



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
ESCUELA DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

EVALUACIÓN DEL CONTENIDO ENERGÉTICO DEL TEJIDO MUSCULAR DE
SEIS ESPECIES DE PECES DE ALTO CONSUMO EN LA ZONA DE
GUAYACÁN, ESTADO SUCRE.
(Modalidad: Tesis de Grado)

ALEXIS ENRIQUE MENDOZA NAVARRO

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN QUÍMICA

CUMANA, 2012

EVALUACIÓN DEL CONTENIDO ENERGÉTICO DEL TEJIDO MUSCULAR DE
SEIS ESPECIES DE PECES DE ALTO CONSUMO EN LA ZONA DE
GUAYACÁN, ESTADO SUCRE.

APROBADO POR:



Haydelba D'Armas, PhD.

Asesora



Dra. Maj Britt Mostue

Jurado Principal



Manuel Centeno Coll, PhD.

Jurado Principal

DEDICATORIA

A:

Dios y la Virgen, por darme mucha fuerza por aguantar estos años de estudios y ayudarme a superar esta meta, que gracias a él sobre todas las cosas hoy estoy logrando.

Mi padre Alexis, que aunque no está hoy conmigo se que en donde esté, estará muy orgulloso de mi por formarme y hacerme el hombre que soy hoy en día, y que donde este, se que saltando de alegría como en su momento lo fue. Papá te amo donde estés.

Mi madre Evelyns, sin ella no hubiera logrado esta meta, porque en todo momento estuvo presente, apoyándome, regañándome y ayudándome de que nada me faltara, pero sobre todas las cosas me daba fuerza y energía para levantarme el otra día y decir si puedo seguir y nunca rendirme para lograr mis sueños; así que este gran titulo mamá es tuyo.

Mi hermana Daniela, por ayudarme a elegir esta carrera que hoy en día con gran entusiasmo estoy culminando, esto va por ti hermana, te quiero mucho y sabes que siempre vas a contar conmigo, aunque a veces no te lo demuestre.

Mi amor bello, Marylín. Le doy gracias a la vida cada día por conocerte y dejar que entraras en mi vida, has estado conmigo en las buenas y malas, me has enseñado cosas que antes ni sabía, pero sobre todo gracias por estar ahí siempre que te necesito, te amo y lo sabes, y esta meta es tuya también porque sin tu amor, ayuda, apoyo y comprensión no hubiera alcanzado este tesoro soñado por muchos años. Esto va para ti también amor mío.

Mis tíos, Judith Mendoza, Carlos Mendoza y Rafael Mendoza, que sin su apoyo y ayuda hoy no hubiera alcanzado esta meta, esto también va para ustedes tíos, dios los bendiga siempre.

Mis mascotas que siempre me alegran la vida, pero muy especial a la perrita que me acompaño en todo lo largo de esta carrera llenándome los días de alegría, sé que donde estés, junto con mi papá, estás contenta también y poniendo esos ojitos chinitos

cada vez que yo llegaba, te quiero mucho *mi Pirulita.*

AGRADECIMIENTO

A:

La Universidad De Oriente y al Departamento de Química por enseñarme y formarme profesionalmente.

La Dra. Haydelba D'Armas, por brindarme su cariño, apoyo y comprensión, ella sabe que es como una madre para mí y aunque siempre me regañaba porque no tenía la tesis a tiempo, bueno querida aquí esta lista, también es muy especial esto para usted.

Los profesores, Maj Britt Mostue, Doris Bruzco, Francisco López, Luisa Rojas, Rita Tenia, Oscar Crescente, Félix Bravo, Marcos Loroño, Ernesto Bastardo, Blanca Rojas, Euclides Velazco, Gustavo Liendo, Carlos Hurtado, entre otros, sé que se me escapan más de uno, pero gracias también a todos ustedes por demostrarme lo maravilloso de la química.

La Dra. Sara Pekerar, del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, por toda la colaboración prestada en cuanto a los análisis de RMN de ^{13}C .

La Dra. Mairin Lemus, por la colaboración prestada en la recolección de las muestras, a través del Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán.

La Universidad Central de Venezuela (UCV), en especial a la *Dra. María Ranaudo*, por su gran colaboración para el análisis de las muestras por TLC-FID (Iatroscan).

Al personal del laboratorio de Cromatografía de gases-espectrometría de masa del Departamento de Química de la *Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)*.

La Lcda. Marylín Neyra, que siempre me ayudo y me apoyo en todos mis proyectos, trabajos y metas.

Mis compañeros de estudio que siempre confiaron en mí, Moisés, Rafael, José, Juancho, Natiana, Rosanny, Yolimar, Ana, Berenice, Jesli, Jesusa, Jesús Gómez, Felianny, Enrique, y si me falta alguno en verdad discúlpenme, pero gracias a ustedes también.

Mis compañeros y hermanos de laboratorio Victoria, Nirosqi, Adriana, Raul, Fátima, Carmen, Yetsi, Laurenys, Miguel, Julineth, Jean Paul, Brimar, Aydin.

Los técnicos Simón, Roseline, Lirismar, Moraima, Hernán y Luis, por todas sus orientaciones en los laboratorios.

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE	VII
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE ABREVIATURAS	XI
RESUMEN	XII
INTRODUCCIÓN	1
METODOLOGÍA	15
MUESTREO	15
ANÁLISIS LIPÍDICO	15
Extracción de los lípidos totales (31)	15
Esterificación de los ácidos grasos (32)	16
Identificación y cuantificación de los ácidos grasos (33)	16
Identificación y cuantificación de los lípidos por TLC/FID-Iatroscan (34)	17
Identificación de los lípidos por RMN- ¹³ C	18
DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE PROTEÍNAS (35)	18
DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CARBOHIDRATOS (36)	18
DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE HUMEDAD Y CENIZAS (37)	19
EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL CONTENIDO LIPÍDICO	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
Determinación cuantitativa de lípidos totales	20
Análisis del contenido lipídico	22
Análisis de los lípidos por TLC/FID (Iatroscan)	22
Identificación de los lípidos por la técnica de RMN de ¹³ C	26
Análisis de los ácidos grasos	30
Determinación de proteínas totales	36
Determinación de carbohidratos totales	39
Determinación de humedad y cenizas	42
Resumen energético	46
CONCLUSIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	51
LISTA DE APÉNDICES	55
APÉNDICES	58
HOJA DE METADATOS	77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Algunos ácidos grasos saturados e insaturados que se encuentran en la naturaleza.....	7
Tabla 2. Porcentaje de lípidos totales de las seis especies de peces recolectadas.	21
Tabla 3. Análisis de varianza del contenido de lípidos totales de los peces estudiados..	21
Tabla 4. Porcentajes promedio de los diferentes lípidos de los peces <i>H. steindachneri</i> , <i>O. ruber</i> , <i>H. striatum</i> , <i>T. lathami</i> , <i>C. crysos</i> y <i>E. plumieri</i> recolectados en la población de Guayacán, estado Sucre.	23
Tabla 5. Contraste de rango múltiple entre las diferentes clases de lípidos y las seis especies de peces recolectadas.....	25
Tabla 6. Desplazamientos químicos (δ_c) ^a y asignaciones RMN ¹³ C del extracto lipídico de los peces <i>O. ruber</i> , <i>H. steindachneri</i> , <i>H. striatum</i> , <i>T. lathami</i> , <i>C. crysos</i> y <i>E. plumieri</i> , provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.....	27
Tabla 7. Composición porcentual de los ácidos grasos saturados en los lípidos totales de <i>O. ruber</i> , <i>H. steindachneri</i> y <i>T. lathami</i> , provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.....	30
Tabla 8. Composición porcentual de los ácidos grasos monoinsaturados en los lípidos totales de <i>O. ruber</i> , <i>H. steindachneri</i> y <i>T. lathami</i> , provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.	32
Tabla 9. Composición porcentual de los ácidos grasos poliinsaturados en los lípidos totales de <i>O. ruber</i> , <i>H. steindachneri</i> y <i>T. lathami</i> , provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.	33
Tabla 10. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de proteínas (% de muestra) de las especies en estudio.	38
Tabla 11. Análisis de varianza del contenido de proteínas (% de muestra) de los peces estudiados.....	39
Tabla 12. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de carbohidratos (% de muestra) de las especies en estudio.....	40
Tabla 13. Análisis de varianza del contenido de carbohidratos (% de muestra) de los peces estudiados.....	41
Tabla 14. Análisis de varianza del contenido de Humedad (% de muestra) de los peces estudiados.....	42
Tabla 15. Análisis de varianza del contenido de humedad (% de muestra) de los peces estudiados.....	43
Tabla 16. Porcentaje de cenizas de las seis especies de peces recolectadas.....	44
Tabla 17. Análisis de varianza del contenido de cenizas (% de muestra) de los peces estudiados.....	45
Tabla 18. Porcentajes de lípidos totales, proteínas totales, carbohidratos totales, humedad y cenizas presentes en las especies <i>H. steindachneri</i> , <i>O. ruber</i> , <i>H. striatum</i> , <i>T.</i>	

lathami, *C. crysos* y *E. plumieri* recolectadas en la población de Guayacán estado Sucre.
.....46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Molécula de triacilglicerol.....	2
Figura 2. Hidrólisis de los triacilgliceroles.....	3
Figura 3. Estructura general de un fosfolípido.....	4
Figura 4. Estructuras del colesterol y éster de colesterol.....	5
Figura 5. Estructura de un ácido graso saturado (AGS).....	6
Figura 6. Estructuras de ácidos grasos insaturados. (a) Ácido graso monoinsaturado.....	6
(b) Ácido graso poliinsaturado.....	6
Figura 7. Estructura del ácido linolénico (18:3 ω -3), indicándose las diferentes formas de enumerar a los ácidos grasos.....	7
Figura 8. Etapas metabólicas de la biosíntesis de ácidos grasos ω -6 y ω -3 a partir de sus precursores.....	8
Figura 9. Estructura de ácidos grasos poliinsaturados ω -3: (a) Ácido eicosapentaenoico (EPA), (b) Ácido docosahexaenoico (DHA).....	9
Figura 10. <i>Haemulon steindachneri</i>	11
Figura 11. <i>Orthopristis ruber</i>	11
Figura 12. <i>Haemulon striatum</i>	12
Figura 13. <i>Trachurus lathami</i>	12
Figura 14. <i>Caranx crysos</i>	12
Figura 15. <i>Eugerres plumieri</i>	13
Figura 16. Zona de muestreo, Guayacán de la Península, estado Sucre.....	15
Figura 17. Variación de la composición lipídica de los peces <i>H. steindachneri</i> , <i>O. ruber</i> , <i>H. striatum</i> , <i>T. lathami</i> , <i>C. crysos</i> y <i>E. plumieri</i> recolectadas en la población de Guayacán estado Sucre.....	24
Figura 18. Estructuras de los ácidos palmítico (16:0) y linoléico (18:2 ω -6).....	27
Figura 19. Estructura de una lecitina.....	28
Figura 20. Estructura de un triacilglicerol.....	28
Figura 21. Estructura del ácido linolénico.....	29
Figura 22. Estructura del ácido esteárico (18:0).....	29
Figura 23. Porcentajes de AGS más importantes en <i>O. ruber</i>	31
Figura 24. Porcentajes de AGS más importantes en <i>H. steindachneri</i>	32
Figura 25. Porcentajes de AGS más importantes en <i>T. lathami</i>	32
Figura 26. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en.....	34
Figura 27. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en.....	35
<i>H. steindachneri</i>	35
Figura 28. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en <i>T. lathami</i>	35
Figura 29. Curva de calibración para la determinación de las proteínas totales en cada una de las especies en estudio.....	37
Figura 30. Curva de calibración para la determinación de carbohidratos en cada una de las especies en estudio.....	40
Figura 31. Distribución porcentual del contenido energético de las seis especies de peces en estudio.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS

AGL: Ácidos grasos libres.
AGI: Ácidos grasos insaturados.
AGMI: Ácidos grasos monoinsaturados.
AGPI: Ácidos grasos poliinsaturados.
AGS: Ácidos grasos saturados.
ANDEVA: Análisis de varianza.
CG-L: Cromatografía de Gas-Líquido.
COL: Colesterol.
DHA: Ácido docosahexaenoico.
EPA: Ácido eicosapentaenoico.
ESC: Ésteres de colesterol.
FLP: Fosfolípidos.
HDL: Lipoproteínas de alta densidad.
LDL: Lipoproteínas de baja densidad.
LMT: Límites máximos tolerables de ingesta.
NI: No identificado.
ND: No detectado.
RMN-¹³C: Resonancia magnética nuclear de carbono-13.
TAG: Triacilgliceroles.
TLC-FID: Cromatografía de capa fina acoplada a un detector de ionización en llama.
TMS: Tetrametilsilano.

RESUMEN

Los lípidos totales de seis peces; cherechere (*Haemulon steindachneri*), corocoro (*Orthopristis ruber*), cují (*Haemulon striatum*), cataco (*Trachurus lathami*), cojinúa (*Caranx crysos*) y mojarra (*Eugerres plumieri*), provenientes de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre, se obtuvieron a través de procedimientos de extracción del tejido muscular de los mismos, y por gravimetría se determinó el porcentaje de éstos en los tejidos de estas especies. El contenido de lípidos totales entre estos organismos fluctuó entre 0,530 y 1,50%. La especie *O. ruber* fue la de mayor potencial energético. Según TLC/FID, los lípidos de los peces estudiados fueron en su mayoría fosfolípidos (66,1 y 90,8 %) y en menor grado triacilgliceroles (6,8 y 34,0 %). Los espectros de RMN de ^{13}C mostraron la presencia de los diferentes tipos de lípidos: ácidos grasos libres, fosfolípidos y triacilgliceroles. En la identificación de ácidos grasos por cromatografía de gas-líquido, para las especies de *O. ruber*, *T. lathami* y *H. steindachneri*, se determinó que el mayor porcentaje de ácidos grasos corresponde a los saturados, con un 69, 75 y 73%, respectivamente, siendo los ácidos mirístico (14:0), palmítico (16:0) y esteárico (18:0) los más abundantes; y, en menor proporción, los ácidos grasos poliinsaturados: los ácidos linolénico (ALA, 18:3 ω -3), eicosapentaenoico (EPA, 20:5 ω -3) y docosahexaenoico (DHA, 22:6 ω -3). Las proteínas fluctuaron entre 13,9 y 21,4%, donde *H. striatum* y *H. steindachneri* fueron las especies con menor y mayor contenido proteico, respectivamente. Los carbohidratos oscilaron entre 45,3 y 52,1%, registrándose los valores más bajos para el *H. steindachneri*; el contenido de humedad varió entre 15,2% para *H. striatum* y 20,1% para *T. lathami*, y para el de cenizas entre 0,91% para *H. steindachneri* y 1,4% para los peces *E. plumieri* y *C. crysos*.

INTRODUCCIÓN

Los metabolitos primarios son las biomoléculas constituyentes de todos los seres vivos. Éstos pueden ser tanto inorgánicos como orgánicos. Las biomoléculas inorgánicas no son formadas por los seres vivos, pero son imprescindibles para ellos, como el agua, los gases (oxígeno, dióxido de carbono), las sales inorgánicas, aniones como fosfato (HPO_4^-), bicarbonato (HCO_3^-) y cationes como el amonio (NH_4^+), mientras que las biomoléculas orgánicas son sintetizadas solamente por los seres vivos. Éstas están constituidas principalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y, con frecuencia, están también presentes nitrógeno, fósforo y azufre. Otros elementos son, a veces, incorporados, pero en menor proporción. Las biomoléculas orgánicas pueden agruparse en cuatro grandes tipos como lo son: glúcidos, proteínas, ácidos nucleicos y lípidos (1).

Los lípidos están constituidos, principalmente, por carbono e hidrógeno y en menor medida oxígeno. Están formados por cadenas alifáticas saturadas o insaturadas, en general lineales, pero algunos tienen anillos (aromáticos) y alifáticos. Algunos son flexibles, mientras que otros son rígidos o semiflexibles hasta alcanzar casi una total flexibilidad molecular; algunos comparten carbonos libres y otros forman puentes de hidrógeno. La mayoría tiene carácter anfifático, con algún tipo de carácter polar, además de poseer una gran parte apolar o hidrofóbica (2).

Estos se clasifican en dos grandes grupos, según posean en su estructura ácidos grasos (lípidos saponificables), o no los posean (lípidos insaponificables). Los lípidos saponificables deben su nombre a que producen jabones por hidrólisis alcalina, la cual se viene realizando desde la antigüedad cuando las tribus germánicas del Cesar hervían sebo de cabra con potasa obtenida por lixiviación de las cenizas del fuego de leña, y además este tipo de reacciones comprenden a los acilgliceroles, céridos, fosfolípidos y glucolípidos, que sólo difieren en la estructura de los esqueletos de los ácidos grasos a los que se hallan unidos por covalencia (3).

Para el caso de los fosfolípidos y glucolípidos, éstos son los componentes principales de todas las membranas celulares, mientras que los acilgliceroles, específicamente los triacilgliceroles, son considerados cuantitativamente la clase de

lípidos más importante; todas las grasas y aceites de origen animal y vegetal están formados casi por completo de éstos (4). Los lípidos insaponificables se caracterizan por no tener ácidos grasos, entre los cuales se encuentran los terpenos, esteroides y prostaglandinas, los cuales constituyen un grupo muy heterogéneo en términos de estructura y función entre los llamados lípidos derivados, y sólo se asemejan por el hecho de que su biosíntesis puede rastrearse hasta los átomos de carbono derivados de ácidos grasos (5).

Para conocer un poco más sobre los diferentes tipos de lípidos se requiere una explicación más detallada sobre éstos, tomando en cuenta su estructura química, sus funciones y su importancia en la presente investigación. Por tal motivo, se presenta un análisis sobre diferentes tipos de lípidos a continuación:

Triacilgliceroles

Los triacilgliceroles (Figura 1), también llamados aceites o grasas neutras por la ausencia de carga en sus moléculas, son triésteres formados por tres moléculas de ácidos grasos y una molécula de glicerol (6, 7). En la naturaleza, la proporción de moléculas de triacilgliceroles que contienen el mismo residuo de ácido graso en las tres posiciones esterificadas es muy pequeña, por lo que casi todos son acilgliceroles mixtos (6).

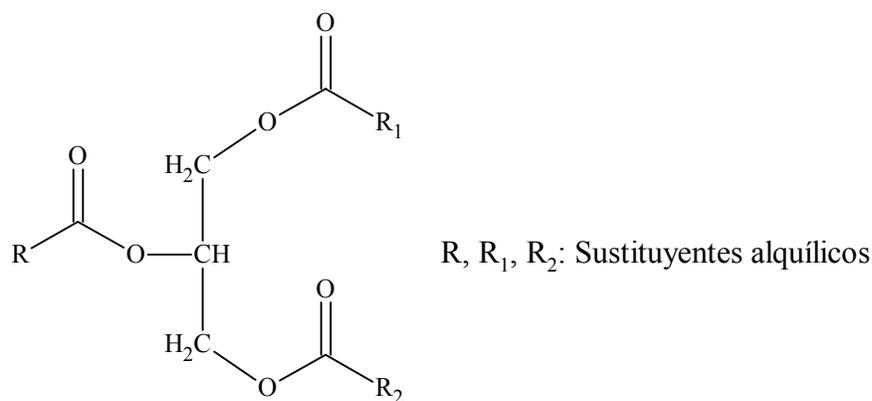
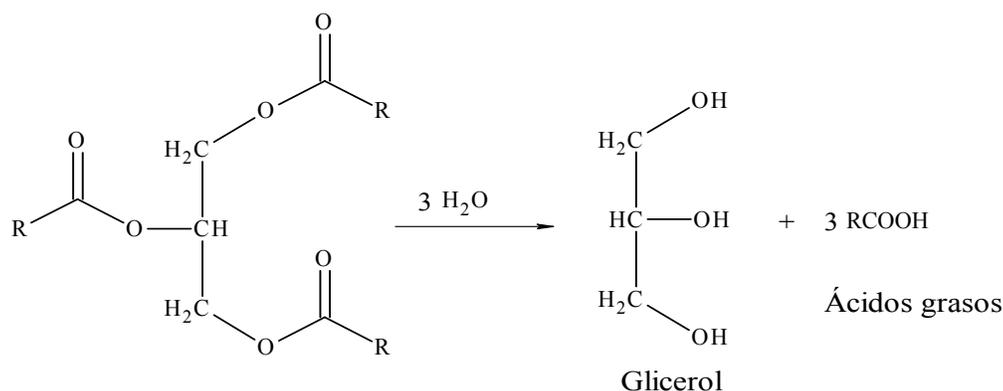


Figura 1. Molécula de triacilglicerol.

La función principal de los triacilgliceroles en los animales es servir como reservorios de energía, por lo que constituyen la más abundante clase de lípidos si se tiene en cuenta que no son componentes de las membranas.

Los triacilgliceroles se almacenan en forma prácticamente anhidra, dando origen a glóbulos en los adipositos. Su hidrólisis (Figura 2), por lipasas o álcalis, libera ácidos grasos, cuya oxidación posterior genera aproximadamente dos veces más energía que la oxidación de una masa similar de carbohidratos o proteínas.



R: Sustituyentes alquílicos

Figura 2. Hidrólisis de los triacilgliceroles.

Fosfolípidos

Los fosfolípidos (Figura 3), son un amplio grupo de lípidos complejos que tienen un grupo fosfato como característica estructural común. Por ello, son moléculas anfipáticas, con una zona apolar formada por las colas de los ácidos grasos y otra polar constituida por el grupo fosfato y algún otro componente específico del tipo de fosfolípido. Están especialmente diseñados para formar la bicapa lipídica constitutiva de las membranas biológicas, aunque también pueden cumplir otras funciones como agentes tensioactivos (6, 8).

Casi todos los fosfolípidos se derivan del ácido fosfatídico al cual se esterifican, en el ácido fosfórico, uno de los siguientes alcoholes: etanolamina, serina, colina, glicerol o inositol.

Los fosfolípidos más abundantes en las plantas superiores y en los animales son la fosfatidiletanolamina (cefalina) y fosfatidilcolina (lecitina), que contienen como grupo

X a los amino- alcoholes, etanolamina y colina, respectivamente (Figura 3). Estos dos fosfolípidos se hallan relacionados metabólicamente y son los componentes lipídicos principales de la mayoría de las membranas en células animales (6).

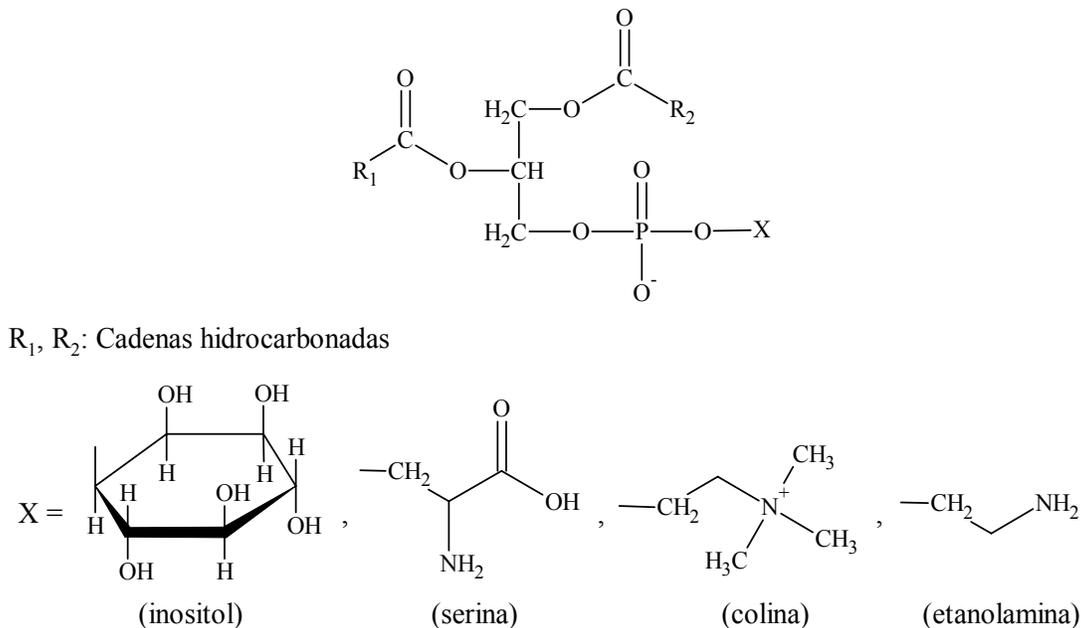


Figura 3. Estructura general de un fosfolípido.

Colesterol y ésteres de colesterol

El colesterol ó 3-hidroxi-5,6-colestano (Figura 4), es un esteroide de 27 átomos de carbono cuyo grupo hidroxilo adopta configuración β . Aunque se encuentra en ciertas algas, se considera como un esteroide típicamente animal, donde puede existir de forma libre o esterificada (ésteres de colesterol, Figura 4). Este esteroide abunda en el tejido nervioso, pero se encuentra en las células de todos los tejidos y en el plasma como componente de las lipoproteínas (6).

El colesterol es quizás el esteroide mejor conocido debido a su relación con la aterosclerosis. No obstante, su importancia también se debe a que es el precursor de un gran número de esteroides igualmente importantes que incluyen ácidos grasos biliares, hormonas suprarrenales, hormonas sexuales, vitaminas D, glucósidos cardiacos, sitosteroles del reino vegetal y algunos alcaloides (8).

Ácidos grasos y sus propiedades

Los ácidos grasos son compuestos orgánicos que contienen una larga cadena hidrocarbonada (generalmente sin ramificaciones) y un grupo carboxílico terminal. Aunque raramente se encuentran libres, éstos y sus derivados forman parte de la inmensa mayoría de los lípidos. Se ha demostrado que su oxidación constituye un medio importante para la producción de energía metabólica. Además, la importante separación de las células y de las estructuras subcelulares en compartimientos acuosos separados se consigue mediante el uso de membranas cuyas características hidrofóbicas son debidas, en gran parte, a las porciones de ácidos grasos de los lípidos (8).

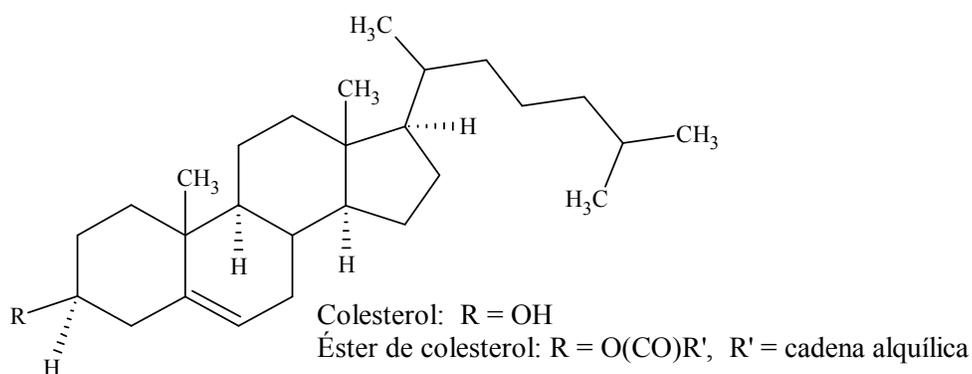


Figura 4. Estructuras del colesterol y éster de colesterol.

En los seres vivos, los ácidos grasos suelen tener un número par de átomos de carbono, generalmente entre 14 y 24, siendo los más comunes los ácidos grasos de 16 y 18 carbonos. De acuerdo con sus características estructurales, se pueden dividir en dos grandes grupos: ácidos grasos saturados (AGS) y ácidos grasos insaturados (AGI). Los ácidos grasos saturados son los que carecen de dobles o triples enlaces en su cadena alquílica (Figura 5), lo cual les permite cristalizar fácilmente por lo que, a partir de 10 carbonos, son sólidos a temperatura ambiente (6).

Los ácidos grasos insaturados son aquéllos que presentan uno o más dobles enlaces en su cadena hidrocarbonada, por lo general con configuración de tipo *cis* y separados al menos por un grupo metilo (Figura 6). Si solo contienen un doble enlace se les denominan ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) o monoenoicos y cuando contienen dos o más dobles enlaces se le clasifican como ácidos grasos poliinsaturados

(AGPI) o poliénoicos. En los ácidos grasos insaturados, la presencia de enlaces dobles dificulta la formación de cristales, por lo que estas grasas tanto monoinsaturadas como poliinsaturadas son aceites a temperatura ordinaria.

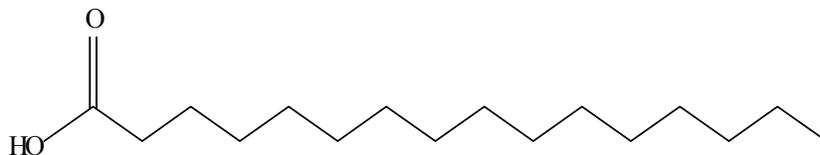
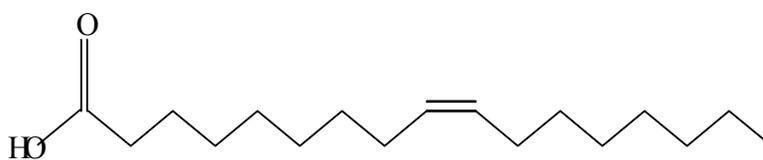
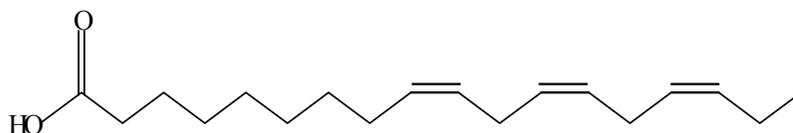


Figura 5. Estructura de un ácido graso saturado (AGS).



(a). AGMI.



(b). AGPI.

Figura 6. Estructuras de ácidos grasos insaturados. (a) Ácido graso monoinsaturado
(b) Ácido graso poliinsaturado.

El nombre sistemático para un ácido graso deriva de su hidrocarburo de origen por sustitución de la “o” final por la terminación “oico”. A continuación, en la Tabla 1, se muestran algunos de los ácidos grasos saturados e insaturados que se encuentran en la naturaleza (6).

En el sistema IUPAC para nombrar a los ácidos grasos, se denomina C-1 al carbono carboxílico y los restantes se enumeran sucesivamente (nomenclatura Δ). En el sistema de nomenclatura vulgar, el carbono adyacente al carbono carboxílico se le denomina C- α y a los restantes β , γ , δ , etc.; en función a la distancia del carbono carboxílico siendo C- ω , el más alejado. También existe un sistema de numeración para los ácidos grasos con insaturaciones, sistema n u ω -x; donde el carbono del grupo carboxilo es el número uno, y el carbono "alfa" es el carbono adyacente (el carbono

número 2). El carbono metilo terminal "omega", corresponde al último carbono en la cadena, porque la letra omega es la última letra del alfabeto griego, la cuantificación se inicia en el extremo alquilo y "x" denota el número de átomos de carbono que hay entre el último doble enlace y el grupo metilo terminal. En la Figura 7, se ejemplifican las diferentes formas de enumerar los ácidos grasos, donde la numeración en negro corresponde al sistema IUPAC y la numeración en azul al sistema ω -x (8).

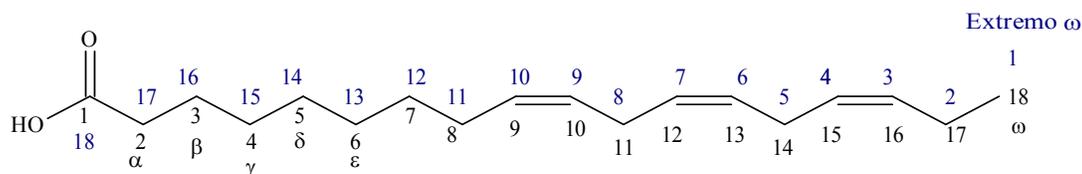


Figura 7. Estructura del ácido linolénico (18:3 ω -3), indicándose las diferentes formas de enumerar a los ácidos grasos.

Tabla 1. Algunos ácidos grasos saturados e insaturados que se encuentran en la naturaleza.

Designación taquigráfica	Nombre común	Nombre sistemático	Familia
8:0	Caprílico	Octanoico	-----
10:0	Cáprico	Decanoico	-----
12:0	Láurico	Dodecanoico	-----
14:0	Mirístico	Tetradecanoico	-----
16:0	Palmítico	Hexadecanoico	-----
18:0	Estearico	Octadecanoico	-----
20:0	Araquídico	Eicosanoico	-----
24:0	Lignocérico	tetracosanoico	
16:1	Palmitoleico	<i>cis</i> -9-hexadecenoico	
18:1	Oleico	<i>cis</i> -9-octadecenoico	ω -9
18:2	Linoleico	9,12-octadecadienoico	ω -6
18:3	α -linolénico	9,12,15-octadecatrienoico	ω -3
18:3	β -linolénico	6,9,12-octadecatrienoico	ω -6
20:4	Araquidónico	5,8,11,14-eicosatetraenoico	ω -6
20:5	Timnodónico(AEP)	5,8,11,14,17-eicosapentaenoico	ω -3
22:4	Adrénico	7,10,13,16-docosatetraenoico	ω -6
22:5	Cuplanodónico	7,10,13,16,19-docosapentaenoico	ω -3
22:6	Cervónico(ADH)	4,7,10,13,16,19-docosaheptaenoico	ω -3

En los AGI existen cuatro principales familias ω , las ω -3, ω -6, ω -7 y ω -9, y en los animales las transformaciones entre ácidos por extensión de la cadena siempre producen otro de la misma familia o de otra con distancia mayor, pero no menor. De éstas, las dos primeras familias, ω -3 y ω -6, se forman respectivamente, a partir de los ácidos linolénico y linoleico (Figura 8) y se consideran ácidos grasos esenciales para el hombre (6, 8). Se ha evidenciado que una dieta basada en aceites provenientes de especies marinas, principalmente peces y moluscos, reduce los niveles de triacilgliceroles, colesterol y lipoproteínas de baja densidad (LDL) en el plasma humano; efecto que se le atribuye a la presencia de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), primordialmente los ácidos eicosapentaenoico (EPA) (Figura 9a) y docosahexaenoico (DHA) (Figura 9b), pertenecientes a la familia ω -3 (9,10).

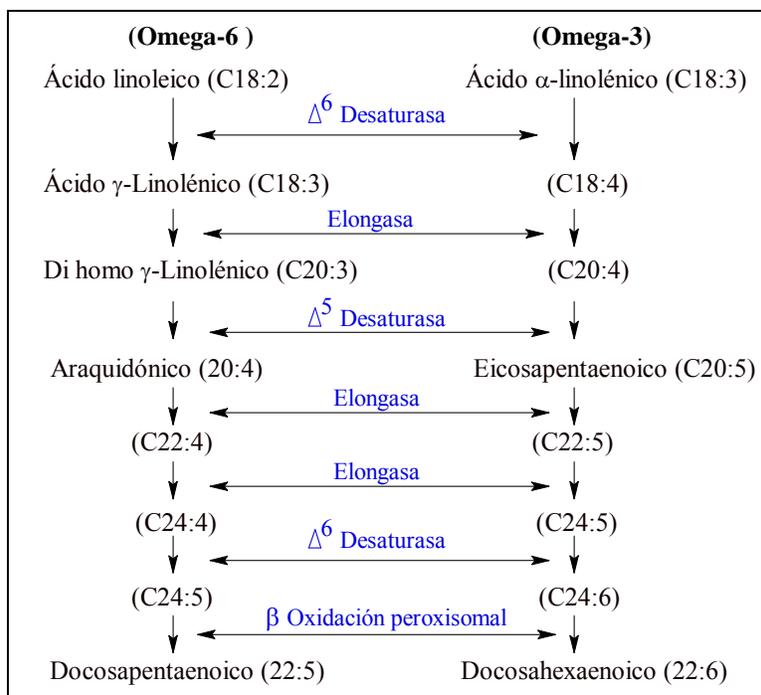


Figura 8. Etapas metabólicas de la biosíntesis de ácidos grasos ω -6 y ω -3 a partir de sus precursores.

Los ácidos grasos ω -3 se consideran esenciales para los seres humanos debido a que desempeñan importantísimas funciones biológicas y el organismo es incapaz de

sintetizarlo, por lo tanto deben ser suministrados a través de la dieta. Es por ello que, actualmente, el estudio de los ácidos ω -3 es motivo de interés, ya que los mismos juegan un papel muy importante en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares y, también, en problemas inflamatorios y en el crecimiento de tumores (11, 12).

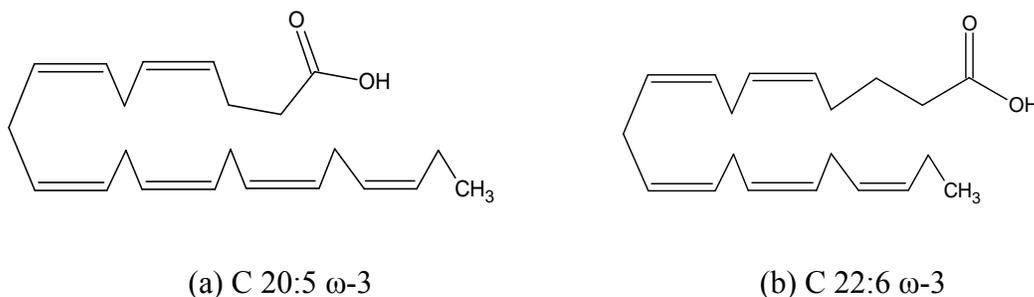


Figura 9. Estructura de ácidos grasos poliinsaturados ω -3: (a) Ácido eicosapentaenoico (EPA), (b) Ácido docosahexaenoico (DHA).

La determinación analítica de los ácidos grasos puede llevarse a cabo por cromatografía en fase gaseosa, previa formación de sus ésteres metílicos, más volátiles y más inertes que los ácidos grasos libres. Una de las ventajas de la técnica es su extrema sensibilidad que permite separar mezclas de cantidades muy pequeñas (6, 13). La cromatografía de gases ha sido empleada en diversos estudios sobre la composición de ácidos grasos en especies marinas, donde ha arrojado excelentes resultados, evidenciando su efectividad y rapidez para la separación de mezclas complejas de ácidos grasos (14, 15). Por esta razón, se empleó esta técnica para la determinación de los ácidos grasos presentes en los lípidos de los peces en estudio.

La mayoría de los lípidos mencionados anteriormente, tienen una función relevante, ya que representan la mayor parte de los depósitos de alimentos productores de energía en el organismo, son necesarios y siempre están presentes en el cuerpo, independientemente de la textura (16).

Los alimentos que contienen estos lípidos, se pueden clasificar según su abundancia relativa en:

1. Ácidos grasos saturados: manteca, tocino, mantequilla, nata, yema de huevo, carne magra, leche y aceite de coco.

2. Ácidos grasos insaturados: aceite (oliva y de semillas), frutos secos (maníes, almendras), aguacate, pescados, moluscos, entre otros.
3. Ácidos grasos esenciales: linoleico (aceites de maíz, girasol, soja y carne de cerdo) y linolénico (en aceites vegetales).
4. Fosfolípidos: carnes y huevos (lecitina).
5. Colesterol: sesos de ternera, yema de huevo, riñón e hígado de cerdo y carne de ternera (4).

Entre todos estos alimentos, la carne del pescado se encuentra entre las más consumidas a nivel mundial y está constituida principalmente por: agua, proteínas y lípidos. Los hidratos de carbono, vitaminas y minerales se hallan en menor cantidad, aunque juegan un papel muy importante desde el punto de vista nutritivo.

Los lípidos que se encuentran en esta carne presentan las grasas más insaturadas del reino animal. Son fuente importante y casi única de AGP de cadena larga de la familia ω -3 (aquéllos que tienen el primer doble enlace en el carbono 3, contando desde el metilo terminal), debido a la gran cantidad de estos ácidos grasos que tienen las algas marinas y *plancton* que consumen los peces. Los ácidos eicosapentanoico (EPA) y docosahexanoico (DHA), característicos de la grasa del pescado, son precursores de sustancias con una importante acción antitrombótica y antiinflamatoria y, por tanto, con repercusión positiva en enfermedades cardiovasculares (7).

La localidad donde se focaliza esta investigación, es la de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre (Venezuela) donde los ecosistemas costeros brindan una combinación de un ambiente xerófilo al frente del mar Caribe, con un complejo lagunar espectacular. El ecosistema costero de Guayacán, representa un importante recurso natural del estado Sucre, principalmente, para las actividades pesqueras. En este caso se hará énfasis en seis especies de peces de alto consumo en esta localidad, los cuales son:

Cherechere (*Haemulon steindachneri*) es una especie de pez de la familia de los Haemulidae del orden Perciformes (Figura 10). Los machos pueden alcanzar los 30 centímetros de longitud total y pueden vivir hasta 9 años. Se encuentra en el Atlántico

occidental (desde Panamá hasta Brasil) y en el Pacífico oriental (desde México hasta Perú) (17).

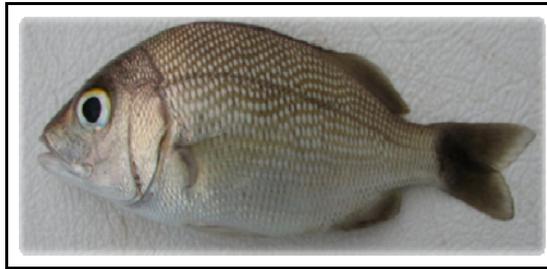


Figura 10. *Haemulon steindachneri*.

Corocoro (*Orthopristis ruber*) es un pez de la familia de los Haemulidae del orden Perciformes que puede alcanzar 40 centímetros y pueden vivir hasta los 10 años. En su dorso puede observarse líneas azules que lo caracterizan (Figura 11). El color debajo de las escamas es, en general, amarillento, con muchas líneas azules. Se encuentra en el Atlántico occidental (desde Honduras hasta Brasil) (18).



Figura 11. *Orthopristis ruber*.

Cují (*Haemulon striatum*) es una especie de pez de de la familia de los Haemulidae del orden Perciformes que puede alcanzar los 28 centímetros de longitud total y pueden vivir hasta los 8 años (Figura 12). Se encuentra desde Bermudas, Florida, al oeste de las Bahamas y el Golfo de México hasta Brasil, incluyendo el Caribe y las Antillas (19).



Figura 12. *Haemulon striatum*.

Cataco (*Trachurus lathami*) es un pez de la familia Carangidae del orden Perciformes que puede ser de hasta 40 centímetros de longitud total y pueden vivir hasta los 14 años (Figura 13). El pez prefiere un clima subtropical y vive principalmente en el Océano Atlántico (20).



Figura 13. *Trachurus lathami*.

Cojinúa (*Caranx crysos*) es un pez de la familia Carangidae del orden Perciformes que puede ser de hasta 40 centímetros de longitud total y pueden vivir hasta los 11 años. Es una especie que forma cardumen, generalmente no muy lejos de la costa (Figura 14). Se alimenta de peces, camarones y otros invertebrados (21).



Figura 14. *Caranx crysos*.

Mojarra (*Eugerres plumieri*), es un pez de de la familia de los Gerreidae del orden Perciformes que puede alcanzar entre 30 a 40 centímetros de longitud total y

pueden vivir hasta los 12 años (Figura 15). Se encuentra, principalmente, en el Atlántico occidental (desde Panamá hasta Brasil), suele vivir cerca de la costa, desde menos de un metro de profundidad hasta más de cincuenta, entre rocas y en los arenales del fondo (22).



Figura 15. *Eugerres plumieri*.

Varios trabajos de investigación se han realizado en muchas partes del mundo, en especies marinas y, en particular, en peces; entre éstos se puede destacar un trabajo realizado en dos peces, el salmón y la trucha, en los cuales se determinó el contenido de grasa por extracción con fluidos supercríticos (SFE) y se identificaron subsecuentemente los lípidos presentes por cromatografía de capa fina acoplada a un detector de ionización de llama TLC/FID-Iatroscan, obteniéndose un elevado índice de fosfolípidos en estos peces (23). En otra investigación se analizaron los componentes lipídicos en gónadas de peces, con énfasis sobre los fosfolípidos, utilizando la espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN), encontrándose un elevado índice de ácidos grasos poliinsaturados (24). También a siete especies de peces se les determinó la composición en ácido graso y proximal, obteniéndose que el grupo más importante fue el de los ácidos grasos saturados (35,1 y 54%), seguido por los ácidos grasos poliinsaturados (22 y 42,5%) (25).

En Venezuela, también se han llevado a cabo trabajos de este tipo, entre los cuales se puede mencionar el realizado en la especie marina caitipa (*Eucinostomus gula*), donde se caracterizaron y cuantificaron los lípidos del hígado, tracto digestivo y tejido muscular por TLC/FID-Iatroscan, detectándose un elevado índice de fosfolípidos, como en la mayoría de las especies marinas (26). En otro trabajo, se determinó el perfil de ácidos grasos por cromatografía de gases a siete especies de peces marinos pertenecientes a las familias: Carangidae, Glupeidae, Mugilidae y Sciaidae,

provenientes de la ciudad de Cumaná, estado Sucre, mostrando como resultado que el grupo predominante fue el de los ácidos grasos saturados, seguido de los ácidos grasos insaturados, y que el ácido palmítico fue el principal componente entre los ácidos grasos saturados (C 16:0) (27). A diferentes especies de peces se les analizó el tejido muscular por resonancia magnética nuclear (RMN), obteniéndose, en la mayoría de los peces, señales características de fosfolípidos y triacilgliceroles, de acuerdo a los espectros y las señales de carbonos observadas (28).

A la especie cataco (*Trachurus lathami*), se le determinó la composición química (porcentaje de grasas, proteínas, humedad y ceniza) y su variación estacional, obteniéndose que durante la primera mitad del año, el cataco puede ser considerado como un pez magro y en la segunda mitad considerado como un pez graso, esto porque el valor más elevado de humedad se consigue a principio año y, a su vez, el menor valor de grasa (29). En otra investigación se caracterizaron y se cuantificaron los diferentes tipos de lípidos presente en la especie marao (*Tylosurus crocodrilos*), reportándose la presencia de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), primordialmente los ácidos eicosapentanoico (EPA) y docosahexanoico (DHA) (30).

Hoy en día, los análisis de la composición química de especies marinas que pueden ser consumidas por el hombre tienen gran importancia para la humanidad, ya que ese tipo de estudio permite conocer las propiedades alimenticias y energéticas que presentan estos organismos, suministrando información valiosa tanto en lo referente a la nutrición como a la salud de los seres humanos, ya que se ha determinado una estrecha relación entre los lípidos y ciertas enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares, obesidad, entre otras. En Venezuela, específicamente en el estado Sucre y en especial la zona de Guayacán, son muy pocos los trabajos realizados en el área de lípidos. En este caso, se estudiaron seis especies de peces marinos de esta localidad. Los datos que se obtuvieron a través del estudio realizado arrojaron una información nutricional importante para todos aquellos habitantes que consumen dichas especies y la población en general.

METODOLOGÍA

MUESTREO

Las seis especies marinas, *Haemulon steindachneri*, *Orthopristis ruber*, *Haemulon striatum*, *Trachurus lathami*, *Caranx crysos* y *Eugerres plumieri*, se recolectaron cerca de la población de Guayacán (Figura 16), ubicada en la península de Araya (Municipio Cruz Salmerón Acosta), a $10^{\circ}40'23''$ N y $63^{\circ}50'31''$ O, estado Sucre. Se seleccionaron 12 peces de cada especie y éstos se congelaron y se trasladaron al laboratorio de Productos Naturales y Lípidos de la Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, para sus análisis posteriores.

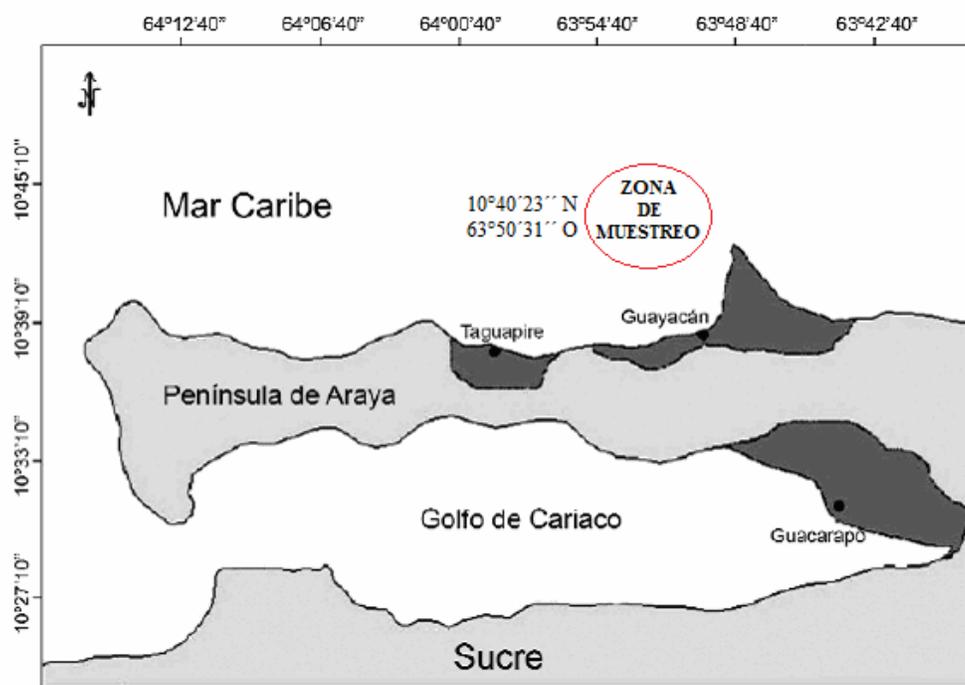


Figura 16. Zona de muestreo, Guayacán de la Península, estado Sucre.

ANÁLISIS LIPÍDICO

Extracción de los lípidos totales (31)

A cada especie en estudio se le extrajo los lípidos totales mediante la técnica de Overturf y Dryer. Para ello, previamente, se fileteó y maceró el tejido muscular de cada especie de pez. Posteriormente, se tomaron porciones de 1,5 g del tejido macerado por

30 ml de una mezcla de cloroformo: metanol (2:1). La muestra se homogenizó en frío con la mitad del solvente por agitación durante una hora, se filtró y se guardó el filtrado; el residuo fue extraído nuevamente con la otra mitad del solvente, empleando el mismo procedimiento anterior para garantizar una extracción eficaz y completa de los lípidos. El filtrado total se llevó a un embudo de separación, se le agregó una solución de NaCl 0,05 mol/l. Aproximadamente un tercio del volumen del filtrado se agitó varias veces y se dejó reposar en refrigeración por 16 horas para su separación en solución bifásica. Posteriormente, la fase orgánica con los lípidos se separó, se recogió en un beaker y se le añadió Na_2SO_4 anhidro, luego se filtró a gravedad y la solución se concentró a presión reducida. Después, al extracto lipídico obtenido se le burbujeó nitrógeno gaseoso (para eliminar completamente el solvente e impedir la oxidación de la muestra) y se refrigeró. El porcentaje de lípidos totales se determinó por gravimetría. Este procedimiento se realizó por triplicado para cada una de las seis especies recolectadas en la zona de Guayacán.

Esterificación de los ácidos grasos (32)

La conversión de los ácidos grasos presentes en los lípidos totales a ésteres metílicos, se realizó por el método de Brokerchoff, el cual consiste en tomar 1 ml o de 20 a 40 mg de material lipídico, los cuales se disolvieron en 0,5 ml de éter dietílico, se le agregó 1 ml de KOH 0,5 mol/l en metanol y se agitó vigorosamente, luego, se dejó en reposo y se le agregó 1 ml de HCl 1 mol/l y se extrajo con éter de petróleo en porciones de 1 ml. Luego, el solvente se evaporó con nitrógeno gaseoso obteniéndose ésteres metílicos de los ácidos grasos de los lípidos totales.

Identificación y cuantificación de los ácidos grasos (33)

Para determinar la composición porcentual de los ácidos grasos en los extractos de lípidos totales, se utilizó la técnica de cromatografía de gas-líquido (CG-L). Los ésteres metílicos, correspondientes a cada muestra de peces, se analizaron en un cromatógrafo de gas-líquido marca Varian, modelo 5840, acoplado a un detector Hewlett-Packard de la serie 5840A con estándar interno. La identificación de los ácidos

grasos se realizó comparando los tiempos de retención determinados, con aquéllos de los patrones comerciales de ésteres metílicos. La separación se realizó en las siguientes condiciones:

Temperatura del inyector: 300°C

Temperatura del detector: 300°C

Temperatura de la columna: 200°C

Identificación y cuantificación de los lípidos por TLC/FID-Iatroscan (34)

Los lípidos totales extraídos de cada una de las muestras de peces en estudio, se caracterizaron y cuantificaron por cromatografía de capa fina automatizada acoplada a un detector de ionización de llama (TLC-FID), sistema Iatroscan.

El equipo utilizado para el análisis de las distintas muestras fue un Iatroscan MK-5 TLC-FID, operado con un integrador Iatrocorder TC-11. Las condiciones a las cuales operó el detector de ionización a la llama fueron:

Flujo de aire: 1,5 l/min (bomba generadora).

Flujo de hidrógeno: 160 ml/min.

Velocidad de análisis: 35 s/varilla.

Los extractos lipídicos se disolvieron en cloroformo, preparándose soluciones de 34 000 mg/l de cada uno de ellos, luego con una jeringa Hamilton, se tomaron 2 µl de cada muestra y se colocaron, por triplicado, en varillas cromatográficas (recubiertas con sílica gel) individuales, previamente activadas pasándolas dos veces por el detector antes de ser usadas. Posteriormente, para el desarrollo de los cromatogramas, las varillas se colocaron durante 25 min en un tanque cromatográfico, con una mezcla de solventes hexano: éter dietílico: ácido acético (70:29:1V/V), luego de transcurrido ese tiempo, las varillas se secaron e, inmediatamente, se analizaron en el Iatroscan. La identificación de los lípidos presentes en el extracto, se realizó por comparación de los tiempos de retención obtenidos con los registrados para patrones comerciales. Las proporciones de

los diferentes lípidos se obtuvieron por la integración del área bajo la curva que representa a cada tipo de lípido en el cromatograma.

Identificación de los lípidos por RMN-¹³C

Para la identificación de los lípidos, se utilizó la resonancia magnética nuclear (RMN) de ¹³C. Se tomaron, aproximadamente, 50 mg de cada uno de los extractos de lipídicos totales, se disolvieron en cloroformo deuterado (CDCl₃) con una pequeña cantidad de tetrametilsilano (TMS) como referencia y se colocaron en tubos de resonancia de 10 mm de diámetro. Los espectros de resonancia se obtuvieron a 75,0 MHz con un espectrómetro Bruker WP-3 V de 300 MHz. Los desplazamientos químicos (δ) se reportaron en ppm con respecto al tetrametilsilano. Los δ c obtenidos se compararon con aquéllos reportados en la literatura para determinar la presencia de colesterol, ácidos grasos saturados e insaturados, triacilgliceroles y fosfolípidos.

DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE PROTEÍNAS (35)

Se tomó un gramo del tejido macerado y se homogenizó en frío con 9 ml de hidróxido de sodio 0,1 mol/l se centrifugó a 3000 rpm durante 15 minutos y se transfirió el sobrenadante a otro tubo de ensayo. Las proteínas totales se determinaron por el método de Biuret, el cual se basó en tomar 0,6 ml del sobrenadante, se le agregó reactivo de Biuret (1,50 g de CuSO₄·5H₂O en 6,0 g de NaKC₄H₄O₆·4H₂O son disueltos en 500 ml de agua destilada, 300 ml de NaOH 10 % m/V recién preparado y 2 g de yoduro de potasio, y se enrasó la solución hasta 2 litros) y agua destilada. Inmediatamente, se dejó calentar en baño de María por 10 minutos, luego, se leyó la absorbancia de la muestra en un Spectronic 21, marca Milton Roy Company a 540 nm. La concentración fue calculada a partir de una curva de calibración de albúmina de suero bovino (BSA: 10 mg/ml).

DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CARBOHIDRATOS (36)

Se pesó con aproximación un gramo de la muestra. Se adicionaron 10 ml de agua y agitaron con una varilla de vidrio para dispersar la muestra, luego, se adicionaron 13 ml de la solución de ácido perclórico, se agitó durante 20 minutos, se enjuagó la varilla

con agua destilada y se llevó el volumen a 100 ml. Se mezcló y filtró en un matraz volumétrico de 250 ml. Luego, se diluyó 10 ml del extracto a 100 ml con agua destilada. Con una pipeta, se pasó 1 ml del filtrado diluido a un tubo de ensayo, por duplicado. Se tomaron dos blancos de 1 ml usando la solución de glucosa diluida. Se agregaron rápidamente, a todos los tubos, 5 ml de reactivo de antrona. Se taparon los tubos y se colocaron en baño de María durante 12 minutos. Se enfrió a temperatura ambiente y, luego, se leyó la absorbancia espectrofotométricamente a 630 nm. La concentración fue calculada a partir de una curva de calibración de glucosa a 0,1 mg/ml.

DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE HUMEDAD Y CENIZAS (37)

A cada una de las muestras se le realizó el análisis de humedad y cenizas, según los métodos recomendados para humedad, por secado a 110°C durante 24 horas en una estufa marca Imperial, para lo cual se peso un gramo de la muestra en unos crisoles, por triplicado. Luego de pasadas las 24 horas y haber pesado los crisoles, los mismos se introdujeron con la muestra en una mufla marca Vulcan A-130 a 450°C durante 12 horas, para, así, obtener la cantidad de cenizas por ejemplar, una vez que se logró la masa constante en cada uno de los casos.

EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL CONTENIDO LIPÍDICO

Se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) de dos factores (factor 1: porcentaje de lípidos, proteínas o carbohidratos y factor 2: especies). Esto se realizó con base en el contenido de los diferentes tipos de lípidos, proteínas o carbohidratos y las especies a estudiar. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó el programa estadístico Statgraphics, con ambiente Windows, versión 5.1, en el cual se determinó la existencia de un efecto significativo ($p < 0,05$), el mismo se corroboró a través de una prueba *a posteriori* LSD.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la caracterización y cuantificación del contenido de los ácidos grasos y lipídico presentes en los tejidos de las especies *Haemulon steindachneri* (cherechere), *Orthopristis ruber* (corocoro), *Haemulon striatum* (cují), *Trachurus lathami* (cataco), *Caranx crysos* (cojinúa) y *Eugerres plumieri* (mojarra), provenientes de la zona de Guayacán (estado Sucre). Además, se determinó el contenido de proteínas y carbohidratos total, humedad y cenizas. Los resultados obtenidos en esta investigación fueron desglosados y presentados como tablas y figuras (gráficos y/o moléculas), con los cuales se pretenden establecer las respectivas discusiones.

Determinación cuantitativa de lípidos totales

En la Tabla 2, se aprecian las concentraciones de lípidos totales de *Haemulon steindachneri*, *Orthopristis ruber*, *Haemulon striatum*, *Trachurus lathami*, *Caranx crysos* y *Eugerres plumieri*, provenientes de la zona de muestreo. Se observa que la especie con mayor concentración de lípidos es *Orthopristis ruber* con un valor de 1,48%, mientras que la especie con menor contenido de lípidos fue *Caranx crysos* con un valor de 0,53%. El análisis de varianza realizado (Tabla 3), indicó diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) en el contenido lipídico de las distintas muestras, lo cual se comprobó a través de la prueba *a posteriori* (LSD), la cual mostró la formación de cuatro grupos homogéneos de las especies estudiadas, conformados por X_a (*C. crysos* y *E. plumieri*), X_b (*E. plumieri* y *T. lathami*), X_c (*T. lathami*, *H. striatum* y *H. steindachneri*) y X_d (*H. steindachneri* y *O. ruber*).

Esta situación sugiere semejanzas entre los valores de algunas réplicas de una especie con los valores de algunas réplicas de otra especie. Por ejemplo, los tres valores de la especie *C. crysos*, son similares al primer y segundo valor de *E. plumieri*, por lo tanto, conforman un grupo homogéneo. Sin embargo, al comparar el contenido lipídico de *C. crysos* con los de *H. striatum*, se observan diferencias entre las tres réplicas de la

primera con las tres réplicas de la segunda; razón por la cual no comparten un grupo homogéneo.

Tabla 2. Porcentaje de lípidos totales de las seis especies de peces recolectadas.

Especie	Réplicas % Lípidos	\bar{X}	S	Sx	Grupo Homogéneo (GH)
<i>Caranx crysos</i> (cojinúa)	0,64	0,530	0,01	0,1	X _a
	0,50				
	0,46				
<i>Eugerres plumieri</i> (mojarra)	0,69	0,760	0,03	0,2	X _a X _b
	0,65				
	0,94				
<i>Trachurus lathami</i> (cataco)	0,92	1,02	0,01	0,1	X _b X _c
	1,07				
	1,05				
<i>Haemulon striatum</i> (cuji)	1,22	1,20	0,03	0,2	X _c X _d
	1,41				
	1,08				
<i>Haemulon steindachneri</i> (cherechere)	1,26	1,30	0,3	0,5	X _c X _d
	0,79				
	1,84				
<i>Orthopristis ruber</i> (corocoro)	1,40	1,50	0,01	0,1	X _d
	1,54				
	1,49				

\bar{x} : Media; S: Desviación estándar; Sx: Desviación estándar relativa.

Tabla 3. Análisis de varianza del contenido de lípidos totales de los peces estudiados.

Fuente de varianza	Sumas cuadráticas	Grados de libertad	Medias cuadráticas	Razón Fisher	Valor - P
Entre grupos	1,87944	5	0,37589	6,26	0,0044
Dentro de grupos	0,72099	12	0,06008		
Total	2,60043	17			

Los resultados obtenidos mediante la extracción de lípidos totales a las seis especies de peces, revelan que la especie *O. ruber* es la que posee mayor potencial energético en comparación con las otras cinco especies, y la especie *C. crysos* posee el menor potencial energético, por lo tanto, se puede inferir que el consumo del *O. ruber* traerá consecuencias más importantes desde el punto de vista nutricional. Para el caso de la especie *H. steindachneri*, se encontró un contenido de lípidos totales de 1,30%, siendo

la segunda especie con mayor potencial energético. Esto se debe a que esta especie pertenece a la misma familia del *O. ruber* que es la *Haemulidae*, por lo que se obtuvo un valor elevado en el porcentaje lipídico de este pez. Este resultado está muy cercano a los presentados en una investigación donde se determinó el contenido lipídico del *O. ruber* proveniente del Oriente venezolano donde el promedio es de 1,54% (28); y en la Isla de Pascua (Chile) se le determinó el contenido lipídico a siete especies de peces magros, reportándose valores entre 0,3 y 1,7%, para las especies *M. tiki* (marau) y *C. plessisi* (raea) respectivamente, son valores muy similares a los obtenidos en este análisis, a pesar de que las especies pertenecen a distintas regiones y a diferentes hábitats. (25)

Análisis del contenido lipídico

Para identificar los diferentes tipos de lípidos presentes en cada una de las muestras de estudio, se utilizó la técnica de RMN ¹³C. Mediante cromatografía de capa fina automatizada acoplada a un detector de ionización de llama (TLC-FID), sistema Iatroscan, se caracterizaron y cuantificaron los mismos, y, además, se identificaron y cuantificaron los ácidos grasos presentes en los lípidos totales de cada muestra, utilizando cromatografía de gas-líquido (CG-L).

Análisis de los lípidos por TLC/FID (Iatroscan)

El análisis de los extractos lipídicos de las especies *H. steindachneri*, *O. ruber*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri* se llevó a cabo por (TLC/FID-Iatroscan) para la identificación y cuantificación de los distintos tipos de lípidos presentes en los mismos. La identificación de los lípidos se realizó por comparación de los tiempos de retención obtenidos con aquéllos de patrones comerciales, y los porcentajes de distribución se calcularon mediante el área del pico derivado del cromatograma. En todos los casos, se realizaron tres determinaciones, calculándose la media y la desviación estándar.

En los Apéndice A1 a A6, se presentan los cromatogramas obtenidos para cada una de las especies estudiadas, donde se muestran los lípidos separados en orden

creciente de polaridad y en la Tabla 4 se especifican las concentraciones (%) que presentaron los mismos en los peces estudiados, en cada muestreo realizado.

Es necesario observar las grandes diferencias existentes entre los distintos lípidos para llevar a cabo los respectivos análisis sin caer en la más mínima exageración, o en caso contrario en cualquier tipo de subestimación. Para visualizar estas diferencias en las concentraciones de los distintos lípidos presentes en las especies de peces, y entre las especies, se muestra un gráfico de columnas representado en la Figura 17.

Tabla 4. Porcentajes promedio de los diferentes lípidos de los peces *H. steindachneri*, *O. ruber*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri* recolectados en la población de Guayacán, estado Sucre.

Especie	FLP ($\bar{X} \pm S$)	AGL ($\bar{X} \pm S$)	COL ($\bar{X} \pm S$)	TAG ($\bar{X} \pm S$)	ESC ($\bar{X} \pm S$)
<i>Caranx crysos</i>	85,3 ± 0,9	0,8 ± 0,1	4,5 ± 0,3	6,8 ± 0,5	1,3 ± 0,1
<i>Eugerres plumieri</i>	81,3 ± 0,5	1,0 ± 0,1	4,5 ± 0,1	7,1 ± 0,1	6,9 ± 0,1
<i>Trachurus lathami</i>	76,8 ± 0,7	-	-	23,0 ± 0,7	-
<i>Haemulon striatum</i>	68,3 ± 0,2	-	-	32,0 ± 0,2	-
<i>Haemulon steindachneri</i>	90,8 ± 0,3	-	-	9,2 ± 0,3	-
<i>Orthopristis ruber</i>	66,1 ± 0,8	-	-	34,0 ± 0,8	-

FLP: Fosfolípidos; AGL: Ácidos grasos libres; COL: Colesterol; TAG: Triacilgliceroles; ESC: Ésteres de colesterol; \bar{x} : Media; S: Desviación estándar, número de réplicas: 3

En la Figura 17, se puede observar claramente que los lípidos mayoritarios, fueron los fosfolípidos, los cuales oscilaron entre 66,1 y 90,8 %, correspondiendo el valor mínimo y máximo al *O. ruber* y al *H. steindachneri* respectivamente. Seguidos en mayor concentración, se presentaron los triacilgliceroles (6,8 a 34,0%) y el colesterol (4,5%).

En menor proporción se encontraron los ácidos grasos libres (0,8 a 1,0%), los cuales solo fueron identificados en las muestras *C. crysos* y *E. plumieri*, también se logró identificar a los ésteres de colesterol en estas mismas especies.

El análisis de varianza realizado a las diferentes clases de lípidos (Apéndice D1 a D10), indicó diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) en el contenido lipídico de las distintas muestras, menos para los AGL donde $p > 0,05$, lo que indica que no hay diferencia significativa en el contenido de ácidos grasos libres para estas especies, lo cual se comprobó a través de la prueba *a posteriori* (LSD) (Tabla 5). Dicha tabla muestra la formación de varios grupos homogéneos en los diferentes tipos de lípidos; en el caso de los FLP, TAG y AGL, cada uno exhibió un grupo homogéneo conformado por X_a (*C. crysos* y *E. plumieri*) en el caso de los TAG, X_b (*C. crysos* y *E. plumieri*) en los AGL y X_c (*O. ruber* y *H. striatum*) para los FLP. Con estos resultados se pudo resaltar que las especies *C. crysos* y *E. plumieri* fueron los únicos peces donde se encontraron los 5 tipos de lípidos estudiados, pero en menor proporción a los mayoritarios para todas las especies, como los fueron los FLP y TAG.

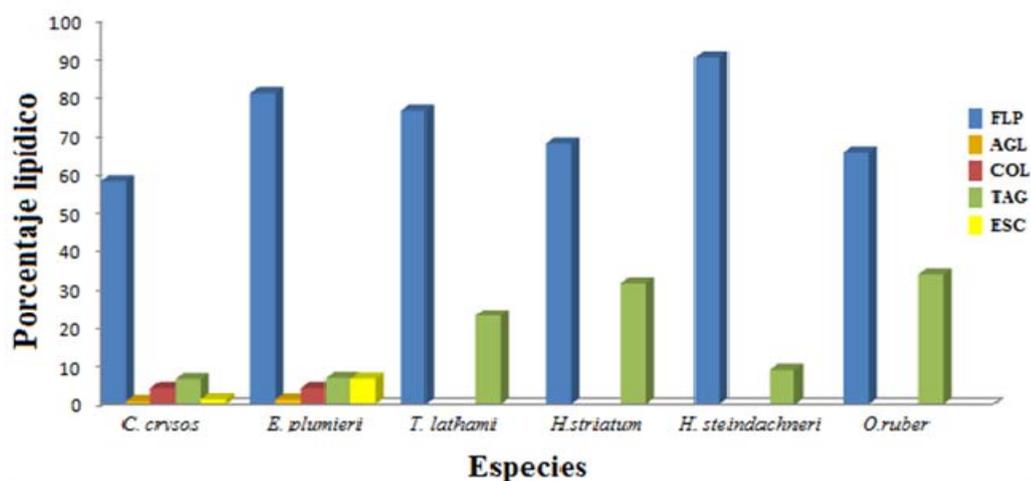


Figura 17. Variación de la composición lipídica de los peces *H. steindachneri*, *O. ruber*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri* recolectadas en la población de Guayacán estado Sucre.

Al comparar estos resultados con investigaciones previas, realizada a la especie *Eucinostomus gula* (española o mojarrita), que se le analizó el hígado, tracto digestivo y

tejido muscular, obteniéndose como resultado, que para el tejido muscular estos lípidos varían entre 10% para los triacilgliceroles y 62% en el caso de los fosfolípidos, siendo este el contenido de lípido mayoritario para esta especie, lo que concuerda con los resultados obtenidos (26).

Para explicar las concentraciones de ácidos grasos libres en las especies *C. crysos* y *E. plumieri*, es necesario exponer varias razones. La primera tiene que ver con los hábitos alimenticios de las especies, ya que las zonas donde fueron recolectadas presentan abundante vegetación, fitoplancton, microalgas, algas, zooplancton, entre otros. Por otra parte, los de fosfolípidos, en asociación con las proteínas y otros lípidos, forman parte de las lipoproteínas que constituyen la matriz de las paredes de las membranas celulares. Otra razón pueda ser que los fosfolípidos actúan, en algunos casos, como catalizadores de las oxidaciones biológicas, por lo cual favorecen la autoxidación que sufren los ácidos grasos encontrados en su estructura (38).

Tabla 5. Contraste de rango múltiple entre las diferentes clases de lípidos y las seis especies de peces recolectadas.

Especies	FLP	AGL	COL	TAG	ESC
<i>Caranx crysos</i>	X _a				
<i>Eugerres plumieri</i>	X _b	X _b	X _a	X _a	X _b
<i>Trachurus lathami</i>	X _c	-	-	X _b	-
<i>Haemulon striatum</i>	X _d	-	-	X _c	-
<i>Haemulon steindachneri</i>	X _e	-	-	X _d	-
<i>Orthopristis ruber</i>	X _d	-	-	X _e	-

FLP: Fosfolípidos; AGL: Ácidos grasos libres; COL: Colesterol; TAG: Triacilgliceroles; ESC: Ésteres de colesterol.

Las altas concentraciones de triacilgliceroles en las muestras en estudio, posiblemente se debe a la síntesis de éstos a partir de los ácidos grasos que se sintetizan

de los carbohidratos y las proteínas, o al almacenamiento de triacilglicerol proveniente de la alimentación de la especie.

Al observar los resultados de los porcentajes de fosfolípidos y triacilglicerol en cada especie (Tabla 4), se puede notar el elevado contenido de fosfolípidos, de manera inversa, el contenido de triacilglicerol en todos los casos. Esto pudo deberse, a que los triacilglicerol fueron transformados en el hepatopáncreas de las especies por la acción de enzimas hidrolíticas presentes en los ácidos grasos y glicerol, cuando el estado fisiológico exige que la energía sea proporcionada en forma de lípidos o grasas; además, en este proceso de degradación se forman 1,2-diglicéridos, a partir de los cuales pueden sintetizarse fosfolípidos, lo cual explicaría el aumento simultáneo en la concentración de fosfolípidos en las muestras de peces (39).

Identificación de los lípidos por la técnica de RMN de ^{13}C

La identificación de los lípidos presentes en las especies de peces estudiadas, se llevó a cabo mediante RMN de ^{13}C , cuyos desplazamientos químicos (δ_c) obtenidos a partir de los respectivos espectros (Apéndice B1 a B12), fueron comparados con los reportados en estudios previos, entre los cuales se puede destacar el realizado al tejido muscular de veintisiete especies de peces marinos, donde se identificaron señales características de los carbonos en fosfolípidos y triacilglicerol, las cuales fueron predominantes en todas las especies; mientras que también se consiguieron señales de colesterol y ácidos grasos libres, pero no en todos los casos (28).

La señal a δ_c 14,1 pertenece a los metilos terminales de los ácidos grasos constituyentes del triacilglicerol, a δ_c 22,7 se debe al metileno penúltimo en ácidos grasos; mientras que el δ_c a 24,8 y δ_c 24,7, corresponden al C-3 en ácidos grasos. En el caso de la señal a δ_c 27,2, se origina por la resonancia de los metilenos intercalados entre dos dobles enlaces y a los metilenos vecinos a dobles enlaces respectivamente, las cuales por su intensidad indican el nivel de insaturaciones de los ácidos grasos en el triacilglicerol (Figura 18).

Entre δ_c 29,6 y δ_c 32,0, aparece un conjunto de señales características de los metilenos intermedios de los ácidos grasos, comunes en las tres especies señaladas en la Tabla 6.

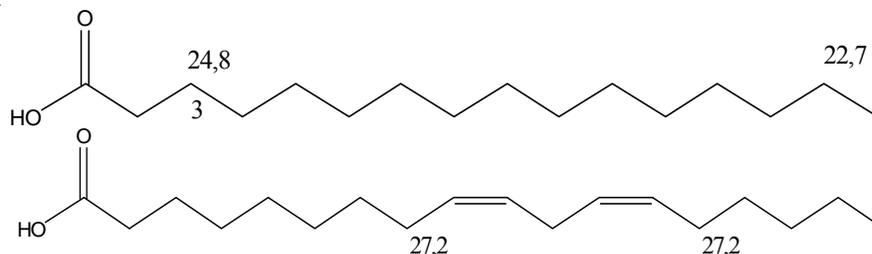


Figura 18. Estructuras de los ácidos palmítico (16:0) y linoléico (18:2 ω -6).

A continuación se presentan los (δ_c) y sus respectivas asignaciones para las especies *O. ruber*, *H. steindachneri*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri* en la Tabla 6.

Tabla 6. Desplazamientos químicos (δ_c)^a y asignaciones RMN ¹³C del extracto lipídico de los peces *O. ruber*, *H. steindachneri*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri*, provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.

Señal	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	Asignaciones ^b
1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	-CH ₃ , metilos terminales, en cadena de ésteres de ácidos grasos
2	22,6	22,6	22,6	22,7	22,7	22,7	-CH ₂ , metileno penúltimo en cadena de ácidos grasos.
3	24,7	24,8	24,7	24,8	24,8	24,8	-CH ₂ , C-3 en cadena de ácidos grasos.
4	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2	-CH ₂ , metileno vecino a un doble enlace en ácidos grasos insaturados.
5	28,9	28,9	NI	28,9	NI	28,9	- CH ₂ , metileno vecino a un doble enlace en ácidos grasos insaturados.
6	29,6	29,6	29,7	29,7	29,7	29,6	-CH ₂ , metileno en cadena de ésteres de ácidos grasos.
7	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9	31,9	-CH ₂ , metileno en cadena de ésteres de ácidos grasos.
8	34,0	34,0	34,0	34,0	33,7	33,7	-CH ₂ COO-, metileno vecino al grupo carboxílico en ésteres de ácidos grasos.
9	54,4	54,4	NI	54,4	54,4	NI	-N ⁺ (CH ₃) ₃ metilos de la lecitina
10	62,1	62,1	62,1	62,2	NI	NI	-CH ₂ -O-, C-1 y C-3 del glicerol en triacilgliceroles.
11	NI	NI	65,0	NI	NI	NI	-CH ₂ -N ⁺ (CH ₃) ₃ metilenos de la

12	69,0	NI	68,9	68,9	NI	NI	lecitina. -CH-O-, C-2 del glicerol en los triacilgliceroles.
13	129,7	129,8	129,7	129,7	NI	NI	-CH=CH, carbonos olefinicos de ácidos grasos en triacilgliceroles y fosfolípidos.
14	129,9	130,0	130,0	129,9	NI	NI	-CH=CH, carbonos olefinicos de ácidos grasos en triacilgliceroles y fosfolípidos.
15	173,3	173,3	173,3	173,3	NI	NI	-COO-, carbonos carboxílicos en triacilgliceroles y fosfolípidos.
16	178,0	NI	NI	NI	NI	NI	-COO-, carbonos carboxílicos en ácidos grasos libres.

a: Espectros realizados a 75 MHz en solución de CDCl_3 . Los δ_c están expresados en ppm en relación al TMS. b: Asignaciones realizadas según valores reportados en la literatura (3,5). NI: no identificado.

I: *O. ruber*, **II:** *H. steindachneri*, **III:** *H. striatum*, **IV:** *T. lathami*, **V:** *C. crysos* y **VI:** *E. plumieri*

A δ_c 65,0, se observó la señal del los carbonos metilenos de la lecitina, que es uno de los principales constituyentes de las bicapas lipídicas de las membranas celulares, solo para la especie *H. striatum*.

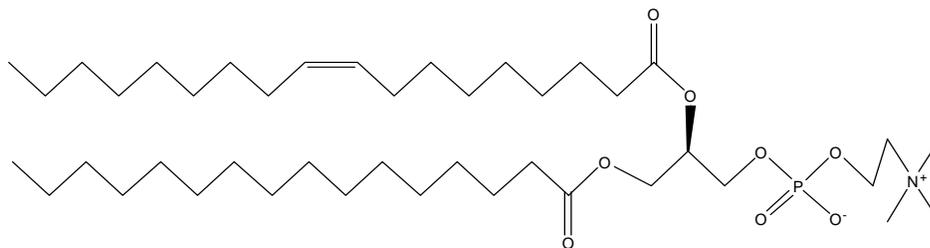


Figura 19. Estructura de una lecitina.

Otras señales características del triacilglicerol son δ_c 62,1 y δ_c 68,9, las cuales corresponden a los C-1 y C-3, y el C-2 del glicerol, respectivamente, tal como se puede observar en la siguiente estructura:

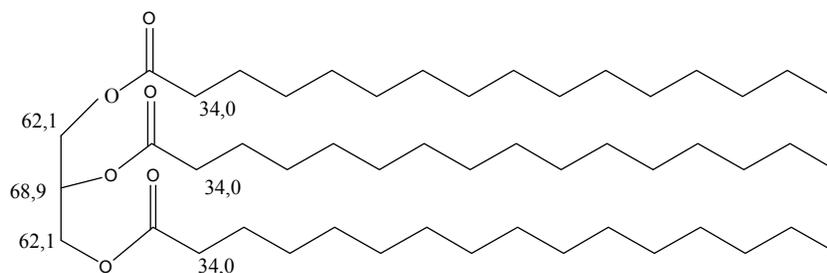


Figura 20. Estructura de un triacilglicerol.

Entre δ_c 129,7 y δ_c 130,0, se observan las señales pertenecientes a los carbonos olefinicos en las cadenas de ácidos grasos, constituyentes del triacilglicerol y los fosfolípidos presentes en las especies. Por otra parte, la presencia de grupos carboxílicos en AGL se confirman a través de δ_c a campo bajo, producto del desapantallamiento en la que se encuentran en estos casos.

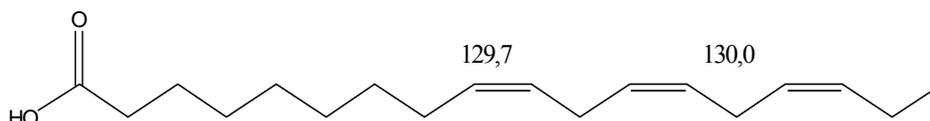


Figura 21. Estructura del ácido linolénico.

La señal a campo más bajo a δ_c 178,0 se asigna a los carbonos carboxílicos de los ácidos grasos que están presentes en forma libre, es decir, no están formando parte de los triacilgliceroles y/o fosfolípidos. Este hecho confirma la presencia de este tipo de lípido en la especie *O. ruber*.

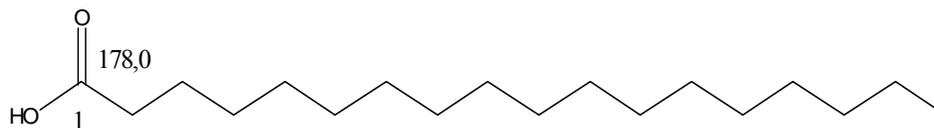


Figura 22. Estructura del ácido esteárico (18:0).

Por otra parte, la no identificación de algunas de las señales del colesterol y ésteres de colesterol, pudo deberse, a que quizás las mismas presentaron una intensidad tan baja que se hayan podido enmascarar con el ruido en la línea base del espectro; además, se puede señalar que las muestras analizadas fueron mezclas de lípidos, por lo que posiblemente algunas señales de carbonos en la molécula de colesterol pueden coincidir con bandas características de los carbonos en las moléculas de fosfolípidos y de triacilgliceroles. Tal es el caso de las especies *C. crysos* y *E. plumieri*, cuyos resultados obtenidos por Iatroscan mostraron señales características de colesterol y ésteres de colesterol, mientras que en RMN no se observaron señales de estos lípidos a campo más bajo de δ_c 54,4, lo cual concuerda con lo antes mencionado.

Análisis de los ácidos grasos

Para llevar a cabo la identificación y cuantificación de ácidos grasos en las seis especies de peces, las muestras fueron tratadas con KOH/CH₃OH y convertidos en esteres metílicos. Luego, mediante el uso de patrones comerciales se identificaron y cuantificaron las diferentes clases de ácidos grasos presentes en los lípidos totales, aplicando la técnica de cromatografía de gases (CG-L), mediante la cual se obtuvieron los cromatogramas representados en las Figuras 1 a 6 (Apéndice C).

Los análisis de la composición química de ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en los lípidos totales para las seis especies de peces, arrojaron resultados presentados en las Tablas 7 a 9 respectivamente. Las especies *H. steindachneri* y *T. lathami* contienen ácidos grasos saturados (AGS) en proporción de 75 y 73%, respectivamente.

El resultado para la especie *O. ruber* arrojó un porcentaje de ácidos grasos saturados de 69%. El porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) resultó ser el más bajo en el caso de las tres especies, donde el máximo valor lo obtuvo *H. steindachneri* con un 3,62% y el valor mínimo fue para *T. lathami* con un 1,99%.

A continuación, se presentan los resultados para la composición porcentual de AGS, AGMI y AGPI en los lípidos totales de las seis especies en las Tablas 7, 8 y 9, respectivamente, seguido de un análisis en cada caso:

Tabla 7. Composición porcentual de los ácidos grasos saturados en los lípidos totales de *O. ruber*, *H. steindachneri* y *T. lathami*, provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.

Ácidos grasos	<i>O. ruber</i>	<i>H. steindachneri</i>	<i>T. lathami</i>
C12:0	0,76	0,60	1,3
C13:0	ND	ND	ND
C14:0	8,6	5,2	6,3
C15:0	1,2	1,1	1,3
C16:0	37,0	44,0	41,0
C17:0	2,7	2,2	2,8
C18:0	17,0	20,0	18,0
C20:0	0,92	0,86	0,80
C21:0	0,16	ND	0,29
C22:0	ND	ND	ND
C23:0	ND	0,64	0,57
C24:0	0,27	0,50	0,40

TOTAL AGS	69	75	72
-----------	----	----	----

AGS: ácidos grasos saturados, ND: no detectado.

Para tener una idea más clara de la distribución de los ácidos grasos saturados, se realizaron gráficos, en los cuales se observan los porcentajes que representan los ácidos grasos: mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0) (por ser los más abundantes en casi todos los casos) en las especies *O. ruber* (Figura 23), *H. steindachneri* (Figura 24) y *T. lathami* (Figura 25), tomando en cuenta el 100% de los ácidos grasos totales presentes en cada una, con lo cual se pretende observar las diferencias entre los peces en cuanto a la presencia de ácidos grasos saturados desde un punto de vista cuantitativo y, de esta forma, se podrán hacer los respectivos análisis.

Es de notarse en los anteriores gráficos, que las grasas saturadas más encontradas en animales y plantas que son: ácido mirístico (14:0), ácido palmítico (16:0) y el ácido esteárico (18:0), representan más del 80% de los ácidos grasos presentes en las especies *O. ruber*, *H. steindachneri* y *T. lathami*, siendo el ácido palmítico (C16:0) el más abundante, con porcentajes entre 54 y 59 %. En este caso, la especie *H. steindachneri* fue la de mayor contenido de ácido palmítico (16:0) con un 59%. Por otra parte, es importante recalcar que las concentraciones elevadas de ácidos grasos saturados incrementan la agregación plaquetaria y acelera el proceso de trombosis (40), por lo cual se podría decir que una dieta rica en estas especies de peces estudiadas, podría traer consecuencias a la salud.

A continuación, se presentan las distintas distribuciones gráficas:

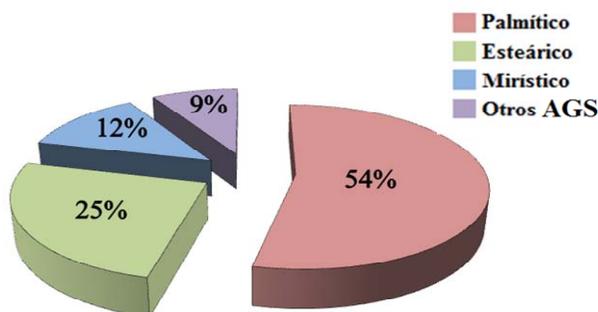


Figura 23. Porcentajes de AGS más importantes en *O. ruber*.

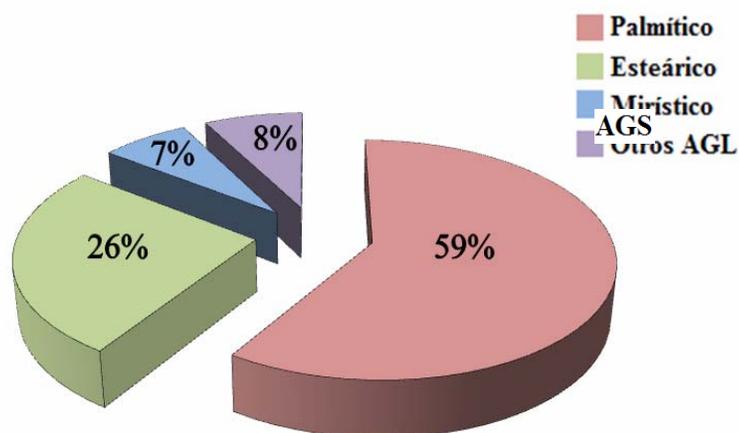


Figura 24. Porcentajes de AGS más importantes en *H. steindachneri*.

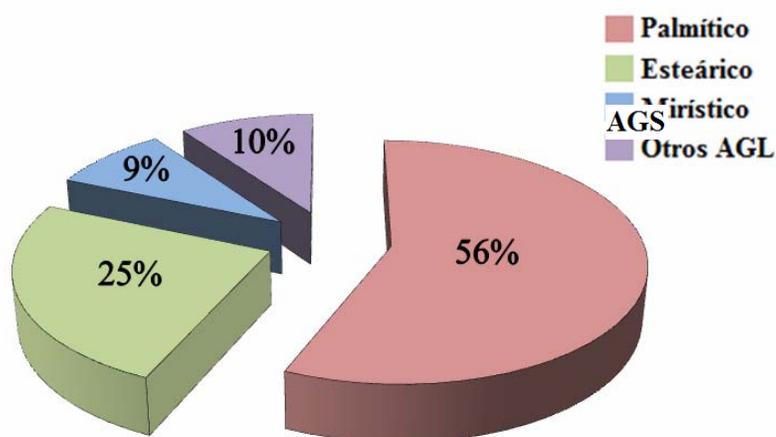


Figura 25. Porcentajes de AGS más importantes en *T. lathami*.

Tabla 8. Composición porcentual de los ácidos grasos monoinsaturados en los lípidos totales de *O. ruber*, *H. steindachneri* y *T. lathami*, provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.

Ácidos grasos	<i>O. ruber</i>	<i>H. steindachneri</i>	<i>T. lathami</i>
C16:1 ω -7	0,28	4,6	6,7
C16:1 ω -9	0,78	0,45	0,61
C17:1 ω -8	0,44	0,28	0,38
C18:1 ω -5	0,23	0,10	0,14
C18:1 ω -7	5,6	4,3	4,4
C18:1 ω -9	15,0	10,0	11,0
C20:1 ω -7	0,11	ND	0,10

C20:1 ω -9	1,1	0,28	0,86
C20:1 ω -11	2,2	0,60	0,76
C22:1 ω -9	0,44	0,21	0,26
C22:1 ω -11	0,61	0,16	0,37
C24:1 ω -9	0,24	ND	0,28
TOTAL AGMI	27	21	26

AGMI: ácidos grasos monoinsaturados, ND: no detectado

Los ácidos grasos monoinsaturados estuvieron presentes en mayor proporción en la especie *O. ruber* con un 27%, mientras que las especies *H. steindachneri* y *T. lathami*, mostraron concentraciones entre 21 y 26%. Sin embargo, el ácido oleico (18:1 ω -9) fue el predominante en las tres especies, que es famoso por sus efectos sobre la salud cardiovascular y hepática, aumenta el llamado colesterol bueno (HDL) y reduce el colesterol malo (LDL) en sangre, por lo que ejerce una acción beneficiosa sobre el sistema vascular y el corazón, reduciendo así, el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (40).

Tabla 9. Composición porcentual de los ácidos grasos poliinsaturados en los lípidos totales de *O. ruber*, *H. steindachneri* y *T. lathami*, provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.

Ácidos grasos	<i>O. ruber</i>	<i>H. steindachneri</i>	<i>T. lathami</i>
C18:2 ω -6	0,190	0,170	0,100
C18:3 ω -6	0,430	0,440	0,460
C18:3 ω -3	0,100	0,0300	0,100
C18:4 ω -3	0,110	0,200	0,140
C20:2 ω -6	0,130	0,100	ND
C20:3 ω -3	ND	ND	0,0300
C20:3 ω -6	0,120	0,100	0,110
C20:4 ω -6	ND	0,100	0,130
C20:5 ω -3	0,370	0,620	0,320
C21:4 ω -6	0,500	0,590	ND
C22:2 ω -6	1,10	ND	ND
C22:4 ω -6	ND	0,100	ND
C22:5 ω -3	0,310	0,210	0,240
C22:5 ω -6	0,100	0,270	0,130
C22:6 ω -3	0,130	0,690	0,230
TOTAL AGPI	3,59	3,62	1,99

AGPI: ácidos grasos poliinsaturados, ND: no detectado.

Los ácidos grasos poliinsaturados representan la menor parte en las especies de peces, con porcentajes entre 1,99 y 3,62%, en los cuales están incluidos los ácidos grasos del tipo ω -3, siendo el ácido linolénico (18:3 ω -3) el de menor porcentaje en todos los casos, con valores entre 0,0300 y 0,100%, el cual proviene exclusivamente de aceites vegetales de origen terrestre; mientras que el EPA y el DHA solo provienen de aceites de origen marino, tanto de origen vegetal (DHA principalmente), como animal (EPA y DHA).

En cuanto a la distribución porcentual de los ácidos grasos poliinsaturados, la presencia de los ácidos grasos del tipo ω -3, en especial los ácidos: linolénico (ALA, 18:3 ω -3), eicosapentaenoico (EPA, 20:5 ω -3) y docosahexaenoico (DHA, 22:6 ω -3). Es necesario resaltarla, debido a que son los más importantes en su familia, y, además, aportan muchos beneficios a la salud humana. Para ello, se presentan mediante gráficos (Figuras 26 a 28), el porcentaje de ácidos grasos ω -3: ALA, EPA y DHA en las diferentes especies en estudio:

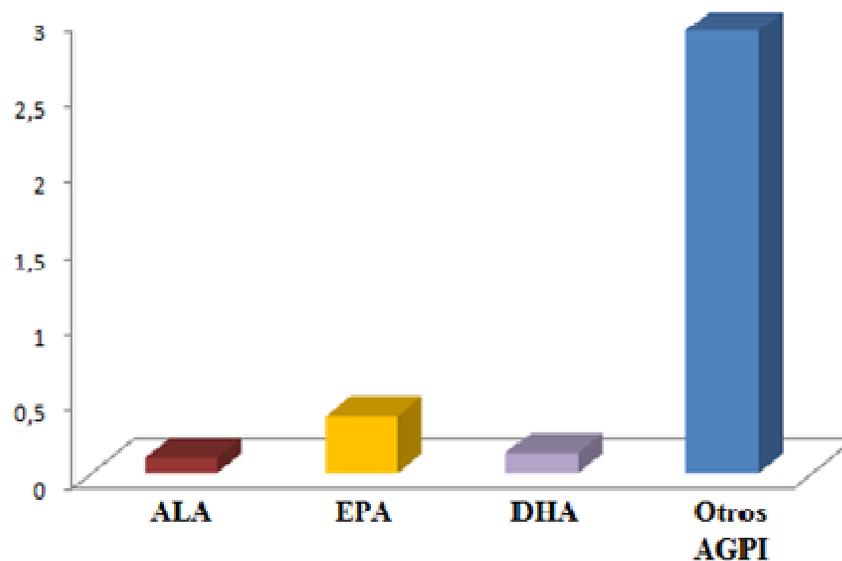


Figura 26. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en *O. ruber*.

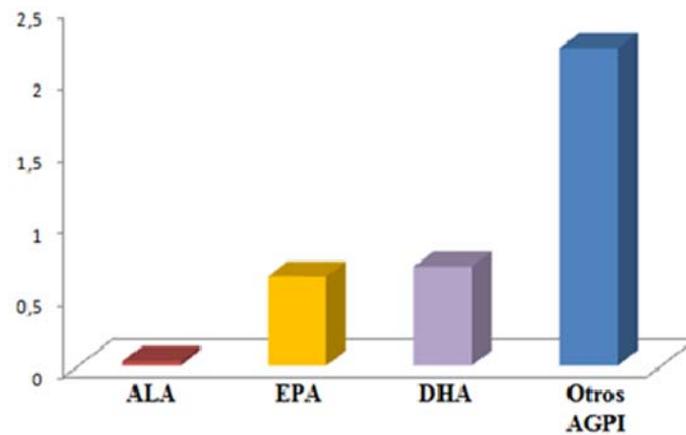


Figura 27. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en *H. steindachneri*.

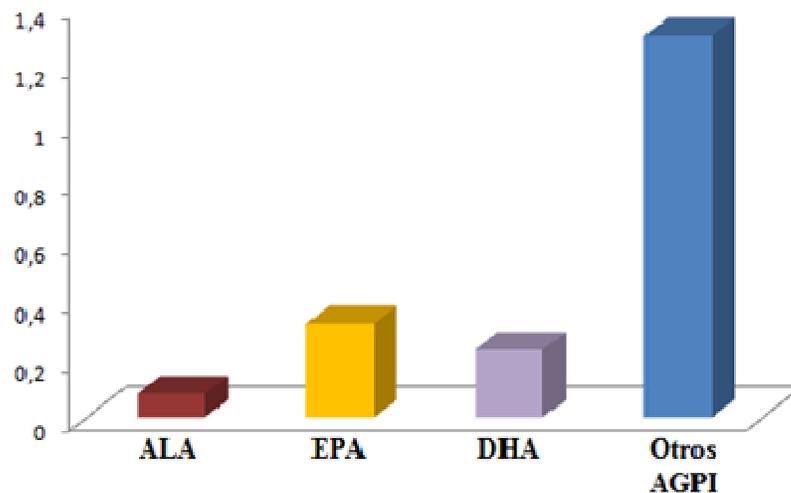


Figura 28. Distribución porcentual de ácidos grasos ALA, EPA y DHA en *T. lathami*.

El contenido de los ácidos grasos eicosapentaenoico (EPA, 20:5 ω -3) y docosahexaenoico (DHA, 22:6 ω -3) presentó los valores más elevados entre los AGPI, como se pudo observar en la Tabla 9, estos oscilan para el EPA entre 0,320 y 0,620 % y para el DHA están entre 0,130 y 0,690%. Los ácidos grasos ω -3 de cadena larga EPA y DHA, son altamente valorados por los demostrados efectos benéficos en la salud y en la

nutrición, tanto humana como animal, que produce su consumo, debido a que éstos previenen enfermedades ateroscleróticas, cardiovasculares, reducen los niveles de colesterol en las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y, por ende, disminuyen la presión sanguínea y la viscosidad de la sangre (40).

Estos resultados coinciden con los encontrados en estudios previos en diferentes especies peces (25, 26), donde se han etiquetado a los ácidos palmítico y esteárico como los ácidos grasos saturados de mayor abundancia en los lípidos totales de los tejidos de estos organismos.

Por otra parte, algunos autores sugieren que las variaciones en los AGPI pueden deberse a que los mismos al ser componentes principales de los fosfolípidos, forman parte de las membranas, por lo tanto, pueden ser usados como combustibles metabólicos (41). Además, señalan que la variabilidad de los ácidos grasos puede estar relacionada a los hábitos alimenticios de las especies marinas, así mismo, a la disponibilidad de alimentos (fitoplancton) del medio (42).

Los cromatogramas para las otras especies de peces (*H. striatum*, *C. crysos* y *E. plumieri*), no se pudieron realizar debido a que actualmente en Venezuela no se cuenta con un cromatógrafo de gases funcionando en óptimas condiciones y que tenga la cantidad de patrones de ácidos grasos para hacer estos análisis; en cambio las tres especies de peces analizadas si pudieron estudiarse debido a la colaboración de la Universidad Autónoma de México para su análisis.

Determinación de proteínas totales

Las proteínas cumplen diversas funciones en la naturaleza, desde estructurales hasta enzimáticas, aunque su clasificación no se da bajo un orden de importancia, ya que todas son importantes. El análisis proteico se llevó a cabo mediante el método de Biuret (35). Para esto se realizó una curva de calibración (BSA: 10 mg/ml), representada en la Figura 29, la cual se utilizó para la determinación de las proteínas. Se obtuvo una pendiente ($m= 0,0438$) y este parámetro se utilizó para determinar las concentraciones de proteínas. El coeficiente de correlación ($r=0,9678$) señaló la linealidad presentada por la curva de calibración.

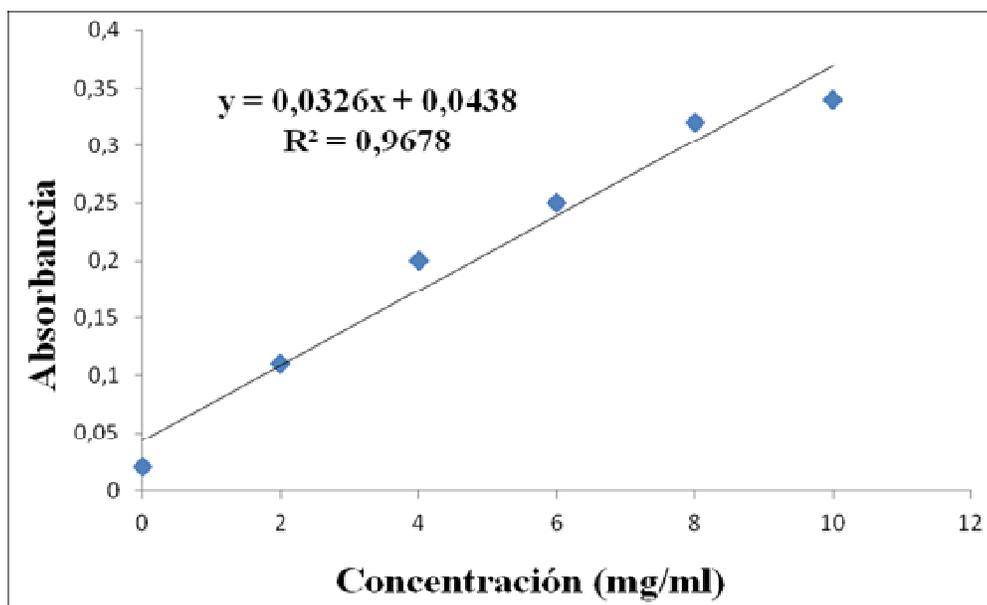


Figura 29. Curva de calibración para la determinación de las proteínas totales en cada una de las especies en estudio.

Los resultados obtenidos en cuanto a las concentraciones de proteínas (% de muestra), de cada una de las especies de peces en estudio, se muestran en la Tabla 10, en la cual se observan los valores para cada especie por duplicado. En el caso del pez *H. striatum*, se reporta con el menor porcentaje de proteínas con un valor promedio de 13,9 %, donde la desviación estandar (S) es baja 0,15 y eso demuestra poca diferencia entre las dos réplicas. Las especies *T. lathami*, *C. crysos* y *H. steindachneri*, presentan concentraciones más altas de proteínas con valores promedios de 16,2; 18,4 y 21,4 respectivamente. Se observa que la S en el caso del *C. crysos* (2,0), es la más alta, lo cual indica diferencias entre las dos réplicas.

Estos resultados concuerdan con los reportados en la literatura para proteínas (25), donde se obtuvo un porcentaje promedio de 18,5, siendo *K. bigibus* (nanue) la especie de mayor contenido proteico, con un 20,8% y *A. leucopareius* (maito) la de menor contenido, con un 14,3%.

A estos resultados se le aplicó el respectivo análisis de varianza (ANDEVA; Tabla 11), en el cual se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido proteico en las diferentes especies. Esta situación requirió la aplicación de la prueba *a*

posteriori LSD (Tabla 10), la cual indicó la formación de dos grupos homogéneos, uno formado por las especies X_a (*H. striatum*, *E. plumieri* y *O. ruber*), y el otro formado por X_b (*E. plumieri*, *O. ruber* y *T. lathami*).

La especie con mayor concentración de proteínas es *H. steindachneri*, conteniendo un promedio de 21,4 de proteínas, y el valor de S para este caso fue de 0,42, lo cual significa que las réplicas sólo difieren en pocas décimas.

Tabla 10. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de proteínas (% de muestra) de las especies en estudio.

Muestras	Réplicas(%)	\bar{X}	S	S_x	(GH)
<i>H. striatum</i>	13,63	13,9	0,15	0,38	X_a
	14,17				
<i>E. plumieri</i>	16,29	15,4	1,6	1,3	$X_a X_b$
	14,52				
<i>O. ruber</i>	15,48	15,7	0,10	0,25	$X_a X_b$
	15,83				
<i>T. lathami</i>	15,88	16,2	0,17	0,41	X_b
	16,46				
<i>C. crysos</i>	17,42	18,4	2,0	1,4	X_c
	19,38				
<i>H. steindachneri</i>	20,89	21,4	0,42	0,65	X_d
	21,81				

\bar{x} : Media; S: Desviación estándar; S_x : Desviación estándar relativa.

En el caso del contenido proteico por cada familia de peces, no se observó una diferencia muy grande entre los porcentajes; en el caso de la familia Haemulidae, representando por los peces *H. striatum*, *O. ruber* y *H. steindachneri*, el contenido proteico varió entre 13,9 y 21,4 %, siendo la especie *H. steindachneri* la de mayor contenido, tanto para esta familia, como para todas las especies de peces estudiadas, mientras él *H. striatum* fue el de menor contenido proteico.

Para la familia Carangidae representada por *T. lathami* y *C. crysos*, el porcentaje es de 16,2 y 18,4, respectivamente, siendo *C. crysos* el de mayor contenido proteico.

Tabla 11. Análisis de varianza del contenido de proteínas (% de muestra) de los peces estudiados.

Fuente de varianza	Sumas cuadráticas	Grados de libertad	Medias cuadráticas	Razón Fisher	Valor - P
Entre grupos	70,6508	5	14,1302	19,78	0,0011
Dentro de grupos	4,2857	6	0,714283		
Total	74,9365	11			

Una posible explicación a la elevada concentración de proteínas observada en la especie *H. steindachneri*, podría ser la evidente relación entre la composición química (proteínica) de los organismos y la composición química de los alimentos que estos consumen y ésta, a su vez, está determinada por las condiciones ambientales del medio en que viven (pH, salinidad y temperatura). Por otra parte, la baja concentración en el caso de la especie *H. striatum*, puede deberse a diferencias en la biosíntesis de proteínas.

Determinación de carbohidratos totales

Los carbohidratos son la forma biológica primaria de almacenamiento y consumo de energía. Otras biomoléculas energéticas son las grasas y, en menor medida, las proteínas. Se hizo una curva de calibración con glucosa: 0,1 mg/ml, presentada en la Figura 30, con la cual se determinó el contenido de carbohidratos totales para cada muestra. Se obtuvo una pendiente ($m=0,0817$), siendo este parámetro utilizado para determinar las concentraciones de carbohidratos, y un coeficiente de correlación ($r=0,9034$), que señaló la linealidad presentada por la curva.

En la Tabla 12, se pueden observar los resultados porcentaje de carbohidratos (% de muestra). La especie *H. steindachneri* fue la que reportó el menor valor con un 45,3% y una desviación estándar (S) de 0,70, lo cual demuestra la similitud entre las dos réplicas obtenidas. Por otra parte, *H. striatum* reportó el mayor contenido de carbohidratos, exhibiendo 52,1%, con un valor de S de 0,10.

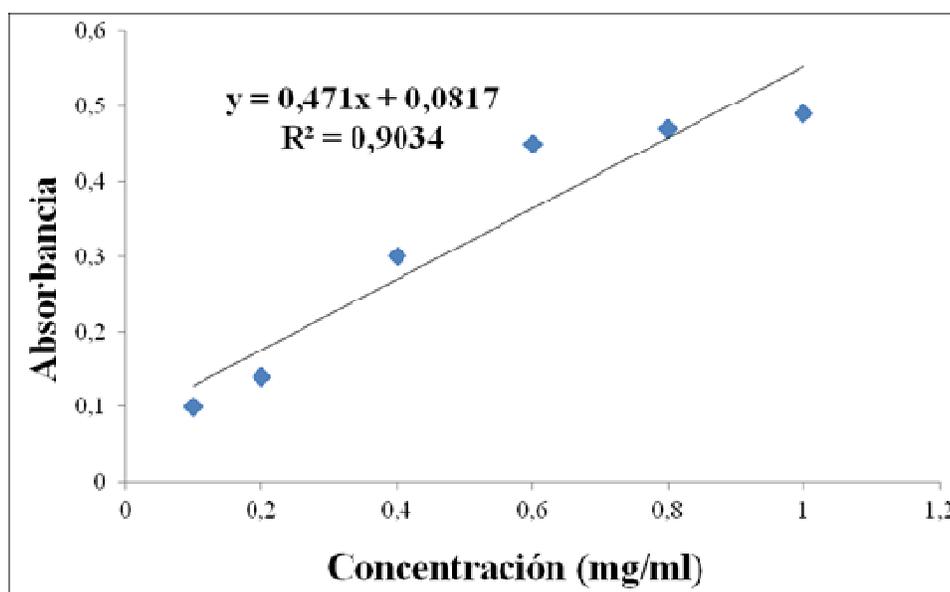


Figura 30. Curva de calibración para la determinación de carbohidratos en cada una de las especies en estudio.

Tabla 12. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de carbohidratos (% de muestra) de las especies en estudio.

Muestras	Réplicas(%)	\bar{X}	S	S_x	GH
<i>H. steindachneri</i>	45,76	45,3	0,70	0,83	X_a
	45,75				
<i>T. lathami</i>	45,57	45,8	0,00	0,10	X_a
	48,98				
<i>E. plumieri</i>	44,70	46,9	4,1	2,1	X_a
	45,88				
<i>O. ruber</i>	45,42	47,3	5,8	2,4	X_a
	48,28				
<i>C. crysos</i>	48,28	47,8	0,52	0,72	X_a
	47,26				
<i>H. striatum</i>	51,89	52,1	0,10	0,21	X_b
	52,18				

\bar{X} : Media; S: Desviación estándar; S_x : Desviación estándar relativa.

La aplicación del análisis de varianza (ANDEVA) para este caso (Tabla 13), arrojó diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de carbohidratos totales en las especies de peces, situación que se comprobó a través de la prueba *a posteriori* LSD (Tabla 12), en la cual se pudo observar la formación de un grupo homogéneo

representados por las especies X_a (*H. steindachneri*, *T. lathami*, *E. plumieri*, *O. ruber* y *C. crysos*), lo cual demuestra que los valores obtenidos para estas cinco especies guardan relación entre ellos desde ese punto de vista, mientras la especie *H. striatum* tuvo el valor más elevado de carbohidratos, por lo tanto no guarda relación alguna con las otras especies, incluso con la de su misma familia (*H. steindachneri* y *O. ruber*).

Adicionalmente, hay que recalcar la precisión en las dos réplicas obtenidas para el caso de *T. lathami*, debido al valor cero en su desviación estándar; situación que no ocurrió para los otros peces.

Los altos porcentaje de carbohidratos totales observados en las especies de peces analizadas, se debe a la utilización del mismo como fuente de energía adicional, como glucógeno, en el proceso de captura o defensa, contra especies de su mismo habitat. Además, podrían indicar que la dieta de los peces es rica en carbohidratos. Los carbohidratos substituyen eficientemente los almacenes del glucógeno en los músculos y el hígado.

Tabla 13. Análisis de varianza del contenido de carbohidratos (% de muestra) de los peces estudiados.

Fuente de varianza	Sumas cuadráticas	Grados de libertad	Medias cuadráticas	Razón Fisher	Valor - P
Entre grupos	58,0825	5	11,6165	6,25	0,0227
Dentro de grupos	11,1623	6	1,8604		
Total	69,2449	11			

Si los peces no tienen una dieta en carbohidratos, el almacenaje del glucógeno de su cuerpo será reducido. El glucógeno es utilizado por el cuerpo durante ejercicios de la resistencia. Si el almacenaje del glucógeno está lleno, el cuerpo de los peces podrá convertir el glucógeno en energía. Esto le proporcionará energía adicional durante el momento de la captura, por lo tanto se incrementa la cantidad de carbohidrato en su cuerpo para tratar de no ser capturado (36).

Determinación de humedad y cenizas

Estos dos experimentos se realizaron simultáneamente con la misma cantidad de muestra, en el primer caso se analizó la humedad para las seis especies de peces, ya que es fundamental conocer el contenido de agua en cada una de las especies; así mismo, es necesario vigilar la humedad, debido a que niveles superiores al 8% en la carne del pescado favorecen la presencia de insectos y arriba del 14%, existe el riesgo de contaminación por hongos y bacterias. Este método está basado en el secado de las muestras en un horno y su determinación por diferencia de masa entre la muestra seca y húmeda.

Los resultados obtenidos para la humedad se pueden observar en la Tabla 14, donde la especie *H. striatum* fue la que reportó el menor valor con un 15,2% y una desviación estándar (S) de 1,1, lo cual demuestra que sí hay similitud entre las dos réplicas obtenidas. Por otra parte, *T. lathami* reportó el mayor contenido de humedad, exhibiendo 20,1%, con un valor de S de 2,9.

Tabla 14. Análisis de varianza del contenido de Humedad (% de muestra) de los peces estudiados.

Especie	Réplicas % Humedad	\bar{X}	S	Sx	Grupo Homogéneo (GH)
<i>Haemulon striatum</i>	14,24	15,2	1,1	1,1	X _a
	16,24				
	15,14				
	18,51				
<i>Haemulon steindachneri</i>	16,67	17,1	1,7	1,3	X _a X _b
	15,99				
	17,76				
<i>Caranx crysos</i>	18,61	18,1	0,21	0,46	X _b X _c
	17,87				
	20,10				
	19,24				
<i>Orthopristis ruber</i>	17,13	18,8	2,3	1,5	X _b X _c
	19,88				
	19,81				
<i>Eugerres plumieri</i>	18,85	19,5	0,33	0,58	X _c
	19,24				
	21,98				
<i>Trachurus lathami</i>	18,88	20,1	2,9	1,7	X _c

\bar{X} : Media; S: Desviación estándar; Sx: Desviación estándar relativa.

La aplicación del análisis de varianza (ANDEVA) para este caso (Tabla 15), arrojó diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de humedad en las especies de peces, situación que se comprobó a través de la prueba *a posteriori* LSD (Tabla 14), en la cual se pudo observar la formación de tres grupos homogéneos representados por las especies X_a (*H. striatum* y *H. steindachneri*), X_b (*H. steindachneri*, *C. crysos* y *O. ruber*) y X_c (*C. crysos*, *O. ruber*, *E. plumieri* y *T. lathami*).

Esta situación sugiere semejanzas entre los valores de algunas réplicas de una especie con los valores de algunas réplicas de otra especie. Por ejemplo, los tres valores de la especie *H. striatum* son similares al primer valor de *H. steindachneri*, por lo tanto, conforman un grupo homogéneo. Sin embargo, al comparar el contenido lipídico de *H. striatum* con los de *T. lathami*, se observan diferencias entre las tres réplicas de la primera con las tres réplicas de la segunda; razón por la cual no comparten un grupo homogéneo.

Al observar los resultados obtenidos por familia de cada especie, en el caso de la humedad, se tiene que todas guardan relación. En el caso de la familia Haemulidae formado por los peces (*H. striatum*, *H. steindachneri* y *O. ruber*), el contenido de humedad varía entre 15,2 y 18,8 %, siendo la especie *O. ruber* la de mayor contenido, mientras el *H. striatum* la de menor. También, se puede observar, en la Tabla 14, la formación de dos grupos, en donde el *H. steindachneri* está relacionado con el *H. striatum*, en el GH (X_a), mientras el *O. ruber* está relacionado en el GH X_b .

Para la familia Carangidae formado por (*C. crysos* y *T. lathami*), el porcentaje es de 18,1 y 20,1, respectivamente, siendo el *T. lathami* el que contiene el mayor contenido de humedad, tanto para esta familia como en general.

Tabla 15. Análisis de varianza del contenido de humedad (% de muestra) de los peces estudiados.

Fuente de varianza	Sumas cuadráticas	Grados de libertad	Medias cuadráticas	Razón Fisher	Valor - P
Entre grupos	47,1500	5	9,43001	6,69	0,0034
Dentro de grupos	16,9159	12	1,40966		
Total	64,0660	17			

Estos resultados difieren con los encontrados para humedad en otras especies de peces marinos recolectadas en Isla de Pascua (Chile) (25), donde se obtuvo un porcentaje promedio de 77,2. Esto puede indicar que el tejido muscular de las especies de esa zona contienen mayor contenido de humedad que los peces analizados en esta investigación.

Ahora bien, para la determinación de cenizas en los peces, se utilizó el método de la calcinación. Las mismas se consideran como el contenido de minerales totales o material inorgánico en la muestra.

El contenido de ceniza de los peces es el residuo inorgánico remanente, después de que la materia orgánica ha sido destruida por combustión en una mufla. La composición mineral de la ceniza así obtenida, no es necesariamente la misma de cómo estaba originalmente, debido a que algunos elementos son volátiles a temperaturas superiores a 450° C (43).

Tabla 16. Porcentaje de cenizas de las seis especies de peces recolectadas.

Especie	Réplicas % Cenizas	\bar{X}	S	Sx	Grupo Homogéneo (GH)
<i>Haemulon steindachneri</i>	0,81	0,91	0,01	0,1	X _a
	0,90				
	1,02				
<i>Orthopristis ruber</i>	0,94	0,95	0,02	0,1	X _a
	0,82				
	1,09				
<i>Trachurus lathami</i>	0,80	0,98	0,04	0,2	X _a
	1,21				
	0,93				
<i>Haemulon striatum</i>	0,97	1,1	0,00	0,06	X _a
	1,08				
	1,03				
<i>Caranx crysos</i>	1,43	1,4	0,00	0,03	X _b
	1,41				
	1,47				
<i>Eugerres plumieri</i>	1,44	1,4	0,01	0,09	X _b
	1,53				
	1,36				

\bar{x} : Media; S: Desviación estándar; Sx: Desviación estándar relativa.

El contenido de ceniza varió entre 0,91% para la *H. steindachneri* con una desviación estándar (S) de 0,1, lo que demuestra que si hay similitud entre las dos réplicas obtenidas, y 1,4% para el *E. plumieri* (Tabla 16).

El análisis de varianza (ANDEVA) para este caso (Tabla 17) arrojó diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de cenizas en las especies de peces, situación que se comprobó a través de la prueba *a posteriori* LSD (Tabla 16), en la cual se pudo observar la formación de dos grupos homogéneos representados por las especies X_a (*H. steindachneri*, *O. ruber*, *T. lathami* y *H. striatum*) y X_b (*C. crysos* y *E. plumieri*).

Al observar los resultados obtenidos por familia de cada especie, en el caso de las cenizas, se tiene que para la familia Haemulidae formado por los peces *H. steindachneri*, *O. ruber* y *H. striatum*, el contenido de cenizas varía entre 0,91 y 1,03 %, siendo la especie *H. striatum* la de mayor contenido; mientras que *H. steindachneri* mostró la de menor valor. También se puede observar, en la Tabla 16, la formación del grupo X_a , en donde estas tres especies forman parte de este grupo, lo que indica la alta homogeneidad que existe en los resultados obtenidos para la familia Haemulidae.

Para la familia Carangidae formado por *T. lathami* y *C. crysos*, el porcentaje es de 0,98 y 1,4, respectivamente, siendo *C. crysos* la que presentó el mayor contenido de cenizas.

Tabla 17. Análisis de varianza del contenido de cenizas (% de muestra) de los peces estudiados.

Fuente de varianza	Sumas cuadráticas	Grados de libertad	Medias cuadráticas	Razón Fisher	Valor - P
Entre grupos	0,9180	5	0,1836	13,04	0,0002
Dentro de grupos	0,1690	12	0,0141		
Total	1,0870	17			

Estos resultados concuerdan con los reportados para cenizas en la literatura (25), donde se obtuvo un porcentaje promedio de 1,11, siendo las especies *K. bigibus* (nanue), *A. caeruleopunctatus* (marari) y *G. nebulosus* (Puia), las de mayor contenido con un 1,4% y la de menor contenido el *M. tiki* (marau), con un 0,9%.

Resumen energético

Los nutrientes requeridos por los peces para crecimiento, reproducción, y otras funciones fisiológicas son semejantes a aquellos requeridos por las especies terrestres; sin embargo, los peces necesitan consumir proteínas, minerales, vitaminas y fuentes energéticas, como los carbohidratos que pueden venir desde fuentes marinas naturales o de dietas preparadas. Si los peces son mantenidos en confinamiento, como estanques, arrecifes artificiales, entre otros, donde los alimentos naturales son prácticamente inexistentes, sus dietas deberán ser nutricionalmente completas. Sin embargo, donde exista disponibilidad de alimentos naturales y las dietas complementarias son para favorecer un crecimiento adicional, éstas no necesitan aportar todos los nutrientes esenciales (44).

En general, los peces utilizan mejor como fuente de energía, y consecuentemente de aminoácidos, los alimentos concentrados proteínicos de origen animal que aquéllos de origen vegetal, por eso una de las diferencias nutritivas más sorprendentes, entre las aves, mamíferos y peces, es que la cantidad de energía requerida para sintetizar proteína es mucho menor en peces que en animales de sangre caliente, es por eso que en esta investigación el contenido de carbohidratos de los peces en estudio es superior, ya que los peces de aguas templadas aprovechan más eficientemente los carbohidratos que los de aguas frías (45).

Tabla 18. Porcentajes de lípidos totales, proteínas totales, carbohidratos totales, humedad y cenizas presentes en las especies *H. steindachneri*, *O. ruber*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri* recolectadas en la población de Guayacán estado Sucre.

<i>Especies</i>	<i>Lípidos totales</i>	<i>Proteínas totales</i>	<i>Carbohidratos totales</i>	<i>Humedad</i>	<i>Cenizas</i>	(%)Total
I	1,2	13,9	52,1	15,2	1,1	83,5
II	0,76	15,4	46,9	19,5	1,4	84,0
III	1,1	16,2	45,8	20,1	0,98	84,2
IV	1,5	15,7	47,3	18,8	0,95	84,3
V	1,3	21,4	45,3	17,1	0,91	86,0
VI	0,53	18,4	47,8	18,1	1,4	86,2

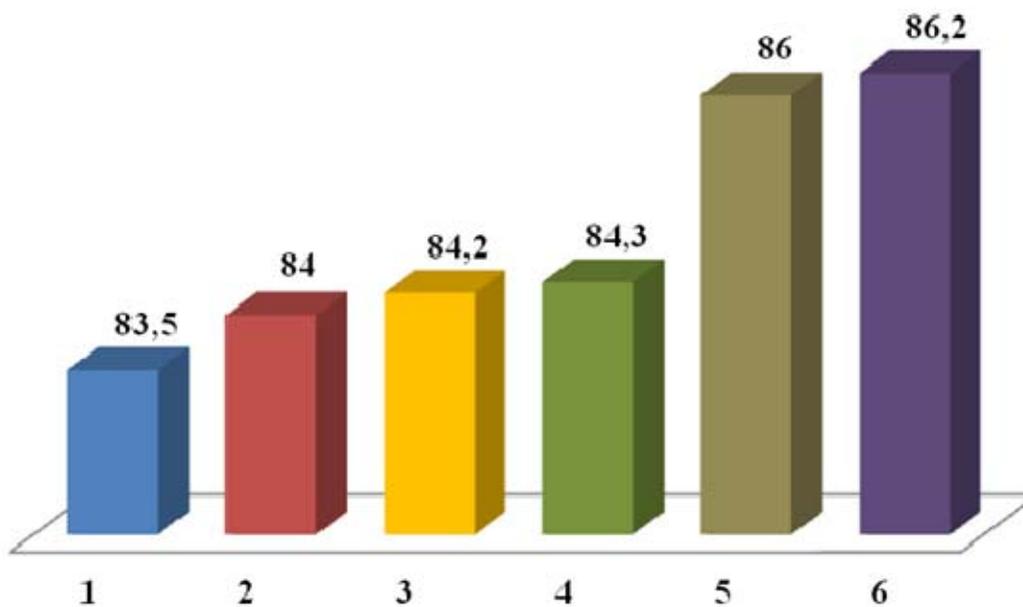
I: H. striatum, II: E. plumieri, III: T. lathami, IV: O. ruber, V: H. steindachneri y VI: C. crysos

La Tabla 18 ilustra la composición proximal, la cual está constituida por los porcentajes de lípidos totales, proteínas totales, carbohidratos totales, humedad y cenizas, los cuales fueron necesarios para determinar el contenido energético total presente en las especies estudiadas.

La especie con mayor contenido energético es el *C. crysos* con un 86,2%, y la de menor el *H. striatum* con 83,5%, teniendo una diferencia entre ambas de 2,7%.

No obstante, se puede resaltar en los porcentajes de proteínas y carbohidratos totales, que para la especie *C. crysos*, se obtuvo un porcentaje de 13,9 y 52,1, respectivamente, y para el *H. striatum*, un 18,4 y 47,8 %. Al comparar ambos resultados, se puede observar que para ambas especies los mismos muestran una relación proporcional, mientras una tiene el mayor contenido de proteína, la otra tiene el menor y viceversa.

Al comparar los resultados energéticos por familia de cada especie, se tiene que en el caso de la familia Haemulidae, formado por los peces *H. striatum*, *O. ruber* y *H. steindachneri*, el contenido energético varió entre 83,5 y 86,0 %, siendo la especie *H. steindachneri* la de mayor contenido, mientras el *H. striatum* el de menor contenido. Para la familia Carangidae, con *T. lathami* y *C. crysos*, el porcentaje es de 84,2 y 86,2, respectivamente, siendo el *C. crysos* la que posee el mayor contenido de energético, tanto para esta familia como en general. Al observar estos resultados, se puede inferir que las familias Haemulidae, Carangidae y Gerreidae (*E. plumieri*), son de alto contenido energético ya que la diferencia para llegar al 100% es muy poca.



1: *H. striatum*, 2: *E. plumieri*, 3: *T. lathami*, 4: *O. ruber*, 5: *H. steindachneri* y 6: *C. crysos*

Figura 31. Distribución porcentual del contenido energético de las seis especies de peces en estudio.

En la Figura 31, se puede observar con mayor detalle, el contenido energético total para las especies *H. steindachneri*, *O. ruber*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri*. Cabe destacar, que los resultados energéticos obtenidos son valores muy cercanos para todos los peces, lo cual indica que todas las especies son aptas para el consumo de la población, y no por ser los carbohidratos el contenido proximal más elevado, se debe dejar de pescar y consumir estas especies, puesto que tiene un contenido energético adecuado, y son necesarios para una dieta rica y balanceada.

CONCLUSIONES

El contenido de lípidos de los peces *H. steindachneri*, *O. ruber*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri* oscila entre 0,530 y 1,50%, siendo el *O. ruber* la especie con mayor contenido lipídico.

Los espectros de RMN – ^{13}C de los extractos lipídicos de las especies *H. steindachneri*, *O. ruber*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri* evidenciaron la presencia de bandas características de fosfolípidos y triacilgliceroles en los mismos.

Mediante análisis de cromatografía de capa fina automatizada (TLC- FID/ Iatroscan), se encontró que los lípidos totales de las especies *H. steindachneri*, *O. ruber*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri* están constituidos principalmente por fosfolípidos (66,1-90,8 %) y en menor concentración por triacilgliceroles (6,8-34,0 %) y colesterol (4,5%).

Los análisis por CG-L de los ésteres metílicos de los ácidos grasos, reflejaron un predominio de las grasas saturadas (69-75 %) sobre las monoinsaturadas (21-27 %), en los lípidos totales de las seis especies estudiadas.

En los lípidos totales de todas las especies analizadas, los ácidos grasos saturados que prevalecieron fueron el mirístico (C14:0), palmítico (16:0) y esteárico (18:0); en los monoinsaturados, el ácido oleico (18:1 ω -9) fue el predominante, y los poliinsaturados, linolénico (C18:3 ω -3), eicosapentaenoico (C20:5 ω -3) y docosahexaenoico (C22:6 ω -3).

Las concentraciones de proteínas para las especies estudiadas fluctuaron entre 13,9 y 21,4 %, correspondiendo la menor concentración a *H. striatum* y la mayor a *H. steindachneri*, respectivamente.

El contenido de carbohidratos totales en los peces, osciló entre 45,3 y 52,1%, correspondiéndole el mínimo valor a la especie *H. steindachneri* y el máximo a *H. striatum*.

Los niveles de humedad encontrados en las muestras estudiadas arrojaron un rango promedio entre 15,2 y 20,1 %, siendo el menor valor para la especie *H. striatum* y el mayor para la especie *T. lathami*, mientras que la mayor concentración de cenizas la

obtuvo la especie *E. plumieri*, con un valor de 1,4%, mientras que el *H. steindachneri* presentó el menor valor (0,91 %).

Los análisis estadísticos aplicados permitieron evidenciar la existencia de pocas diferencias significativas en el contenido energético de estos peces, constatándose que los mismos presentaban variabilidad tanto con respecto a la especie como a la familia a la que cada uno pertenece.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se recomienda promover el consumo de estas especies en el país, ya que la mayoría de los organismos acuáticos aportan grandes beneficios en la salud.

BIBLIOGRAFÍA

1. Lehninger, A. 1976. *Curso breve de bioquímica*. Omega, Barcelona.
2. Mozaffarian, D.; Katan, M.; Ascherio, A.; Stampfer, M. y Willett, W. 2006. *Trans fatty acids and cardiovascular disease*. *Journal of Medicine*. Inglaterra, 15:1601-1613.
3. Donatelle, R. y Health, J. 2005. *The basics*. Sexta Edición. San Francisco.
4. Christie, W. 1973. *Lipids analysis*. Pergamon Press. New York.
5. Overturf, M. y Dryer, R. 1967. *Experiments in physiology and biochemistry*. 2. Academic Press. New York.
6. Murray, R.; Granner, D.; Mayes, P. y Rodwell, V. 1991. *Bioquímica de Harper*. Décima tercera edición. Manual Moderno, México, D.F.
7. Saldaña, L. 1998. *Manual de alimentación y salud*. Segunda edición. Printer Colombiana, Bogotá.
8. Nair, V. y Gopakumar, K. 1988. Fatty acid compositions of in species of fresh from tropical waters. *Journal of Food Science*, 43: 1162-1164.
9. Satue, M.; López, M. y Agramunt, A. 1994. Fatty acid composition of trout oil. *Food Chemistry*, 50: 363-365.
10. Freitas, L. 2002. Composición bioquímica, clases de lípidos y ácidos grasos del mejillón *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819), en cultivo. Influencia del origen de las semillas y de los parámetros ambientales. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Santiago de Compostela, España.
11. Lozano, J.; Galindo, J.; García, J.; Martínez, J.; Peñafiel, R. y Solano, F. 2005. *Bioquímica y biología molecular para ciencias de la salud*. McGraw Hill Interamericana. Madrid, España.
12. Malavé, M. 1995. Caracterización y cuantificación del contenido lipídico y ácidos grasos presentes en dos especies de erizos de mar: *Lytechinus variegatus* y *Echinometra lucunter*. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.

13. Christie, W. 1990. *Gas chromatography and lipids: A practical guide*. The Oily Press. Bridgwater.
14. D'Armas, H. 1993. Aplicación de la resonancia magnética nuclear de C-13 y de técnicas cromatográficas al estudio de la composición lipídica de tejidos de las especies *Hoplosternum littorale* y *Pseudoplastystoma fasciatum*. Trabajo de ascenso, Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.
15. Milano, J. 2003. Estudio comparativo del contenido lipídico, proteico y de glucógeno en la *Crassostrea rhizophorae* (ostra de mangles) provenientes de la laguna Chacopata, la Restinga y Caroní Swamp. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.
16. West, E.; Todo, W.; Mason, H. y Bruggen, J. 1989. *Bioquímica médica*. Editorial interamericano, S.A de C.V. Mexico.
17. Helfman, G.; Collette, B. y Facey, D. 1997. *The diversity of fishes*. Blackwell Science, Malden. Massachusetts, Estados Unidos.
18. Jordan, D. y Gilbert, C. 1882. Descriptions of nineteen new species of fishes from the Bay of Panama. *US Fish Comm, 1* (1881): 306-335.
19. McKay, R. y Schneider, M. 1995. Guía FAO para Identificación de Especies para lo Fines de la Pesca. *Pacifico Centro-Oriental, 3*: 45-49. Italia.
20. Moyle, P. y Cech, J. 2000. *Fishes: An introduction to ichthyology*. Cuarta edición. Upper Saddle River. Estados Unidos.
21. Nelson, J. 1994. *Fishes of the world*. Tercera edición. Estados Unidos.
22. Wheeler, A. 1985. *The world encyclopedia of fishes*. Segunda edición. Londres.
23. Ronald, B. y Harold, J. 2003. Determination of fat content in fish feed by supercritical fluid extraction and subsequent lipid classification of extract by thin layer chromatography-flame ionization detection. *Elsevier, 216*: 401-414.
24. Falch, E. y Aursand, M. 2006. Multi-component analysis of marine lipids in fish gonads with emphasis on phospholipids using high resolution NMR spectroscopy. *Elsevier, 144*.
25. Nalda, R.; Paz, R.; Lilia, M. y Rafael, P. 2000. Composición en ácido graso y proximal de siete especies de pescado de Isla de Pascua. *Alan, 50*:3.

26. Patiño, L. 1998. Caracterización y cuantificación de lípidos en el hígado, tracto digestivo y tejido muscular de la especie *Eucinostomus gula* (Española). Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná.
27. Martínez, R. 2008. Perfil de ácidos grasos de peces marinos comerciales de las familias: CARANGIDEA (*Trachurus lathami*); GLUPEIDEA (*Sardinella aurita*, *Harengula clupei*, *Ophisthionema oglinum*); MUGILIDEA (*Mugil liza*) y SCIAENIDEA (*Cynoscion leiarchus*, *Micropogonias furnieri*). Trabajo de postgrado. Departamento de Bioanálisis, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná.
28. Anahys, M. 1991. Caracterización de lípidos en el tejido muscular de diferentes especies de peces de origen marino de consumo masivo en el oriente de país. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná.
29. Carpio, L. 1976. Composición química del *Trachurus lathami* (Cataco) y su variación estacional. *Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente*, 15 (1): 19-24.
30. Villarroel, A. 1997. Caracterización y cuantificación de las diferentes clases de lípidos presentes en el hígado y tejido muscular del marao (*Tylosurus crocodrilos*). Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.
31. Overturf, M. y Dryer, R. 1967. *Experiments in physiology and biochemistry*. Vol. 2. Academic Press. New York.
32. Corstie, W. 1973. *Lipids analysis*. Pergamon Press. New York.
33. Farnworth, E.; Thompson, B. y Kramer, J. 1982. Quantitative determination of neutral lipids on chromarods. *Journal of Chromatography*, 264: 463-747.
34. Ackman, R. 1982. Flame ionization detection applied to thin layer chromatography on coated quartz rods. *Methods Enzymol*, 72: 205-253.
35. Alemany, M. y Font, S. 1982. *Prácticas de Bioquímica*. Alhambra. España.
36. Winmer, L.; Lemb, R. y Tate, L. 1970. Glycogen Changes During Metamorphosis of *Phormia Regina*. En: *Experiments in Physiology and Biochemistry*. 3. Ed Kerkut. Acad. Press, New York.
37. Mann, J. 1999. Chemical aspects of biosynthesis. *Oxford Chemistry Primers*, 20: 1-92.

38. Ciarfella, A. 1986. *Temas de Actualización Sobre Colesterol, Lipoproteínas y Aterosclerosis*. Laboratorios Servir, S. A. Argentina.
39. Delvin, T. 1991. *Bioquímica*. Segunda Edición. Tomo 1. Editorial Reverté, S.A. Barcelona, España.
40. Hibbeln, J.; Nieminen, L.; Blasbalg, T.; Riggs, J. y Lands, W. 2006. Healthy intakes of n-3 and n-6 fatty acids: estimations considering worldwide diversity. *Am J Clin Nutr.*, 83: 1483-1493.
41. Andarcia, W. 1997. Caracterización y cuantificación de lípidos en el hígado, gónadas femeninas y tejido muscular de la especie marina *Thalassophryne maculosa* (sapo cano). Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná.
42. Chacón, A. 1999. Caracterización y cuantificación de lípidos totales y ácidos grasos presentes en varios tejidos de la especie marina *Acanthopleura granulata* (lapa de mar). Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná.
43. Fennema, O. 1985. *Food Chemistry*. Part I. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, Inc.
44. Clawson, A.; Garlich, J.; Coffey, M. y Pond, W. 1991. Nutritional, physiological, genetic, sex, and age effects on fat-free dry matter composition of the body in avian, fish, and mammalian species: A review. *J Anim Sci.* 69: 3617-44.
45. Krzynowek, J. y Murphy, J. 1987. Composition, energy, fatty acid, sodium and cholesterol content of finfish, shellfish, and their products. *NOAA. Tec. Rep. NMFS.* 55: 40-41.

LISTA DE APÉNDICES

FIGURAS:

A1. Cromatograma TLC-FID del extracto lipídico de *H. steindachneri*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

A2. Cromatograma TLC-FID del extracto lipídico de *O. ruber*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

A3. Cromatograma TLC-FID del extracto lipídico de *H. striatum*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

A4. Cromatograma TLC-FID del extracto lipídico de *T. lathami*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

A5. Cromatograma TLC-FID del extracto lipídico de *C. crysos*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

A6. Cromatograma TLC-FID del extracto lipídico de *E. plumieri*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

B1. Espectro de RMN ¹³ C del extracto lipídico de *H. steindachneri*, proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto).

B2. Espectro de RMN ¹³ C del extracto lipídico de *H. steindachneri*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

B3. Espectro de RMN ¹³ C del extracto lipídico de *O. ruber*, proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto).

B4. Espectro de RMN ¹³ C del extracto lipídico de *O. ruber*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

B5. Espectro de RMN ¹³ C del extracto lipídico de *H. striatum*, proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto).

B6. Espectro de RMN ¹³ C del extracto lipídico de *H. striatum*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

B7. Espectro de RMN ¹³ C del extracto lipídico de *T. lathami*, proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto).

- B8. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *T. lathami*, proveniente de Guayac estado Sucre.
- B9. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *C. crysos*, proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto).
- B10. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *C. crysos*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.
- B11. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *E. plumieri*, proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto).
- B12. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *E. plumieri*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.
- C1. Cromatograma de gases del extracto lipídico de *H. steindachneri*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.
- C2. Cromatograma de gases del extracto lipídico de *O. ruber*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.
- C3. Cromatograma de gases del extracto lipídico de *T. lathami*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

TABLAS:

- 1D. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de fosfolípidos de las especies en estudio.
- 2D. Análisis de varianza del contenido de fosfolípidos de los peces estudiados.
- 3D. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de ácidos grasos libres de las especies en estudio.
- 4D. Análisis de varianza del contenido de ácidos grasos libres de los peces estudiados.
- 5D. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de colesterol de las especies en estudio.
- 6D. Análisis de varianza del contenido de colesterol de los peces estudiados.
- 7D. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de triacilgliceroles de las especies en estudio.

8D. Análisis de varianza del contenido de triacilgliceroles de los peces estudiados.

9D. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de ésteres de colesterol de las especies en estudio.

10D. Análisis de varianza del contenido de ésteres de colesterol de los peces estudiados.

APÉNDICES

Apéndice A:

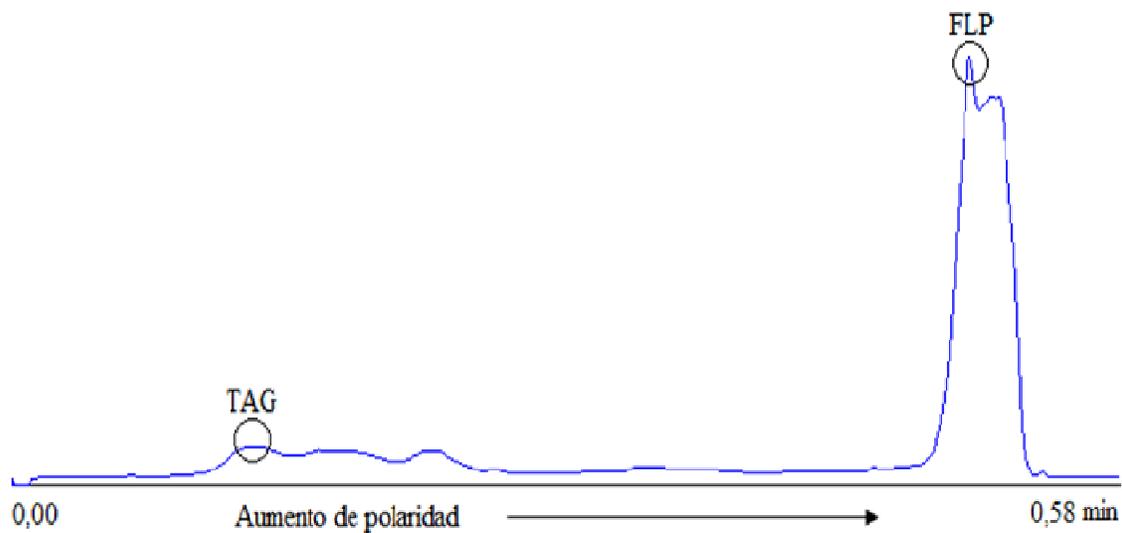


Figura A1. Cromatograma TLC-FID del extracto lipídico de *H. steindachneri*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

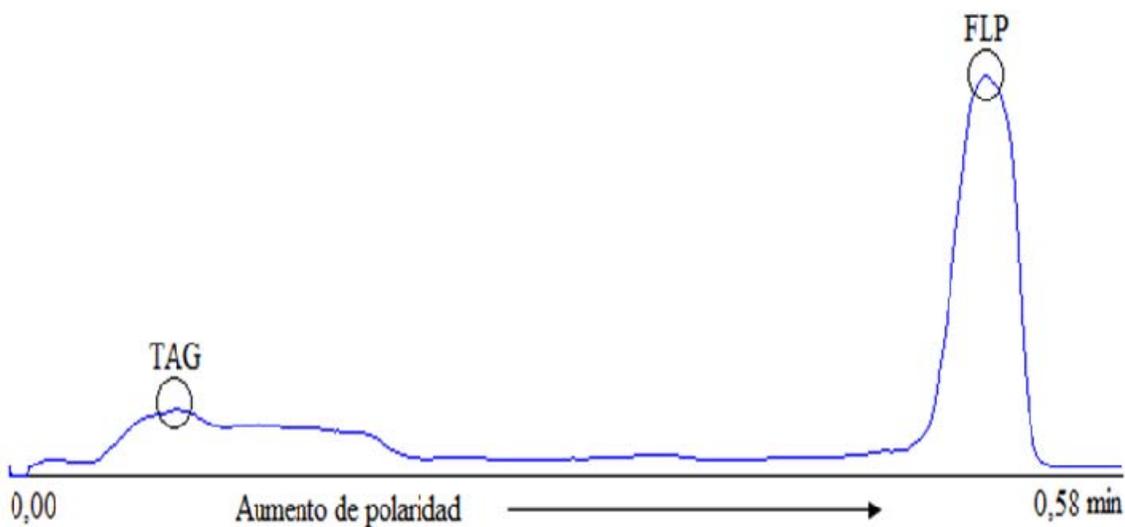


Figura A2. Cromatograma TLC-FID del extracto lipídico de *O. ruber*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

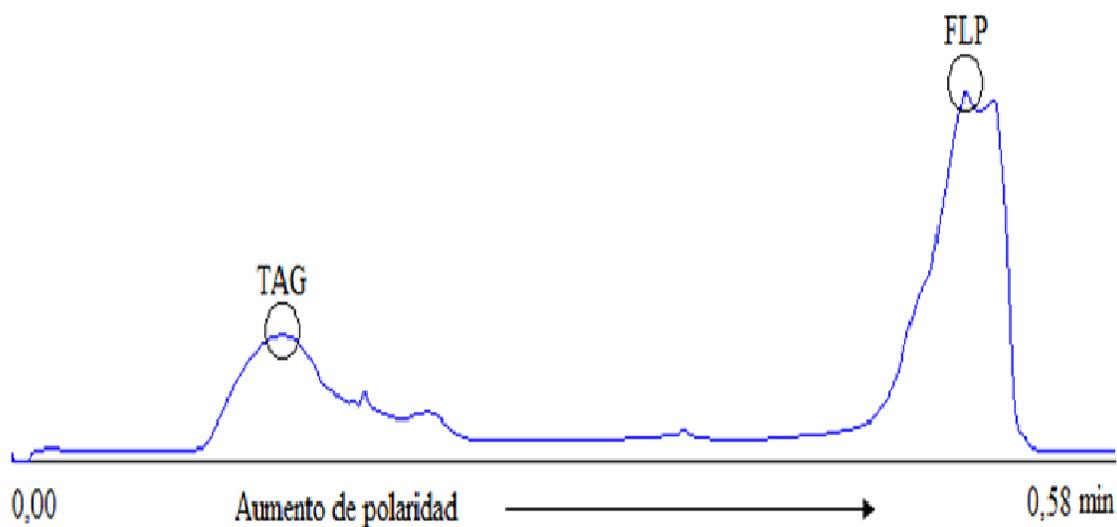


Figura A3. Cromatograma TLC-FID del extracto lipídico de *H. striatum*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

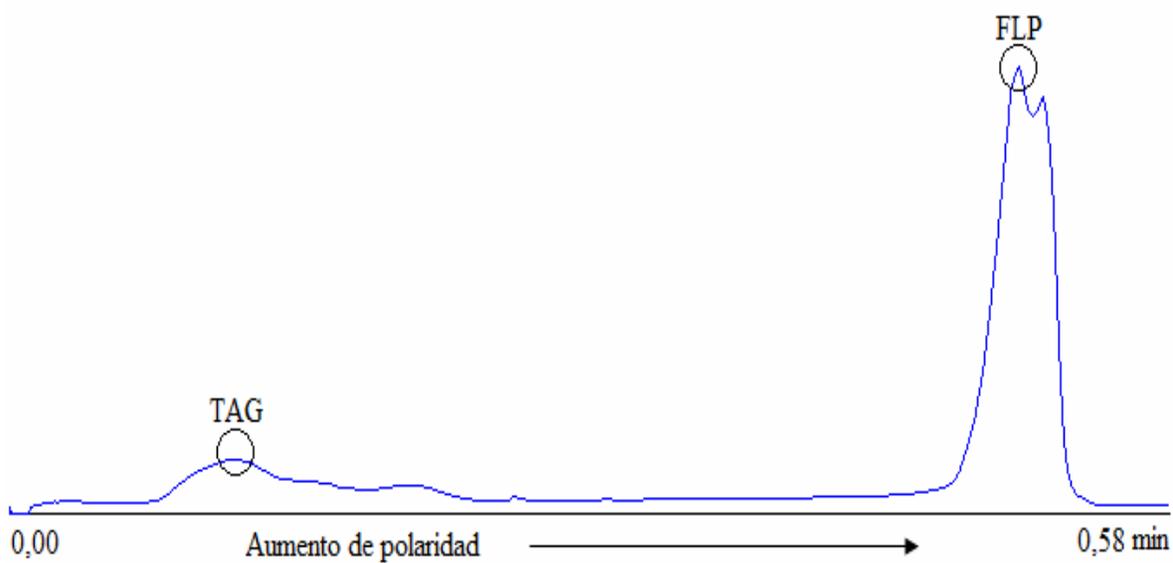


Figura A4. Cromatograma TLC-FID del extracto lipídico de *T. lathami*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

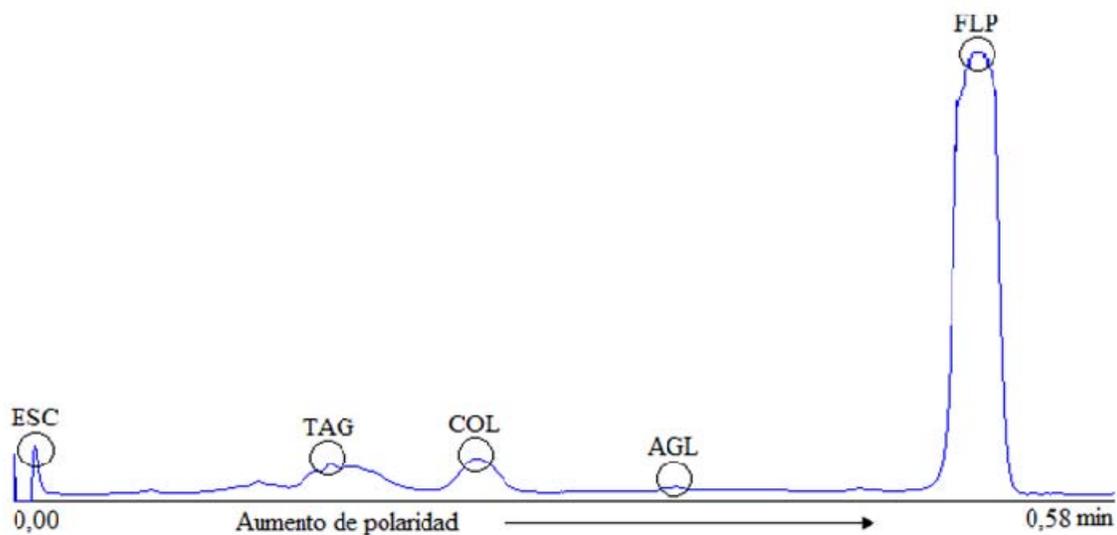


Figura A5. Cromatograma TLC-FID del extracto lipídico de *C. caryos*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

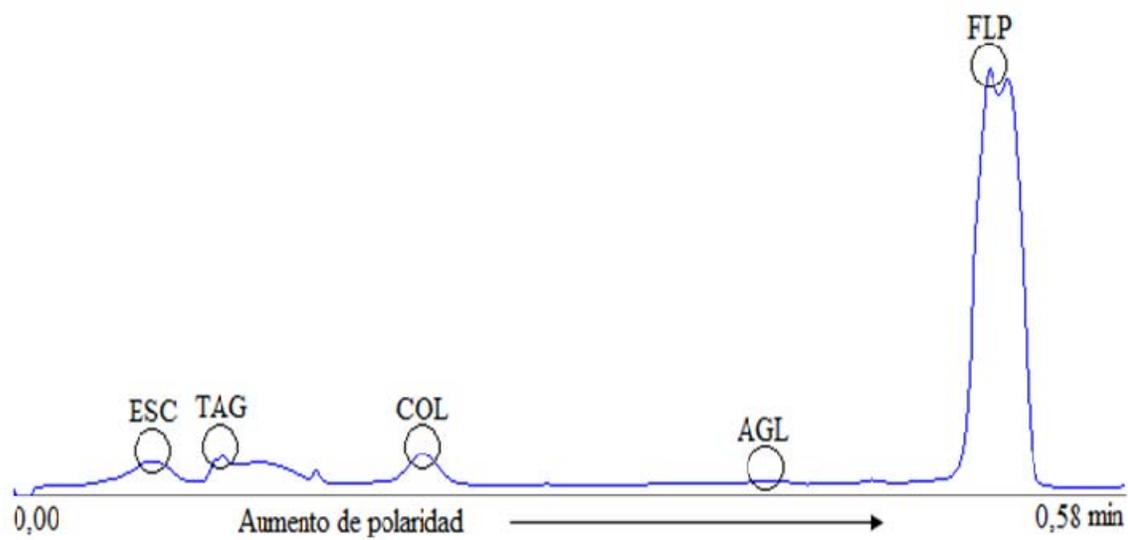


Figura A6. Cromatograma TLC-FID del extracto lipídico de *E. plumieri*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

Apéndice B:

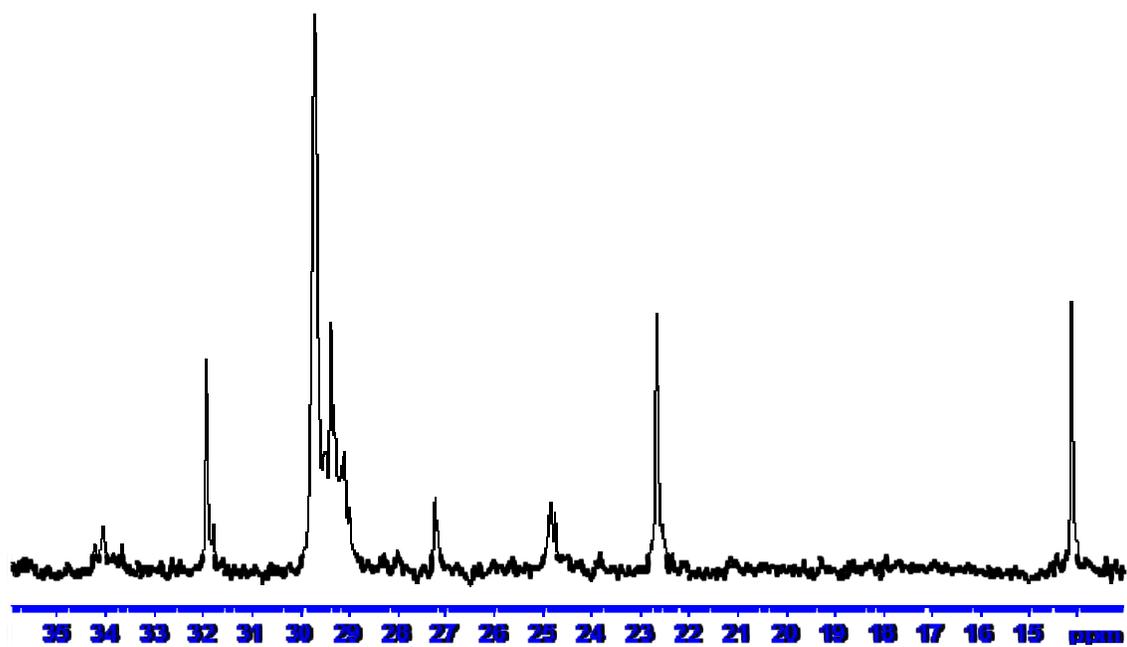


Figura B1. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *H. steindachneri*, proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto).

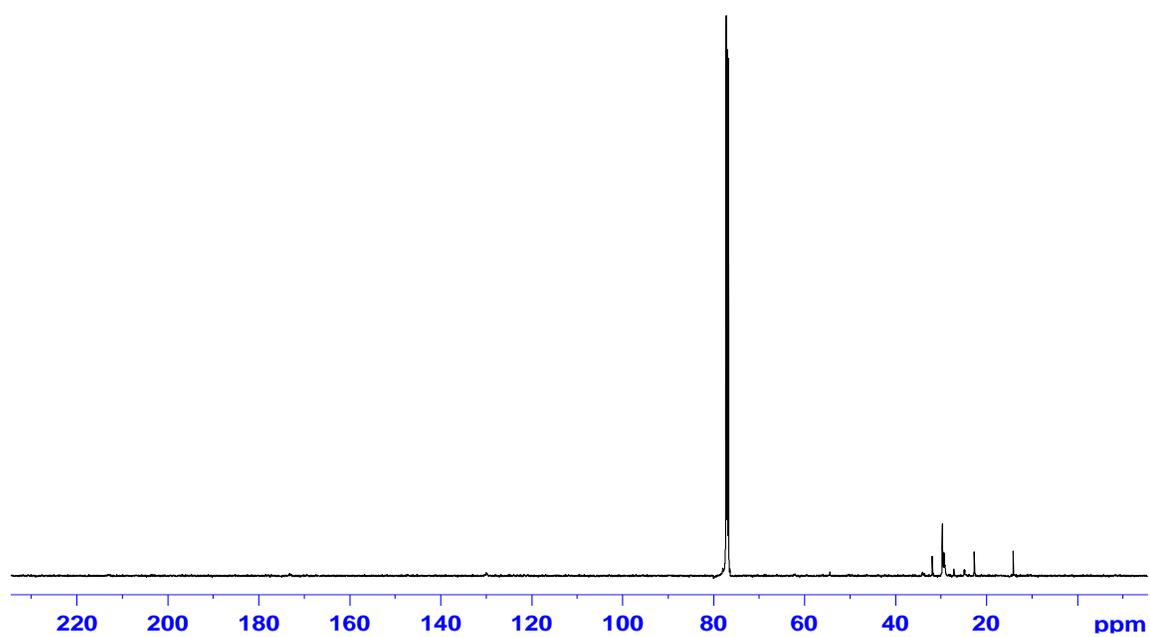


Figura B2. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *H. steindachneri*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

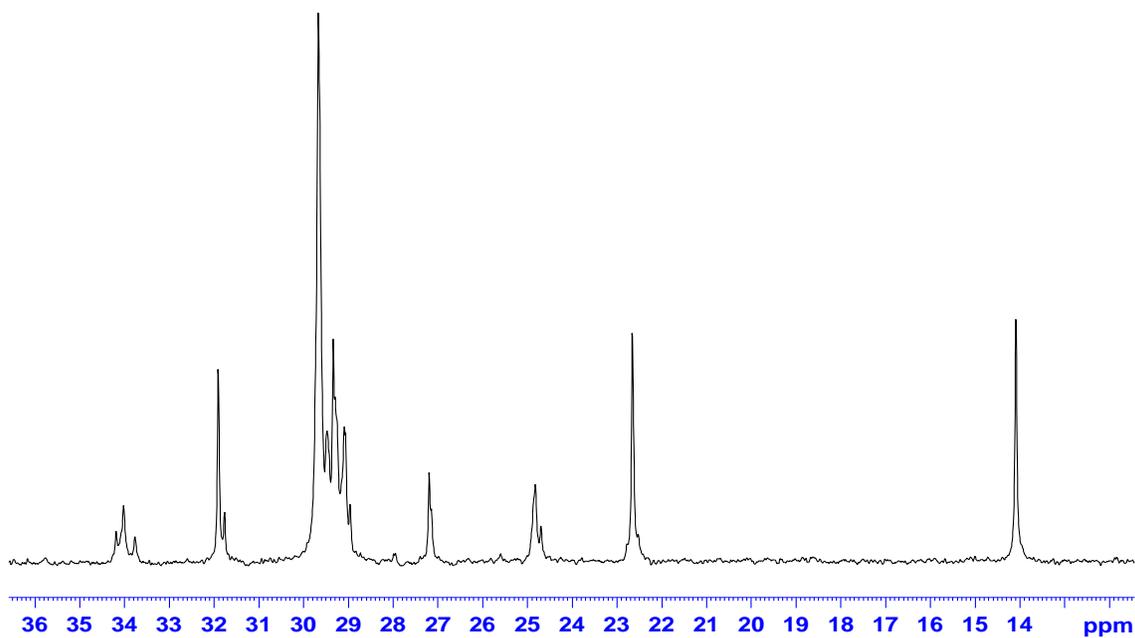


Figura B3. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *O. ruber*, proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto).

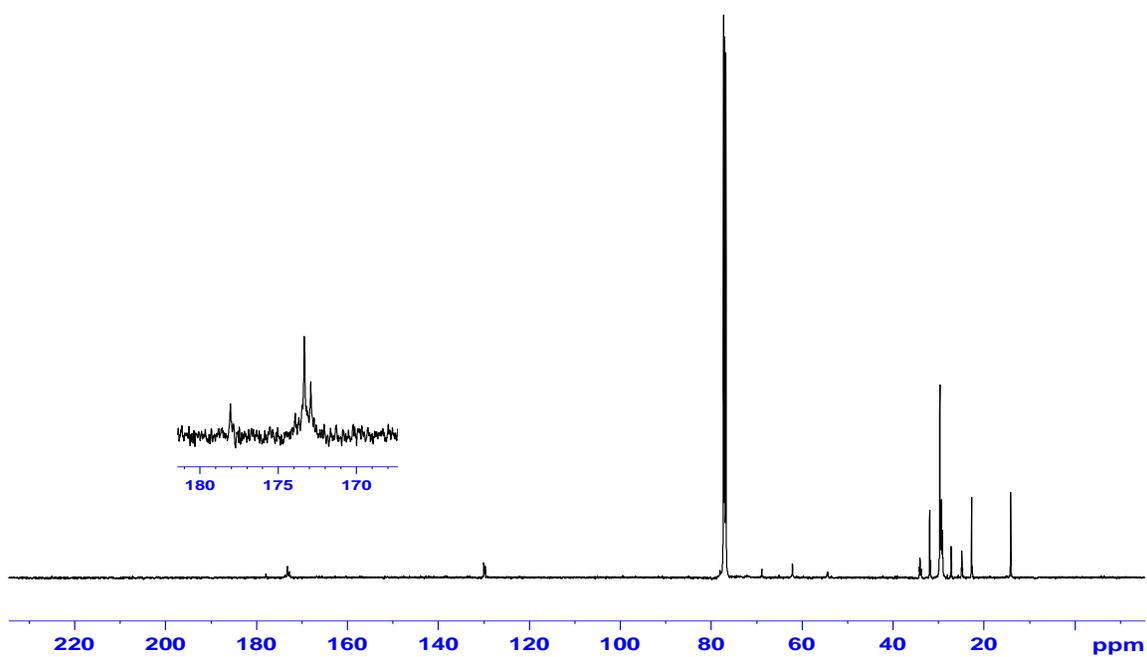


Figura B4. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *O. ruber*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

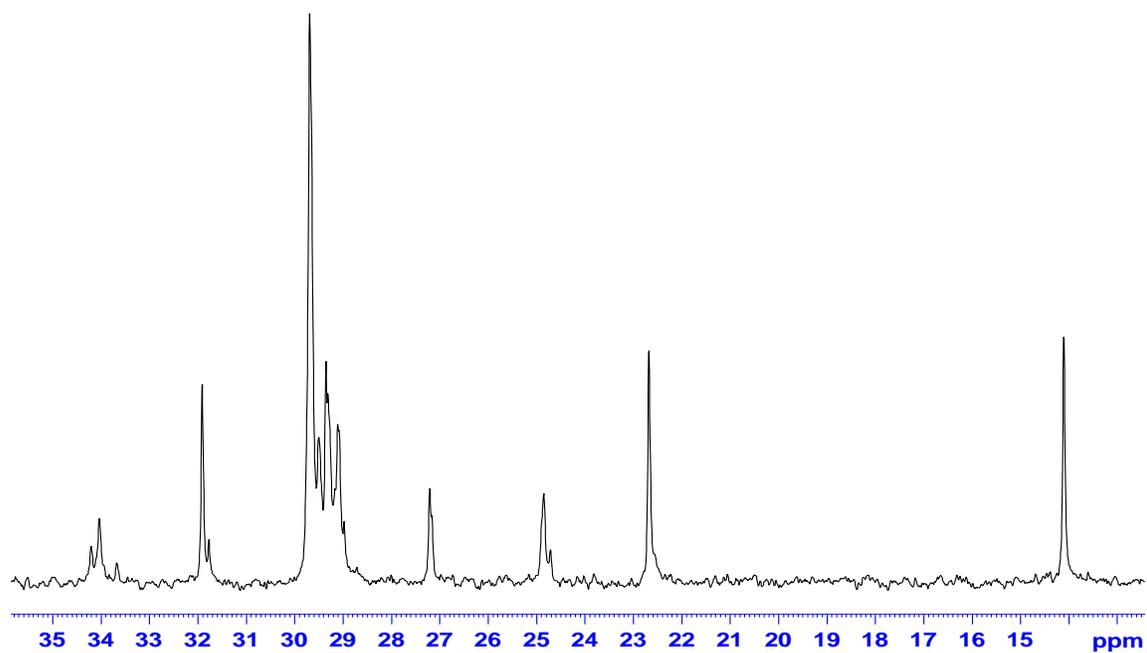


Figura B5. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *H. striatum*, proveniente de Guayaquán, estado Sucre (zona a campo alto).

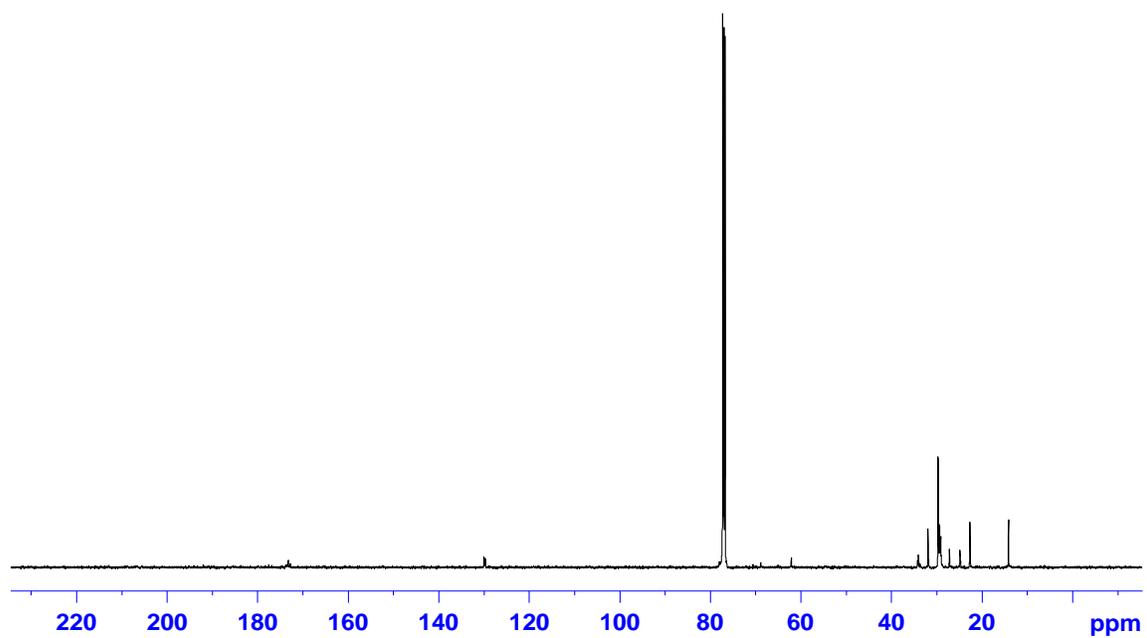
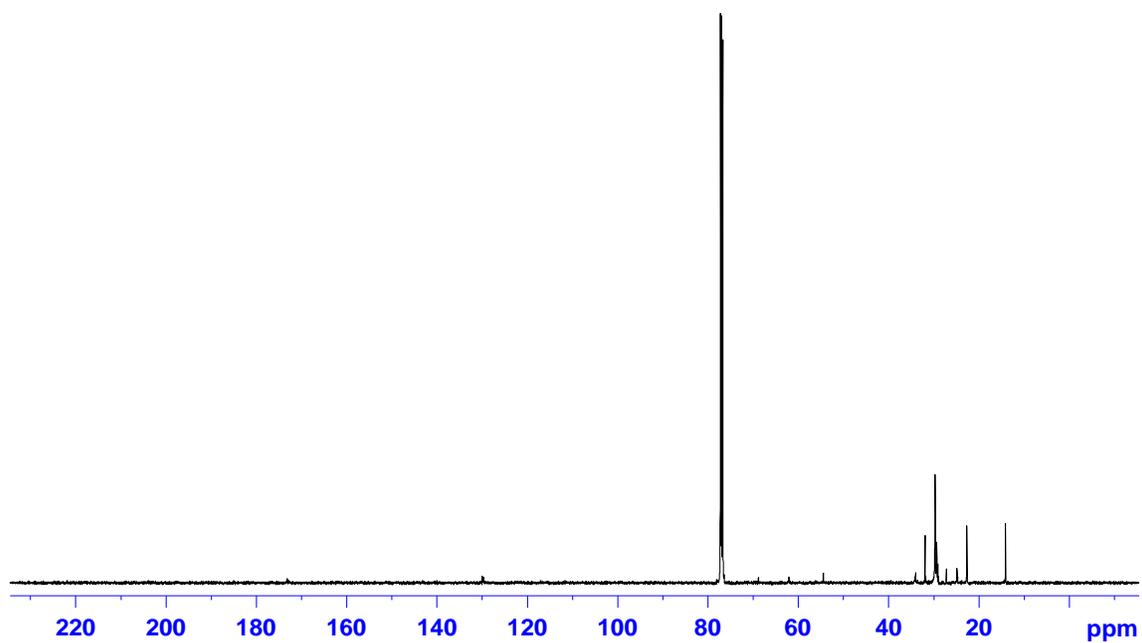
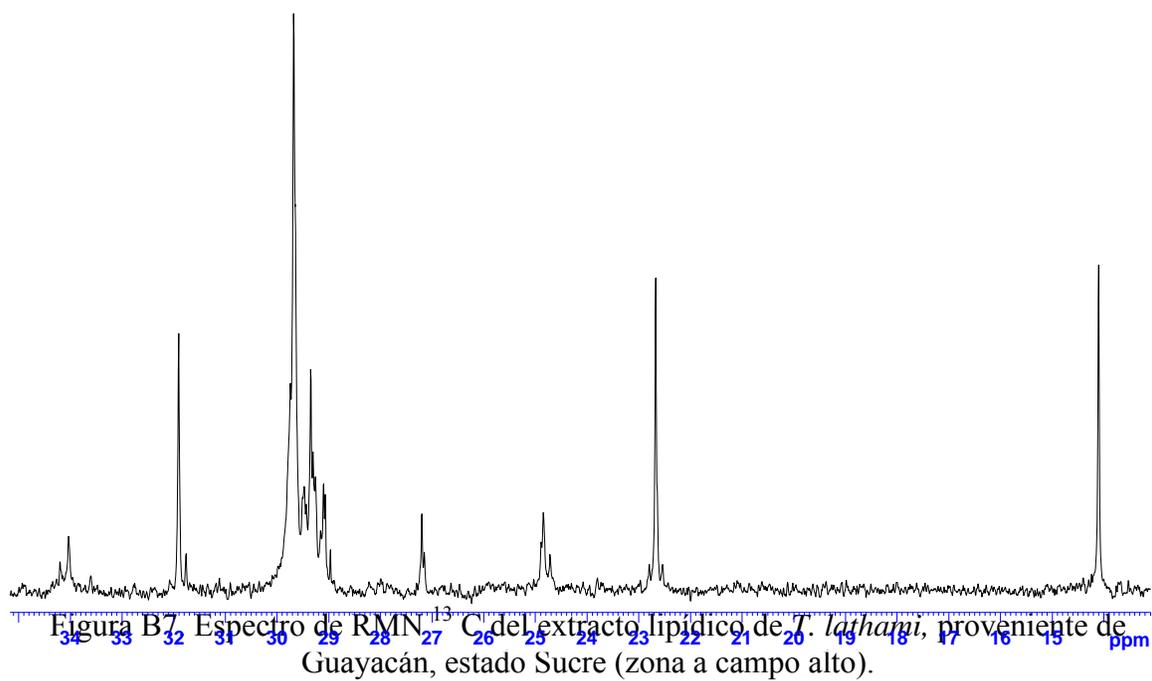


Figura B6. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *H. striatum*, proveniente de Guayaquán, estado Sucre.



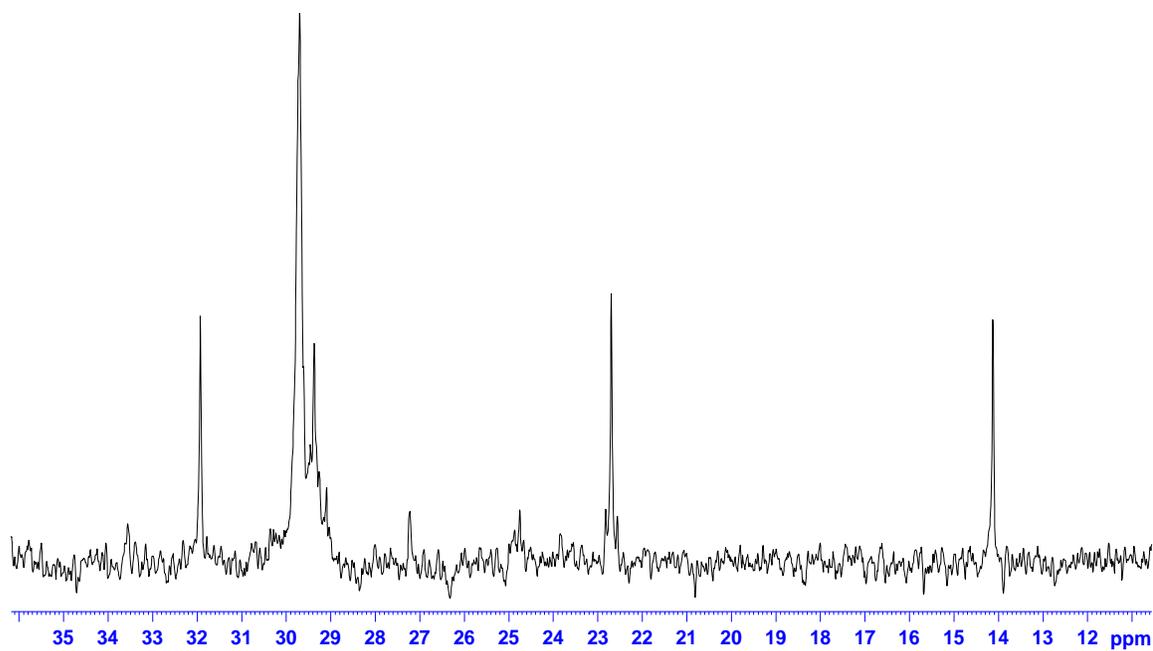


Figura B9. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *C. crysos*, proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto).

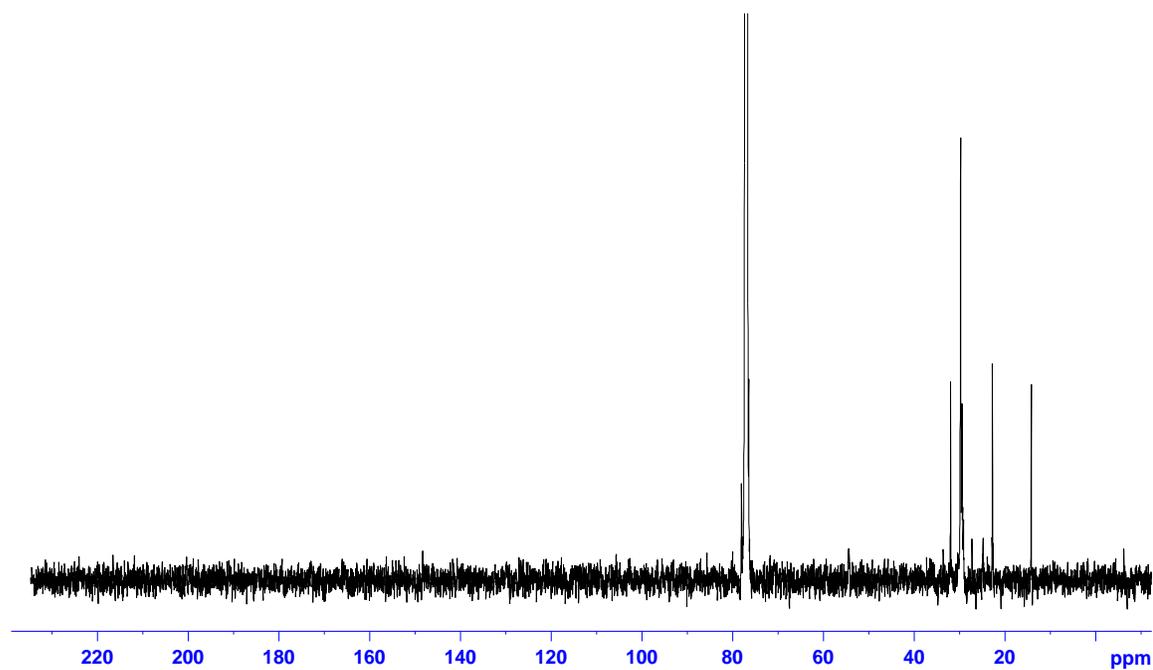


Figura B10. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *C. crysos*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

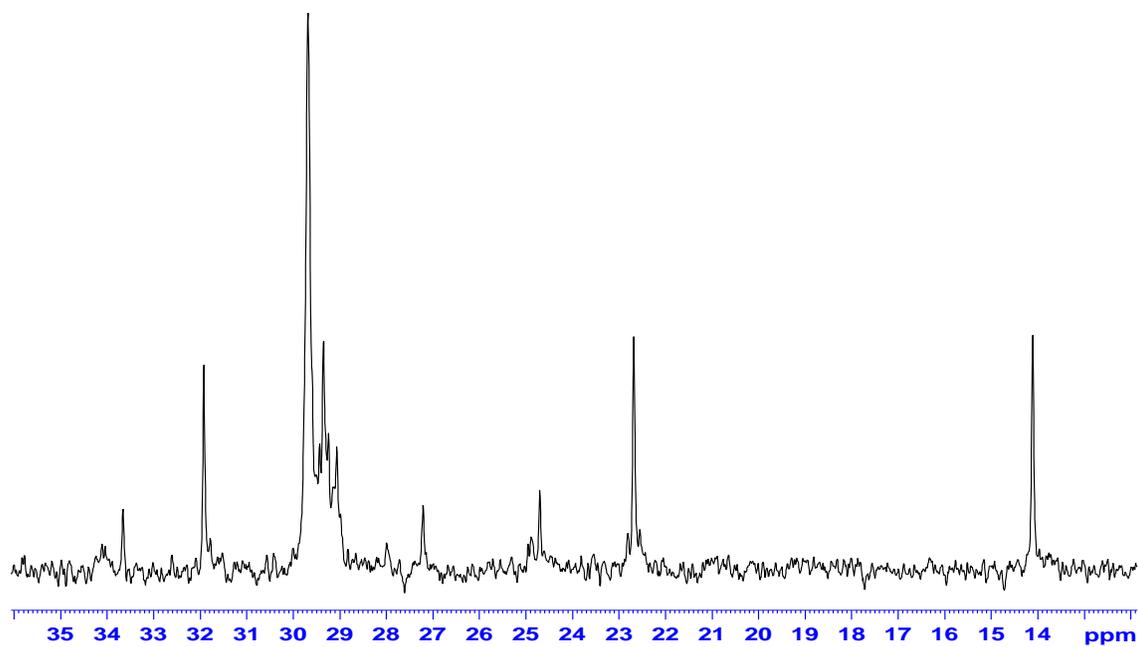


Figura B11. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *E. plumieri*, proveniente de Guayacán, estado Sucre (zona a campo alto).

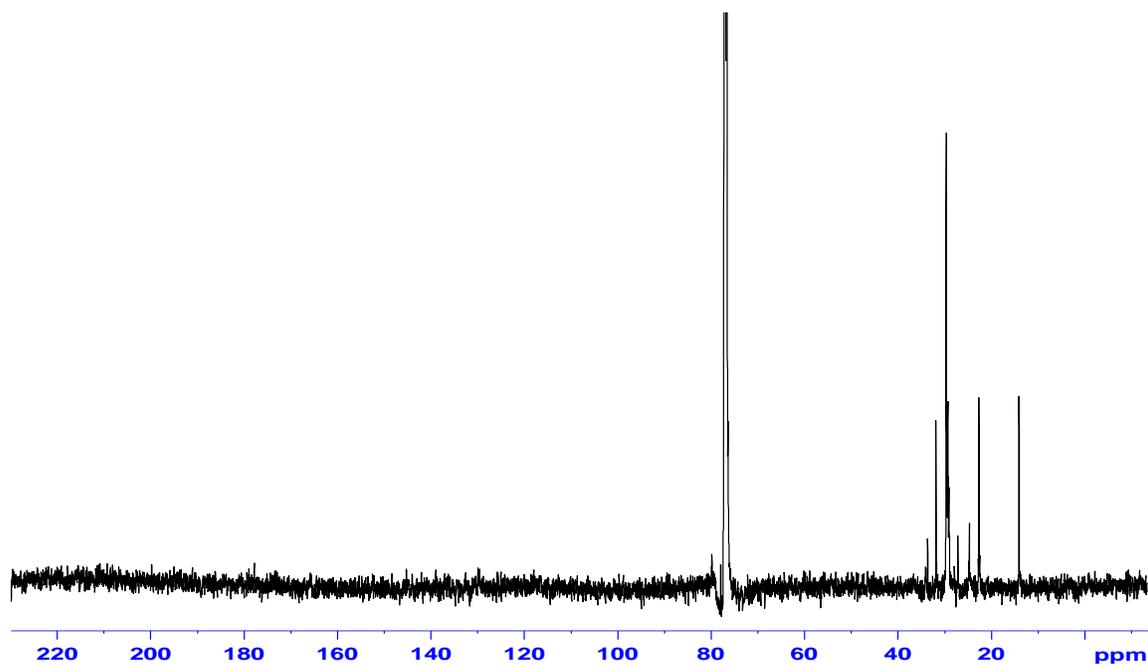


Figura B12. Espectro de RMN ^{13}C del extracto lipídico de *E. plumieri*, proveniente de Guayacán, estado Sucre.

Apéndice C:

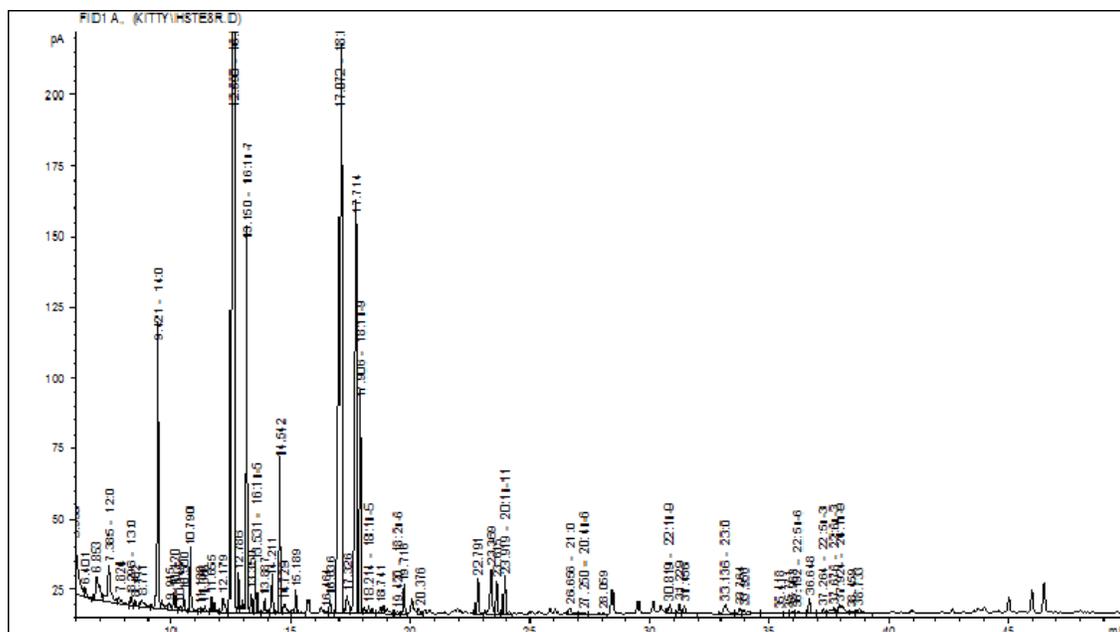


Figura C1. Cromatograma de gases del extracto lipídico de *H. steindachneri* proveniente de Guayaacán, estado Sucre.

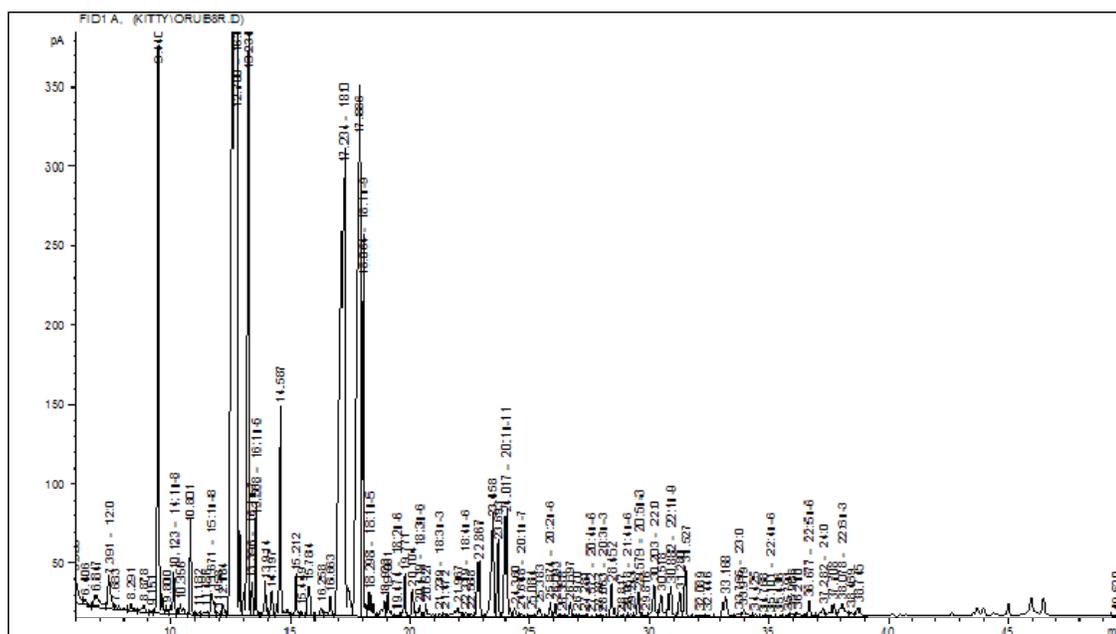


Figura C2. Cromatograma de gases del extracto lipídico de *O. ruber* proveniente de Guayaacán, estado Sucre.

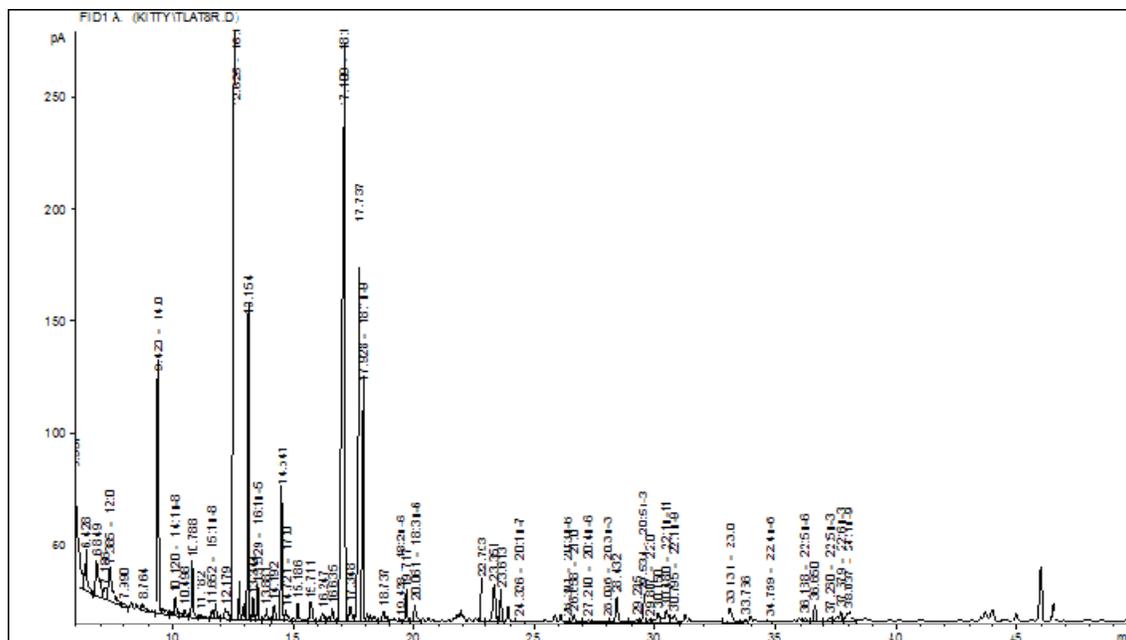


Figura C3. Cromatograma de gases del extracto lipídico de *T. lathami* proveniente de Guayacán, estado Sucre.

Apéndice D:

Tabla 1D. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de fosfolípidos de las especies en estudio.

Muestras	Réplicas(%)	\bar{X}	S	S_x	(GH)
<i>O. ruber</i>	66,64	66,1	0,8	0,9	X_a
	65,39				
<i>H. striatum</i>	67,99	68,3	0,2	0,5	X_a
	68,68				
<i>T. lathami</i>	77,39	76,8	0,7	0,9	X_b
	76,19				
<i>E. plumieri</i>	80,23	81,4	0,5	0,6	X_c
	82,47				
<i>C. crysos</i>	86,30	85,3	0,9	0,4	X_d
	84,37				
<i>H. steindachneri</i>	90,43	90,8	0,3	0,5	X_e
	91,15				

\bar{X} : Media; S: Desviación estándar; S_x : Desviación estándar relativa.

Tabla 2D. Análisis de varianza del contenido de fosfolípidos de los peces estudiados.

Fuente de varianza	Sumas cuadráticas	Grados de libertad	Medias cuadráticas	Razón Fisher	Valor - P
Entre grupos	933,89	5	186,778	175,90	0,0000
Dentro de grupos	6,37113	6	1,06185		
Total	940,261	11			

Tabla 3D. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de ácidos grasos libres de las especies en estudio.

Muestras	Réplicas(%)	\bar{X}	S	S_x	(GH)
<i>C. crysos</i>	0,80	0,8	0,1	0,02	X_a
	0,84				
<i>E. plumieri</i>	1,27	1,0	0,1	0,06	X_b
	1,18				
<i>O. ruber</i>	-	-	-	-	-
	-				
<i>T. lathami</i>	-	-	-	-	-
	-				
<i>H. striatum</i>	-	-	-	-	-
	-				
<i>H. steindachneri</i>	-	-	-	-	-
	-				

\bar{X} : Media; S: Desviación estándar; S_x : Desviación estándar relativa.

Tabla 4D. Análisis de varianza del contenido de ácidos grasos libres de los peces estudiados.

Fuente de varianza	Sumas cuadráticas	Grados de libertad	Medias cuadráticas	Razón Fisher	Valor - P
Entre grupos	0,17028	1	0,17028	69,06	0,0142
Dentro de grupos	0,00493143	2	0,00246571		
Total	0,175211	3			

Tabla 5D. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de colesterol de las especies en estudio.

Muestras	Réplicas(%)	\bar{X}	S	S_x	(GH)
<i>E. plumieri</i>	4,64	4,5	0,3	0,21	X_a
	4,34				
<i>C. crysos</i>	4,13	4,5	0,1	0,55	X_a
	4,34				
<i>O. ruber</i>	-	-	-	-	-
	-				
<i>T. lathami</i>	-	-	-	-	-
	-				
<i>H. striatum</i>	-	-	-	-	-
	-				
<i>H. steindachneri</i>	-	-	-	-	-
	-				

\bar{x} : Media; S: Desviación estándar; S_x : Desviación estándar relativa.

Tabla 6D. Análisis de varianza del contenido de colesterol de los peces estudiados.

Fuente de varianza	Sumas cuadráticas	Grados de libertad	Medias cuadráticas	Razón Fisher	Valor - P
Entre grupos	0,000513022	1	0,000513022	0,00	0,9614
Dentro de grupos	0,344316	2	0,172158		
Total	0,344829	3			

Tabla 7D. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de triacilglicérolos de las especies en estudio.

Muestras	Réplicas(%)	\bar{X}	S	S_x	(GH)
<i>C. crysos</i>	7,31	6,8	0,5	0,7	X_a
	6,29				
<i>E. plumieri</i>	7,11	7,12	0,00	0,02	X_a
	7,13				
<i>H. steindachneri</i>	9,57	9,21	0,3	0,5	X_b
	8,85				
<i>T. lathami</i>	22,61	23,21	0,7	0,9	X_b
	23,82				
<i>H. striatum</i>	32,01	32,00	0,2	0,5	X_d
	31,32				
<i>O. ruber</i>	33,36	34,00	0,8	0,9	X_e
	34,61				

\bar{x} : Media; S: Desviación estándar; S_x : Desviación estándar relativa.

Tabla 8D. Análisis de varianza del contenido de triacilglicérolos de los peces estudiados.

Fuente de varianza	Sumas cuadráticas	Grados de libertad	Medias cuadráticas	Razón Fisher	Valor - P
Entre grupos	1575,27	5	315,055	748,54	0,0000
Dentro de grupos	2,52535	6	0,4209		
Total	1577,8	11			

Tabla 9D. Valores promedios (\bar{X}), desviaciones estándar (S), error estándar (S_x) y grupo homogéneo (GH) del contenido de ésteres de colesterol de las especies en estudio.

Muestras	Réplicas(%)	\bar{X}	S	S_x	(GH)
<i>C. crysos</i>	1,46	1,3	0,1	0,3	X_a
	1,10				
<i>E. plumieri</i>	6,75	6,9	0,05	0,2	X_b
	7,05				
<i>O. ruber</i>	-	-	-	-	-
<i>T. lathami</i>	-	-	-	-	-
<i>H. striatum</i>	-	-	-	-	-
<i>H. steindachneri</i>	-	-	-	-	-

\bar{x} : Media; S: Desviación estándar; S_x : Desviación estándar relativa.

Tabla 10D. Análisis de varianza del contenido de ésteres de colesterol de los peces estudiados.

Fuente de varianza	Sumas cuadráticas	Grados de libertad	Medias cuadráticas	Razón Fisher	Valor - P
Entre grupos	31,5395	1	31,5395	574,86	0,0017
Dentro de grupos	0,109729	2	0,0548647		
Total	31,6492	3			

HOJA DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	Evaluación del contenido energético del tejido muscular de seis especies de peces de alto consumo en la zona de Guayacán, Estado Sucre
---------------	--

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Mendoza N., Alexis E.	CVLAC	17.212 .984
	e-mail	alemen85@gmial.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Ácidos grasos, Lípidos, RMN.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Química

Resumen (abstract):

Los lípidos totales de seis peces; cherechere (*Haemulon steindachneri*), corocoro (*Orthopristis ruber*), cují (*Haemulon striatum*), cataco (*Trachurus lathami*), cojinúa (*Caranx crysos*) y mojarra (*Eugerres plumieri*), provenientes de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre, se obtuvieron a través de procedimientos de extracción del tejido muscular de los mismos, y por gravimetría se determinó el porcentaje de éstos en los tejidos de estas especies. El contenido de lípidos totales entre estos organismos fluctuó entre 0,530 y 1,50%. La especie *O. ruber* fue la de mayor potencial energético. Según TLC/FID, los lípidos de los peces estudiados fueron en su mayoría fosfolípidos (66,1 y 90,8 %) y en menor grado triacilgliceroles (6,8 y 34,0 %). Los espectros de RMN de ¹³C mostraron la presencia de los diferentes tipos de lípidos: ácidos grasos libres, fosfolípidos y triacilgliceroles. En la identificación de ácidos grasos por cromatografía de gas-líquido, para las especies de *O. ruber*, *T. lathami* y *H. steindachneri*, se determinó que el mayor porcentaje de ácidos grasos corresponde a los saturados, con un 69, 75 y 73%, respectivamente, siendo los ácidos mirístico (14:0), palmítico (16:0) y esteárico (18:0) los más abundantes; y, en menor proporción, los ácidos grasos poliinsaturados: los ácidos linolénico (ALA, 18:3 ω-3), eicosapentaenoico (EPA, 20:5 ω-3) y docosahexaenoico (DHA, 22:6 ω-3). Las proteínas fluctuaron entre 13,9 y 21,4%, donde *H. striatum* y *H. steindachneri* fueron las especies con menor y mayor contenido proteico, respectivamente. Los carbohidratos oscilaron entre 45,3 y 52,1%, registrándose los valores más bajos para el *H. steindachneri*; el contenido de humedad varió entre 15,2% para *H. striatum* y 20,1% para *T. lathami*, y para el de cenizas entre 0,91% para *H. steindachneri* y 1,4% para los peces *E. plumieri* y *C. crysos*.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Haydelba D'Armas, PhD.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.297.804
	e-mail	haydelba@yahoo.com
	e-mail	
Dra. Maj Britt Mostue	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	11.681.275
	e-mail	mbmostue@yahoo.no
	e-mail	
Manuel Centeno Coll, PhD.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	3.420.992
	e-mail	manuelcentenocoll@gmail.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2012	03	28
-------------	-----------	-----------

Lenguaje: **SPA**

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-PP	Application/Word

Alcance:

Espacial : Nacional (Opcional)

Temporal: Temporal (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciatura en Química

Nivel Asociado con el Trabajo:

Licenciatura

Área de Estudio:

Química

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente. Núcleo de Sucre

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *Martínez*
FECHA *5/8/09* HORA *5:30*

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolaños Cuneles
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.

A handwritten signature in black ink, reading "ALEXIS MENDOZA". The signature is written in a cursive style with capital letters. Below the signature is a horizontal line.

Mendoza N., Alexis E.

AUTOR