaso de precipitados de 600 mL, después se midió 120 mL de cloroformo y se vaciaron en el mismo vaso en el que se encontraba el Metanol, para que estos se incorporaran de manera uniforme.

Ya obtenida la mezcla de disolventes, se pesaron de cada muestra de hueso 40 g en una balanza analítica y con la ayuda de una espátula se colocó cada una de las muestras en los embudos de separación de 500 mL. Posteriormente se agregó a cada embudo 30 mL de la mezcla de disolventes para que se efectuara, durante un periodo de 10 minutos, una agitación constante. Pasado este tiempo, se colocó el embudo de separación en el anillo de hierro colocado en el soporte universal para recolectar la extracción en un vaso de precipitados de 100 mL. Este procedimiento se realizó por triplicado y se recolectó cada muestra de los embudos en los vasos de 100 mL.

Con ambas muestras obtenidas, se procedió a concentrarlas para obtener el aceite con la ayuda de una parrilla de calentamiento.

Se colocaron los dos vasos de precipitados con las muestras cada uno, sobre la parrilla de calentamiento, se incrementó la temperatura hasta los 125°C con la finalidad de evaporar la mezcla de disolvente y así poder concentrar sólo el aceite en los vasos de precipitados. Después de haber obtenido el aceite de cada vaso de precipitados, se conservaron en pequeños frascos de plástico de 20 mL para que reposaran y después llevar a cabo el estudio para la presencia de los aceites Omega por medio de Cromatografía en capa fina.

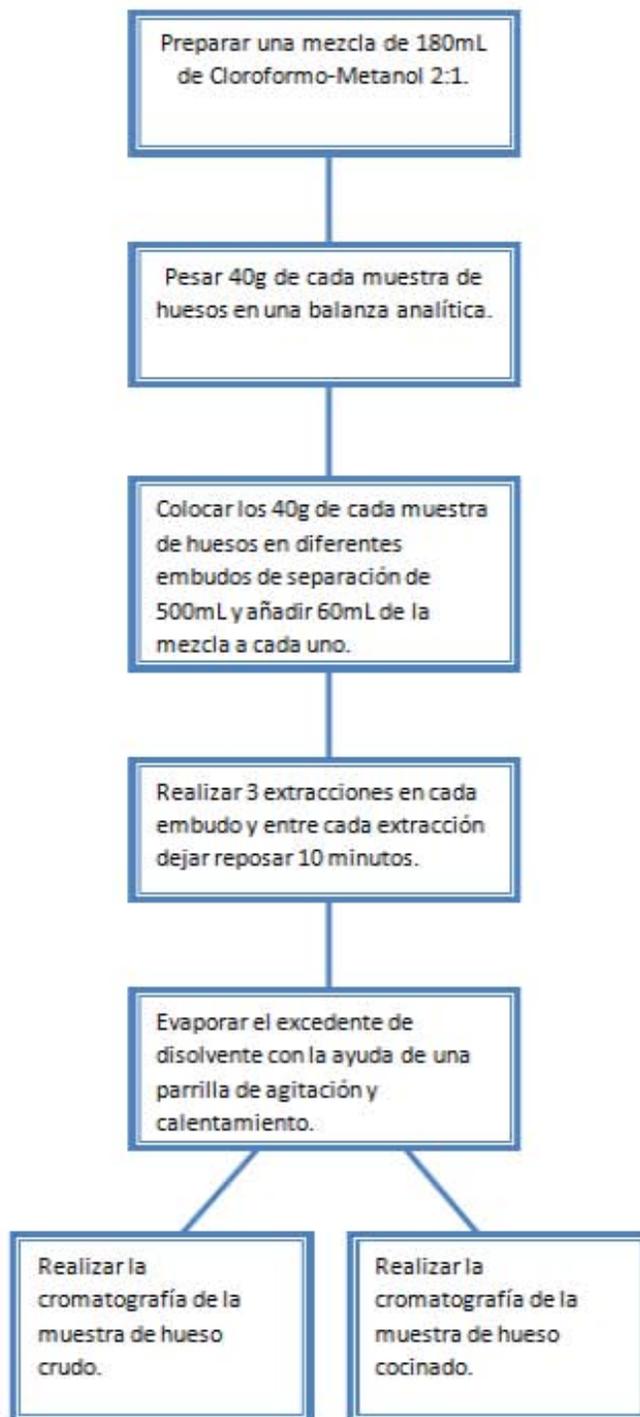


Figura VIII. Proceso general que se llevó a cabo en la fase 2. Autoría Propia

Identificación de los aceites Omega por medio de Cromatografía en capa fina

Para la identificación de los aceites Omega, primero se prepararon las muestras y la muestra de referencia.

Para la preparación de las muestras, se agregó a los frascos con las muestras, 2 mL de Cloroformo, para que el aceite se disolviera. Para preparar el estándar, se tomó una cápsula de gelatina blanda de aceite Omega 3, se cortó por la mitad y se agregó a un frasco en el cual se disolvió 2 mL de Cloroformo para que disolviera el aceite. Ya preparadas las dos muestras y el estándar se llevó a cabo la cromatografía.

En una placa cromatográfica se aplicaron en dos puntos, uno de lado izquierdo y otro de lado derecho, el estándar de la cápsula contra la muestra obtenida respectivamente con la ayuda de dos pipetas Pasteur a modo de que la mancha se concentrara un poco en cada muestra. Este paso se llevó a cabo para las dos muestras obtenidas. Ya obtenidas las placas con el estándar y la muestra aplicada, se colocaron en una cámara para cromatografía.

Para preparar la cámara de la cromatografía, se agregaron 25 mL de Cloroformo en un frasco de 250 mL el cual debía tener una tapa rosca.

Ya colocada la placa en la cámara cromatográfica, se dejó que la fase móvil (Cloroformo) eluyera sobre la fase estacionaria hasta un 75% de esta. Después se retiró la placa de la cámara y se dejó secar unos minutos para que esta fuera revelada.

Revelado de la placas de cromatografía

Después de que la placa cromatográfica secó, se procedió a revelar la placa con la ayuda de una lámpara de rayos ultravioleta (UV).

En cuarto oscuro o con poca luz se realizó a cabo el revelado de la placa. Cada placa que se haya corrido con el estándar y la muestra en la cámara cromatográfica se colocó en una superficie lisa y blanca sobre la cual se colocó la lámpara de rayos UV, se ajustó a una longitud de onda corta y se observó, una a una, los resultados de las placas. Cada resultado obtenido se tomó nota así como una fotografía para una evidencia gráfica que respaldara el proyecto.

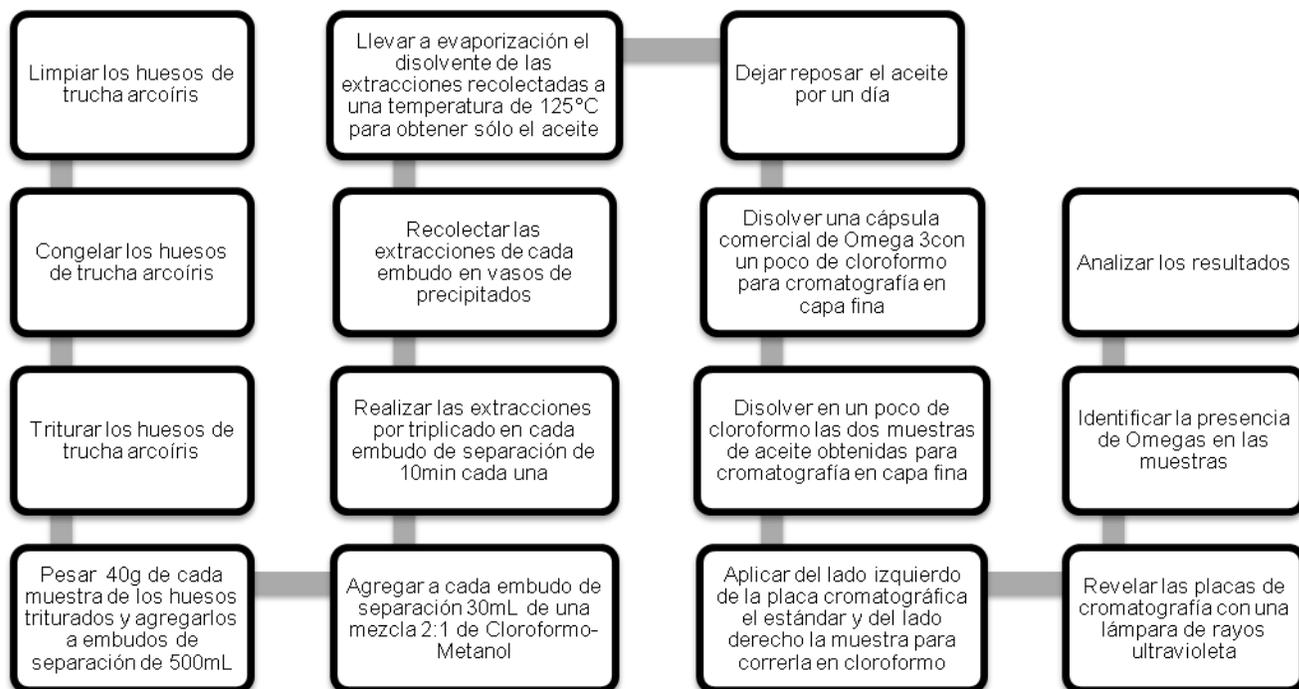


Figura IX. Muestra la metodología general que se siguió a lo largo de todo el proyecto. Autoría Propia

Resultados

Antes de llegar a los resultados finales, se realizó un ensayo para determinar las condiciones en las cuales el método se llevaría a cabo, así como la determinación de parámetros de estudio y mejoras para la obtención de resultados viables. Ya establecido el método, sus condiciones y parámetros, el estudio se realizó en tres ocasiones diferentes y los resultados obtenidos, tanto del ensayo como del estudio, se muestran a continuación:

Resultados del ensayo

El ensayo se realizó con los dos tipos de muestra de huesos de trucha, la muestra uno con huesos provenientes de pescado crudo y la muestra dos con huesos de trucha provenientes de pescado cocinado.

Con cada muestra se realizó a su vez dos ensayos en los cuales lo único que cambió fue el embudo que se empleó, ya que se usaron de 250 y 500mL de

capacidad. En cada embudo se colocaron 20g de cada muestra y se agregaron los 60mL de la mezcla de Cloroformo-Metanol 2:1, se realizaron las 3 extracciones y al obtener sólo el aceite se realizó la cromatografía en capa fina con cloroformo-metanol como fase móvil y la lámpara de rayos U.V. como revelador, obteniendo así los siguientes resultados: (Tabla III)

Tipo de Hueso	Volumen obtenido con embudo de 250mL (mL)	Volumen obtenido con embudo de 500mL (mL)
Huesos crudos (20g)	5	25
Huesos cocinados (20g)	12	37

Tabla III. Muestra los volúmenes obtenidos de aceite con cada muestra y en cada uno de los embudos utilizando 20g de hueso crudo y cocinado.

En las siguientes imágenes se observa el volumen obtenido de cada muestra. (Imagen V y VI)



Imagen V. Volumen de aceite obtenido en las dos muestras usando el embudo de separación de 250mL.

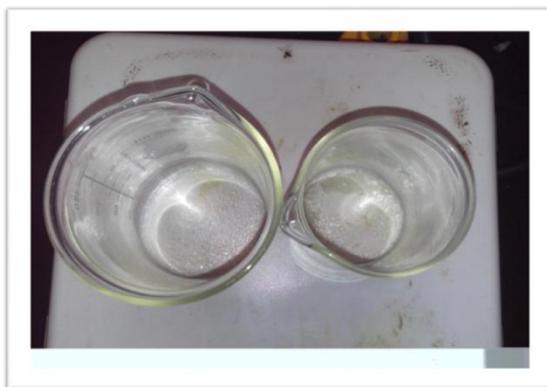


Imagen VI. Volumen de aceite obtenido en las dos muestras usando el embudo de separación de 500mL

Resultados obtenidos en la cromatografía

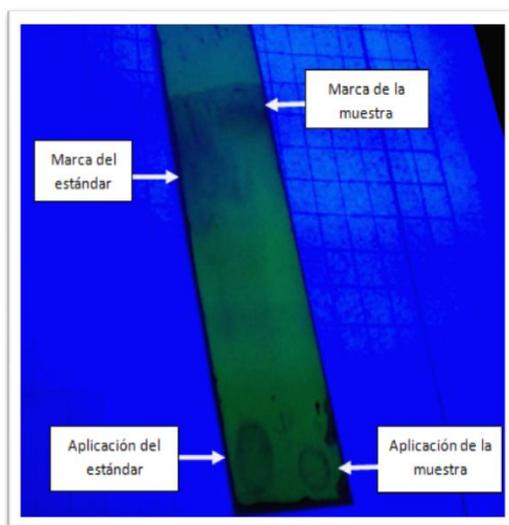


Imagen VII. Placa revelada en rayos U.V. de un estándar vs aceite obtenido de hueso de trucha crudo extraído en un embudo de 500mL.

En la Imagen VII se puede apreciar del lado izquierdo la marca de aplicación del estándar de aceite Omega 3, mientras que del lado derecho se observa la mancha de la muestra obtenida de huesos crudos en un embudo de 500mL.

En la parte superior de la placa se observa la trayectoria recorrida por el disolvente y un poco más abajo las marcas del aceite Omega 3 perteneciente al estándar y un poco más arriba de ella la marca del Omega 3 perteneciente a la muestra.

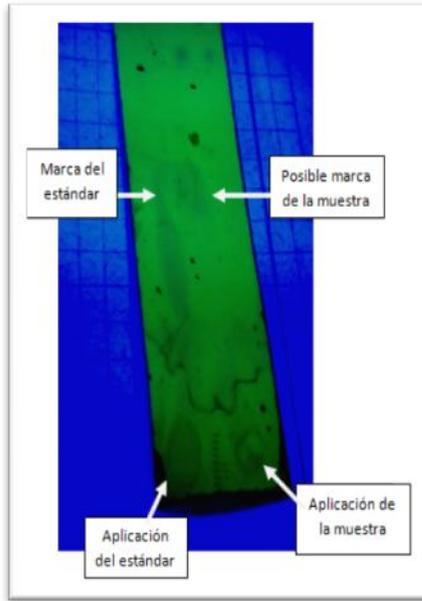


Imagen VIII. Placa revelada en rayos U.V. de un estándar vs aceite obtenido de hueso de trucha crudo extraído en un embudo de 250mL.

Nuevamente en la Imagen VIII se puede apreciar del lado izquierdo la aplicación del estándar de Omega 3, mientras que del lado derecho la aplicación de la muestra de hueso crudo en un embudo de 250mL. Más arriba de ellas se logran identificar de manera más tenue las marcas de Omega 3, ambas a la misma distancia.

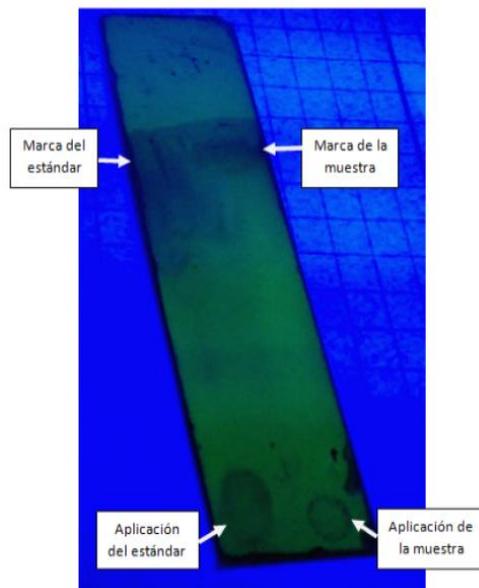


Imagen IX. Placa revelada en rayos U.V. de un estándar vs aceite obtenido de hueso de trucha cocinado extraído en un embudo de 500mL.

Ya en las imágenes de la muestra con hueso cocido, se puede apreciar mayor concentración de la marca de Omega 3 de la muestra, así como a la misma distancia de la marca de Omega 3 del estándar.

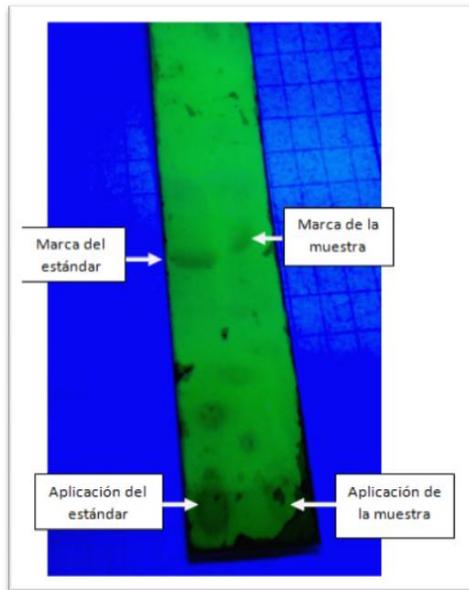


Imagen X. Placa revelada en rayos U.V. de un estándar vs aceite obtenido de hueso de trucha cocinado extraído en un embudo de 250mL.

En la Imagen X es en la cual se aprecia mejor las marcas de Omega 3 de ambas muestras (el estándar y la muestra de hueso cocinado) y ambas a la misma distancia, si bien las dos son tenues, se pueden identificar más fácil y a la misma distancia comparadas con las otras imágenes obtenidas.

Resultados prueba 1

Ya obtenidos los resultados del ensayo, se optó por emplear sólo el embudo de 500mL para ambas muestras, así como sólo usar el cloroformo como fase móvil y no la mezcla y respetando los 20g de cada muestra a usar.

Los resultados obtenidos en esta primera prueba fueron los siguientes: (Tabla IV)

Tipo de Hueso	Volumen obtenido con embudo de 500mL (mL)
Huesos crudos (20g)	32
Huesos cocinados (20g)	40

Tabla IV. Muestra los volúmenes obtenidos de aceite con cada muestra y utilizando un embudo de separación de 500mL y 20g de hueso crudo y cocinado.

Resultados obtenidos en la cromatografía

Para cada muestra se realizaron dos placas que corrieron en Cloroformo reveladas en lámpara de rayos U.V.

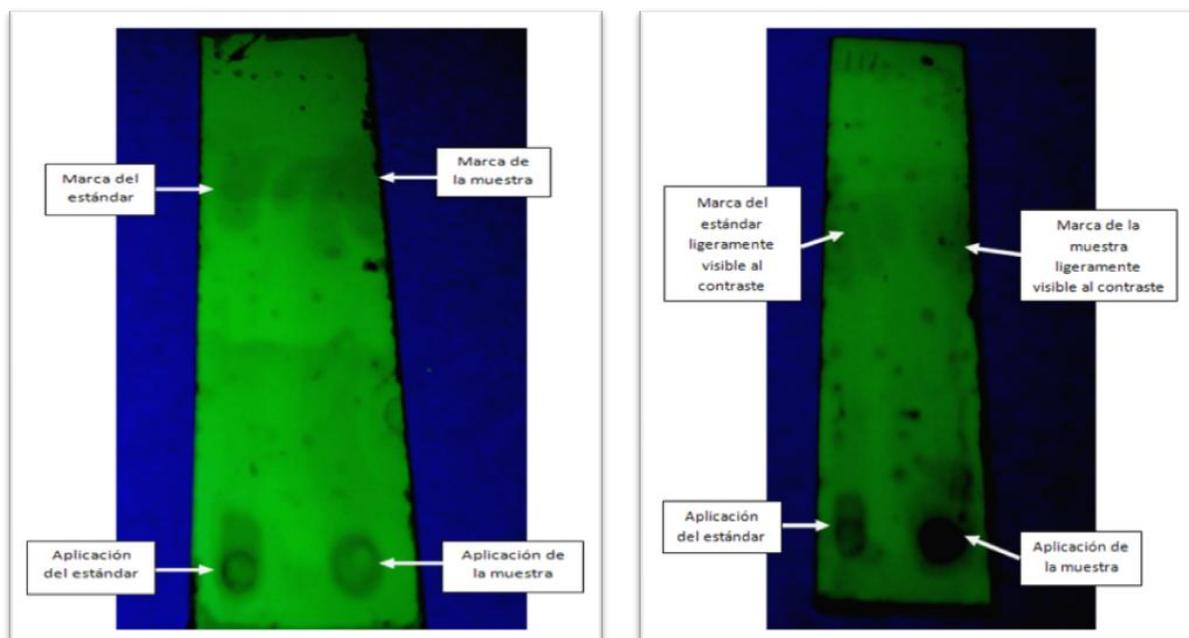


Imagen XI. Placas reveladas en rayos U.V. de un estándar vs aceite obtenido de hueso de trucha crudo extraído en un embudo de 500mL.

En la Imagen XI, las placas que pertenecen a un estándar contra la muestra de aceite obtenida de huesos crudos se observan que las concentraciones de la muestra (lado derecho) han aumentado, al notarse más la mancha en las aplicaciones, así como como la presencia de Omega 3 se puede notar más en la parte superior de la placa.

La presencia de Omega 3 del estándar y el de la muestra (lado izquierdo y derecho respectivamente) es más notable y a la misma distancia en sí, con respecto a las placas anteriormente reveladas.

El resultado obtenido con los huesos cocinados:

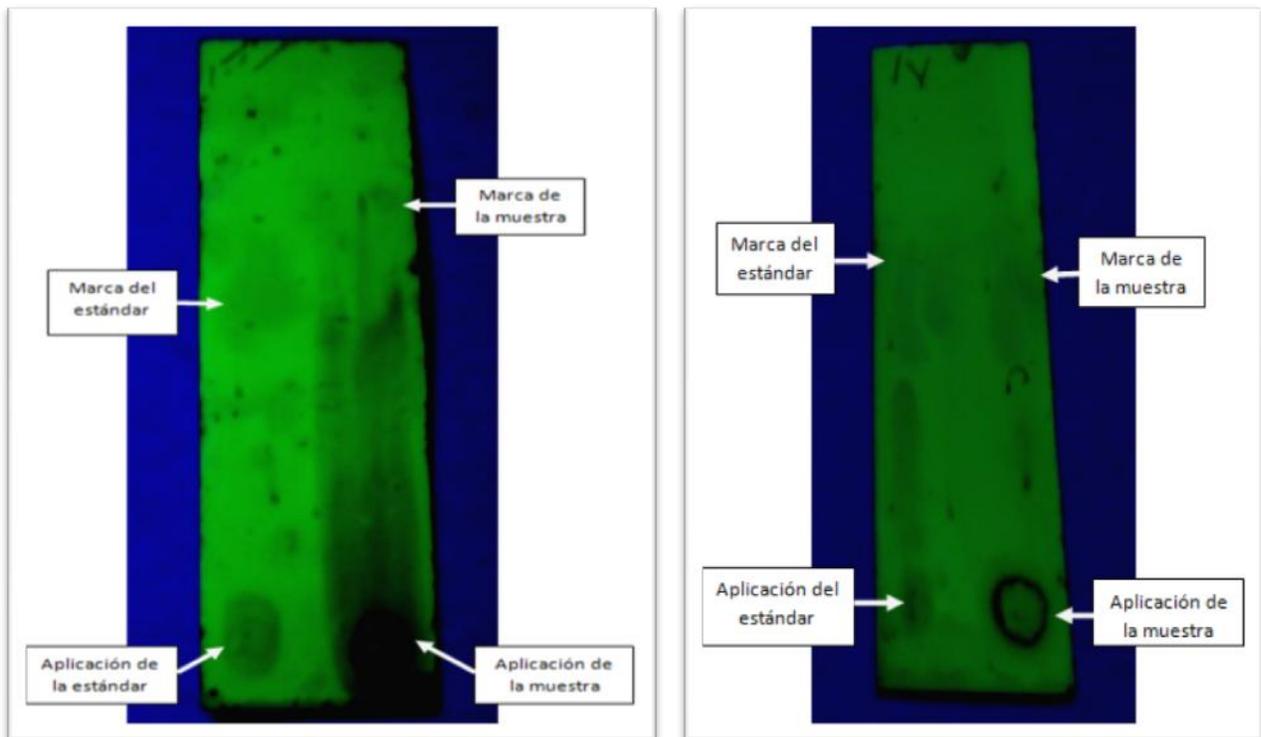


Imagen XII. Placas reveladas en rayos U.V. de un estándar vs aceite obtenido de hueso de trucha cocinado extraído en un embudo de 500mL.

En las placas que se realizaron al hueso de trucha cocinado (Imagen XII) se observa también una mayor concentración de aceite de la muestra en la mancha de aplicación (lado derecho), así como la trayectoria que recorrió en la placa. Con

respecto al estándar (lado izquierdo), en los dos casos se observa la presencia de la mancha que pertenece al Omega 3, pero en la placa del lado izquierdo no se encuentran a la misma distancia comparando una con otra y en la placa del lado derecho si se observan, más tenue, pero a la misma distancia las dos manchas.

Resultados Prueba 2

Observando los resultados obtenidos en la prueba 1, estos fueron favorables, sin embargo necesitaba ser más notoria la presencia del Omega 3 en las muestras, por lo que en esta prueba se analizó el uso de 40g de hueso para cada muestra y no de 20g como las anteriores, respetando los demás parámetros.

Los resultados obtenidos en esta prueba se muestran a continuación: (Tabla V)

Volumen total de aceite obtenido	
Tipo de Hueso	Volumen obtenido con embudo de 500mL (mL)
Huesos crudos (40g)	48
Huesos cocinados (40g)	52

Tabla V. Muestra los volúmenes obtenidos de aceite con cada muestra y utilizando un embudo de separación de 500mL y 40g de hueso crudo y cocinado.

Resultados obtenidos en la cromatografía

Para cada muestra, se realizaron 4 placas cromatográficas, que corrieron en una fase móvil de cloroformo y usando como revelador una lámpara de rayos U.V.

Muestra de huesos cocidos

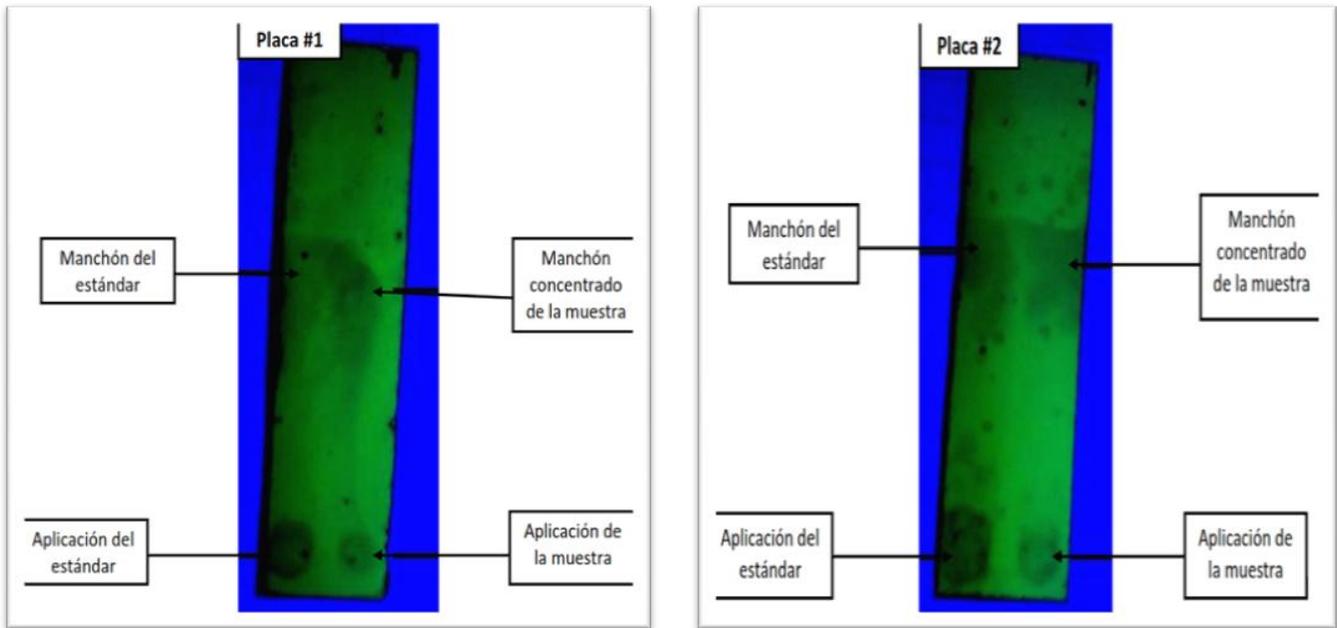


Imagen XIII. Placas 1 y 2 reveladas en rayos U.V. de un estándar vs aceite obtenido de 40g de hueso de trucha cocinado extraído en un embudo de 500mL.

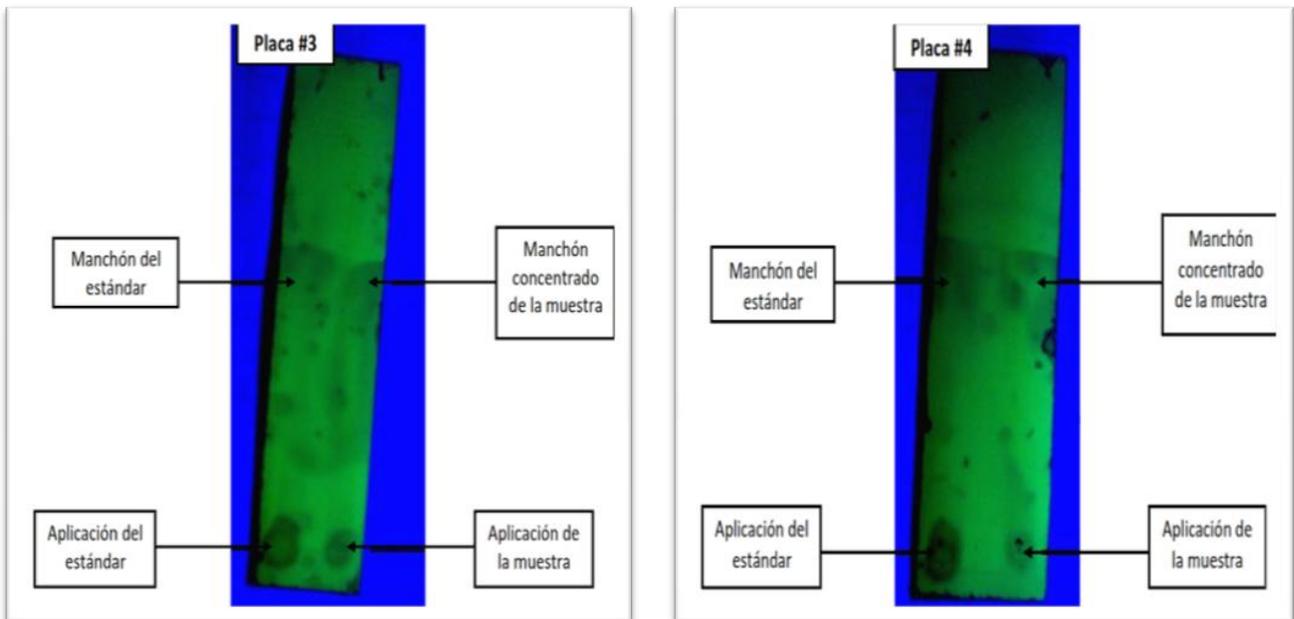


Imagen XIV. Placas 3 y 4 reveladas en rayos U.V. de un estándar vs aceite obtenido de 40g de hueso de trucha cocinado extraído en un embudo de 500mL.

Las cuatro placas reveladas (Imagen XIII y XIV) que pertenecen a los 40g de hueso de trucha cocida muestran una mancha más definida y que resalta más que la de las pruebas anteriores, además de coincidir en las 4 placas con la mancha del estándar. En algunas se puede apreciar la presencia de otros componentes del aceite obtenido (placa 1 y 3).

Placas reveladas de hueso de trucha cruda

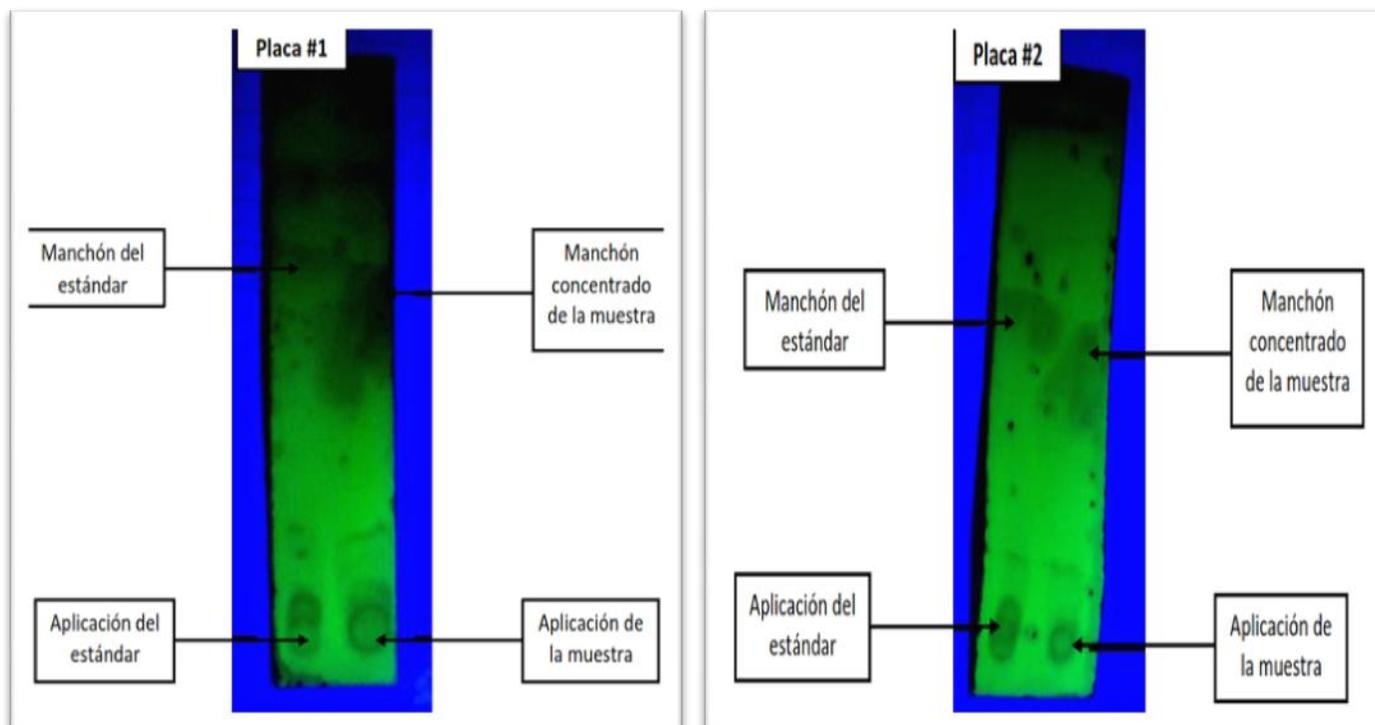


Imagen XV. Placas 1 y 2 reveladas en rayos U.V. de un estándar vs aceite obtenido de 40g de hueso de trucha crudo extraído en un embudo de 500mL.

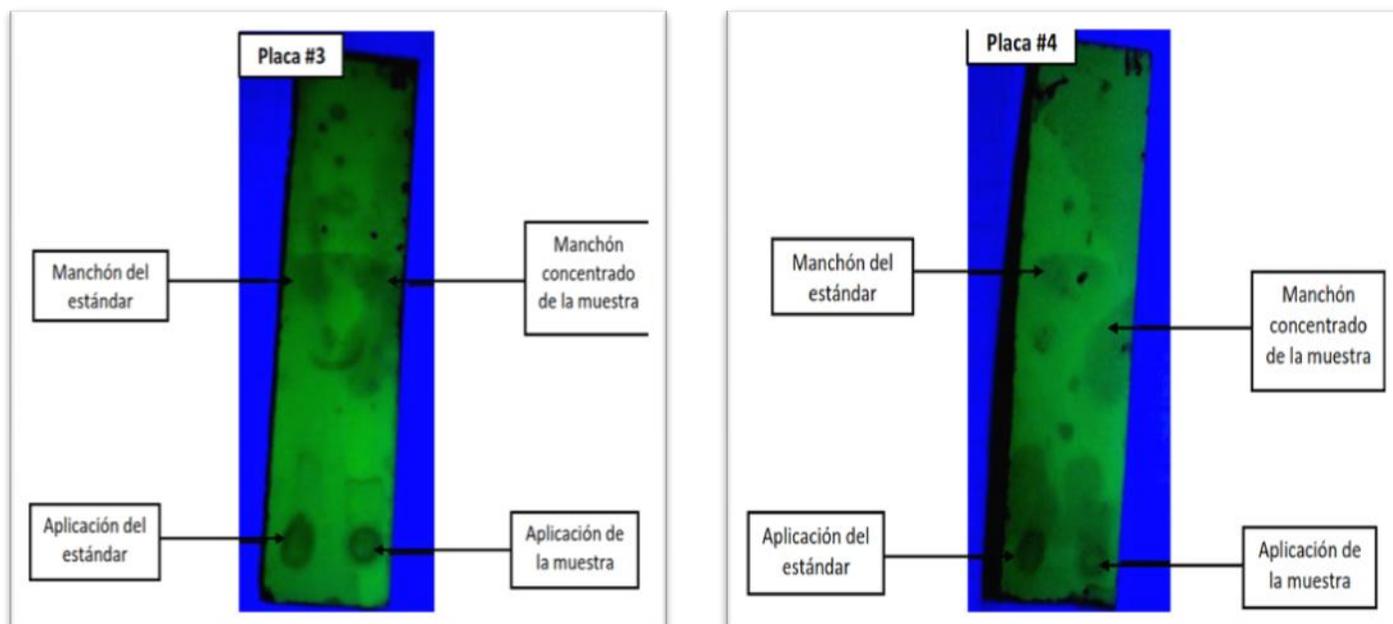


Imagen XVI. Placas 3 y 4 reveladas en rayos U.V. de un estándar vs aceite obtenido de 40g de hueso de trucha crudo extraído en un embudo de 500mL.

En estas cuatro placas (Imagen XV y XVI) que se realizaron al aceite obtenido de los 40g de hueso de trucha crudos de igual manera de aprecia mejor la mancha de Omega 3 correspondiente a las muestras, así como la concentración de esta es mayor, sin embargo, en algunos casos como la placa 1 y 3 se observa otros componentes pertenecientes al aceite y en la placa 4 la mancha de la marca de Omega 3 de la muestra no coincide a la distancia del estándar. En la placa dos se observa las marcas de Omega 3 del estándar y de la muestra a la misma distancia y con claridad.

Resultados prueba 3

Para esta última prueba se decidió sólo usar hueso de trucha cocido y utilizando 40g de estos, realizando tres extracciones con 30mL de mezcla 2:1 de cloroformo-Metanol y llevando la cromatografía con cuatro placas en cloroformo como fase móvil y lámpara de rayos ultravioleta como revelador. Se respetó todo el procedimiento a excepción que en este se calcularon los valores del frente de referencia para obtener más datos sobre nuestra sustancia de estudio (Imagen XVII y XVIII).

Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

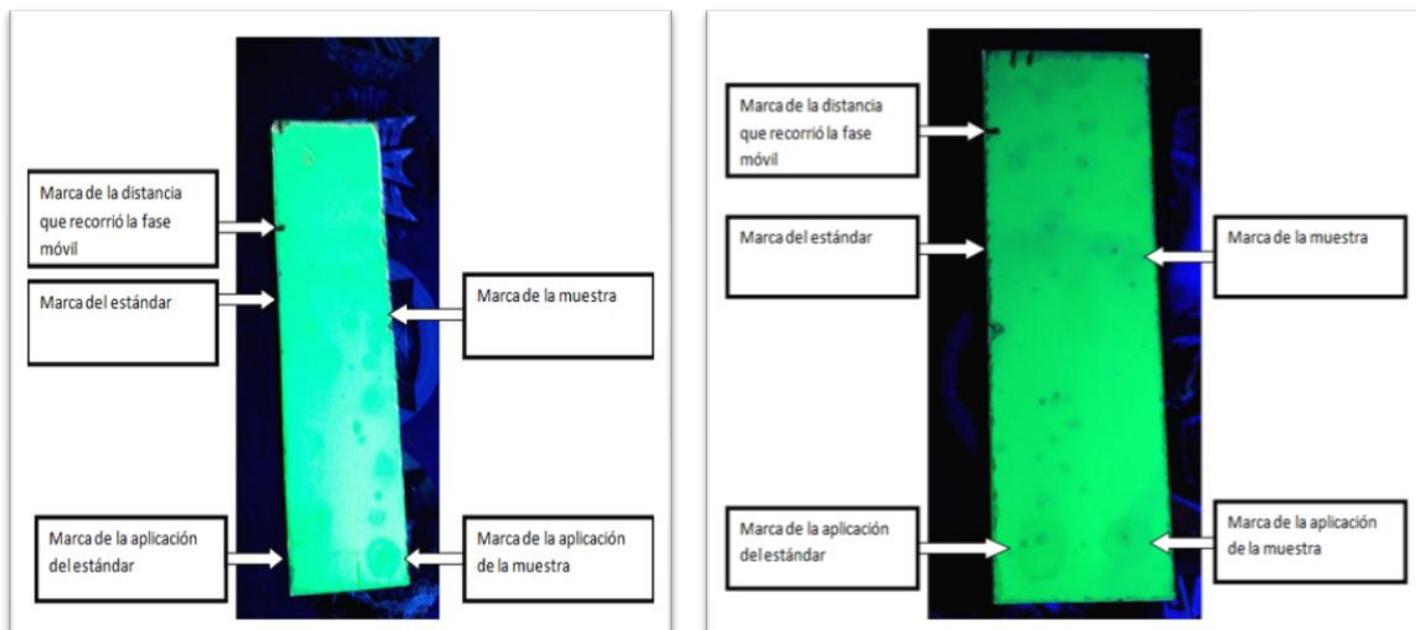


Imagen XVII. Placas 1 y 2 pertenecientes a la muestra de aceite obtenido de 40g de hueso de trucha cocido reveladas en rayos U.V. En la placa uno no se observan de manera nítida las partes.

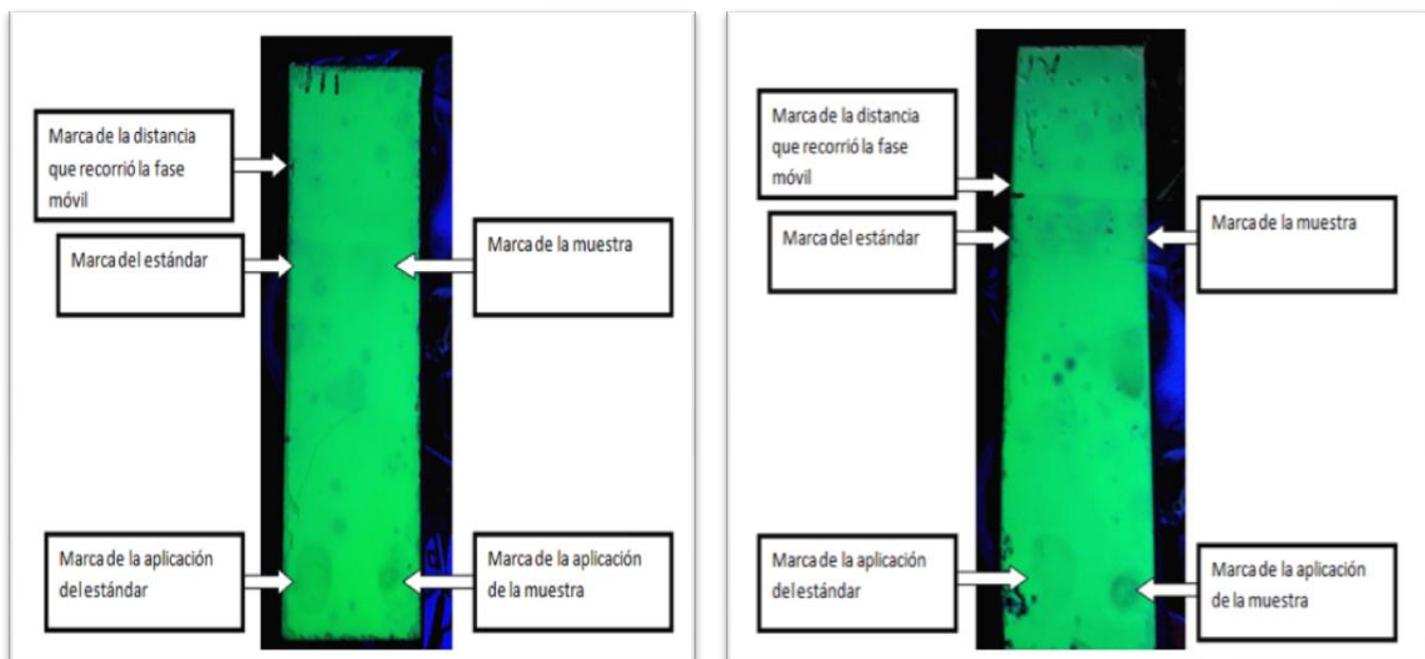


Imagen XVIII. Placas 3 y 4 pertenecientes a la muestra de aceite obtenido de 40g de hueso de trucha cocido reveladas en rayos U.V.

El volumen total de aceite obtenido se muestra en la siguiente tabla: (Tabla VI)

Tipo de Hueso	Volumen obtenido con embudo de 500mL (mL)
Huesos cocinado (40g)	63

Tabla VI. Muestra el volumen obtenido de aceite con la muestra de hueso cocinado y utilizando un embudo de separación de 500mL y 40g de hueso.

Al realizar los cálculos del frente de referencia (RF), estos son los valores obtenidos para cada placa: (Tabla VII)

Placa	Distancia recorrida por la sustancia (mm)	Distancia recorrida por la fase móvil (mm)	Valor del frente de referencia RF (mm)
1	30	40	<u>0.75</u>
2	30.6	40.8	<u>0.75</u>
3	30.7	40.5	<u>0.7580</u>
4	25	30	<u>0.8333</u>
4 (presencia de otro componente en la placa)	17	30	<u>0.566</u>

Tabla VII. Se muestran los valores obtenidos de la distancia recorrida por la sustancia, la distancia recorrida por la fase móvil y su respectivo valor de RF para cada placa.

Análisis de Resultados

En este proyecto se tuvo como objetivo determinar la presencia de aceite Omega 3, así como proponer un método de extracción de dicho aceite en una muestra de huesos de pescado. Para ello se emplearon muestras de trucha arcoíris.

Se consideraron dos tipos de muestras:

- 1) Hueso crudo (proveniente del proceso de fileteado en pescado crudo)
- 2) Hueso cocido (obtenido a partir de pescado cocinado).

El tratamiento de los huesos se realizó de distinta manera para las dos muestras de huesos, para el hueso crudo se optó por limpiarlos con cepillos para poder remover toda la carne que contenían, para que esta no fuera un factor en el rendimiento del aceite ya que la carne contiene también aceites del tipo Omega y por tanto que el aceite obtenido fuera 100% de los huesos. Para el hueso cocido sólo se lavaron con agua para poder remover todos los residuos que contenían y que estos también no interfirieran en el estudio. Ambos tipos de hueso se congelaron, después de quedar completamente limpios, para que al momento de triturarlos fuera más fácil el proceso y así se obtuviese más volumen de hueso para una mejor superficie de esto debido a que al haber más superficie de contacto entre la mezcla de disolventes y los huesos, esto provoca una mejor incorporación del aceite en huesos a la mezcla de disolvente.

Mencionando lo anterior, esto fue un factor que influyó en la cantidad de aceite obtenido, el tipo de hueso que se utiliza. Se emplearon, para este proyecto, una muestra de hueso crudo y una muestra de hueso cocinado; obteniendo un mayor volumen de aceite a partir de la segunda muestra (hueso cocinado) aun empleando un embudo de mayor volumen con ambas muestras. Para el hueso crudo también se obtuvo aceite, pero en menor cantidad comparado con el hueso de tipo cocinado, posiblemente esto se debe a que este fue tratado anteriormente al ser cocinado, haciendo así que este fuese más propenso a liberar el aceite.

Otro factor que se determinó que influye en el experimento es la cantidad de hueso a utilizar para las extracciones. En el ensayo se optó por emplear 20g de hueso crudo y cocinado y como resultado se obtuvieron volúmenes de 32 y 40mL respectivamente. Para las pruebas se optó por el emplear el doble de masa, 40g, para cada una de las muestras de hueso, obteniendo así una mayor cantidad de volumen para poder realizar las pruebas de cromatografía.

De acuerdo con los resultados se determinaron como condiciones de extracción: trabajar con 40g de hueso cocido; realizar tres extracciones en un embudo de

separación de 500 mL cada una, en un lapso de 15 minutos. Con el fin de obtener un mayor rendimiento en la obtención del aceite.

Con respecto a la cromatografía, se decidió utilizar capa fina para que en las placas se pudiera apreciar la marca del estándar de las cápsulas de aceite de omega 3 y la marca de la muestra del aceite obtenido y compararlas a la vista y con el RF y así verificar la presencia de aceite Omega en la muestra de aceite obtenido.

En la cromatografía se aprecia mejor la elución empleando como fase móvil una mezcla de cloroformo: metanol (1:1), comparada con la elución al emplear sólo cloroformo. Cabe mencionar que el cloroformo sí permitió la elución; sin embargo las marcas se mostraban muy tenues, por lo que era necesaria la aplicación de una mayor cantidad de muestra.

En la revelación de las placas, se utilizó la lámpara de rayos UV ya que esta daba una mejor apreciación de las marcas del estándar y de la muestra con respecto a otro método de revelación, como ejemplo, el uso de yodo en solución, el cual manchó toda la placa y no logró observarse de manera definida las marcas. Comparando las placas de las primeras pruebas con las últimas, se notó una mejoría en cuanto a la presencia de aceites Omega en la muestra de aceite obtenida, ya que al fijar ya los parámetros de extracción y de la cromatografía, los resultados fueron favorables para las últimas pruebas, comprobando así, la presencia de aceites Omega en la muestra.

Por tanto, se logró observar que se obtiene una mejor cromatografía empleando una mezcla de disolventes, Cloroformo-Metanol, para diluir el estándar y las muestras debido a que esto hace que el estándar y la muestra sean más polares y se retengan con mayor facilidad en la fase estacionaria y puedan ser identificadas. El uso de la lámpara de rayos UV facilita la identificación de estas en la placa gracias a los dobles enlaces que presentan las estructuras de los aceites Omega, haciendo así que absorban el espectro UV y sean más fáciles de identificar en la placa cromatográfica.

Por último, en la última, se decidió determinar los RF de cada muestra que se obtuvo en esta prueba obteniendo así resultados satisfactorios ya que el valor de la muestra uno a la tres coinciden con el valor de referencia de la literatura que se tiene para el éster del Ácido Linolénico que es de 0.75, por tanto al realizar la cromatografía lo que se logró detectar es el éster del Ácido Linolénico.

Conclusiones

Por medio de extracciones con disolvente y realizando cromatografía en capa fina revelando con lámpara de rayos Ultravioleta, si existe aceite omega en las muestras de hueso de trucha arcoíris.

Las condiciones de extracción que propician el mejor rendimiento en la obtención del aceite Omega son:

- Utilizar muestras de hueso cocido, emplear 40g de muestra,
- Emplear un embudo de separación de 500 mL por cada 40g de muestra,
- Realizar tres extracciones con duración de 15 minutos cada una,
- Emplear tantos 30mL de cloroformo-Metanol 2:1 para cada extracción,

Con este proyecto es posible aprovechar al máximo las propiedades de la trucha arcoíris que se cría y se sirve como alimento en un poblado del Estado de México.

Este estudio sólo propone un método de extracción e identificación de aceite Omega contenido en muestras de hueso de trucha arcoíris; por lo que se sugiere un estudio que permita su cuantificación, dado que con los resultados obtenidos, no fue posible cuantificar.

Lista de referencias consultadas

1. Altieri, M. A. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Nordan-Comunidad, Montevideo. 302 pp. 1999.
2. Ceballos O, Velázquez A. Perfiles de alimentación de peces y crustáceos en los centros y unidades de producción acuícola en México. FAO, Secretaría de Pesca, México D.F. 1988.
3. Betancourt L, Salamanca D y Díaz G J. Evaluación bromatológica y microbiológica y contenido de ácidos grasos omega-3 en dos tipos de ensilaje de víscera de pescado como suplemento alimentario para pollos. Revista de Investigación Universidad de La Salle, México. 37-46 pp. 2003
4. García F. Los ácidos grasos omega-3 de cadena larga en la nutrición clínica. Nutrición Clínica, Chile. 203-216pp. 2007.
5. Simopoulos AP. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. Am J Clin Nutr 54, 438-463 pp. 1991.
6. Kendrick A, Ratledge C. Lipids of selected molds grown for production of n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids. Lipids 27, 15-20 pp. 1992.
7. Sayanova OV, Napier JA. Eicosapentaenoic acid: biosynthetic routes and the potential for synthesis in transgenic plants. *Phytochem* 65, 147-158 pp. 2004.
8. Qiu X. Biosynthesis of docosahexaenoic acid (DHA, 22:6-4,7,10,13,16,19): two distinct pathways. Prost Leuk and Es Fat acids 68, 181-186 pp. 2003.
9. Sinclair AJ, Murphy KJ, Li D. Marine lipids: overview, new insights and lipid composition of lyprinol. Allerg Immunol 32, 261-271 pp. 2000.
10. Martin RE, Flick GJ, Hebard CE y Warrd DR. Chemistry and Biochemistry of marine food products. AVI Publishing Co. Westport, C.T. 356 pp. 1990.
11. Chow KC. *Fatty acids in foods and their health implications*. Marcel Decker; USA. 1045 pp. 1992.
12. Buege DR, Ingham BH, Henderson DW, Watters SH, Borchert LL, Crump PM, Hentgest EJ A Nationwide audit of the composition of pork and chicken cuts at retail. *J. Food Comp. Anal.* 11: 249-261 pp. 1998.

13. Connor WE. Omega-3 essential fatty acids in infant neurological development *Backgrounder 1*: 1-6 pp. 1996.
14. Simopoulos AP. Essential fatty acids in health and chronic disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 70: 560s-569spp. 1999.
15. Hibbeln JR. Essential fatty acids predict biomarkers of aggression and depression. *Pufa Newslett.* 1: 2. 1997.
16. Herpher, B. Nutrición de peces comerciales en estanques. México: Limusa, 405 pp. 1993.
17. Dr. Ortega GA, Dr. Martínez CO, Manual de buenas prácticas de producción acuícola de trucha para la inocuidad alimentaria. México 42-44 pp. 2003.
18. Castro-González MI, Ojeda A, Silencio JL, Cassis L, Ledesma H, Pérez-Gil RF. Perfil lipídico de 25 pescados marinos mexicanos con especial énfasis en sus ácidos grasos n-3 como componentes nutracéuticos. *Arch Latinoamer Nutr.* 54(3):328 pp. 2004.
19. Gaibon M. "Desarrollo tecnológico para procesos de Trucha Arco iris de Humedad"; Tesis #154, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos; Ambato Ecuador 3-5pp. 2004.
20. Durst HD, Gukel GW, Química orgánica experimental, Editorial Reverte, Barcelona 25-50 pp 1982.
21. Castellan GW, Fisicoquímica, Editorial Pearson Education, México, 320 pp 1987.
22. Ander P, Sannessa AJ, Principios de química; Editorial Limusa, México, 452-455 pp 1982.
23. Dupont J. Fats and Oils. En Sadler M (Ed.) *Encyclopedia of Human Nutrition*. Academic Press. USA. pp. 719-729 pp. 1999.
24. Curtis, H, Barnes N, Schnek A. y Flores G. Biología. 6a ed. Madrid: Panamericana, 1496 pp. 2001.

Anexos



Anexo I. Granja piscícola en Ojo de Agua, municipio de Villa Victoria, Estado de México.



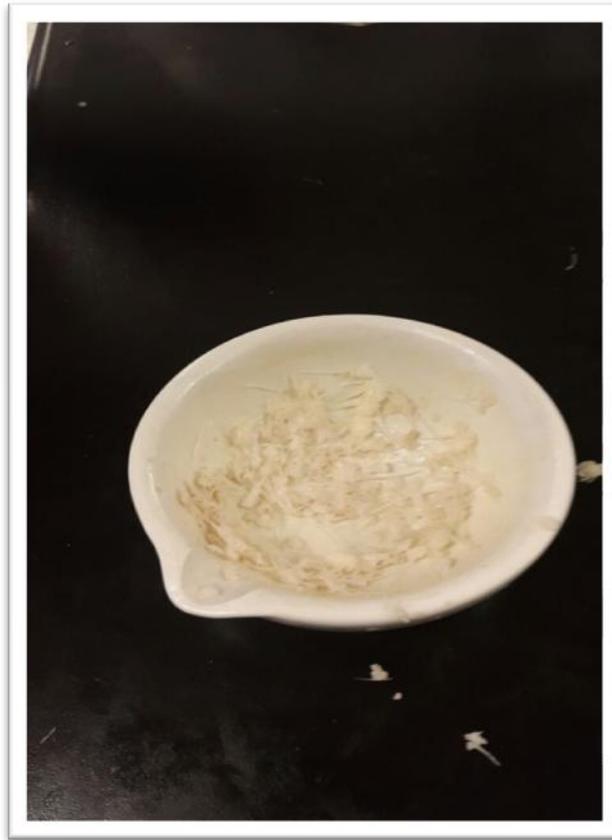
Anexo II. Estanque adecuado para la crianza de Trucha Arcoíris.



Anexo III. Tratamiento de la Trucha Arcoíris antes de su consumo.



Anexo IV. Propietarios y encargados de la Granja piscícola (de izquierda a derecha: Q.F.B. Víctor Hugo Becerra López, Maestra Isabel Garduño Posadas, Victoria Posadas Benítez, Ing. Héctor Garduño Posadas y Leonardo Crescencio Garduño García.



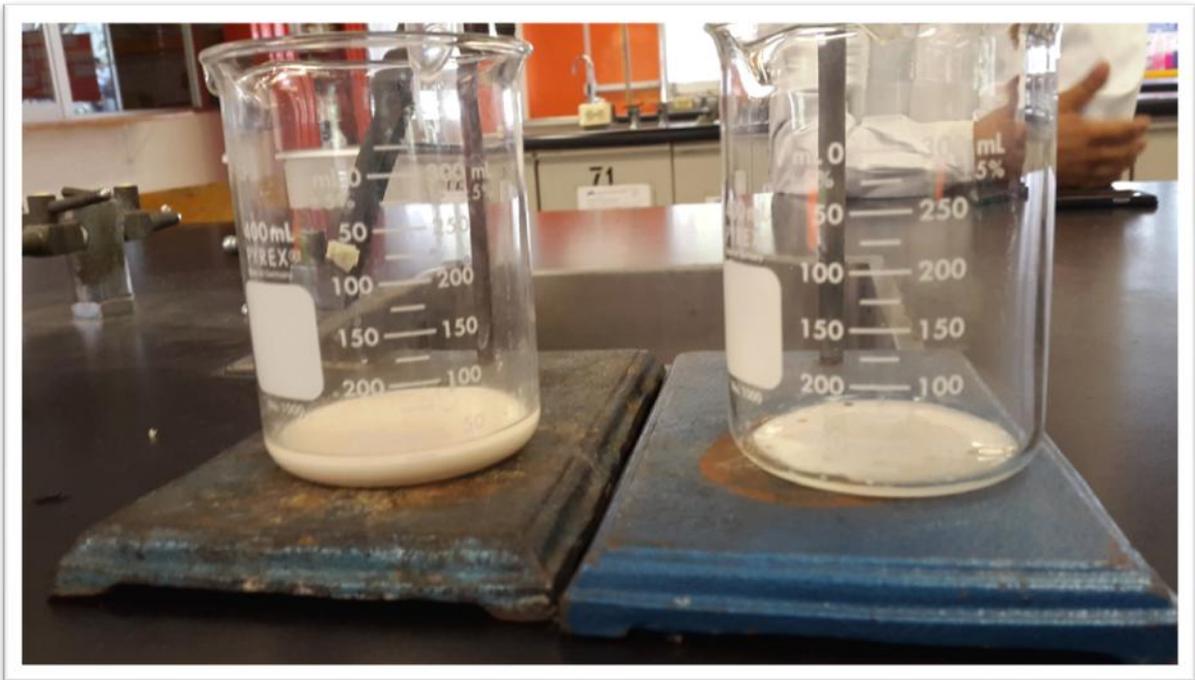
Anexo V. Limpieza y trituración de los huesos.



Anexo VI. Pesado de los huesos.



Anexo VII. Extracción de aceite de los huesos.



Anexo VIII. Aceite obtenido.



Anexo IX. Muestra de los aceites obtenidos y del estándar para la cromatografía en capa fina.



Anexo X. Cromatografía en capa fina.



Anexo XI. Cápsulas de Omega 3,6 y 9 que se emplearon como estándar en la cromatografía en capa fina.